



Akıllı ve Yeşil Tedarik Zinciri



7. ULUSAL LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ KONGRESİ

3-5 Mayıs 2018
Merinos AKKM - BURSA

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü – LODER

BİLDİRİLER KİTABI

Editörler:

Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK
Dr. Aslı AKSOY

TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir

ULTZK 2018

**7. ULUSAL LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ
KONGRESİ**

3-5 Mayıs 2018
BURSA

BİLDİRİLER KİTABI

Editörler:

Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK

Dr. Aslı AKSOY

TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir

Kongre Bildirilerine ULTZK 2018 web sitesinden erişim sağlanacaktır. Kongre Bildiriler Kitabı'ndaki bildirilerin tam metin içerikleri ile ilgili bütün sorumluluk yazarlara aittir. Editörler, Düzenleme ve Bilim Kurulları için bağlayıcı nitelik taşımazlar.

Bu kitabın tamamı veya bir kısmı Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü ve Lojistik Derneği (LODER)'nin birlikte izni olmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi veya herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.

BURSA

Mayıs, 2018

ULTZK 2018, 7.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiriler Kitabı

ULTZK 2018, 7.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 3-5 Mayıs 2018, Bursa

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü - LODER

Editörler: Prof. Dr. Nursel Öztürk, Dr. Aslı Aksoy

ISBN: 978-605-68414-0-8

KURULLAR

KONGRE ONUR KURULU

Prof. Dr. Yusuf ULCA Y
Uludağ Üniversitesi Rektörü

KONGRE ORGANİZASYON KURULU

Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK
Kongre Başkanı - Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ
Kongre Eş-Başkanı, LODER Başkanı - Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi
Bölümü

Prof. Dr. Erdal EMEL
Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN
LODER - Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Umut TUZKAYA
LODER - Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Aşlı AKSOY
Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

KONGRE YEREL KURULU

Prof. Dr. Erdal EMEL	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Betül YAĞMAHAN	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Tülin İNKAYA	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Aşlı AKSOY	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKANSEL	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Türker ÖZALP	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Arş. Gör. Dr. İlker KÜÇÜKOĞLU	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Arş. Gör. Dr. Seval ENE	Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Alptekin ERKOLLAR	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Aşkıner GÜNGÖR	Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Bahar Yetiş KARA	Bilkent Üniversitesi

Prof. Dr. Birdoğan BAKİ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent DURMUŞOğLU	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent ÇATAY	Sabancı Üniversitesi
Prof. Dr. Cevriye GENCER	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Elif KONGAR	Bridgeport Üniversitesi
Prof. Dr. Erdal NEBOL	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Dr. Füsün ÜLENGİN	Sabancı Üniversitesi
Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN	Galatasaray Üniversitesi
Prof. Dr. Güler ALKAN	İskenderun Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Güner GÜR SOY	Okan Üniversitesi
Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Haldun SÜR AL	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk SOYUER	Ege Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim ÇİL	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. İmdat KARA	Başkent Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet Şakir ERSOY	Beykoz Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ	Maltepe Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ARAS	Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Nursel ÖZTÜR K	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Okan TUNA	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Orhan FEYZİOđLU	Galatasaray Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer Baybars TEK	
Prof. Dr. Ömür Yaşar SAATÇİOğLU	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Özalp VAYVAY	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Serpil EROL	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Seniye Ümit OKTAY FIRAT	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Serap İNCAZ	Nişantaşı Üniversitesi
Prof. Dr. Soner ESMER	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Şule Önsel EKİCİ	Doğuş Üniversitesi
Prof. Dr. Tunçdan BALTACIOđLU	Okan Üniversitesi
Prof. Dr. Turan PAKSOY	Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Umut TUZKAYA	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yavuz GÜN ALAY	Bahçeşehir Üniversitesi
Doç. Dr. Ali GÖRENER	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Doç. Dr. A. Zafer ACAR	Piri Reis Üniversitesi
Doç. Dr. Atilla ÇİFTER	İstanbul Altınbaş Üniversitesi
Doç. Dr. Batuhan KOCAOğLU	Piri Reis Üniversitesi
Doç. Dr. Betül YAğMAHAN	Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Deniz AKSEN	Koç Üniversitesi
Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ	Karadeniz Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Eren ÖZCEYLAN	Gaziantep Üniversitesi
Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR	Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Gülfem TUZKAYA	Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Hüseyin Selçuk KILIÇ	Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. İlker Murat AR	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr. Kazım SARI	Beykent Üniversitesi
Doç. Dr. Köksal HAZIR	
Doç. Dr. Murat BASKAK	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Murat KOCAMAZ	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Ömür TOSUN	Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Özkan BALI	Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı
Doç. Dr. Selçuk ÇEBİ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Yücel ÖZTÜRKOĞLU	Yaşar Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Arzum BÜYÜKKEKLİK	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ashı AKSOY	Uludağ Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Aynur ACER	Arel Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan DEMİRCİ	Toros Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi A. Özgür KARAGÜLLE	İstanbul Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK	Gazi Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ	Başkent Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Bekir KÖSE	Uşak Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ender GÜRGEN	Mersin Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İskender PEKER	Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKANSEL	Uludağ Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed BAMYACI	Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nagehan UCA	İstanbul Ticaret Üniversitesi

ÖNSÖZ

Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongreleri, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi konularında mesleki ve bilimsel gelişime katkıda bulunmak, konuyla ilgili akademisyen ve profesyonelleri bir araya getirerek, görüş alışverişinde bulunmalarını sağlamak amacıyla 2012 yılından itibaren Lojistik Derneği (LODER) ve Türk Üniversiteleri ile ortaklaşa olarak her yıl düzenlenmektedir. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi alanında ülkemizin sorunlarının çözümüne yönelik araştırmaların yapılarak sonuçlarının paylaşımı da önemli kongre hedeflerinden biridir.

Ülkemiz ihracata dayalı bir kalkınma modeli izlemektedir. İhracatın da ithalata dayalı olması dış ticaret hacmini önemli ölçüde etkilemektedir. Ticari faaliyetler, bunları birbirine bağlayan ve dünya genelinde mal ve hizmet akışını düzenleyen lojistiğin öneminin belirginleşmesini sağlamıştır. Dış ticaretin etkinliği, verimli lojistik ve tedarik zinciri sistemlerine dayalıdır.

Son yıllarda artan uluslararası rekabet ve müşteri gereksinimlerindeki değişimler, ürünlerin tedarik zinciri boyunca akıllı sistemlerin kullanılmasını gerekli hale getirmektedir. Teknolojideki gelişmelerle birlikte, müşteri beklentilerini karşılayacak ürün ve hizmetleri gereksinim duyulan hızlarda ve çeşitlilikte, ekonomik olarak sağlamanın yanında, çevreye en az zarar verecek yaklaşımların benimsenmesi de giderek önem kazanmaktadır.

7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, ULTZK 2018, AKILLI ve YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ ana teması ile, lojistik ve tedarik zinciri alanlarındaki son gelişmeleri, araştırmaları, uygulamaları paylaşmak ve bu alanlarda yapılacak bilimsel çalışmalar ile, ilgili sektör faaliyetlerinin gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla düzenlenmiştir.

Kongreye gönderilen akademik bildirilerden, bildiri özeti aşamasında kongre bilim kurulunun hakemlik sürecinden geçerek 158 bildiri tam metin bildiri hazırlamaya kabul edilmiş, ardından tam metin bildiri aşamasında ise 75 adet akademik bildiri kongrede sunulmak üzere kabul edilmiştir. Bildiriler; Araç Yükleme ve Rota Optimizasyonu, Akıllı Lojistik, Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı, Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Uygulamaları, İnsani Yardım Lojistiği, Kentsel Lojistik ve Akıllı Ulaştırma Sistemleri, Lojistik Eğitim ve Öğretimi, Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilişim Uygulamaları, Lojistik Köyler/Merkezler, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Sektörel Uygulamaları, Depo Yönetimi ve İşyeri Düzenleme, Dış Ticaret Lojistiği, Dış Kaynak Kullanımı ve E-Ticaret ile Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin Diğer Konuları ana başlıklarında 16 akademik oturumda sunulmuştur.

Kongrede, akademik bildirilerin yanısıra, Akıllı ve Yeşil Lojistik, Otomotiv Lojistiği, Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri, Lojistik Eğitim Standartları ve Bursa Lojistik Sektörü konularında 5 panel gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında ayrıca, sektör çalışanları ile öğrencilere yönelik sertifikalı eğitim programı düzenlenmiştir.

ULTZK 2018'e bildiri gönderen yazarlara, bildirileri değerlendiren hakemlere, dersler ve panellerin davetli konuşmacılarına, Kongreye katkısı olanlara teşekkür ederiz. Ayrıca Kongreye destek olan sponsor firmalara teşekkür ederiz.

7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. TÜBİTAK'a şükran ve teşekkürlerimizi sunarız.

Kongrenin tüm katılımcılara, bilimsel çalışmalar ve ilgili sektörlerle, ülkemize yararlı olmasını dileriz.

Kongre Başkanları

Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK

Uludağ Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ

Lojistik Derneği (LODER) Başkanı

BİLİMSEL PROGRAM

03 MAYIS 2018, PERŞEMBE

08:30	Karşılama ve Kayıt
09:30 - 10:00	Açılış Töreni
10:00 - 10:15	7. Ulusal Lojistik Proje Yarışması Ödül Töreni
10:15 - 11:00	PANEL : Bursa Lojistik Sektörü Oturum Başkanı : Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ, Lojistik Derneği Başkanı Ömer DEMİRBİLEK, TEKNOSAB Müdürü Ferhat ARIKAN, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Koordinasyon Şube Müdürü
11:00 - 11:30	Kahve Arası
11:30 - 13:00	PANEL : Akıllı ve Yeşil Lojistik Oturum Başkanı : Prof. Dr. Gülçin Büyüközkan Ahmet PANAYIR, Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN, Akın SAKA, Enise ADEMOĞLU
13:00 - 14:00	Öğle Yemeği
14:00 - 15:30	PANEL : Otomotiv Lojistiği Oturum Başkanı : Mehmet Karaca Ahmet Özgür DOĞAN, Ersin ÖZTÜRK, Fatih KILINÇ, Hasan AYDEMİR, Mehmet KARACA, Sibel BAYAT
15:30 - 16:00	Kahve Arası
A SALONU	
16:00 - 17:30	PANEL: Lojistik Eğitim Standartları Oturum Başkanı : Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ Dr. Kayıhan TURAN Barbaros BÜYÜKSAĞNAK

B SALONU

16:00 - 17:15

Akıllı Lojistik

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Gülçin Büyüközkan

Akademik Bildiriler

C SALONU

16:00 - 17:30

Araç Yükleme ve Rota Optimizasyonu

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Umut Tuzkaya

Akademik Bildiriler

D SALONU

16:00 - 17:15

Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Erdal Emel

Akademik Bildiriler

E SALONU

16:00 - 17:30

İnsani Yardım Lojistiği

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Fatih Çavdur

Akademik Bildiriler

04 MAYIS 2018, CUMA

A SALONU

09:00 - 09:45

DERS :Taşımacılık Sistemleri Tasarımı ve Yönetimi

Prof. Dr. Umut TUZKAYA

Yıldız Teknik Üniversitesi

09:45 - 10:30

DERS : Deniz Taşımacılığının Temel Unsurları : Yük, Gemi ve Liman

Prof. Dr. Soner ESMER

Dokuz Eylül Üniversitesi

B SALONU

09:00 - 10:15

Lojistik Eğitim ve Öğretimi

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Mehmet Tanyaş

Akademik Bildiriler

C SALONU

09:00 - 10:15

Kentsel Lojistik ve Akıllı Ulaştırma Sistemleri

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Serpil Erol

Akademik Bildiriler

D SALONU

09:00 - 09:45

Lojistik Köyler/Merkezler

Oturum Başkanı: Doç.Dr. İskender Peker

Akademik Bildiriler

E SALONU

09:00 - 10:15

TZY'de Bilişim Uygulamaları

Oturum Başkanı: Doç.Dr. Batuhan Kocaoğlu

Akademik Bildiriler

A SALONU

11:00 - 11:45

DERS : Depo Tasarımı ve Yönetimi

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ

Maltepe Üniversitesi

11:45 - 12:30

DERS : Tedarik Zinciri 4.0

Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN

Galatasaray Üniversitesi

B SALONU

11:00 - 12:15

Lojistik ve TZY Sektörel Uygulamaları

Oturum Başkanı: Doç.Dr. A. Zafer Acar

Akademik Bildiriler

C SALONU

11:00 - 12:15

Depo Yönetimi ve İşyeri Düzenleme

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Murat Baskak

Akademik Bildiriler

D SALONU

11:00 - 12:15

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Uygulamaları

Oturum Başkanı: Prof.Dr. Bülent Durmuşoğlu

Akademik Bildiriler

E SALONU

11:00 - 12:15

Dış Ticaret Lojistiği

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Soner Esmer

Akademik Bildiriler

A SALONU

14:00 - 15:30

PANEL : Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri

Oturum Başkanı : Prof. Dr. Alptekin ERKOLLAR

Prof. Dr. Alptekin ERKOLLAR

Prof. Dr. Serpil EROL

Yük. Müh. İzlem Tekin BAYRAK

Dr. Faruk ŞENGÜN

B SALONU

14:00 - 14:45

DERS : Satış ve Operasyon Planlama (S&OP)

Murat GÜVENTÜRK

SELCO Sistem Mühendisliği ve Lojistik Danışmanlık

C SALONU

14:45 - 15:30

DERS : Stratejik Satınalma Yönetimi

Dr. İsmail KARAKIŞ

PricewaterhouseCoopers Türkiye

15:30 - 16:00

Kahve Arası

A SALONU

16:00 - 16:45

DERS : Lojistikte Kalite

Aydan BİLGEL

AB Danışmanlık

16:45 - 17:30

DERS : Lojistikte Optimizasyon

Dr. Haluk CEZAYİRLİOĞLU

Syron Lastikleri

B SALONU

16:00 - 16:45

Lojistik ve TZY ile İlgili Diğer Konular - 1

Oturum Başkanı: Doç Dr. Tülin İnkaya

Akademik Bildiriler

C SALONU

16:00 - 17:00

Lojistik ve TZY ile İlgili Diğer Konular - 2

Oturum Başkanı: Dr.Öğr.Üyesi Aslı Aksoy

Akademik Bildiriler

D SALONU

16:00 - 17:00

Dış Kaynak Kullanımı ve E-ticaret

Oturum Başkanı: Dr. Seval Ene

Akademik Bildiriler

E SALONU

16:00 - 16:45

Lojistik ve TZY ile İlgili Diğer Konular - 3

Oturum Başkanı: Dr. İlker Küçüköğlü

Akademik Bildiriler

A SALONU

17:30 - 18:00

KONGRE DEĞERLENDİRME TOPLANTISI

İÇİNDEKİLER

ELEKTRİKLİ KAMYONLARIN ROTA OPTİMİZASYONUNDA KULLANILACAK BİR MATEMATİKSEL MODEL	
Aslı Aksoy, Seval Ene, İlker Küçükoglu, Nursel Öztürk	1
DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETMELERİNDE GEMİ YÜKLEME MİKTARININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ VE MS SOLVER İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	
Batuhan Kocaoğlu, Mehmet Özkan, Hakan Özkan	7
KARŞILANAMAYAN TALEPLİ ÇOKLU ÜRÜN ENVANTER YERLEŞİM VE ROTALAMA PROBLEMİ	
Özge Şatır, Şener Akpınar	19
HAVA YOLU TAŞIMACILIĞINDA EKİP ATAMA PROBLEMİ.....	
Umut Rifat Tuzkaya, Vedat Kılıç	29
AFET SONRASI YARDIM MALZEMESİ DAĞITIMI İÇİN ROTA ÜRETME-ELEME ALGORİTMASI VE TAMSAYILI PROGRAMLAMA KULLANIMI	
Merve Köse-Küçük, Fatih Çavdur	36
AFET OPERASYONLARI YÖNETİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIMI: GÖZETLEME OPERASYONLARI İÇİN ROTA PLANLAMA.....	
Sema Değirmen, Fatih Çavdur, Aslı Sebatlı	45
DİJİTAL SANAYİ DEVRİMİNİN LOJİSTİK SEKTÖRÜNE GETİRECEĞİ YENİLİKLER VE ETKİLERİ.....	
İbrahim Musab Özari, Aynur Arslan	55
ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA LOJİSTİK FAALİYETLER.....	
Özlem Gürel, Şeyda Serdarasan	64
LOJİSTİK 4.0 İÇİN TEKNOLOJİ ANALİZİ VE SEÇİMİ.....	
Gülçin Büyükoğkan, Merve Güler	75
AKILLI LOJİSTİK İÇİN ULAŞIM STRATEJİLERİ	
Gülçin Büyükoğkan, Esin Mukul.....	86
HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TÜRKİYE ANALİZİ.....	
Gülçin Büyükoğkan, Celal Alpay Havle.....	96
SÜRDÜRÜLEBİLİR LOJİSTİK KAPSAMINDA ELEKTRONİK ATIKLARIN TOPLANMASI: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	
Fatma Cansu Mishal, Ömür Tosun.....	106

ELEKTRONİK SEKTÖRÜNDE GERİ KAZANIM ALTERNATİFLERİNİN BULANIK ÇOK KRİTERLİ YAKLAŞIMLA BELİRLENMESİ	
Hande Erdoğan Aktan, İsmail Karayün	117
BİYODİZEL YAKITLAR İÇİN ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK PERİYOTLU TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ	
Melike Sırakaya, Berk Ayvaz, Fatih Öztürk	128
BİYODİZEL YAKITLAR İÇİN ÇOK AMAÇLI SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI.....	
Enis Barış Karakoç, Berk Ayvaz, Ali Osman Kuşakçı	136
ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLAR İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI: İSTANBUL ÖRNEĞİ	
Özlem Karadeniz Alver, Berk Ayvaz, Bülent Çatay	145
AFET OPERASYONLARI YÖNETİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIMI: LİTERATÜR TARAMASI	
Merve Cömertoğlu, Fatih Çavdur, Merve Köse-Küçük, Sema Değirmen.....	153
AFET SONRASI İÇİN ACİL TIP MERKEZLERİNİN YERLEŞİM PLANLAMASI VE ENVANTER YÖNETİMİ: LİTERATÜR ANALİZİ	
Mehmet Kürşat Öksüz, Şule İtir Satoğlu	163
AFET LOJİSTİĞİ RİSKLERİNİN ANALİZİ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	
Aylin Ofluoğlu, Birdoğan Baki, İlker Murat Ar	172
İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI'NIN GELECEĞİ İÇİN ÖNERİLER	
Hakan Emanet	181
AFET YÖNETİMİNDE BÜYÜK VERİ VE VERİ ANALİTİĞİ UYGULAMALARI: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI ..	
Nadide Çağlayan, Şule İtir Satoğlu, Emine Nisa Kapukaya	186
DOĞAL AFETLERE KARŞI HAZIRLIK VE DOĞAL AFET LOJİSTİĞİ.....	
Ayhan Demirci, Elif Bilgiç, Didem Demir	197
LOJİSTİK EĞİTİMİNDE ÖĞRENCİLERİN BEKLENTİLERİ VE KARİYER PLANLARI	
Arzum Büyükkelik, Buket Özoğlu, Gül Senir	206
TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI İÇİN GÜVENLİK DANIŞMANLIĞI EĞİTİMİ HAKKINDA KALİTATİF BİR ÇALIŞMA.....	
Emine Tanbaş, Celil Durdağ, Tuğçe Doğan Mesutoğulları, Burak Kayabaşı	215

TÜRKİYE’DE LİSANS DÜZEYİNDE EĞİTİM VEREN LOJİSTİK BÖLÜMLERİNİN GENEL BİR DEĞERLENDİRİLMESİ.....	
Hasan Şahin, Bayram Topal	223
LOJİSTİK VE DENİZCİLİK BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİNİN EĞİTİM HİZMETİNİ DEĞERLENDİRMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	
Mehmet Tanyaş, Mehmet Özkan, Hakan Özkan	233
LOJİSTİK EĞİTİMİ ÜZERİNE YAPILAN AKADEMİK ÇALIŞMALARIN İÇERİK ANALİZİ	
Emre Süğün, Barış Kuleyin	242
MİKRO DAĞITIM PERFORMANS ANALİZİ VE VİKOR METODUYLA BİR UYGULAMA.....	
Seyithan Yıldız, Mehmet Kart.....	248
ŞEHİR LOJİSTİĞİ: İZMİR İLİ ÖRNEK UYGULAMASI.....	
Melisa Özbiltekin, Nazlıcan Gözaçan, Irmak Sürgeç, Yücel Öztürkoğlu	258
DEPREM SONRASI YARDIM MALZEMESİ TAŞIYAN ARAÇLARIN ULAŞIM SÜRESİNİ ETKİLEYECEK KRİTERLERİ DİKKATE ALAN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TEMELLİ ROTALAMA: İSTANBUL İLİ UYGULAMASI.....	
Feyza Altuntaş, Alaattin Altuntaş, Serpil Erol.....	266
ŞEHİR LOJİSTİĞİNİN MODELLENMESİ	
Kadriye Büşra Yılmaz Kaya, İlhan Or, Necati Aras.....	276
METROPOL ŞEHİRLERİN YÖNETİMİNDE KENTSEL LOJİSTİK PROBLEMİ VE AHP YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM YAKLAŞIMI.....	
Ferhat Arıkan, Mehmet Tanyaş	282
DEMATEL-ANP YÖNTEMİYLE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ KRİTERLERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: GÜRCİSTAN ÖRNEĞİ	
Birdoğan Baki, İskender Peker , Burcu Sayın Okatan	292
TÜRKİYE’DE YER ALAN LOJİSTİK DOSTU ŞEHİRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ	
Ertuğrul Ayyıldız, Selin Yalçın.....	303
DEMİR İPEK YOLU İÇİN GÜZERGAH VE LOJİSTİK MERKEZLERİN YER SEÇİMİ	
Atiye Tümenbatur	312
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNE İLİŞKİN LOJİSTİK DESTEK İÇİN ÖNCELİK TABANLI TEDARİKÇİ- GÖREV ÇİZELGELEME.....	
Mehmet Karakoç.....	321

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM	
Batuhan Kocaoğlu	328
LOJİSTİK BİLGİ SİSTEMLERİNİN LOJİSTİK PERFORMANS YÖNETİMİNE ETKİSİ: BURSA İLİNDE FAALİYET GÖSTEREN LOJİSTİK İŞLETMELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	
İlker Turan, Tansu Özbaysal	341
DENİZ-DEMİR YOLU ULUSLARARASI KOMBİNE YÜK TAŞIMACILIĞI OPERASYONLARI İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ	
Aysun Mutlu, Yaşanur Kayıkçı, Bülent Çatay.....	350
BİR ENDÜSTRİYEL DONANIM ÜRETİCİSİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK PROJE TEKLİF HAZIRLAMA VE YÖNETİM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ	
Aslı Aksoy, Mehmet Akansel, Canberk Atalay, Dilara Yaşar, Duygu Keseroğlu, Atalay Meriç Çamlıbel, Serdar Vanhoğlu	360
BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TEDARİK YÖNETİM MODELİ	
Sara Uygur, Aslı Aksoy	369
FABRİKA İÇİ MALZEME TEDARİĞİ SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ: BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA UYGULAMA	
İlker Küçüköğlü, Betül Yağmahan, Müge Sinem Çağlıyan, Ayşen Yıldız, Dilan Aktokluk.....	376
TEKSTİL VE KONFEKSİYON SEKTÖRÜNÜN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	
Selin Hanife Eryürük	384
TARIM-GIDA TEDARİK ZİNCİRİ YAKLAŞIMI İLE ÜRETİCİ VE LOJİSTİK İŞLETMELERİN ORTAKLAŞA SEÇİMİ: ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ UYGULAMASI	
Atiye Tümenbatur, Mehmet Tanyaş	393
KONTEYNER TERMİNAL OPERASYONLARININ AKILLI VE YEŞİL BAKIŞ AÇILARI İLE İNCELENMESİ.....	
Serkan Karakaş, A. Zafer Acar, Mehmet Kırmızı	403
OTOMATİK DEPOLAMA VE GERİ-ALMA SİSTEMLERİNDE DEPOLAMA VE GERİ-ALMA MAKİNESİ BEKLEME NOKTASI OPTİMİZASYONU: SINIF-TABANLI DEPOLAMA POLİTİKASI DURUMU	
Sema Değirmen, Fatih Çavdur, Erdi Şener	413
TOPSIS YÖNTEMİ İLE SOLAR DEPO YERİ SEÇİMİ	
Rasih Boztepe, Onur Çetin	424
BİYOGAZ TESİS YERİ SEÇİMİ İÇİN BİR MODELLEME YAKLAŞIMI	
Aliye Melda Bölek, Murat Baskak	432

PATLAYICI MADDE DEPO YER SEÇİMİ VE ÇOK ÖLÇÜTLÜ YAKLAŞIM	
Alaattin Altuntaş, Feyza Altuntaş, Serpil Erol.....	445
E-TİCARET GİYİM SEKTÖRÜ İÇİN DEPOLAMA RAF SİSTEMLERİ SEÇİMİNDE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ UYGULAMASI	
Şebnem İndap	455
ÇEVRESEL DUYARLILIK İLE KUSURLU ÜRETİM SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU	
Harun Öztürk	466
BULANIK WASPAS İLE YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ	
Irmak Daldır, Ömür Tosun	477
ÜRETİM LOJİSTİĞİ SÜREÇLERİNİN SETLEME ESASLI TASARIMI	
Eda Sol, Mehmet Bülent Durmuşoğlu, Emre Çevikcan	488
SAĞLIK KURUMLARINDA ÇEVRE DOSTU UYGULAMALAR: NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ ÖRNEĞİ	
İsmet Bihter Karagöz Taşkın, Aynur Acer, Metin Taşkın.....	499
MONTAJ HATLARI İÇİN PARÇA BESLEME SÜREÇLERİNİN PLANLANMASI	
Seval Ene, Büşra Henden, İsmet Başaran, Batuhan Pamuk, Nursel Öztürk	510
SUCUL CANLILARIN ÜLKELERARASI TAŞIMACILIĞINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN BAZI ÖNEMLİ HUSUSLAR	
Onur Karadal, İ. Polat Kalkan.....	517
YENİ KÜRESELLEŞME MODELİNİN DENİZ TAŞIMACILIĞINI ETKİLEYEN UNSURLARI	
Soner Esmer	525
SERBEST TİCARET ANLAŞMALARINI TÜRKİYE DIŞ TİCARETİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME	
Zahide Yeşim Akbınar, Oğuzhan Dikici	532
İHTİSAS GÜMRÜKLERİNİN LOJİSTİK MALİYETLERE ETKİSİ: BAZI PETROL ÜRÜNLERİNDE (PETROKİMYA) İHTİSAS GÜMRÜK UYGULAMASI ÖRNEĞİ	
Tuğçe Doğan Mesutoğulları, Emine Tanbaş, Burak Kayabaşı.....	539
İHRACATA YÖNELİK DEVLET TEŞVİK VE DESTEKLERİNİN İHRACAT PERFORMANSI VE ULUSLARARASILAŞMA DÜZEYİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	
Işıl Kuşanaç, Hanifi Murat Mutlu	547

EKONOMİK AKTİVİTELER VE DEMİRYOLU TAŞIMACILIĞININ İLİŞKİSİ.....	
Abdullah Açık, Sadık Özlen Başer	556
LOJİSTİK PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİNİN KULLANIMI: BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ	
Hakan Arslanhan, Buket Özoğlu, Arzum Büyükkelik	566
TÜRKİYE’DEKİ HAVALİMANLARININ K-ORTALAMALAR YÖNTEMİYLE KÜMELENMESİ.....	
Selin Yalçın, Ertuğrul Ayyıldız.....	572
TARIM-GIDA TEDARİK ZİNCİRİNDE ORTAKLAŞA PLANLAMA, TAHMİN ve İKMAL YAKLAŞIMI	
Atiye Tümenbatur, Mehmet Tanyaş	581
TÜRK TİCARET KANUNUNA GÖRE EŞYA TAŞIMADA GÖNDEREN İLE TAŞIYICININ AMBALAJLAMA VE İŞARETLEME YÜKÜMLÜLÜĞÜ	
Ramazan Durgut	592
TALAŞLI İMALAT ÜRÜNLERİ İÇİN PAKET SEÇİMİ.....	
Seda Mungan	600
AVRUPA BİRLİĞİ İZLEME RAPORLAMA VE DOĞRULAMA DÜZENLEMESİ KAPSAMINDA GENİŞLETİLMİŞ VERİ SETİ ÖNERİSİ.....	
Ömer Söner, Onur Berah, Metin Çelik.....	610
DIŞ KAYNAK KULLANIMININ LOJİSTİK ŞİRKETLERİ ÜZERİNDEKİ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ: BİR VAKA ANALİZİ	
İ. Polat Kalkan, Nergis Özispa	616
LOJİSTİK FAALİYETLERDE DIŞ KAYNAK KULLANIMI VE FİRMA PERFORMANSI	
Semir Ölmez, H. Murat Mutlu	624
E-TİCARETTE SON KİLOMETRE TESLİMAT MODELİ: MÜŞTERİLERİN HİZMET BEKLENTİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA	
Derya Saatçioğlu, Ezgi Uzel Aydınocak	630
E-TİCARET’TE ALTERNATİF TESLİMAT YÖNTEMLERİ; DÜNYA’DAN ÖRNEKLER	
Burak Küçük, Sinan Apak, Fulya Taşel	640
LOJİSTİK FAALİYETLERİN MALİYET YÖNETİMİNDE FAALİYET TABANLI MALİYET VE KAYNAK TÜKETİM MUHASEBESİ KULLANIMI	
Müslime Sözen, Seda Aldemir, Abdullah Nasır Aydın.....	649

KAPASİTE, ÖLÇEK VE KAPSAM EKONOMİSİ ALGILARI, YÖNTEM VE ÇÖZÜMLEME SORUNLARI	
Biray Koçak, Sadettin Özen	659
EKONOMİK ÖZGÜRLÜK ENDEKSİNİN LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSİ ÜZERİNE MODERATÖR ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: G-20 VE AVRUPA ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA	
İhsan Aktaş, Burak Küçük.....	671

ELEKTRİKLİ KAMYONLARIN ROTA OPTİMİZASYONUNDA KULLANILACAK BİR MATEMATİKSEL MODEL

Aslı Aksoy, Seval Ene, İlker Küçükoglu, Nursel Öztürk

Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa

asliaksoy@uludag.edu.tr, sevalene@uludag.edu.tr, ikucukoglu@uludag.edu.tr, nursel@uludag.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda lojistik sektörü kaynaklı çevresel problemlerin önüne geçilmesi ve enerji tüketim miktarının azaltılmasına yönelik çalışmalar ağırlık kazanmıştır. Elektrikli araç kullanımı, lojistik sektöründe bu amaçla uygulanabilecek yenilikçi yaklaşımlardan bir tanesidir ve yaygın olarak çalışılan konulardan biridir. Bu çalışma kapsamında lojistik sektöründe elektrikli kamyonların kullanılması durumunda rota optimizasyonu yapan bir matematiksel model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Elektrikli araç rotalama problemi, açık uçlu araç rotalama konsepti ile birlikte dikkate alınmıştır. Problemin çözümü için karışık tamsayı programlama modeli önerilmiştir. Önerilen model örnek problemler üzerinde test edilerek model doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen model ile küçük boyutlu gerçek hayat uygulamalarında kısa işlem süreleri ile optimum sonuçların elde edilebileceğini göstermiştir. Elektrikli araçların rota optimizasyonu yapılarak lojistik kaynaklı çevre kirlenmesinin azaltılacağı ve enerji verimliliği sağlanacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli kamyon, Karışık tam sayılı programlama, Rota optimizasyonu.

A MATHEMATICAL MODEL FOR ROUTE OPTIMIZATION OF ELECTRIC TRUCKS

ABSTRACT

In recent years, efforts have been focused on preventing environmental problems caused by the logistics sector and reducing the amount of energy consumption. The use of electric vehicles is one of the innovative approaches that can be applied for this purpose in the logistics sector and is one of the widely studied issues. In the scope of this study, it is aimed to develop a mathematical model that optimizes the route in case of using electric trucks in the logistics sector. The problem of electric vehicle routing is taken into account integrated with the concept of open vehicle routing. A mixed integer programming model is proposed for solving the problem. The proposed model is tested on the sample problems and the model is verified. The obtained results show that the proposed model can achieve optimum results with short processing times in small sized real life applications. It is anticipated that the route optimization of electric vehicles will reduce environmental pollution caused by logistics sector and provide energy efficiency.

Keywords: Electric trucks, Mixed integer programming, Route optimization.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, imalat endüstrisinin gelişimini hızlandırmakta ve enerji ihtiyacını arttırmaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Yapılmış çalışmalarda, lojistik sektörü enerji kullanım hızı artışı en yüksek olan sektör olarak tanımlanmıştır. Fosil yakıtların lojistik sektöründe yoğun kullanılması neticesinde insan sağlığına ve çevreye zarar veren gazlar açığa çıkmakta bu durum hem solunan havanın kalitesini olumsuz etkilemekte hem de atmosferde sera etkisi yaratmaktadır. Fosil yakıtların kullanımıyla ilgili en önemli kaygılardan biri de fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olmasıdır. Fosil yakıtlarla ilgili saptanan problemler nedeniyle hem resmi kurumlar hem de özel kuruluşlar son yıllarda elektrik enerjisiyle çalışan araçlar ile ilişkili Ar-Ge çalışmalarına ağırlık vermişlerdir. Elektrikli araçlarla ilgili tanımlanan en büyük sorunlardan olan uzun şarj süresi ve düşük menzile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde şarj süresi ve menzildeki iyileşmeler elektrikli araçların lojistik sektöründe taşıma amaçlı daha sık kullanılabilmesini göstermektedir.

Bu çalışmada, lojistik sektöründe elektrikli kamyonların kullanılması durumunda rota optimizasyonu yapan açık uçlu elektrikli araç rotalama problemi (AUEARP) ele alınmıştır. Çalışma kapsamında incelenen problemin çözümü için karışık tamsayı matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, örnek problemler üzerinde test edilerek modelin geçerliliği sağlanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, elektrikli araç rotalama ve açık uçlu

araç rotalama ile ilgili geçmiş çalışmalar kısaca özetlenmiştir; üçüncü bölümde, incelenen problem tanımlanmıştır; dördüncü bölümde ise problem için önerilen karışık tamsayılı matematiksel model açıklanmıştır; beşinci bölümde sayısal uygulama sonuçlarına yer verilmiştir ve son olarak altıncı bölümde çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yeşil araç rotalama problemi kategorisinde değerlendirilen elektrikli araç rotalama problemi, biyodizel, elektrik, hidrojen gibi temiz enerji kaynaklarının kullanıldığı araçlarda rota optimizasyonunu ele alan bir problemdir (Murakami, 2017). Literatürde elektrikli araç rotalama problemi ile ilgili yapılmış enerji tüketimi ve şarj işlemi ile ilgili kısıtları dikkate alan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu bölümde, literatürde karşılaşılan bazı çalışmalar özetlenmiştir. Afroditi vd. (2014), zaman pencereli elektrikli araç rotalama problemi için seyahat mesafesini ve kullanılan araç adedini minimize etmek amacıyla bir matematiksel formülasyon önermişlerdir. Hung ve Michailidis (2015), elektrikli araç hizmet sistemlerinde rota optimizasyonu için kuyruk modelleme tabanlı bir yapı geliştirmişlerdir. Lin vd. (2016), elektrikli araç rotalama probleminde, seyahat ve enerji maliyetlerini minimize edecek rota stratejilerinin belirlenmesi için bir matematiksel formülasyon oluşturmuşlardır. Modelde, hem homojen olmayan araç filosu dikkate alınmış, hem de batarya tüketiminde araç hızı ile birlikte araç yükü hesaba katılmıştır. Murakami (2017), elektrikli ve dizel yakıtlı araçların rotalanması problemi için karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Enerji tüketiminin modellenmesinde, araç ağırlığı ve yük, araç hızı, ivmelenme ve yol eğimi parametrelerini dikkate almışlardır. Mancini (2017), hem fosil yakıt hem de elektrik enerjisiyle çalışabilen hibrid araçların rotalanması problemi için karışık tamsayılı doğrusal programlama formülasyonu ve bir sezgisel algoritma önermişlerdir. Montoya vd. (2017), elektrikli araç rotalama problemini, doğrusal olmayan şarj fonksiyonu ile birlikte incelemişlerdir. Problemin çözümü için karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli ve sezgisel algoritma geliştirmişlerdir.

Araç rotalama probleminin bir türü olan açık uçlu araç rotalama probleminde, araçlar, rotadaki son müşteriye hizmet götürdükten sonra depoya dönmektedirler (MirHassani ve Abolghasemi, 2011). Literatürde açık uçlu araç rotalama probleminin çözümü için geliştirilmiş çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bu bölümde, literatürde karşılaşılan bazı çalışmaların özetlerine yer verilmiştir. MirHassani ve Abolghasemi (2011), açık uçlu araç rotalama probleminin çözümü için rota ve araç maliyetlerini minimize eden matematiksel model ve parçacık sürü optimizasyonu algoritması önermişlerdir. Erbao vd. (2014), açık uçlu araç rotalama probleminde talep belirsizliğini dikkate alarak çok amaçlı bir matematiksel formülasyon önermişlerdir. Önerdikleri modelde, seyahat maliyetini ve karşılanmayan talep maliyetini minimize etmeye yönelik amaç fonksiyonları tanımlanmıştır. Modelin çözümü için ise, diferansiyel gelişim algoritmasını kullanmışlardır. Yu vd. (2016), açık uçlu araç rotalama problemini çapraz sevkîyat ile birlikte dikkate alarak, problemin çözümü için araç kiralama ve taşıma maliyetlerini minimize eden karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli ve tavlama benzetimi algoritmasını geliştirmişlerdir. Niu vd. (2018) zaman pencereli açık uçlu yeşil araç rotalama probleminin çözümü için bir matematiksel model ve hibrid tabu arama algoritması önermişlerdir. Önerdikleri çözüm yaklaşımında, yakıt emisyon hesabı için araç teknik özellikleri, hız, yük gibi parametreleri içeren bir model tanımlamışlardır. Yapılan çalışmada amaç ise, yakıt emisyon maliyetlerini ve sürücü maliyetlerini minimize etmek olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak elektrikli araç rotalama ve açık uçlu araç rotalama problemlerini birlikte dikkate alan AUEARP incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen problemin çözümü için karışık tamsayılı matematiksel model geliştirilmiştir.

3. PROBLEM TANIMI

Tedarik zinciri yönetim uygulamalarında, araç rotalama problemi (ARP), dağıtım yönetimi ve lojistik faaliyetleri ile ilgili çalışmalar hem akademik çalışmalarda hem de sektörel uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. ARP, farklı lokasyonlarda yer alan müşterilere, bir veya birden fazla depodan hizmet sağlayacak araçların dağıtım ve/veya toplama rotalarının belirlenmesi ile ilgilidir. Literatürde ARP'nin çözümü için önerilen yöntemler kesin ve sezgisel yöntemler olarak iki başlığa ayrılmıştır. ARP'de optimum çözüm, oluşturulacak olası rota kombinasyonlarından biridir. Eğer tüm kombinasyonlar test edilebilirse, en iyi çözüme ulaşmak mümkündür (Bozyer vd., 2014).

Açık uçlu araç rotalama problemi klasik araç rotalama probleminin genişletilmiş halidir. Açık uçlu araç rotalama probleminde araçlar klasik araç rotalama probleminde olduğu gibi, son hizmet noktasından sonra depoya dönmezler. Açık uçlu araç rotalama probleminde, rotalar merkez depo ile başlamakta, talep noktası ile sona ermektedir. Bu nedenle açık uçlu araç rotalama probleminde amaç, müşteri taleplerini karşılayan Hamilton yollarının bulunmasıdır. Açık uçlu araç rotalama problemlerinde en çok incelenen amaç fonksiyonu, rota uzunluklarının minimizasyonu olsa da, toplam araç sayısını minimize eden çalışmalar da son yıllarda tercih edilmektedir (Atefi vd., 2018).

Fosil yakıt tüketen araçlara göre çevreye daha az zarar veren elektrikli araçlara son yıllarda ilgi artmaktadır. Elektrikli araçlar fosil yakıt tüketen araçlarla kıyaslandığında düşük menzilli olmaları ve uzun şarj süreleri, elektrikli araçların yaygınlaşması ile ilgili temel kısıtları olarak düşünülmektedir. Kasım 2017 tarihinde tanıtımı yapılan elektrikli kamyon ise 30 dakikalık şarj süresi ile yaklaşık 650 km mesafe gidebilmektedir. Şarj süresi ve menzildeki olumlu gelişmeler

sayesinde elektrikli kamyonların tedarik zinciri faaliyetlerinde, lojistik süreçlerinde kullanımının artacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, AUEARP için n müşteri sayısını gösterecek şekilde, $N = \{1, 2, \dots, n\}$ müşteriler kümesi tanımlanmıştır. Depo "0" ile gösterilmektedir. q_i i . müşterinin talebi $i \in N$, ve Q elektrikli aracın yük kapasitesini göstermektedir. Modelde en fazla K adet elektrikli kamyon olduğu kabul edilmiş, müşteriler arası uzaklık d_{ij} ile gösterilmiştir. Elektrikli aracın hizmet süresince tüketeceği enerji miktarının elektrikli aracın yüküne bağlı olarak değişeceği kabul edilmiştir. AUEARP için geliştirilen tam sayılı matematiksel model, araç kapasitesi Q ve batarya seviyesini dikkate alarak, elektrikli kamyonların tek şarjla ve minimum mesafeyle tamamlayabileceği rotalar oluşturmaya çalışmaktadır.

4. MATEMATİKSEL MODEL

AUEARP'nin çözümü için karışık tamsayılı bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan modele ait notasyonlar ve karar değişkenleri aşağıda tanımlanmıştır.

Notasyonlar

0	Depo noktası
N	Dağıtım yapılacak noktalar kümesi
D	Elektrikli kamyonların rotasına ait en son duraktan sonra gideceği varsayılan kukla nokta
K	Elektrikli kamyon kümesi
Q	Elektrikli kamyonların yük kapasitesi
q_i	i noktası tarafından talep edilen yük miktarı; $\forall i \in N$
B	Elektrikli kamyonun batarya kapasitesi
h_1	Elektrikli kamyonun yüksüz olarak bir birim uzaklık için tüketeceği enerji değeri
h_2	Elektrikli kamyonun bir birim ilave yük için bir birim uzaklıkta tüketeceği enerji değeri
d_{ij}	i noktasından j noktasına olan uzaklık; $\forall i \in 0 \cup N, \forall j \in N \cup D$

Karar Değişkenleri

x_{ij}^k	Eğer k elektrikli kamyonu i noktasından j noktasına giderse 1, aksi halde 0; $\forall i \in 0 \cup N, \forall j \in N \cup D, i \neq j, k \in K$
y_{ik}	k elektrikli kamyonun i noktasından ayrılmadan önceki yük miktarı; $\forall i \in 0 \cup N, k \in K$
b_{ik}	k elektrikli kamyonun i noktasından ayrılmadan önceki batarya seviyesi; $\forall i \in 0 \cup N, k \in K$

Yukarıda tanımlanan notasyon ve karar değişkenlerine göre AUEARP'ye ait matematiksel model aşağıda formüle edilmiştir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in 0 \cup N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} d_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i \in 0 \cup N} \sum_{k \in K} x_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N \cup D} \sum_{k \in K} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_{iD}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in 0 \cup N} x_{ij}^k = \sum_{i \in N \cup D} x_{ji}^k \quad \forall j \in N \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$y_{0k} = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N \cup D} q_i x_{ij}^k \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$y_{0k} \leq Q \quad \forall k \in K \quad (8)$$

$$y_{jk} + q_j x_{ij}^k - y_{ik} \leq Q(1 - x_{ij}^k) \quad \forall i \in O \cup N \quad \forall j \in N \quad i \neq j \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$b_{0k} = B \quad \forall k \in K \quad (10)$$

$$b_{jk} + d_{ij}(h_1 + h_2 y_{ik}) - b_{ik} \leq (d_{ij} h_1 + d_{ij} h_2 Q + B)(1 - x_{ij}^k) \quad \forall i \in O \cup N \quad \forall j \in N \quad i \neq j \quad \forall k \in K \quad (11)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall i \in O \cup N \quad \forall j \in N \cup D \quad i \neq j \quad k \in K \quad (12)$$

$$y_{ik}, b_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in O \cup N \quad k \in K \quad (13)$$

Matematiksel modelde yer alan (1) no.lu ifade elektrikli kamyonların rotasına ait toplam mesafeyi minimize edecek amaç fonksiyonunu tanımlamaktadır. (2) ve (3) no.lu kısıtlar her servis noktasına bir kere ziyaret edilmeyi garanti etmektedir. (4) ve (5) no.lu kısıtlar ise her bir elektrikli kamyonun en fazla bir rota için kullanılmasını sağlamaktadır. (6) no.lu kısıt elektrikli araçlara ait rotaların sürekliliğini sağlamaktadır. (7) no.lu eşitlik her bir k elektrikli aracının depodan ayrılmadan önceki yük miktarını hesaplamaktadır. (8) no.lu ifade ise elektrikli araçlara ait kapasite kısıtını belirtmektedir. Elektrikli araçların servis noktalarından ayrılmadan önceki yük miktarı ise (9) no.lu kısıt ile hesaplanmaktadır. (10) ve (11) no.lu kısıtlar kapasite kısıtlarına benzer şekilde sırasıyla elektrikli araçların depodan ve servis noktalarından ayrılmadan önceki batarya seviyesini hesaplamaktadır. Son olarak (12) ve (13) no.lu ifadeler modelde kullanılan karar değişkenlerini tanımlamaktadır.

5. SAYISAL UYGULAMA

AUEARP için geliştirilmiş olan karışık tamsayı matematiksel modelin geçerliliği ve etkinliğini test edebilmek için 15 adet küçük boyutlu problem üretilmiştir. Üretilen problemlerde elektrikli araçların servis vereceği noktaların koordinatları ve bu noktaların talep miktarı rassal olarak belirlenmiştir. Elektrikli araçlara ait yük kapasitesi, batarya kapasitesi ve enerji tüketim değerleri ise ticari olarak kullanıma sunulacak olan elektrikli bir kamyonun teknik verileri üzerinden belirlenmiştir. Tablo 1’de örnek problemlerde kullanılan elektrikli kamyonlara ait teknik veriler gösterilmiştir. Üretilmiş olan test problemleri, GUROBI 7.0.1 çözücü ile Intel® Xeon® CPU E5-2643 v3 3.4 GHz işlemci ve 64 GB belleğe sahip bilgisayar üzerinde çözdürülmüştür. Tablo 2’de her bir problem için elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 1: Elektrikli Kamyonlar İçin Dikkate Alınan Teknik Değerler

Aracın yük kapasitesi Q (ton)	40
Aracın batarya kapasitesi B (kWh)	1116
Aracın yüksüz olarak bir mil uzaklıkta tüketeceği enerji h_1 (kWh)	1.8000
Aracın bir ton ilave yük için bir mil uzaklıkta tüketeceği enerji h_2 (kWh)	0.0108

Tablo 2: Sayısal Uygulama Sonuçları

Problem No	Nokta Sayısı	Toplam Uzaklık (mil)	Kullanılan Araç Sayısı	Çözüm Zamanı (sn)
1	5	570.84	3	0.14
2	8	693.76	3	0.34
3	10	999.24	3	0.72
4	12	879.32	3	1.29
5	13	950.64	3	1.56
6	15	1047.36	4	2.87
7	18	1401.92	3	8.58
8	16	1206.20	5	3.48
9	15	1178.32	3	3.56
10	16	1192.60	3	2.76
11	20	1399.64	5	12.11
12	22	1395.48	4	13.24
13	25	1550.84	4	9.98
14	20	1324.44	4	26.15
15	21	1362.80	4	14.43

Her bir problem için elde edilen toplam rota uzunluğu değerleri, kullanılan araç sayısı ve çözüm zamanlarının verildiği Tablo 2’de de görüldüğü gibi, elektrikli araçların servis vereceği nokta sayısının 5-25 aralığında değiştiği her bir test problemi için bir dakikadan az bir sürede optimum sonuca ulaşılmıştır. Özellikle nokta sayısının 20’den az olduğu

problemler için 10 saniyeden az bir sürede çözüm elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, AUEARP için geliştirilmiş olan karışık tamsayı matematiksel model ile küçük boyutlu gerçek hayat uygulamalarında kısa işlem süreleri ile optimum sonuçların elde edilebileceği görülmüştür.

6. SONUÇ

Hızla gelişen, değişen rekabet ortamında işletmeler varlığını sürdürebilmek, rekabetçi gücünü koruyabilmek, pazar payını genişletebilmek için, toplam maliyetleri içinde büyük bir paya sahip olan lojistik faaliyetleri ile ilgili maliyetleri en aza indirmeye çalışmaktadır. İşletmelerin üretim ve hizmet performansını olumsuz yönde etkilemeyecek uygun maliyetli dağıtım rotalarının belirlenmesi işletmeler için önemli konulardan bir tanesidir. Uygun dağıtım rotalarının belirlenmesi ile araç kapasitesi ile uyumlu olacak şekilde, ürünlerin müşterilere en kısa mesafede ulaşmasıyla işletmelerin hizmet performansı artarken, dağıtım maliyetleri azalır. Bu durum da işletmelerin rekabetçi gücünün artmasına katkı yapabilir.

Günümüzde çevresel kaygılar nedeniyle işletmelerin tüm faaliyetlerinde çevreye verilen zararın en aza indirilmesiyle ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Resmi kurumlar ve özel kuruluşlar son yıllarda elektrik enerjisiyle çalışan araçlar ile ilişkili Ar-Ge çalışmalarına ağırlık vermişlerdir. Bunun en temel nedenlerinden bir tanesinin fosil yakıt tüketen araçların çevreye verdikleri zarar ve sınırlı kaynak kapasitesi olduğu bilinmektedir. İşletmelerin tedarik zinciri boyunca lojistik faaliyetlerinde kullandığı fosil yakıt tüketen araçlarla çevreye verdikleri zararı en aza indirmek için uygulanabilecek alternatiflerden bir tanesi de lojistik faaliyetlerinde elektrikli araçların tercih edilmesidir. Elektrikli araçlarla ilgili tanımlanan en büyük sorunlardan olan uzun şarj süresi ve düşük menzil ile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde şarj süresi ve menzildeki iyileşmeler elektrikli araçların lojistik sektöründe taşıma amaçlı daha sık kullanılabilirliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak elektrikli araç rotalama ve açık uçlu araç rotalama problemlerini birlikte dikkate alan AUEARP incelenmiştir. AUEARP için geliştirilen tam sayılı matematiksel model, her elektrikli araç için araç kapasitesini ve elektrikli araç batarya seviyesini dikkate alarak, kullanılan elektrikli araç sayısını minimize etmeye çalışan, elektrikli araçların tek şarjla tamamlayabileceği rotalar oluşturmaya çalışmaktadır. AUEARP için geliştirilmiş olan karışık tam sayılı matematiksel modelin geçerliliği ve etkinliği küçük boyutlu problemler ile test edilmiş, test örneklerinde optimum çözüm çok kısa sürede elde edilebilmiştir.

Geliştirilen model ile işletmelerin tedarik zinciri boyunca lojistik faaliyetlerinde kullanılabilir elektrikli araçlar için, araç sayısını minimize ederek daha az dağıtım maliyetli rotaların oluşturulabileceği bir çözüm önerisi sunulmuştur. Gelecek çalışmalarda daha büyük boyutlu problemler için model performansı test edilerek, ihtiyaç durumunda sezgisel algoritmalar uygulanarak farklı çözümler oluşturulabilir. Büyük ve/veya küçük boyutlu problemler için farklı amaç fonksiyonları tanımlanarak farklı çözümler ve kazanımlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Afroditi, A., Boile, M., Theofanis, S., Sdoukopoulos, E., Margaritis, D. (2014), "Electric Vehicle Routing Problem with Industry Constraints: Trends and Insights for Future Research", *Transportation Research Procedia*, 3, pp.452-459.
- [2] Atefi, R., Salari, M., Coelho, L.C., Renaud, J. (2018), "The Open Vehicle Routing Problem with Decoupling Points", *European Journal of Operational Research*, 265(1), pp.316-327.
- [3] Bozyer, Z., Alkan, A., Fıçlalı, A. (2014), "Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Önce Grupla Sonra Rotala Merkezli Sezgisel Algoritma Önerisi", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 7(2), pp.29-37.
- [4] Erbao, C., Mingyong, L., Hongming, Y. (2014), "Open Vehicle Routing Problem with Demand Uncertainty and Its Robust Strategies", *Expert Systems with Applications*, 41(7), pp.3569-3575.
- [5] Hung, Y.C., Michailidis, G. (2015), "Optimal Routing for Electric Vehicle Service Systems", *European Journal of Operational Research*, 247(2), pp.515-524.
- [6] Lin, J., Zhou, W., Wolfson, O. (2016), "Electric Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Procedia*, 12, pp.508-521.
- [7] Mancini, S. (2017), "The Hybrid Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, pp.1-12.
- [8] MirHassani, S.A., Abolghasemi, N. (2011), "A Particle Swarm Optimization Algorithm for Open Vehicle Routing Problem", *Expert Systems with Applications*, 38(9), pp.11547-11551.
- [9] Montoya, A., Guéret, C., Mendoza, J.E., Villegas, J.G. (2017), "The Electric Vehicle Routing Problem with Nonlinear Charging Function", *Transportation Research Part B: Methodological*, 103, pp.87-110.

- [10] Murakami, K. (2017), "A New Model and Approach to Electric and Diesel-Powered Vehicle Routing", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 107, pp.23-37.
- [11] Niu, Y., Yang, Z., Chen, P., Xiao, J. (2018), "Optimizing the Green Open Vehicle Routing Problem with Time Windows by Minimizing Comprehensive Routing Cost", *Journal of Cleaner Production*, 171, pp.962-971.
- [12] Yu, V.F., Jewpanya, P., Redi, A.A.N.P. (2016), "Open Vehicle Routing Problem with Cross-Docking", *Computers and Industrial Engineering*, 94, pp.6-17.

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETMELERİNDE GEMİ YÜKLEME MİKTARININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ VE MS SOLVER İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Batuhan Kocaoğlu¹, Mehmet Özkan², Hakan Özkan³

¹Piri Reis Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, batuhan.kocaoğlu@gmail.com

²Yalova Üniversitesi, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Yalova, ozkannmehmett@gmail.com

³Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Muğla, ozkannhakann@gmail.com

ÖZET

Günümüzde lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için deniz taşımacılığı büyük önem taşımaktadır. Maliyetlerin düşük olması, tek seferde taşıma kapasitesinin yüksek olması, güvenli olması ve ulaşım ağının geniş olması gibi önemli avantajları sayesinde lojistik işletmelerinin deniz taşımacılığını tercih etmelerinin nedenini gözler önüne sermektedir. Bu doğrultuda deniz taşıma işletmelerinin ticari kazanç sağlayabilmeleri için mümkün olduğunca maksimum gemi kapasitesini kullanmak istemeleri doğaldır. Fakat taşımanın karlılığını bilmek için her geminin öncelikle kendi maliyetlerini karşılayacak minimum yük miktarını bilmesi gerekmektedir. Böylece gemisini kiraya verecek olan deniz taşıma işletmelerinin, gelecek olan yük ve navlun tekliflerini değerlendirmesi kolay olacaktır. Hatta geminin karlılığına bağlı olarak ilgili sefer için gemi tercihi de yapabileceklerdir.

Çalışma da birden fazla gemisi olan bir deniz taşıma işletmesinin, bir geminin kapasitesini aşan dökme buğday yükünü boşaltma limanına minimum maliyetle ulaştırmak amacıyla, gemilerinin değişen sefer faktörleri (geminin seferdeki hızı, seyir süresi, yükleme süresi) ve maliyetleri göz önünde bulundurularak doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model Microsoft Excel sayfasına işlenmiştir. Daha sonra Microsoft çözücü eklentisi yardımı ile modelin amacı doğrultusunda kısıtlamalar girilerek geminin çalışma maliyetini karşılaması için gerekli olan yükleme miktarı ve birim taşıma maliyeti hesaplanmıştır. Daha sonra duyarlılık analizi yapılarak, karar değişkenlerindeki değişimlere bağlı olarak amaç fonksiyonuna yaptığı etkiler yorumlanmıştır. Bu çalışma ile bir ya da birden fazla taşıma modunda faaliyet gösteren işletmelerin MS Office Excel Programı ile araç yükleme ve rotalama alanında optimizasyonu yapabilmesi ve bu alanda yapılacak çalışmalarda doğrusal programlama modelini oluşturmak için izlenmesi gereken aşamalar ile araştırmacılara yol göstermesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deniz taşıma işletme, Doğrusal programlama, Lojistik, Ms solver, Optimizasyon

DIRECTION TO DETERMINE SHIP LOADING QUANTITY IN SEA TRANSPORTATION COMPANIES BY LINEAR PROGRAMMING MODEL AND EVALUATION BY MS SOLVER

ABSTRACT

Nowadays, maritime transportation is of critically important for businesses operating in the logistics sector. It displays why logistics companies prefer maritime transport due to their low cost, high transport capacity, safe and extensive transportation network. In this direction, it is natural that maritime transport managements desire to use maximum ship capacity as much as possible in order to provide commercial gain. However, every shipowner must first know the minimum amount of load that will meet its costs in order to know profitability of the transportation. Thus, it will be easy

for maritime transport companies to give their vessels to the rent, to evaluate future goods and freight offers. They will be able to make a selection of ship for the navigation depending on the profitability of the ship.

In this study, a linear programming model of a maritime transport operation which has more than a ship was established to deliver the bulk wheat load that exceeds the capacity of a ship to the unloading port with minimum cost, considering the changing navigation factors (speed of ship at the navigation, navigation time, loading duration). This generated model has been processed into Microsoft Excel sheet. Then, with the help of Microsoft Solver plugin, constraints in the direction of the model are entered and the required amount of loading and unit transportation cost is calculated so that the gathers can meet the working cost. Then sensitivity analysis is performed and the effects on the objective function are interpreted depending on the changes in the decision variables. In this study, it is aimed that businesses operating in one or more transportation modes can optimize the loading and locomotion of vehicles with MS Office Excel Program and guide the researchers with the steps that must be followed in order to create a linear programming model.

Keywords: Maritime transportation management, Linear programming, Logistics, Ms solver, Optimization

1. GİRİŞ

Deniz yolu taşımacılığı sektörü, uluslararası taşımacılığın belkemiğidir (Long, 2016). Çünkü ulaşım ağının fazla olması, gemilerin tek seferde çok fazla yük taşıması ve güvenli olması gibi geçerli nedenlerden dolayı lojistikte önemli bir yere sahiptir. Deniz ticaretinin en önemli özelliği uluslararası çok büyük ekonomik alanı etkilemesi ve üretim noktalarından tüketim noktalarına en ucuz ve en geniş bir alanla hizmet sunmasıdır (Yorulmaz, 2010). Deniz taşımacılığının yalnızca lojistik açıdan önemi bulunmamaktadır. Ek olarak bir ülkenin bayrağını taşıma özelliği ile o ülkeyi uluslararası sularda temsil etmektedir. Yani deniz taşımacılığı uluslararası politik ve siyasi öneme de sahiptir.

En geniş taşıma kapasiteli ulaştırma sistemi deniz yoludur (Tek ve Karaduman, 2012). Deniz yolu taşımacılığında kapasite hacim ve ağırlığa bağlı olarak ifade edilmektedir. Hacim tonajları, gros ton (GT: Gross Tonnage) ve net ton (NT: Net Tonnage) dur (Akten ve Albayrak, 1988). Gros ton gemiler için resmi tonajdır. Net ton ise gemilerin yük taşıyabileceği hacim kapasitesini göstermektedir. Eğer ağırlıkta hafif hacimde fazla bir yük gemiye yüklenirse taşıma ücreti yükün kapladığı hacme göre hesaplanmaktadır. Deniz taşımacılığında temel ağırlık ölçüsü olarak dedveyt ton kullanılır (Akten ve Albayrak, 1988). Dedveyt ton (DWT: Deadweight Ton) ve deplasman ise gemilerin ton cinsinden taşıma kapasitesini göstermektedir. Dedveyt ton geminin taşıyabileceği maksimum ağırlığı ifade etmektedir. Deplasman ise boş deplasman ve yüklü deplasman olarak ikiye ayrılmaktadır. Boş deplasman, geminin kuru ağırlığıdır. Yüklü deplasman ise geminin dedveyt ton değeri ile kuru ağırlığının toplamına eşit olmaktadır. Yük taşıma kapasitesi (DWCC: Dedveyt Carrying Capacity) metrik ton cinsinden ticari taşıma kapasitesini göstermektedir. Çalışma da gemi kiralama işletmesinin kiraladığı gemi cinsine bağlı olarak kuru dökme yük ele alınmış olup, gemilerin yük taşıma kapasiteleri (DWCC) dikkate alınmıştır.

Deniz taşımacılığı işletmelerinde, hizmet maliyetlerini hesaplarken giderler ilgili seferlere yüklenmesine göre,

- a) Dolaysız (Direkt) Ulaşım Maliyetleri
- b) Dolaylı (Endirekt) Ulaşım Maliyetleri, olarak iki gruba ayrılmaktadır (Saban ve Güğçerçin, 2009).

Dolaysız maliyetler, sefer maliyetleri hesaplanırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli maliyetlerdir. Doğrudan sefer maliyetlerine yüklenmektedir. Bu maliyetler, en önemli olan yakıt maliyeti, acentelik ücret ve komisyonları ile vergi, resim ve harçlardır. Dolaylı maliyetler ise doğrudan sefer maliyetlerine yüklenmemektedir. Geminin ve işletmenin güvenli şekilde çalışması için uzun süre boyunca göz önünde bulundurulması gereken maliyetlerdir. Bu maliyetler, amortisman giderleri, bakım-onarım giderleri ve sigorta giderleridir.

Çalışma da maliyet sınıflandırması, gemi kiralama üzerine faaliyet gösteren bir işletmenin üç maliyet başlığından oluşan sınıflandırmaya göre yapılmıştır. Bu sınıflandırma, “(1) yakıt giderleri”, liman giderleri, acentelik ücret ve komisyonları ile vergi, resim ve harçları kapsayan “(2) yükleme-boşaltma limanı giderleri” ve personel, amortisman, bakım-onarım ve sigorta giderlerini kapsayan “(3) günlük sabit maliyet-R/C (R/C: Running Cost)” şeklindedir (Eşsiz, 2017). Dolaysız maliyetler içinde yer alan yakıt giderlerinin önemi bu sınıflandırmada da görülmektedir.

Bir sonraki bölümde çalışmanın çıkış noktasından bahsedilerek amacı belirtilmiştir. Üçüncü bölümde örnek problem verilmiş ve doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Dördüncü bölümde problemin modeli doğrultusunda MS Solver ile çözümü yapılmıştır. Ve son olarak duyarlılık analizi ile çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma, dökme kuru yük gemi sahipleri ile yük sahiplerini birbirleriyle buluşturarak komisyon ücreti alan bir deniz ulaştırma işletmesinin çalışma şekline esinlenerek hazırlanmıştır. Bu deniz ulaştırma işletmesi, bir yük sahibinden ya da yük komisyoncusundan gelen bir teklife göre elinde bulunan müsait ve en uygun gemiyi önerebilir. Çünkü bilgisayarda hazırladıkları bir MS Excel programı ile yükün gemi kapasitesine uygun olup olmadığının, eğer uygunsa ne kadar navlun teklif edilmesi gerektiğinin cevabı hemen verilebilir. Fakat yük sahibi ya da komisyoncunun verdiği teklif elimizdeki her geminin kapasitesinden fazla ise, işletme bünyesinde bulunan müsait ve uygun gemi sayısı az ise, uygun teklifi verebilmek için bu durumda nasıl bir çözüm üretilmelidir? Bu sorunun çözümü için aşağıdaki soruların cevapları bulunmalıdır.

- Taşıma kapasiteleri farklı olsa da çalışması gereken gemi sayısı kaç olmalıdır?
- Hangi gemi kaç sefer yapmalıdır?
- Taşıma kaç günde tamamlanabilir?
- Taşımanın toplam maliyeti ve toplam birim maliyeti nedir?
- Taşıma tamamlandığında gemi bazında birim maliyet nedir?

Bu sorulara cevaplamak ve çözümün yapılabilmesi için yalnızca MS Excel yeterli değildir. Excel, hesaplama ve veri girişi için yeterlidir. Veri girişine ek olarak çözümün kararı için Solver eklentisi kullanılmıştır.

Maliyet minimizasyonuna yönelik yapılan bir çalışmada, Esmer vd. (2005) gemi işletim maliyetlerinde gider minimizasyonunu sağlamak amacıyla yaptığı çalışmada, doğrusal programlama modelini kullanmış ve değişkenlerin fazla olması nedeniyle de TORA adlı programdan yararlanılmıştır. Sonuç olarak, simpleks metodu yardımıyla gemi işletim maliyeti olarak bahsedilen on iki maliyet içerisindeki değişken maliyetler değerlendirilerek, en uygun bir günlük gemi işletim maliyetine ulaşmışlardır.

Geçmişte gemi kiralamasına yönelik, minimum maliyet ve en uygun gemi yükleme miktarına ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, büyük miktardaki yükün, birden fazla gemi ile kısa sürede minimum maliyetle taşıyabilmesi için oluşturulan doğrusal programlama modelinin çok fazla maliyeti olmayan MS Excel programının solver eklentisi ile çözülmesi ile bu alanda yapılacak çalışmalara rehberlik etmesi amacı taşımaktadır. Oluşturulan doğrusal programlama modelinin, yükleme miktarı ve maliyet unsurlarına etki edebilecek bazı değişkenlerin eklenmesine açık ve uygulanabilir olması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca verilerin gemi kiralama alanında aktif olarak faaliyet gösteren bir işletmeden alınarak, gerçeğe uyarlanması ise çalışmanın önemli olan diğer bir boyutunu oluşturmaktadır.

3. PROBLEM VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Çalışma da örnek alınan gemi kiralama işletmesi, 2006 yılının başlarında gemi kiralama, brokerlik ve acentelik hizmeti vermek üzere kurulmuş olup, 2009 yılı başlarında da müşterilerin talepleri doğrultusunda forwarding bölümü de açmıştır. Söz konusu işletme, kuru yük brokerliği, gemi işletmeciliği, gemi kiralama, acentelik ve proje taşımacılığı alanlarında hizmet veren uzman bir işletmedir. İşletmeden alınan veriler ışığında problem tanımlanmıştır. Daha sonra problemin çözümüne yönelik doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur.

3.1. Problemin Tanımı

Deniz ulaştırma işletmesinin kuru dökme yük alanında verdiği hizmet değerlendirmeye alınmıştır. Ele alınan deniz ulaştırma işletmesinin bünyesinde 1. gemi, 2. gemi ve 3. gemi olmak üzere üç farklı özellikte gemi bulunmaktadır. Bahsedilen gemi kiralama işletmesinin bünyesindeki gemilere ait çalışmada kullanılan bilgiler Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1: Gemi Bilgileri

	1. Gemi	2. Gemi	3. Gemi
Yük Kapasitesi (MT)	3100	7550	10000
Hız (knot)	8	10	10
Yükleme Liman Masrafı (\$)	15000	19000	21000
Boşaltma Liman Masrafı (\$)	14000	18000	20000
Günlük Sabit Giderler (\$/gün)	1200	2200	2200
Ana Makine Yakıt Tüketimi (MT/Gün) IFO 180	0	6	0
Ana Makine Yakıt Tüketimi (MT/Gün) IFO 380	0	0	10
Ana Makine Yakıt Tüketimi (MT/Gün) MGO	3,3	0	0
Yardımcı Makine Yakıt Tüketimi (MT/Gün) MGO Seyir	0	0	0,8
Yardımcı Makine Yakıt Tüketimi (MT/Gün) MGO Liman	0,3	0,4	0,5

Taşınacak olan yükün cinsi dökme tahıldır. Taşınması yük miktarı, taşıma mesafesi, yükleme ve boşaltma limanlarının kapasitesi ve yakıt fiyatları Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 2: Yük, Mesafe, Liman Yükleme-Boşaltma Kapasitesi ve Yakıt Bilgileri

Taşıma Mesafesi (Mil)	2053
Taşınacak Yük (MT)	30650
Yükleme Kapasitesi (MT/Gün)	2000
Boşaltma Kapasitesi (MT/Gün)	2000
IFO 180 Fiyatı (\$/MT)	370
IFO 380 Fiyatı (\$/MT)	330
Dizel MGO (\$/MT)	550

Yük sahibi satışını yaptığı yükün limandaki alıcısına ulaştırılması için en kısa taşıma süresi ve en düşük taşıma ücreti bilgilerini öğrenmek istemektedir. Yük sahibinin bu isteğine verilecek teklif için yukarıdaki veriler doğrultusunda problemin doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Fakat yük sahibine teklif vermeden önce dikkat edilmesi gereken nokta model çözüldükten sonra taşıma maliyetini verdiğidir.

3.2. Doğrusal Programlama Modeli

Problemin çözümünde en önemli olan nokta gemilerin yaptığı sefer sayılarıdır. Bunun için geminin seferini belirleyen gerçek değişken, geminin taşıdığı toplam yük miktarıdır. Bundan dolayı problemin karar değişkenleri her geminin taşıdığı yük miktarı olacaktır. Karar değişkenlerine bağlı, amaç fonksiyonunun yazılabilmesi için gerekli olan matematiksel ifadeler Tablo 3’ de gösterilmiştir.

Tablo 3: Tanımların Matematiksel İfadeleri

Tanımı	İfade
Gemi Yük Kapasitesi	C_i
Yüklü Sefer Maliyeti	L_i
Boş Sefer Maliyeti	D_i

i) Karar Değişkenleri

x_i : i. gemiye yüklenen yük miktarı, ifade etmektedir.

ii) Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min}Z = \sum (x_i / C_i) \cdot (L_i + D_i) \quad (1)$$

iii) Kısıtlar

$$x_i \geq C_i \quad (2)$$

$$x_i \geq 0 \quad (3)$$

$$\sum x_i = 30650 \quad (4)$$

Amaç fonksiyonunda geminin taşıdığı toplam yük miktarı (X_i) gemi kapasitesine bölünerek geminin yaptığı sefer sayısı hesaplanmıştır. Elde edilen bu değer geminin yaptığı yüklü ve boş sefer giderlerinin toplamı ile çarpıldığı zaman geminin toplam maliyeti elde edilecektir. Kısıtlarda ise 1. eşitsizlik, geminin toplam taşıdığı yük miktarının belirlenmesi ve taşınmanın kısa zamanda gerçekleşmesi için eklenmiştir. Ek olarak, yüklerin yükleme limanından boşaltma limanına kısa sürede taşınabilmesi için her gemi tam yükleme kapasiteyle (C_i) yüklenmesi gerektiği ifade edilmiştir. 3. eşitsizlikte ise toplam taşınacak yük miktarı negatif değer almaması gerektiği belirtilmiştir. Son olarak 4. eşitlikte ise her gemi tarafından taşınan toplam yük miktarının, taşınması gereken toplam yük miktarına (30650) eşit olduğu gösterilmiştir.

Yüklü sefer maliyeti (L_i) ve boş sefer maliyeti (D_i) hesaplamaları, denklem karmaşası oluşturmaması için yalnızca MS Excel sayfasında yapılmıştır. Bu hesaplama ve amaç fonksiyonunun çözümü 4. Bölümde anlatılmıştır.

4. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Problemin çözümü için işletmeden elde edilen bilgiler MS Excel sayfasına girilerek tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tablo ile her geminin ne kadar süre yükleme ve boşaltma limanlarında kalacağını, liman ve seyir maliyet değerlerinin ne olacağını belirlenmiştir. Daha sonra liman ve seyir maliyetlerine bağlı olarak gemilerin yükleme miktarı ve yaptıkları sefer sayıları MS Solver ile hesaplanarak, duyarlılık analizi yapılmıştır.

4.1. Modelin MS Excel Tablosunda Belirtilmesi

MS Excel de çözümün yapılması için kullanılacak veriler şekil 1’deki MS Excel sayfasına girilmiştir. Toplam maliyet hesaplamasına geminin boşaltma limanından yükleme limanına yaptığı boş sefer maliyeti de dâhil edilmiştir.

	A	B	C	D	E
1					
2		Taşıma Mesafesi (Mil)	2053		
3		Taşınacak Yük (MT)	30650		
4		Yükleme Kapasitesi (MT/Gün)	2000		
5		Boşaltma Kapasitesi (MT/Gün)	2000		
6		IFO 180 Fiyatı (\$/MT)	370		
7		IFO 380 Fiyatı (\$/MT)	330		
8		Dizel MGO (\$/MT)	550		
9					
10			1. Gemi	2. Gemi	3. Gemi
11		Yük Kapasitesi (MT)	3100	7550	10000
12		Hız (knot)	8	10	10
13		Yükleme Liman Masrafı (\$)	15000	19000	21000
14		Boşaltma Liman Masrafı (\$)	14000	18000	20000
15		Günlük Sabit Giderler (\$/gün)	1200	2200	2200
16		Ana Makine Yakıt (MT/Gün) IFO 180	0	6	0
17		Ana Makine Yakıt (MT/Gün) IFO 380	0	0	10
18		Ana Makine Yakıt (MT/Gün) MGO	3,3	0	0
19		Yardımcı Makine Yakıt (MT/Gün) MGO Seyir	0	0	0,8
20		Yardımcı Makine Yakıt (MT/Gün) MGO Liman	0,3	0,4	0,5

Şekil 1: Verilerin MS Excel Sayfasına İşlenmesi

Gerekli veriler girildikten sonra şekil 2' deki gibi hesaplamaların yapılması için ilgili hücelere girilmesi gereken formüller ve ilgili hücreye yapılan işlemin amacı 1.gemi için açık örneklerle adım adım anlatılmıştır.

	A	B	C	D	E
22			1. Gemi	2. Gemi	3. Gemi
23		Yükleme Limanı Kalma Süresi (Gün)	1,55	3,78	5,00
24		Boşaltma Limanı Kalma Süresi (Gün)	1,55	3,78	5,00
25		Toplam Liman Süresi (Gün)	3,10	7,55	10,00
26					
27		Seyir Süresi (Gün)	10,69	8,55	8,55
28					
29		Toplam Gemi Çalışma Süresi (Gün)	13,79	16,10	18,55
30					
31		Yüklü Seferlik Maliyetler (\$)	65.470,02	93.080,42	116.561,75
32					
33		Boş Seferlik Maliyetler (\$)	32.238,52	37.809,42	50.811,75

Şekil 2: Süre ve Maliyet Hesaplaması

Adım 1: Geminin yükleme limanında kalma süresini hesaplamak için 5. formül C23 hücresine (1,55) girilmiştir. D23 ve E23 hücrelerine kopyalanmıştır. (Hücre sağa doğru sürüldüğünde formüldeki C11 değeri D11 ve E11 olarak değişmektedir.)

i.Geminin Yükleme Limanında Kalma Süresi=i. Geminin Kapasitesi/Limanın Yükleme Kapasitesi

$$1,55=3100/2000$$

$$=C11/SC\$4 \quad (5)$$

Adım 2: Geminin boşaltma limanında kalma süresini hesaplamak için 6. formül C24 hücresine (1,55) girilmiştir. D24 ve E24 hücrelerine kopyalanmıştır.

i.Geminin Boşaltma Limanında Kalma Süresi=i. Geminin Kapasitesi/Limanın Boşaltma Kapasitesi

$$1,55=3100/2000$$

$$=C11/SC\$5 \quad (6)$$

Adım 3: C25 hücresine aşağıdaki formül girilerek 1. geminin toplam limanda geçirdiği süreler hesaplanmıştır. C25 hücresine girilen formül D25 ve E25 hücrelerine de kopyalanarak diğer iki gemi için de aynı hesaplama yapılmıştır.

i. Geminin Toplam Liman Süresi=i. Geminin Yükleme Limanı Süresi + i. Geminin Boşaltma Limanı Süresi

$$3,10=1,55+1,55$$

$$=C23+D23 \quad (7)$$

Adım 4: C27 hücresinde 1. geminin seyir süresi hesaplanmıştır. C12 hücresindeki değer geminin günlük ilerlediği mesafeyi bulmak için 24 ile çarpılmıştır.

i.Geminin Seyir Süresi=Taşıma Mesafesi/(24saat*i. Geminin Hızı)

$$10,69=24*8knot$$

$$=C2/(24*C12) \quad (8)$$

Adım 5: Geminin toplam çalışma süresini hesaplandığı C29 hücresine toplam liman süresi ve seyir süresinin toplandığı,

i. Geminin Geminin Toplam Çalışma Süresi=i. Geminin Liman Süresi + i. Geminin Seyir Süresi

$$13,79=3,10 + 10,69$$

$$=C25+C27 \quad (9)$$

Formülü girilmiştir. Diğer gemiler için de aynı formül uygulanmıştır.

Adım 6: Geminin yüklü olarak çalıştığı sefer için toplam maliyet bu adımda hesaplanmıştır. Her geminin özelliğinin farklı olmasından dolayı C31, D31 ve E31 hücrelerine farklı formül girilmiştir. Fakat formülün genel kuralı aşağıda belirtilmiştir. Bu doğrultuda C31 hücresine aşağıdaki formül girilmiştir.

i. GemiYüklü Seferlik Maliyeti=i. Geminin Yükleme Liman Masrafı + i. Geminin Boşaltma Liman Masrafı + (Günlük sabit Giderler*i. Geminin Toplam Gemi Çalışma Süresi) + İ. Geminin Harcadığı Dizel MGO Gideri + i. Geminin Harcadığı IFO 180 ya da 380 Gideri

$$65470,02=15000+14000+ (1200*13,79)+(550*3,3*10,69)+(550*0,3*3,10)$$

$$=C13+C14+(C15*C29)+(C8*C18*C27)+(C8*C20*C25) \quad (10)$$

Adım 7: Son olarak boş sefer (balastlı) için toplam sefer maliyetini hesaplayan aşağıda belirtilen formül girilmiştir. Formülün genel kuralı aşağıdaki gibidir.

Boş Sefer Maliyeti=(Günlük Sabit Maliyet*Seyir Süresi) + Harcanan Dizel MGO Gideri + Harcanan IFO 180 ya da 380 Gideri

$$32238,52=(1200*10,69)+(550*3,3*10,69)$$

$$=(C15*C27)+(C8*C18*C27) \quad (11)$$

Çalışmanın amacına yönelik 6 ve 7 adımları önem arz etmektedir. Çünkü minimum maliyete etki etmektedir. Ek olarak, gemilerin yapacağı yükleme miktarı ve sefer sayısını da etkileyecektir.

	A	B	C	D	E
35		Karar Değişkenleri (Yük Miktarı)			
36		1. Gemi	3100	>=	3100
37		2. Gemi	7550	>=	7550
38		3. Gemi	20000	>=	10000
39			30650		
40			=		
41			30650		
42					
43		Amaç Fonksiyonu			
44		MinZ	\$563.345,36		
45					
46		Birim Maliyet	\$18,38		
47					
48		Gemi Bazında Birim Maliyet (\$/MT)	\$31,52	\$17,34	\$8,37
49					
50		Gemi Sefer Sayısı (Adet)	1	1	2

Şekil 3: Karar Değişkenleri ve Amaç Fonksiyonu

Şekilde karar değişkenleri kırmızı renk, amaç fonksiyonu ise yeşil renk ile gösterilmiştir. Burada MS Excel Solver' in çözümü yapabilmesi için minimum maliyet fonksiyonunun karar değişkenlerine bağlı formülünü elde etmek gereklidir. Bunun yapılabilmesi için, önceden hesapladığımız 31. ve 33. satırlarındaki maliyetlerin seferlik olmasından dolayı

geminin yaptığı sefer sayısının belirlenmesi gereklidir. Bu doğrultuda karar değişkenlerinin yani yükleme miktarının gemi kapasitesine bölünerek elde edilen sefer sayısını gösteren formül C50 hücresine girilmiştir.

$$\text{Sefer Sayısı} = i.\text{Geminin Taşıdığı Toplam Yük} / i.\text{Geminin Kapasitesi}$$

$$1 = 3100 / 3100$$

$$= C36 / C11 \quad (12)$$

Formül diğer iki hücre içinde uygulanarak 2. ve 3. geminin sefer sayısı bulunmuştur. Son olarak amaç fonksiyonu hücresine (C44) aşağıdaki formül girilmiştir.

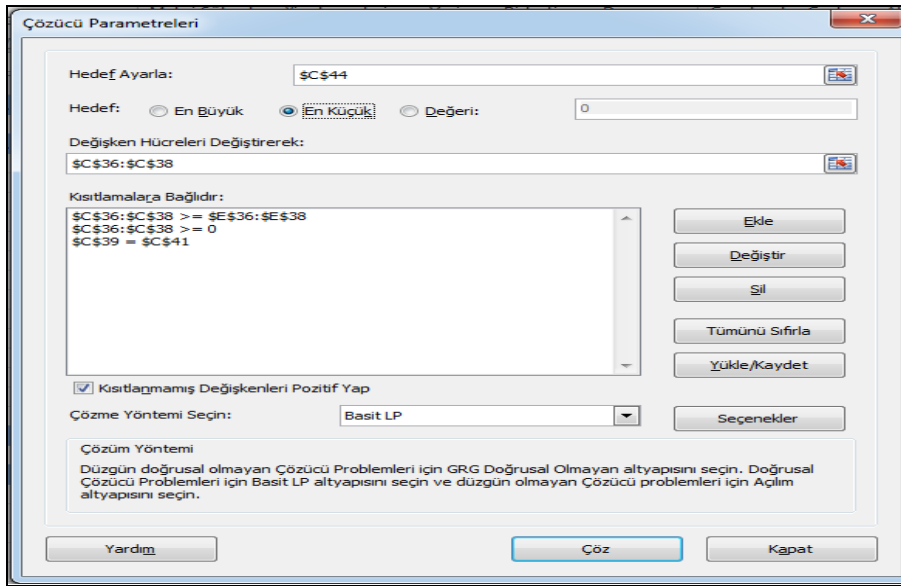
$$\text{MinZ} = \sum (i.\text{Geminin Sefer sayısı} * (i.\text{Geminin Yüklü Seferlik Maliyeti} + i.\text{Geminin Boş Seferlik Maliyeti}))$$

$$563.345,36 = [1 * (65.470,02 + 32.238,52)] + [1 * (93.080,42 + 37.809,42)] + [2 * (116.561,75 + 50.811,75)]$$

$$= (C50 * (C31 + C33)) + (D50 * (D31 + D33)) + (E50 * (E31 + E33)) \quad (13)$$

4.2. Modelin Solver İle Çözümü

Solver, karar değişkenleri ve kısıtlamalara bağlı olarak amaç fonksiyonunun değerini, doğrusal olmayan düzgün fonksiyonlar, doğrusal fonksiyonlar ve düzgün olmayan fonksiyonlar için hesaplayan bir programdır (URL1). Buna yönelik olarak çözüm şekil 4’ deki gibi solver paneli çalıştırılarak yapılmıştır.



Şekil 4: Solver Paneli

C44 hedef hücre olduğu için şekil 4’ de gösterildiği gibi “Hedef Ayarla” kısmına girilmiştir. Amaç fonksiyonunun minimum maliyet olmasından dolayı ise hedef kısmında “En Küçük” seçeneği işaretlenmiştir. “Değişken Hücreleri Değiştirerek” kısmı karar değişkenlerinin bulunduğu hücre aralığını göstermektedir. Yani C36 ve C38 hücreleri arasındaki 3 tane hücre geminin toplam yükleme miktarını gösteren karar değişkenleridir. Modelin kısıtları ise “Kısıtlamalara Bağlıdır” kısmına “ekle” butonu ile girilmiştir. Bu kısıtlar gemi yükleme kapasitesi, taşınacak yük miktarı ve negatif olmama kısıtlarıdır. Çözme yöntemi olarak doğrusal programlama modeli olduğu için “Basit LP” seçeneği tercih edilmiştir. “Çöz” butonuna basarak modelin çözümü olan “563.345,36” değeri elde edilmiştir.

4.3. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi olarak adlandırılan uygulama, bir doğrusal programlama probleminin ele alarak çözmek ve elde edilen optimum sonucun değişen koşullara ne şekilde cevap verdiğini (koşullara karşı duyarlılığını) ölçmektir (Timor, 2010). Buna yönelik olarak MS Solver, çözümde minimum maliyeti sağlamak için kısıtlamalarda yapılabilecek en fazla artış miktarı ve kısıtlamalarda birim artış miktarına bağlı olarak maliyete olan etkisini de hesaplamaktadır. Modelin duyarlılık

analizinin yapılabilmesi için şekil 4’ de gösterilen Solver panelinin tekrar açılması gereklidir. Çözüm işlemi yapıldıktan sonra açılan panelde duyarlılık seçeneği seçilmiş ve şekil 5’ deki rapor alınmıştır.

6 Değişken Hücreleri								
		Son	Azaltılmış	Hedef	İzin Verilen	İzin Verilen		
	Hücre	Ad	Değer	Maliyet	Katsayı	Artış	Azalış	
9	ŞCŞ36	1. Gemi	1. Gemi	3100	14,78153105	31,51888105	1E+30	14,78153105
10	ŞCŞ37	2. Gemi	1. Gemi	7550	0,599051766	17,33640177	1E+30	0,599051766
11	ŞCŞ38	3. Gemi	1. Gemi	20000	0	16,73735	0,599051766	1E+30
12								
13 Kısıtlamalar								
	Hücre	Ad	Son	Gölge	Kısıtlama	İzin Verilen	İzin Verilen	
			Değer	Ücret	Sağ Taraf	Artış	Azalış	
16	ŞCŞ39	1. Gemi	30650	16,73735	30650	1E+30	10000	

Şekil 5: Duyarlılık Raporu

Şekil 5’ deki rapora göre, 1. gemi için gölge ücret, “30650” dir. Yani toplam taşınacak yük miktarının 1 birim artış göstermesi sonucunda maliyetin “16,73735” kadarlık bir artış göstereceğini belirtmektedir. Fakat taşınacak yük miktarının artması içinde sınır belirtmektedir. “30” birimlik yük miktarı artırılması durumunda da 1. gemi taşıma yapmaya devam edecektir. Şekil 6’ da taşınması gereken yükün 1 birim artırılması ile oluşan 1.çözüm gösterilmektedir.

	A	B	C	D	E
35		Karar Değişkenleri (Yük Miktarı)			
36		1. Gemi	3100	>=	3100
37		2. Gemi	7550	>=	7550
38		3. Gemi	20001	>=	10000
39			30651		
40			=		
41			30651		
42					
43		Amaç Fonksiyonu			
44		MinZ	\$563.362,10		
45					
46		Birim Maliyet	\$18,38		
47					
48		Gemi Bazında Birim Maliyet (\$/MT)	\$31,52	\$17,34	\$8,37
49					
50		Gemi Sefer Sayısı (Adet)	1	1	2,0001

Şekil 6: Duyarlılık Raporuna Yönelik 1.Çözüm

Şekil 6’ da C41 hücresinin değeri “30651” e çıkarılarak tekrar çözüm yapıldığında, minimum maliyet “563.345,36” dan “563.362,10” değerine yükselmiştir. Toplam maliyet“16,73735” artış göstermektedir.

İzin verilen artış miktarının aşılması durumunda Solver 1. gemi ile taşıma yapılmasını önermemektedir. Eğer kısıtlarda “30650” değeri “30680” den büyük bir değer ile değiştirilip, tekrar çözüm yapılırsa 1. gemi toplam yükleme miktarını “0” olarak belirleyecektir. Fakat çalışmada mümkün olan kısa sürede taşımanın yapılması istendiği için her geminin tam kapasite ile yükleme yaparak taşıma yapması gerekmektedir. Bundan dolayı modelde değişiklik yapıldıktan sonra çözüm yapılsa bile 1. gemi yalnızca tam kapasite ile yalnızca bir sefer yapacaktır ve “30650” den fazla olan miktar taşıma maliyeti düşük olduğu için 3. gemi ile taşınması gerektiğini belirtecektir. Aksi takdirde Solver yalnızca en düşük maliyetli olan 3. gemi ile bütün taşımanın yapılmasını önerecektir. Şekil 7’ de izin verilen artışın aşılması sonucu oluşan 2. çözüm gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E
35		Karar Değişkenleri (Yük Miktarı)			
36		1. Gemi	3100	>=	3100
37		2. Gemi	7550	>=	7550
38		3. Gemi	20031	>=	10000
39			30681		
40			=		
41			30681		
42					
43		Amaç Fonksiyonu			
44		MinZ	\$563.864,22		
45					
46		Birim Maliyet	\$18,40		
47					
48		Gemi Bazında Birim Maliyet (\$/MT)	\$31,52	\$17,34	\$8,36
49					
50		Gemi Sefer Sayısı (Adet)	1	1	2,0031

Şekil 7: Duyarlılık Raporuna Yönelik 2.Çözüm

Taşınması gereken toplam yük miktarı izin verilen artış değerinden 1 birim fazla olacak şekilde arttırıldığında, şekil 7’ de görüldüğü gibi arttırılan miktar 3. gemi ile taşınmaktadır. 3. Geminin taşıdığı 20000 birimlik yük miktarı 20031 birime yükselmiştir.

Birim maliyeti düşük olan 3.geminin seyirdeki günlük 10 ton olan yakıt sarfiyatının 20 ton olduğu varsayılması durumunda MS Solver’ in önerdiği çözüm şekil 8’ deki gibi olacaktır.

	A	B	C	D	E
35		Karar Değişkenleri (Yük Miktarı)			
36		1. Gemi	3100	>=	3100
37		2. Gemi	17550	>=	7550
38		3. Gemi	10000	>=	10000
39			30650		
40			=		
41			30650		
42					
43		Amaç Fonksiyonu			
44		MinZ	\$625.793,38		
45					
46		Birim Maliyet	\$20,42		
47					
48		Gemi Bazında Birim Maliyet (\$/MT)	\$31,52	\$7,46	\$22,38
49					
50		Gemi Sefer Sayısı (Adet)	1	2,324503311	1

Şekil 8: 3. Geminin Yakıt Sarfiyatı Değişimine Bağlı Çözüm

Çözümün yakıt maliyetine olan duyarlılığına göre, 3.geminin günlük yakıt sarfiyatı iki katına çıkarılırsa MS Solver sefer sayısını 1 e düşürmüştür. Bu durumda birim taşıma maliyeti en düşük olan 2.geminin 2 sefer daha yapmasını önermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, bünyesinde üç tane gemisi olan bir deniz ulaştırma işletmesinin, gemi kapasiteleri toplamından fazla olan yük miktarını minimum maliyetle ve mümkün olan kısa sürede taşıyabilmesi için gerekli olan doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve bilgisayar programı vasıtasıyla çözümü yapılmıştır. Bu doğrultuda modelin çözümünde düşük maliyetli ve kolay erişilebilir olması nedeniyle MS Solver programı tercih edilmiştir. Verilerin aktif olarak gemi kiralama sektöründe faaliyet gösteren bir işletmeden alınarak uyarlanması ve modelin farklı değişkenlerin eklenmesine açık olması çalışmanın güvenilirliği açısından önem taşımaktadır. Bu yönde yapılacak çalışmalara rehberlik edeceği düşünülerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Deniz taşımacılığında maliyetin ve gemi yükleme kapasitesinin verimli kullanılmasının önemi problemin solver ile çözüm bölümünde görülmüştür. Çünkü ölçek ekonomisine göre tek seferde büyük miktarda yük taşınmasının yapılması

birim maliyeti düşürmektedir. Çözümde gemilerin birim taşıma maliyetleri 1.gemi için, 37,97 \$, 2.gemi için 17,34 \$ ve 3.gemi için 8,37 \$ olarak bulunmuştur. Bu doğrultuda 3.geminin düşük maliyetle çalışmasının nedeni ise tek seferde yaptığı taşıma miktarının büyük olmasına bağlıdır. Eğer üç tane geminin de kapasitesi daha düşük olsaydı, yapılacak olan sefer sayısına bağlı olarak toplam taşıma maliyetinin daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Geminin özellikleri de taşıma maliyetini ve süresini etkilediği sonucuna varılmıştır. Çünkü 1. gemi daha kaliteli ve ince yakıt kullanmaktadır. Birim taşıma maliyeti, sefer içinde önemli bir yer tutan yakıt maliyetinin miktarından etkilenmektedir. Taşıma kapasitesinin de düşük olması birim maliyeti daha fazla arttırmaktadır. Buna karşın ucuz yakıt kullanan ve kapasitesi yüksek olan gemilerin taşıma maliyetleri daha düşük olmaktadır. Böyle yüksek maliyetli taşıma yapan gemilerin genellikle kısa mesafelerde veya ulaşım süresinin önemli olduğu taşımalarda tercih edilmesi uygun görünmektedir.

MS Solver toplam maliyetin minimum değerini, geminin taşıyacağı toplam yük miktarına bağlı olan sefer sayısına göre hesaplamaktadır. Bu doğrultuda taşınacak toplam yük miktarının artırılmasıyla yapılması gereken sefer sayısı da artacaktır. Bu nedenle yapılacak fazla seferler için MS Solver' in birim taşıma maliyeti düşük olan 3.gemiyi tercih etmektedir. Böylece her gemi bir seferi tamamladıktan sonra yalnızca 3.gemi bir sefer daha yapmaktadır. Fakat MS Solver' in artırılan yük miktarının 3.gemiyi tam kapasite ile yüklememesine rağmen tercih ettiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde MS Solver 3.geminin yakıt sarfiyatının artışına bağlı olarak, düşük maliyetli olan 2.geminin sefer sayısının artırılmasını önermiştir. Fakat 2.geminin yapacağı üçüncü seferde yine tam yükleme kapasitesi kullanılmamasına rağmen tercih ettiği görülmektedir.

Son olarak, bazı faktörler çalışmada göz önünde bulundurulmamıştır. Bu faktörler, kötü hava koşulları, olası gemi arızaları, günümüzde çok fazla önem kazanan sefer bölgesinin güvenliği, gemide yaşanabilecek acil durumlar, yükün özelliğinden dolayı oluşabilecek olumsuz koşullar ve beklenmeyen harcamalar olarak daha birçok faktör sayılabilmektedir. Toplam maliyetin daha kolay görülebilmesi için göz önünde bulundurulmayan bu faktörler çalışmanın veri sayfasına tahmini gün ve maliyet şeklinde girilerek, süre ve maliyet hesaplama tablosunda değerlendirilmeye dâhil edildikten sonra toplam maliyeti nasıl etkilediği incelenebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Akten, N., Albayrak, M. A. (1988). Deniz Taşımacılığı Klavuzu. İstanbul: Ekim Matbaası.
- [2] Alan, M. A., Yeşilyurt, C. (2004). "Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel İle Çözümü". C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 5(1), s. 151-162.
- [3] Deniz, R. (tarih yok). Gemi İşletmeciliği, Acentelik, Brokerlik. İstanbul: Akademi Denizcilik.
- [4] Esmer, S., Yılmazel, M., Firuzan, A. R. (2005). "Gemi İşletim Maliyetlerinde Gider Minimizasyonu". DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, s. 200-224.
- [5] Eşsiz, S. (2017, Kasım 6). Gemi Kiralamada Sefer Maliyetleri. (M. Özkan, Röportaj Yapan)
- [6] Kocaoğlu, B. (2016). Lojistikte Optimizasyon Ders Notları. İstanbul.
- [7] Long, D. (2016). Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi. (M. DÜZGÜN, M. TANYAŞ, Dü, M. DÜZGÜN, M. TANYAŞ, Çev.) Ankara: Nobel Yayıncılık.
- [8] Saban, M., Güğərçin, G. (2009). "Deniz Taşımacılığı İşletmelerinde Maliyetleri Etkileyen Faktörler Ve Sefer Maliyetleri". Deu Denizcilik Dergisi, 4-5.
- [9] Şendur, T.(2015),Lojistik Sektöründe Deniz Yolu Taşımacılığı Türkiye' de Kuru Yük TaşımacılığındaGemi İşletmeciliği Sorunlarının Tespitine Yönelik Sektörel Bir Araştırma, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme ABD, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [10] Tek, Ö. B., Karaduman, İ. (2012). Lojistik Yönetimi. İzmir: Ekonomi Yayınları.
- [11] Timor, M. (2010). Duyarlılık Analizi. M. Timor içinde, Yöneylem Araştırması (s. 107). İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- [12] Yorulmaz, M. (2010). Deniz Taşımacılığı ve Deniz Sigortaları. İstanbul: Akademi Denizcilik.

[13] URL1, Microsoft, Office Destek, <https://support.office.com/tr-tr/article/%C3%87%C3%B6z%C3%BCc%C3%BC-y%C3%BC-kullanarak-bir-sorunu-tan%C4%B1mlama-ve-%C3%A7%C3%B6zme-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>, 22.01.2018

[14] URL2, Öztürk, B. (2010). <http://www.excelce.net/forum/index.php?topic=517.0>, 20.01.2018

KARŞILANAMAYAN TALEPLİ ÇOKLU ÜRÜN ENVANTER YERLEŞİM VE ROTALAMA PROBLEMİ

Özge Şatır¹, Şener Akpınar²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İzmir, satirzge@gmail.com; Celal Bayar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Manisa, ozge.satir@cbu.edu.tr

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İzmir, sener.akpinar@deu.edu.tr

ÖZET

Şirketler, değişen market koşullarına adapte olmak ve rekabet içinde kalmak için lojistik faaliyetlerini de üretim faaliyetleri gibi iyi bir şekilde yönetmelidirler. Lojistik maliyetleri, şirket maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu için etkin bir şekilde yönetilmelidir. Etkin bir lojistik ağı oluşturulurken üretim birimlerinin yerleşimi ve bu birimlerden talep noktalarına giden araç rotalarına karar verilmesi karşılaşılan ve çözülmesi gereken optimizasyon problemleridir. Bu çalışma kapsamında envanter, yerleşim ve rotalama ile ilgili kararlar göz önüne alınarak bir yerleşim-envanter-rotalama probleminin çözülmesi amaçlanmıştır. Yerleşim-rotalama problemi ile karşılanamayan talepli ekonomik üretim miktarı modeli entegre edilerek problemin formülasyonu oluşturulmuştur. Problemin çözümü için bir büyük komşuluk arama algoritması geliştirilmiştir. Algoritmanın değerlendirilmesi, literatürden alınan yerleşim-rotalama problem veri setleri ile yapılan karşılaştırmalı sonuçlar aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Literatürde bilinen en iyi sonuçlar ilk problem veri seti için bulunmuş olup ikinci veri setinde en iyi sonuçlara yaklaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Büyük komşuluk arama algoritması, Envanter yerleşim ve rotalama problemi, Hatalı ürünler, Karşılanamayan talep

MULTI-PRODUCT INVENTORY LOCATION-ROUTING PROBLEM WITH SHORTAGES

ABSTRACT

The companies, who wants to adapt to the changed market conditions and remain competitive, have to manage their storage and distribution processes in a cost effective manner as well as their production processes. The logistic costs consume a significant part of the budget of the companies and therefore these processes must be managed as efficiently as possible. The design of such an effective logistic network contains two hard combinatorial optimization problems, to locate facilities, and to determine vehicle routes supplying demand points from these locations. Within the context of this study, we deal with the Location Inventory Routing Problem (LIRP), which is an enriched Location Routing Problem (LRP) with the inventory related issues and determines inventory, location and transportation related decisions at the strategic, tactical and operational levels. A mathematical model, a combination of a location-routing problem and a joint replenishment economic order quantity (EOQ) model with backorders, is developed to formally describe the problem. Large neighborhood search algorithm is developed to solve the problem. Comparative results with the location-routing problem data sets from the literature is used in order to evaluate solution method. The best known results in the literature have been found for the first problem dataset and the best results have been approached in the second dataset.

Keywords: Defective items, Large neighborhood search algorithm, Location inventory and routing problem, Shortages

1.GİRİŞ

Firmalar, küreselleşme ile değişen pazar koşullarına adapte olmak ve rekabetçi yapılarını koruyabilmek için lojistik faaliyetlerini de üretim faaliyetleri gibi verimlilik temelinde tasarlamalıdır. Lojistik maliyetleri de firma giderlerinin önemli bir kısmını oluşturduğu için etkin bir şekilde yönetilmelidir. Bu kapsamda, lojistik ağlarının tasarımında üretim ve depolama birimlerinin yerleşim yerlerinin seçimi ve bu birimler ile talep noktalarını birbirine bağlayacak rotaların

oluşturulması tedarik zinciri yönetimde karşılaşılan önemli optimizasyon problemlerinden biridir. Etkin bir lojistik ağının tasarımı, yerleşim yeri belirleme ve belirlenen yerleşimlerden talep noktalarına taşımayı gerçekleştiren araçların rotalarına karar vermeyi içeren iki kombinatorik optimizasyon probleminden oluşur (Prodhon ve Prins, 2014). Bu iki optimizasyon probleminin birleşimi yerleşim-rotalama problemi olarak bilinir (Laporte, 1988; Salhi ve Rand, 1989). Literatürde gezgin satıcı probleminin çeşitli kısıtlar ve araçlar eklenerek geliştirilmiş hali olarak bilinen yerleşim rotalama problemi tipik olarak üç karardan oluşur. Bunlar; tesislerin sayısının ve konumlarının belirlenmesi, tesislere talep noktalarının atanması ve araç rotalarının tasarımlarıdır (Lopes vd., 2013). Liu ve Lee (2003) tek ürün ve çoklu depo için bir yerleşim envanter modeli önermişlerdir. Önerilen modelin amacı depo kurulum maliyeti ve sipariş, elde tutma ve karşılanamayan talep maliyetlerinin en küçüklenmesidir. Modelde ulaşım kararlarına yer verilmemiştir. Ambrosino ve Scutellà (2005) homojen olmayan araçlar için envanter, tesis ve ulaşım kararlarını veren yerleşim-envanter-rotalama problemi konusunda çalışmışlardır. Bu çalışmada ele alınan problemde araçların kapasitesi aynıdır. Javid ve Azad (2010), yerleşim envanter rotalama problemi için tabu arama ve tavlama benzetimi algoritmalarını aynı anda kullanmışlardır. Huang ve Lin (2010) çoklu ürün envanter yönetimi ve araç rotalama problemleri için karınca koloni optimizasyonu meta sezgiselini geliştirmişlerdir. Sajjadi ve Cheraghi (2011) çoklu ürün envanter problemi için yerleşim-envanter-rotalama modelinin genişletilmiş versiyonu ile çalışmışlardır. Guerrero vd. (2015) depo açma, dağıtım ve envanter maliyetlerini aynı anda göz önüne alarak en küçükleyen bir model geliştirmişlerdir. Modelde tedarik zincirinin üç aşaması ele alınmıştır. Ürünün fabrikada üretimi, merkez depoda depolanması ve müşterilere dağıtımı aşamaları yer almıştır.

Değişen pazar koşulları ile birlikte firmalar, atıklar, envanter yönetimi ve dinamik müşteri taleplerine kısa sürede uyum sağlama gibi sorunlarla da başa çıkmalıdırlar. Tedarik zinciri yönetimi açısından bakıldığında envanter yönetimi en önemli problemlerden biridir. Envanter yönetimini ele alan optimizasyon problemleri yerleşim-envanter problemi olarak anılmaktadır. Literatürde birçok çalışma yukarıda değinilen optimizasyon problemlerinin üçünü birlikte ele almak yerine ikili kombinasyonları için çözüm yöntemleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Ele alınan problemlerin çoğu tek tip ürünün üretildiği süreçlerle ilgilidir. Literatürde yerleşim ve ulaşım problemlerini birlikte değerlendiren araştırmalara ender rastlanmaktadır (Farahani vd., 2015; Miranda ve Garrido, 2008; Mak ve Shen, 2009; Miranda ve Garrido, 2009; Gebennini vd., 2009; Javid ve Azad, 2010; Jha vd., 2012; Naseraldin ve Herer, 2011; Diabat vd., 2013; Sajjadi ve Cheraghi, 2011).

Bu çalışmada envanter, yerleşim ve rotalama problemleri birlikte ele alınmış olup her müşterinin birden fazla ürün çeşidine talebi vardır ve bir müşteri tüm ürünlere olan talebini tek bir tesisten karşılar. Ayrıca tesisler potansiyel olarak belirli oranlarda hatalı üretim yapmaktadırlar ve dolayısıyla karşılanamayan talepler oluşabilmektedir ve bu durum ilave maliyetlere neden olmaktadır. Problemde eş zamanlı olarak alınması gereken kararlar: 1) tesislerin konum kararları 2) tedarik zincirinin her iki kademesinde envanter kararları 3) müşterilerin tesislere atanma kararları 4) çok periyotlu rota kararlarıdır. Çalışmanın amacı, tesis kurulum ve işletim, taşıma ve envanter maliyetlerini göz önüne alarak tesislerin yerleşimi, müşterilerin tesislere atanması ve tesislerden müşterilere yapılacak taşımanın rotalarının belirlenmesidir.

Çalışmanın yapısı belirtildiği gibidir. Bölüm 2’de problem tanımlanmıştır. Çoklu ürünün karşılanamayan talebine izin verilip yerleşim envanter rotalama problemi ile ortak sipariş verme politikası birlikte ele alınmıştır. Karşılanamayan talepli ekonomik sipariş miktarı ve yerleşim rotalama problemi birleştirilerek geliştirilen matematiksel model ile problemin formal tanımı yapılmıştır. Bölüm 3’te problemin çözümü için geliştirilen büyük komşuluk arama algoritması anlatılmıştır. Geliştirilen algoritmanın sayısal bulgularına ve literatürdeki diğer algoritmalarla yapılan karşılaştırmalı sonuçlarına Bölüm 4’te yer verilmiştir. Çalışmanın sonuçları ve gelecekte yapılacak çalışmalar Bölüm 5’te anlatılmıştır.

2. PROBLEMİN TANIMI

Bu bölümde ele alınan problemin formal tanımını yapmak için geliştirilen matematiksel modele yer verilmektedir. Önerilen matematiksel model karşılanamayan talepli ekonomik üretim miktarı modeli (Hsu ve Hsu, 2016) ile yerleşim rotalama modelinin birleşiminden oluşmaktadır. Modelde kullanılan notasyonlar tanımları ile birlikte Tablo.1’de gösterilmiştir.

2.1 Karşılanamayan Talepli Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Bu bölümde Hsu ve Hsu (2016) tarafından önerilen tek tip ürün için kusurlu bir üretim süreci altında üreticinin en uygun üretim parti büyüklüğünü ve karşılanamayan talep miktarını belirleyen model yine kusurlu üretimlerin olabileceği çoklu ürün üretim süreçlerine uyarlanmıştır. Bu model kusurlu ürünlerin stokta tutularak her periyot sonunda spot piyasada satıldığı varsayımına dayanmaktadır. İlgili temel ve genişletilmiş modeller aşağıda kıyaslamalı olarak verilmiştir.

Tablo 1: Matematiksel Modelde Kullanılan Semboller ve Tanımları

Sembol	Tanım	
Envanter Modeli	Q	Üretim miktarı
	DF	Yıllık talep
	PR	Yıllık üretim oranı
	B	Karşılanamayan talep miktarı
	c	Üretim maliyeti
	S	Üretim başına kurulum maliyeti
	c_i	Üretim başına test maliyeti
	c_h	Yıllık elde tutma maliyeti
	c_b	Karşılanamayan talebin maliyeti
	γ	Hurda oranı
	TC	Yıllık toplam maliyeti
Matematiksel Model	İndeksler	
	f	Arz noktaları
	i, j, k, l	Talep noktaları
	p	Ürünler
	Parametreler	
	F	Potansiyel arz noktaları
	I	Hizmet bekleyen talep noktaları
	P	Ürünler
	O_f	f arz noktasını açma maliyeti
	D_{ip}	i talep noktasının p ürününe olan yıllık talebi
	C_{ij}	i talep noktasından j talep noktasına olan ulaşım maliyeti
	T_{if}	i talep noktasından f arz noktasına olan ulaşım maliyeti
	V	Araç kapasitesi
	α_p	Ürünün hacim / ebat birimi katsayısı
	c_{pf}	f arz noktasındaki p ürünün birim üretim maliyeti
	c_i^{pf}	f arz noktasındaki p ürünün birim test maliyeti
	c_h^{pf}	f arz noktasındaki p ürünü yıllık elde tutma maliyeti
	c_b^{pf}	f arz noktasındaki p ürünün talebinin yıllık karşılanamama maliyeti
	S_{pf}	f arz noktasındaki p ürünün üretim başına kurulum maliyeti
	PR_{pf}	f arz noktasındaki p ürünün yıllık üretim oranı
	γ_{pf}	f arz noktasındaki p ürünün hurda oranı
	Karar Değişkenleri	
	$Z_f \in \{0, 1\}$	f arz noktası açılıyorsa 1, aksi takdirde 0
	$X_{if} \in \{0, 1\}$	i müşterisi f arz noktasına atandıysa 1, aksi takdirde 0
	$Y_{ijf} \in \{0, 1\}$	f arz noktasının güzergahında i müşterisi j müşterisinden önce geliyorsa 1, aksi takdirde 0
	$E_{if} \in \{0, 1\}$	f arz noktasının güzergahında i müşterisi ilk sırada ziyaret ediliyorsa 1, aksi takdirde 0
	$L_{if} \in \{0, 1\}$	f arz noktasının güzergahında i müşterisi son sırada ziyaret ediliyorsa 1, aksi takdirde 0
	TC_{pf}	f arz noktasındaki p ürünün yıllık toplam maliyeti
	DF_{pf}	f arz noktasından karşılanan p ürünün toplam yıllık talebi
	Q_{pf}	f arz noktasında üretilen p ürününün üretim miktarı
	B_{pf}	f arz noktasındaki p ürününün karşılanamayan talep miktarı
	t_f	f arz noktasından talep noktalarına hizmet eden araç sayısı
	Yardımcı Değişkenler	
	$w_{ijf} \in \{0, 1\}$	Talep noktası i güzergah üzerindeki talep noktası j 'den daha önce ziyaret edilmişse 1, Aksi takdirde 0

Hsu ve Hsu (2016) tarafından önerilen modelin amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$TC(Q, B) = c \frac{DF}{(1-\gamma)} + c_i \frac{DF}{(1-\gamma)} + S \frac{DF}{Q(1-\gamma)} + \frac{1}{2} c_h \frac{\left(Q \left(1 - \gamma - \frac{DF}{PR}\right) - B\right)^2}{Q \left(1 - \gamma - \frac{DF}{PR}\right)} + \frac{1}{2} c_b \frac{B^2}{Q \left(1 - \gamma - \frac{DF}{PR}\right)} + \frac{1}{2} c_h \frac{Q\gamma DF}{PR(1-\gamma)} \quad (1)$$

Amaç fonksiyonunun 1. dereceden türevi alınarak aşağıdaki eşitliklerde sırasıyla optimal üretim parti büyüklüğü Q (2. eşitlik) ve karşılanamayan talep miktarı B (3. eşitlik) elde edilir.

$$Q = \sqrt{\frac{2DFS}{c_h} \frac{c_h + c_b}{\left(c_b(1-\gamma) \left(1 - \gamma - \frac{DF}{PR}\right) + (c_h + c_b)\gamma \frac{DF}{PR}\right)}} \quad (2)$$

$$B = Q \left(1 - \gamma - \frac{DF}{PR}\right) \frac{c_h}{(c_h + c_b)} \quad (3)$$

Yukarıda bahsedilen ekonomik üretim miktarı modeli, bir fabrikanın bir ürün ürettiğini varsayar; Bununla birlikte, bu çalışma bağlamında çok fabrikalı, çok müşterili ve çoklu ürün vakaları ele alınmıştır. Her bir tedarik noktası, kendi ekonomik üretim miktarı modeliyle bir talep noktaları kümesine hizmet eder. Bu nedenle her tedarik noktasının toplam yıllık maliyet fonksiyonu, özel üretim parti büyüklüğü ve karşılanamayan talebin maksimum miktar seviyesi olacaktır. Dolayısıyla, yukarıda verilen envanter modeli, çok fabrikalı, çok müşterili ve çoklu ürün vakalarına uygun olması için bazı değişiklikler gerektirmiştir. Sonuç olarak, eşitlikler (1), (2) ve (3) sırasıyla eşitlikler (4), (5) ve (6) olarak yeniden düzenlenmiştir.

$$TC_{pf}(Q_{pf}, B_{pf}) = c_{pf} \frac{DF_{pf}}{(1-\gamma_{pf})} + c_i^{pf} \frac{DF_{pf}}{(1-\gamma_{pf})} + S_{pf} \frac{DF_{pf}}{Q_{pf}(1-\gamma_{pf})} + \frac{1}{2} c_h^{pf} \frac{\left(Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right) - B_{pf}\right)^2}{Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right)} + \frac{1}{2} c_b^{pf} \frac{(B_{pf})^2}{Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right)} + \frac{1}{2} c_h^{pf} \frac{Q_{pf}\gamma_{pf}DF_{pf}}{PR_{pf}(1-\gamma_{pf})} \quad (4)$$

$$Q_{pf} = \sqrt{\frac{2DF_{pf}S_{pf}}{c_h^{pf}} \frac{c_h^{pf} + c_b^{pf}}{\left(c_b^{pf}(1-\gamma_{pf}) \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right) + (c_h^{pf} + c_b^{pf})\gamma_{pf} \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right)}} \quad (5)$$

$$B_{pf} = Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right) \frac{c_h^{pf}}{(c_h^{pf} + c_b^{pf})} \quad (6)$$

4. eşitlik, ilgili tedarik zincirinin toplam yıllık maliyetini, 5. eşitlik her bir tedarik noktasında üretilen her bir p ürünü için üretim parti büyüklüğünü ve son olarak 6. eşitlik her bir tedarik noktasındaki her bir ürünün karşılanamayan talep miktarını belirler.

2.2 Problem Formülasyonu

Bu bölümde ele alınan yerleşim-envanter-rotalama probleminin formal tanımının yapılması amacı ile geliştirilen matematiksel model açıklanmıştır. Önerilen doğrusal olmayan karışık tamsayı programlama modeli ile ilgili varsayımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmış ve sonrasında modelin kısıtları açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

- Her açılan tesis için bir araç vardır. Her araç birden fazla yolculuk yapabilir.
- Bir araç tarafından karşılanan toplam müşteri talebi, bir aracın kapasitesini aşamaz.
- Her müşteri, sadece kendisine atanan tek bir araç tarafından ziyaret edilebilir.
- Bir tesise atanan müşterilerin toplam talebi, tesisin kapasitesini aşamaz.
- Bir rota tesisten başlayıp bir dizi müşteri ziyaretinden sonra aynı tesiste son bulur.

Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \sum_{f=1}^F (O_f Z_f) + \sum_{f=1}^F \left(t_f \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I (C_{ij} Y_{ijf}) + \sum_{i=1}^I (T_{if} E_{if} + T_{if} L_{if}) \right) \right) + \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(c_{pf} \frac{DF_{pf}}{(1-\gamma_{pf})} \right) \\
 & + \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(c_i^{pf} \frac{DF_{pf}}{(1-\gamma_{pf})} \right) + \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(S_{pf} \frac{DF_{pf}}{Q_{pf}(1-\gamma_{pf})} \right) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(c_h^{pf} \frac{\left(Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}} \right) - B_{pf} \right)^2}{Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}} \right)} \right) + \frac{1}{2} \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(c_b^{pf} \frac{(B_{pf})^2}{Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}} \right)} \right) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{f=1}^F \sum_{p=1}^P \left(c_h^{pf} \frac{Q_p \gamma_{pf} DF_{pf}}{PR_{pf} (1-\gamma_{pf})} \right) \tag{7}
 \end{aligned}$$

Amaç fonksiyonu (7) sekiz terimden oluşan sistemin toplam maliyetini en küçüklemektedir. Birinci terim, tesislerin sabit açma maliyetidir. Sırasıyla, ikinci terim tedarikçiden müşteriye taşıma maliyetinin, üçüncü terim yıllık toplam üretim maliyetini, dördüncü terim yıllık toplam test maliyetini, beşinci terim yıllık toplam kurulum maliyetini, altıncı terim yıllık toplam elde tutma maliyetini, yedinci terim karşılanamayan talebin toplam maliyetini ve sekizinci terim her tesis ve ürün için hasarlı ürünleri yıllık elde tutma maliyetini ifade etmektedir. Yıllık üretim ve test maliyeti, üretim parti büyüklüğü ile karşılanamayan talebin miktarından bağımsızdır.

Atama Kısıtı:

$$\sum_{i=1}^I X_{if} = 1 \quad f \in \{1, \dots, F\} \tag{8}$$

Atama kısıtı (8), her bir müşterinin bir tesise atanmasını garanti eder.

Tesis Açma Kısıtı:

$$Z_f - \frac{\sum_{i=1}^I X_{if}}{I} \geq 0 \quad f \in \{1, \dots, F\} \tag{9}$$

Kısıt (9), en az bir tane müşteri atanmış tesisin açılmasını sağlar.

Rota Kısıtları:

$$w_{iif} = 0 \quad f \in \{1, \dots, F\}; i \in \{1, \dots, I\} \quad (10)$$

$$w_{ijf} + w_{jif} \leq (1 - X_{if} + X_{jf}) \quad i, j \in \{1, \dots, I\} | j \neq i; f \in \{1, \dots, F\} \quad (11)$$

$$w_{ijf} + w_{jif} \leq X_{if} + X_{jf} \quad i, j \in \{1, \dots, I\} | j \neq i; f \in \{1, \dots, F\} \quad (12)$$

$$w_{ijf} + w_{jif} \leq (1 + X_{if} - X_{jf}) \quad i, j \in \{1, \dots, I\} | j \neq i; f \in \{1, \dots, F\} \quad (13)$$

$$w_{ijf} \geq w_{ikf} + w_{kjf} - 1 \quad i, j, k \in \{1, \dots, I\}; f \in \{1, \dots, F\} \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I w_{ijf} = \sum_{i|(i < \sum_{k=1}^I x_{kf})} i \quad f \in \{1, \dots, F\} \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^I \sum_{f=1}^F Y_{ijf} \leq 1 \quad i \in \{1, \dots, I\} \quad (16)$$

$$Y_{ijf} + Y_{jif} \leq 1 \quad i, j \in \{1, \dots, I\}; f \in \{1, \dots, F\} \quad (17)$$

$$\sum_{f=1}^F Y_{iif} = 0 \quad i \in \{1, \dots, I\} \quad (18)$$

$$|X_{if} + X_{jf} - 1| - \left| \sum_{k=1}^I (w_{ikf}) - \sum_{i=1}^I (w_{jif}) - 1 \right| \leq Y_{ijf} \quad i, j \in \{1, \dots, I\}; f \in \{1, \dots, F\} \quad (19)$$

$$X_{if} - \left(\sum_{j=1}^I w_{ijf} \right) \leq L_{if} \quad i \in \{1, \dots, I\}; f \in \{1, \dots, F\} \quad (20)$$

$$X_{if} - \left(\sum_{j=1}^I w_{jif} \right) \leq E_{if} \quad i \in \{1, \dots, I\}; m \in \{1, \dots, M\} \quad (21)$$

Kısıt (10), müşterinin kendisi için bir öncelik ataması yapılamayacağını garanti eder. Kısıtlamalar (11, 12, 13, 17 ve 19), iki müşterinin aynı tesise atanması durumunda, ikisinin öncelik sırasına göre sıralanmasını sağlar.

Kısıt (14), hepsi aynı tesise atanmışsa, üç müşterinin sıralanmasını garanti eder. Müşteri i , müşteri j 'den önce gelirse ve müşteri j ile k arasında aynı ilişki varsa, müşteri i , müşteri k 'den önce gelir.

Kısıt (15), alt turların oluşmasını engellerken Kısıt (16), i . müşteriden sonra en fazla bir müşterinin ziyaret edilmesini sağlar. (20) ve (21) numaralı kısıtlar sırasıyla oluşan her rota için ilk ve son sırada ziyaret edilecek müşterileri belirler.

Kapasite Kısıtları:

$$\frac{(\sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^P (\alpha_p D_{ip} X_{if}))}{V_f} \leq t_f \quad f \in \{1, \dots, F\} \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^I (D_{ip} X_{if}) - PR_{pf}(1 - \gamma_{pf}) \leq 0 \quad f \in \{1, \dots, F\}; p \in \{1, \dots, P\} \quad (23)$$

$$PR_{pf} - Q_{pf} \geq 0 \quad f \in \{1, \dots, F\}; p \in \{1, \dots, P\} \quad (24)$$

Kısıt (22), müşteri talebinin araç kapasitesini aştığı durumlarda aracın birden fazla sefer yapabileceğini gösterir. Kısıt (23), bir tesise atanan müşterilerin her bir ürüne olan talepleri toplamının o ürün için tesisin üretim kapasitesini aşmamasını sağlar. Kısıt (24), bir tesiste üretilen ürünün miktarının ilgili tesisin o ürün için var olan kapasitesini aşmamasını sağlar.

Tesislerin Yıllık Talep Kısıtları:

$$DF_{pf} = \sum_{i=1}^I (D_{ip} X_{if}) \quad f \in \{1, \dots, F\}; p \in \{1, \dots, P\} \quad (25)$$

Kısıt (25), bir tesise atanan müşterilerin toplam talebinin tesisin toplam yıllık üretim kapasitesi kadar olmasını sağlar.

Parti Başına Üretim Miktarı:

$$Q_{pf} = \sqrt{\frac{2DF_{pf}S_{pf}}{c_h^{pf}} \frac{c_h^{pf} + c_b^{pf}}{(c_b^{pf}(1-\gamma_{pf})\left(1-\gamma_{pf}-\frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right) + (c_h^{pf} + c_b^{pf})\gamma_{pf}\frac{DF_{pf}}{PR_{pf}})}}} \quad f \in \{1, \dots, F\}; p \in \{1, \dots, P\} \quad (26)$$

Kısıt (26) her bir tedarik noktasındaki her bir ürün için üretim parti büyüklüğünü gösterir.

Karşılanamayan Talebin Miktarı:

$$B_{pf} = Q_{pf} \left(1 - \gamma_{pf} - \frac{DF_{pf}}{PR_{pf}}\right) \frac{c_h^{pf}}{(c_h^{pf} + c_b^{pf})} \quad f \in \{1, \dots, F\}; p \in \{1, \dots, P\} \quad (27)$$

Kısıt (27) her bir tedarik noktasındaki her bir ürün için karşılanamayan talep miktarını gösterir.

3. BÜYÜK KOMŞULUK ARAMA ALGORİTMASI

Bu bölümde problemin çözümü için geliştirilen Büyük Komşuluk Arama (BKA) Algoritması (Shaw,1998) açıklanmaktadır. Komşuluk aramalarına dayanan sezgisel yaklaşımlar ulaşım ve çizelgeleme problemlerinin çözümünde etkin bir performansa sahiptirler. Büyük komşuluk arama yöntemleri, sezgisel yöntemleri kullanarak karmaşık bir komşuluğu keşfeder. Büyük komşulukları kullanmak her tekrarda daha iyi aday çözümler bulmayı ve dolayısıyla daha umut verici bir arama yolunu bulmayı mümkün kılar. Algoritmanın iki temel operatörü bulunmaktadır. Bu operatörler yok etme ve onarım operatörleridir. Bir yok etme yöntemi, mevcut çözümün bir parçasını yok ederken, bir onarım yöntemi yıkılan çözümü yeniden oluşturur. Yok etme yöntemi genellikle, yöntemin her çağrıldığında çözümün farklı bölümleri yok edilecek bir rassallık unsuru içerir. Çok basit bir yok etme yöntemi müşterileri rastgele seçer. Bir onarım yöntemi, açgözlü sezgisel kullanarak kaldırılmış müşterileri ekleyerek çözümü yeniden inşa edebilir. Böyle bir sezgisel, tüm müşterileri tarayabilir, maliyeti en düşük olanı ekler ve tüm müşteriler eklenene kadar tekrarlar.

Literatürde bulunan yok etme ve onarım operatörlerinden bahsetmek gerekirse, yok etme operatörlerinden ilki Shaw (1997)'in yok etme sezgiselidir. Bu sezgisel göre çözümden aralarında benzerlik ilişkisi bulunan müşteriler çıkarılır. İki müşteri arasındaki benzerliğin derecesi ilişki ölçüsü ile belirlenir. Düşük değer, müşteri benzerliğinin arttığını gösterir. Sezgisel, benzer müşterilerin amaç fonksiyonuna olan katkılarının mutlak farklarına göre müşterileri sıralar ve seçilen rasgele sayı ile müşterileri çözümden çıkarır. Rasgele yok etme sezgiseli en basit yok etme sezgiseli olup üretilen rasgele sayıya göre müşterileri çözümden çıkarır. Rasgele seçim, aramada çeşitlilik sağlar. En kötüyü yok etme sezgiseline göre ise mevcut çözümde yüksek maliyete neden olan müşteri çıkarılır ve daha iyi bir pozisyona yerleştirilir. Müşterilerin çözüme dahil olduğu ve dahil olmadığı maliyetler arasındaki farka göre sıralama yapılır ve en yüksek maliyet farkına neden olan müşteri çözümden çıkarılır. Döngü bu şekilde devam eder.

4. SAYISAL BULGULAR

Önerilen meta sezgisel algoritma MATLAB R2016a paket programında kodlanmıştır. Program, Intel (R) Core i5 CPU 2.50 Ghz and 8.00 GB RAM özellikli bir bilgisayarda çalıştırılmıştır.

Literatürde çoklu ürün yerleşim-envanter-rotalama problemleri için karşılaştırmalı değerlendirme bulunmayıp modelin doğrulanması için URL1 kaynağından edinilen klasik yerleşim-rotalama örnekleri, test problem setleri olarak kullanılmıştır.

Karşılaştırma için ilk veri seti Barreto (2004) çalışmasından alınmıştır. Bu veri setindeki örnekler ya literatürden ya da mevcut klasik VRP örneklerine depolar eklenerek elde edilmiştir. Bu veri setindeki tüm güzergahlar kapasitelidir ve birkaç örnek dışında depolar da kapasitelidir. Depolarla ilişkili değişken maliyetler yoktur. Tüm müşterilerin tek bir ürün için talebi bulunmaktadır ve taleplerin hepsi karşılanır.

İkinci veri seti için ise Prins vd. (2004) çalışmasından yararlanılmıştır. Depolar kapasiteli olup depo sayısı 5 veya 10, müşteri sayısı 20 veya 50, araç kapasitesi de 70 ya da 150 olacak şekilde ayarlanmıştır. Karşılaştırma 20 müşteri ve 5 depo sayısı üzerinden yapılmıştır. Her talep, [11, 20] 'de uniform bir dağılım izlemektedir. Rota maliyetleri için öklid uzaklıkları hesaplanır, 100 ile çarpılır ve sonraki tam sayıya yuvarlanır.

Tablo 2, problem seti bilgisini ve önerilen Büyük Komşuluk Arama Algoritması ile literatürdeki diğer algoritmalar ile elde edilen çözümlerin karşılaştırmasını gösterir. Sütunlar 2-5 müşteri sayısını (s), aday tesislerin sayısını (m), araç kapasitesi (V) ve literatürde bildirilen veya bu çalışmada elde edilen en iyi bilinen çözümleri (BKS) gösterir. Sütunlar 6-9 ise literatürde GRASP (Prins vd., 2006b), MAJPM (Prins vd., 2006a), LRGTS (Prins vd., 2007) ve GAHLS (Duhamel vd., 2008) şeklinde önerilen algoritmaların en iyi çözümlerini gösterir. Son sütun ise bu çalışmada önerilen Büyük Komşuluk Arama(BKA) algoritmasının her veri seti için bulunan en iyi çözümlerini gösterir.

Tablo 2: Problem Setlerinin Karşılaştırmalı Sonuçları

Prob ID	s	m	V	BKS	GRASP	MAJPM	LRGTS	GAHLS	BKA*
P1	20	5	70	54,793	55,021	54,793	55,131	54,793	54,793
P2	20	5	150	39,104	39,104	39,104	39,104	39,104	39,104
P3	20	5	70	48,908	48,908	48,908	48,908	48,908	48,908
P4	20	5	150	37,542	37,542	37,542	37,542	37,542	37,542
B1	21	5	6000	424,9	424,9	424,9	424,9	424,9	425,7
B2	22	5	4500	585,1	585,1	611,8	587,4	585,1	596,8
B3	27	5	2500	3062	3062	3062	3065,2	3062	3062
B4	29	5	4500	512,1	515,1	512,1	512,1	512,1	534,8
B5	32	5	8000	562,2	571,9	571,9	587,4	562,2	579,6

BKA*: Önerilen büyük komşuluk arama algoritması

P: Prins vd. (2004) 'nin problem seti

B: Barreto (2004) 'nun problem seti

Yukarıda verilen değerlendirme sonuçlarına göre Prins vd. (2004) 'nin tüm veri setlerinde en iyi sonuçlar bulunmuştur. Barreto (2004) 'nun veri setlerinde ise en iyi sonuçlara yaklaşılmış olup sadece bir örnek veri seti için en iyi sonuç bulunmuştur.

Tablo 3, çeşitli algoritmaların problem veri setleri için performans değerlerini gösterir. Performans değeri E, her bir algoritma için, algoritmadan elde edilen sonuç değerleri ile en iyi sonuç değerleri arasındaki farkın en iyi sonuç değerlerine bölünmesi ile bulunur. Algoritmanın en iyi sonuç değerine göre göreceli yüzdelik performansı hesaplanır. CPU değerleri ise algoritmaların çözüm sürelerini gösterir. Çözüm süreleri, algoritmaların çalıştırıldığı bilgisayar ve program performans özelliklerine göre değişkenlik gösterebilir. Aynı zamanda algoritma yapısı da bu süreleri etkileyebilir.

Bu çalışmada önerilen Büyük Komşuluk Arama algoritmasının çözüm süreleri diğer algoritmaların sürelerine göre daha uzun bulunmuştur. Bu durum algoritmanın karmaşık kodlama yapısı ile ilişkilendirilebilir. Algoritma en iyi sonucu bulurken çözümden çıkarılan her bir talep noktasını tüm pozisyonlara ekler ve performansa olan etkilerini ölçer. Bunun

sonucunda en iyi pozisyona ekler. Ek olarak donanım özelliklerinin etkisi de çözüm sürelerinin kritik bir karşılaştırma ölçütü olmadığını gösterir.

Tablo 3: Problem Setlerinin Gelişmiş Karşılaştırmalı Sonuçları

Prob ID	GRASP		MAJPM		LRGTS		GAHLS		BKA*	
	E(%)	CPU(s)	E(%)	CPU(s)	E(%)	CPU(s)	E(%)	CPU(s)	E(%)	CPU(s)
P1	0.42	0.2	0.00	0.3	0.62	0.4	0.00	0	0.00	13.6
P2	0.00	0.2	0.00	0.3	0.00	0.2	0.00	0	0.00	63.1
P3	0.00	0.1	0.00	0.4	0.00	0.5	0.00	0	0.00	19.7
P4	0.00	0.2	0.00	0.3	0.00	0.1	0.00	0	0.00	189.1
B1	0.00	0.2	0.00	0	0.00	0.2	0.00	0	1.88	37.6
B2	0.00	0.2	4.56	4.56	0.39	0.2	0.00	0	1.99	26.3
B3	0.00	0.4	0.00	0	0.10	0.3	0.00	10	0.00	40.7
B4	0.59	0.4	0.00	0	0.10	0.4	0.00	1	4.43	69.5
B5	1.73	0.6	1.73	1.73	4.48	0.6	0.00	1	3.09	63.5

BKA*: Önerilen büyük komşuluk arama algoritması

E: Görelî yüzdelik etkinlik (Algoritmanın çözüm sonucu – BKS)/ BKS

CPU: Algoritmaların çözüm süreleri (saniye)

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada kullanılan stok modeli karşılanamayan talebi olan bir ekonomik üretim miktarı modelinden uyarlanmış ve çok üreticili çok ürünlü durum için ekonomik üretim miktarı modeli elde edilmiştir. Üretim sürecini ve dağıtım sürecini uygun maliyetli bir şekilde optimize eden yerleşim-envanter-rotalama probleminin formal tanımı geliştirilen matematiksel model, ekonomik üretim miktarı ve yerleşim-rotalama modellerinin entegrasyonu ile elde edilmiştir. Envanter-yerleşim-rotalama probleminin çözümü için bir büyük komşuluk arama algoritması geliştirilmiş ve algoritmanın performansı literatürden alınan 9 adet problem seti üzerinde test edilmiştir. Literatürdeki en iyi sonuçlar bulunmuştur veya yaklaşılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre önerilen meta sezgisel algoritmanın performansı umut verici olup literatürde bulunan diğer çok aşamalı karar verme kombinatorik optimizasyon problemlerine uygulanabilir. Gelecek çalışmalarda veri seti sayısının artırılması ve önerilen algoritmanın daha büyük ölçekli problemlere (müşteri sayısı 100 ve tesis sayısı 10) uygulanması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ambrosino, D., Scutellà, M. G. (2005), "Distribution network design: New problems and related models", European Journal of Operational Research, 165, pp.610-624.
- [2] Barreto, S. S. (2004). Análise e Modelização de Problemas de localização e distribuição [Analysis and modelling of location-routing problems]. Ph.D.Thesis, University of Aveiro, Aveiro, Portugal.
- [3] Diabat, A., Richard, J. P., Codrington, C. W, (2013), "A Lagrangian relaxation approach to simultaneous strategic and tactical planning in supply chain design", Annals of Operations Research, 203,pp.55-80.
- [4] Duhamel, C., Lacomme, P., Prins, C., Prodhon, C. (2008), "A memetic approach for the capacitated location routing problem", In Proceedings of the EU/meeting 2008 Workshop on Metaheuristics for Logistics and Vehicle Routing, University of Technology of Troyes, France.
- [5] Farahani, R. Z., Rashidi Bajgan, H., Fahimnia, B., Kaviani, M., (2015), "Location-inventory problem in supply chains: A modelling review", International Journal of Production Research, 53,pp.3769-3788.
- [6] Gebennini, E., Gamberini, R., Manzini, R., (2009), "An integrated production–distribution model for the dynamic location and allocation problem with safety stock optimization", International Journal of Production Economics, 122,pp.286-304.

- [7] Guerrero, W. J., Prodhon, C., Velasco, N., Amaya, C. A., (2015), “A relax and price heuristic for the inventory location routing problem”, *International Transactions in Operational Research*, 22,pp.129-148.
- [8] Hsu, L. F., Hsu, J. T., (2016), “Economic production quantity (EPQ) models under an imperfect production process with shortages backordered”, *International Journal of Systems Science*, 47,pp.852-867.
- [9] Huang, S. H., Lin, P. C., (2010), “A modified ant colony optimization algorithm for multi-item inventory routing problems with demand uncertainty”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, pp.598-611.
- [10] Javid, A. A., Azad, N., (2010), “Incorporating location, routing and inventory decisions in supply chain network design”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46,pp.582-597.
- [11] Jha, A., Somani, K., Tiwari, M. K., Chan, F. T., Fernandes, K. J., (2012), “Minimizing transportation cost of a joint inventory location model using modified adaptive differential evolution algorithm”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60,pp.329-341.
- [12] Laporte, G., Nobert, Y., TAILLEFER, S., (1988), “Solving a family of multi-depot vehicle routing and location routing problems”, *Transportation Science*, 22,pp.161-172.
- [13] Liu, S. C., Lee, S. B., (2003), “A two-phase heuristic method for the multi-depot location routing problem taking inventory control decisions into consideration”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 22,pp.941-950.
- [14] Lopes, R. B., Ferreira, C., Santos, B. S., Barreto, S., (2013). “A taxonomical analysis, current methods and objectives on location routing problems”, *International Transactions in Operational Research*, 20,pp. 795-822.
- [15] Mak, H. Y., Shen, Z. J. M., (2009), “A two-echelon inventory location problem with service considerations”, *Naval Research Logistics*, 56,pp.730-744.
- [16] Miranda, P. A., Garrido, R. A., (2008), “Valid inequalities for Lagrangian relaxation in an inventory location problem with stochastic capacity”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44,pp.47-65.
- [17] Miranda, P. A., Garrido, R. A., (2009), “Inventory service-level optimization within distribution network design problem”, *International Journal of Production Economics*, 122,pp.276-285.
- [18] Naseraldin, H., Herer, Y. T., (2011), “A location inventory model with lateral transshipments”, *Naval Research Logistics (NRL)*, 58,pp.437-456.
- [19] Prins, C., Prodhon, C., Wolfler Calvo, R., (2004), “Nouveaux algorithmes pour le problème de localisation et routage sous contraintes de capacité”, In *Proceedings of the MOSIM' 04*, pp. 1115–1122.
- [20] Prins, C., Prodhon, C., Wolfler Calvo, R. (2006a) “A memetic algorithm with population management (MA|PM) for the capacitated location-routing problem”, *Lecture Notes in Computer Science*, 3906, pp.183–194.
- [21] Prins, C., Prodhon, C., Wolfler Calvo, R. (2006b), “Solving the capacitated locationrouting problem by a GRASP complemented by a learning process and a path relinking” *4OR*, 4(3),pp.221–238.
- [22] Prins, C., Prodhon, C., Ruiz, A., Soriano, P., Wolfler Calvo, R. (2007), “Solving the capacitated location-routing problem by a cooperative Lagrangean relaxationgranular tabu search heuristic”, *Transportation Science*, 41(4),pp. 470–483.
- [23] Prodhon, C., Prins, C. (2014), “ A survey of recent research on location-routing problems”, *European Journal of Operational Research*, 238,pp.1-17.
- [24] Sajjadi, S. R., Cheraghi, S. H., (2011), “Multi-products location–routing problem integrated with inventory under stochastic demand”, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 7,pp.454-476.
- [25] Salhi, S., Rand, G. K. (1989), “The effect of ignoring routes when locating depots”, *European Journal of Operational Research*, 39,pp.150-156.
- [26] Shaw, P., (1997), “A new local search algorithm providing high quality solutions to vehicle routing problems”, *Technical report*, University of Strathclyde, Glasgow.
- [27] Shaw, P., (1998), “Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems”, *Fourth International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, 98, pp.417–431.
- [28] URL1, Yerleşim rotalama Problemleri için Klasik Örnekler, http://prodhonc.free.fr/Instances/instances_us.htm

HAVA YOLU TAŞIMACILIĞINDA EKİP ATAMA PROBLEMİ

Umut Rifat Tuzkaya¹, Vedat Kılıç²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, Tuzkaya@yildiz.edu.tr

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, vdt.kilic@gmail.com

ÖZET

Havacılık endüstrisinin son yirmi yılına ve mevcut ekonomik koşullara bakıldığında, bir çok hava yolu operatörünün uçuş sıklığını ve uçuş yapılan havalimanı sayısını artırma gayreti içerisinde oldukları görülmektedir. Her sektörde gerek müşterilerin ihtiyaçlarına hızlı cevap verme, gerekse düşük maliyeti de göz önüne alan bir rekabet anlayışı hızla artmaktadır. Bu noktada hava yolu taşımacılığı oldukça önemli ve kilit bir konum elde etmektedir. Örneğin, bugün Çin'de bulunan bir üretim tesisi, müşterileri Amerika kıtasının en uç noktasında da olsa müşteri ihtiyaçlarını en hızlı ve doğru şekilde karşılamak durumundadır. Bu sebepten ulaşım konusunda harcanan uzun zamanlar önemli bir sorun haline gelmiş ve havayolu taşımacılığı özellikle belirli ürün ve müşteri tipleri için vazgeçilmez konuma ulaşmıştır. Ancak bu hıza erişebilmek için hava yolu taşımacılık şirketlerinin kendi operasyonlarını planlaması oldukça kompleks bir yapıya dönüşmektedir. Özellikle ekip planlama ve çizelgeleme konusu çok sayıda kısıtı dikkate alan ve farklı amaçlar için uzlaşık çözüm arayan bir problemdir. Bu çalışmada, sözü edilen kavramlar göz önüne alınarak, Türkiye'deki bir havayolu şirketindeki Airbus A320 filosu kokpit ekipleri üzerine odaklanılmış, planlama ve çizelgeleme problemi için tamsayı matematiksel bir model kurulmuş ve sayısal bir örnek için çözüm gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havayolu Ekip Planlama, Karışık Tam sayılı Programlama

AIRLINE CREW SCHEDULING and ROSTERING PROBLEM

ABSTRACT

In view of today's economic conditions of aviation industry, all airlines have been struggling to expend their operation ranges and frequencies for last two decades. While the competition in every industry has been increasing in order to provide prompt responses to customer requirements with low costs by serving sufficient quality in their service or products. In order to compete with the competitors in any industries, the most time consuming factor, which is transportation time must be reduced as possible. Air transportation has become a key point here. For example, assume that any company located in china produces any product or service, it has to serve this product or service to customers as soon as immediately even if the customer locates in most western side of USA. In order to do that air transportation must be benefitted extremely as the fastest transportation method. So that it becomes very important for every business. Taking all these concepts into consideration, in this study, a mathematical model has been established that focuses on Istanbul's city logistics and deals with the strategic movements of products from one node to another.

According to all criterians mentioned above, Mixed integer mathematical model which deals with Airbus A320 fleets cockpit crew of one of the biggest airline company in Turkey, has been constructed.

Keywords: Airline Crew Scheduling, Mixed integer programming

1. GİRİŞ

Hava yolu sektöründe ekip atama problemleri bugünlerde giderek önemli hale gelmektedir. Özellikle son yıllardaki rekabet koşulları, yüksek maliyetler ve en önemlisi dünyadaki pilot sayısının büyük bir kısmını elinde bulunduran Amerika Birleşik Devletleri'nde bile yaşanan kaynak kısıtlılığı sebebiyle bu konu bütün havayolu şirketlerinin en önemli

gündem maddelerinden biri haline gelmiştir (Kohl ve Karisch, 2004). Havacılık sektörü, diğer taşıma modlarıyla kıyaslandığında oldukça güvenli bir taşıma metodudur. Fakat bu güveni tahsis eden temelde çok sert uyulan, yaptırımları olan kurallar ve bu kurallara uyulması adına katlanılan maliyetlerdir. Yakıt ve ekip maliyeti başta olmak üzere birçok maliyet kalemi yakın geçmişe kadar şirketler tarafından yeterince dikkate alınmasa da rekabetin artması ile birlikte artık büyük önem taşımaktadır (Barnhart vd., 2003).

Ekip planlama problemi kendi özünde 5 ana adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar; (1) planlama zamanının belirlenmesi, (2) uçak atama problemi, (3) uçuş birleştirme aşaması, (4) ekip atama problemi ve son olarak da (5) periyot içerisinde çeşitli sebeplerle bozulan çizelgenin minimum değiştirme operasyonu ve maliyet göz önüne alınarak yeniden düzeltilmesidir. Bu problem herkes tarafından da bilindiği üzere polinom zamanda bir çözümü olduğunu ispatlanamayan, NP-hard problem tiplerinden biridir. Bu sebeple çözüm aşamasında büyük oranda sezgisel yöntemlere başvurulmaktadır.

Özellikle havacılık alanında ekip planlama konusu geçmişte birçok havayolu şirketi için önemli bir sorun değildi. Günlük gerçekleştirilen uçuş sayısı birçok havayolunun bugün saatlik gerçekleştirdiği uçuş sayısına eşitti. Bu bağlamda birçok ekip atama problemi matematiksel olarak değil, elle atama şeklinde çözülmekteydi. Geldiğimiz durum artık buna müsaade etmemektedir. Hızla artan ekip ihtiyacı ve özellikle kokpit tarafında bir ikinci pilotun yetiştirilmesinin 140.000\$ seviyesine gelmesi ve bu sürenin 3 yıldan fazla olması göz önüne alındığında, ekiplerin en etkin şekilde kullanılması oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, yukarıda bahsi geçen ekip planlama problemi aşamalarından sadece ekip atama ve çizelgeleme kısmı üzerinde durulmaktadır. Oluşturulan model gerek Türkiye Sivil Havacılığı gerekse Avrupa EASA (Europe Aviation Safety Agency) ve FAA (Federal Aviation Administration) kurallarını da göz önüne alarak bir çözüm bulmayı hedeflemiştir.

2. PROBLEM TANIMI

Avrupa'nın lider havayollarından birinin ekip planlama probleminin ele alındığı bu çalışmada, daha önce de belirtilen ekip planlama süreçlerinden, ekip atama problemi incelenmiştir. Bu problemin seçilmesinin en önemli sebeplerinden biri yeni uygulamaya alınan ve sivil havacılık tarafından da onaylanan FTL (Flight Time Limitation) yönergesine göre revize edilen ekip atama faktörüdür. Havacılık endüstrisinde ekip denilen kavram kendi içinde uçuş ekibi yani kokpit ekibi ve kabin ekibi olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bu iki sınıfta yapılan ekip atamalarında birçok genel uçuş saatini ve görev süresini etkileyen kriterler ve kısıtlar ortak olsa bile, bazı kısımlardan dolayı birbirinden ayrılmaktadır. Bu sebepten ki kokpit ekibi ve kabin ekiplerinin atamalarının matematiksel programlama açısından ayrı yapılması gerek çözüm süresi açısından gerekse çözüm kalitesi açısından daha uygun olmaktadır (Yan ve Chang, 2002 ve Hu vd., 2016). Örneğin bir kabin memuru regülasyonlar açısından 3 farklı uçak tipinde uçuşu uygun olurken, bu kokpit personeli açısından yalnızca 1 uçak tipiyle sınırlanmaktadır. Yine ekip oluşturma açısından kabin memurlarının birbirleriyle uçuş durumundaki ekip oluşumunda 2 ila 3 kısıt varken, bu yapı kokpit için en az 9-10 kısıtta kadar çıkmaktadır. Bu mevcut durumu göz önünde bulundurarak bu çalışmada daha fazla kısıt içeren ve ataması daha zor olan kokpit ekiplerinin atama problemi ele alınmıştır.

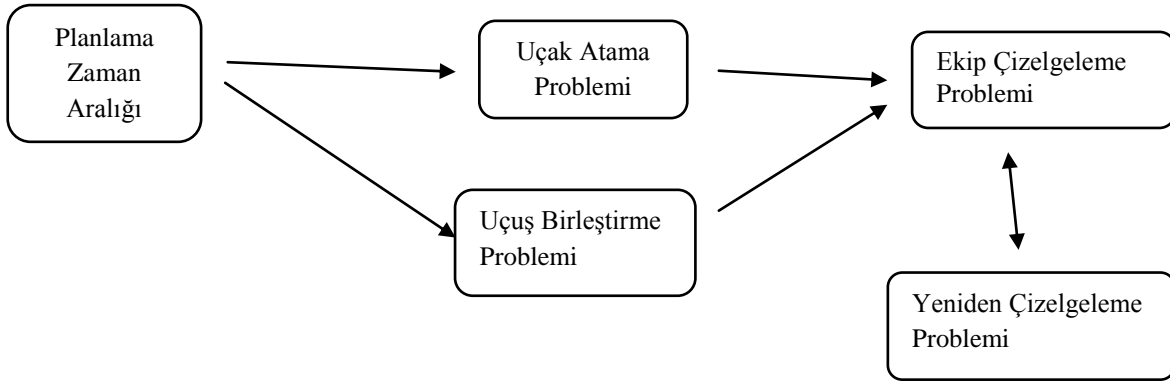
Kokpit ekibi atama problemleri göz önüne alındığında yukarıda belirtildiği gibi bir kokpit ekibi yalnızca bir uçak tipinde uçabilmektedir (Yan ve Tu, 2002). Bu sebeple problemde bu şirketin sadece A320 filosu uçaklarında uçan kokpit ekiplerinin atama problemi ele alınmıştır. Kokpit atama problemi aşamasında çok katı ve net düzenlemeler bulunmaktadır. Tablo 1'de verilen EASA kurallarına göre oluşturulmuş uçuş sektörü saat limitleri, kurulacak matematiksel model içinde de kullanılacak kısıt setlerine bir örnektir. Buradaki her bir sektör uçuş sayısına karşılık gelmektedir. Örneğin mesaiye 06:00-13:29 saatleri arasında başlayan bir uçuş seti söz konusu ise toplam 1, 2, 3 veya 4 uçuş yapılması durumunda toplam uçuş süresi 13 saat 30 dakikayı aşamayacaktır. 5 uçuş yapılacaksa bu süre 12 saat 30 dakikayı geçemeyecektir.

Tablo 1: EASA Kuralları Gereği oluşturulmuş FTL Uçuş sektörü ve saat limitlerinden bazı örnekler

Mesai Başlama Zaman Aralığı	1-2 Sektör	3 Sektör	4 Sektör	5 Sektör	6 Sektör	7 Sektör	8 Sektör	9 Sektör
06:00-13:29	13:30	13:30	13:30	12:30	11:00	10:30	10:00	09:30
13:30-13:59	13:30	13:30	13:30	12:30	10:45	10:15	09:45	09:15
17:00-04:59	11:30	11:30	11:30	10:30	09:00	09:00	09:00	09:00
05:30-05:45	13:30	13:30	13:30	12:30	10:00	09:30	09:00	09:00

3. METODOLOJİ

Ekip Planlama ve çizelgeleme problemi havacılık sektöründe özellikle maliyetlerin artması ve kar marjlarının düşmesine ve kısıtlı uçucu ekip kaynağının çıkmasına bağlı olarak son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Ekip planlama problemini süreçler açısından bir bütün olarak ele alınırsa, ilk aşama olarak planlama zamanının belirlenmesi gelmektedir (Chizeck ve Funch, 2008). Bu süreç her ne kadar kural ve düzenlemelere bağlı olsa da daha çok operatörün tercihleri doğrultusunda gelişmektedir. Bazı operatörler 15 günlük planlama periyodunu alırken, bazıları aylık, bazıları da haftalık planlamayı hedef almışlardır. Bu çalışmadaki problemde operatör aylık programlama periyodunu kullanmakta olup, problem bu doğrultuda çözüme ulaştırılmıştır. İkinci aşama olarak da eş zamanlı yapılan uçak atama ve uçuş birleştirme problemi ele alınmaktadır. Uçak atama probleminde gidilecek meydan özellikleri ve ihtiyaçları ile bunları karşılayacak olan uçak özellikleri beraber değerlendirilip, kısıtlar doğrultusunda uçak atama işlemi gerçekleştirilir. Uçuş birleştirme süreci uçak atama süreci ile paralel olacak şekilde gerçekleştirilir. Bu süreçte mevcut uçuşlar kalkış ve varış noktası aynı olacak şekilde ayarlanır. Yine bu uçuşlar en az bir, en fazla aynı gün içinde 4 sektörden fazla olmamak üzere toplam yatış süresi de (gecesinin) 15 günü geçmeyecek şekilde birleştirilir. Bu birleştirilen uçuşlar bir sonraki aşamada ekiplerin özelliklerine ve yetkinliklerine bağlı olarak bu ekiplere atanır. Son aşamada ise atanmış olan uçuşlar devam ederken gerçekleşen çizelge bozukluklarından ötürü ekiplerin devamındaki çizelgeyi en az bozacak şekilde en düşük maliyet mantığı ile hareket edilerek devam eden günler için tekrardan atama yapılır. Bu çalışmada, Şekil 1’de adımları gösterilen uçuş planlama prosesi içindeki adımlardan sadece ekip atama ve çizelgeleme problemi ele alınacaktır.



Şekil 1: Uçuş Planlama Proses Şeması

3.1. Varsayımlar

Modelin kurulması aşamasında gerçek hayat uygulamaları dikkate alınarak bazı kabullerin yapılması bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Problemin çözülebilmesi açısından belirlenen makul varsayımlar aşağıda listelenmiştir:

- Bu operatör kurallarına bağlı olarak bir kokpit personeli tek bir uçak tipinde görev alabilirken, bir kabin ekibi üç taneye kadar uçak tipinde görev alabilir.
- Bu çalışmada uçuş birleştirme ve uçak atama problemlerinin daha önceden tamamlandığı ve bir girdi olarak ekip atama problemine katılacağı varsayılmaktadır.
- Uçuş ekiplerinin bir görevi gerçekleştirebilmek adına ana merkez dışında geçirdiği zamanlardan doğan harcırah giderleri genel maliyet planı içine konulup, en az maliyet hesabı yapılmamıştır.
- Dinlenme süreleri yapılan uçuş ya da görev süresine bağlı olmak kaydıyla uçuş görev süresi veya 12 saat hangisi büyükse koşuluna göre değil 12 saat kuralına göre alınmıştır. Zaten bu filoda 12 saati geçen uçuş görev süresi sadece 1 tanedir. Bu uçuş da manuel olarak genel modele eklenebilmektedir.
- Eğer bir uçuş görevlisi uçuştan geldiyse, o gün içinde tekrardan başka bir göreve atanamaz.
- Bu problemlerde uçuş ekiplerinin yorgunluk analizleri göz önüne alınmamıştır.

Kurulan modelde, toplam maliyetin minimize edilmesi hedeflenmiştir. Amaç fonksiyonu toplam kaptan pilot ve ikinci pilot görevlendirme maliyetini minimize ederken, modele kısıt olarak girilen regülasyonları da sağlamaktadır. Bu

modelin amaç fonksiyonu kısmında 70 saate kadar olan normal ücretlendirme kısmı bütün pilotlara adil ve dengeli dağıtılmıştır. Fazla mesai kısmında da kıdemle ters orantılı olacak şekilde atama yapılmıştır. Burada maliyet kalemi olarak uçuş saat maliyeti kullanılmış, diğer maliyetler harcırah, otel vs. gibi bütün pilotlar için aynı olduğu kabul edilmiştir. Bu problemdeki amaç fonksiyonu, her bir pilotun fazla ve normal çalışma saatlerinden oluşan toplam maliyet olarak görülmektedir. Modelde 5 tane temel karar değişkeni mevcuttur.

- İlk karar değişkenimiz 0-1 karar değişkeni olup, bu değişken herhangi ID sicil numaralı, Rk sınıfındaki bir pilotun, P uçuşuna, d günü atanması mevcut ise 1 değilse 0 değerini almaktadır.
- Diğer karar değişkenimiz pozitif sürekli karar değişkenidir. Bu değişken normal çalışma uçuş saati 70 olduğundan üst sınır 70 alt sınır 0 olan ve ID siciline sahip, Rk sınıfındaki bir pilotun aylık normal uçuş zamanı limitindeki saatini göstermektedir.
- Bir diğer karar değişkeni ID sicilli, Rk sınıflı bir pilotun mevcut ay içerisindeki 70 saat üstü fazla mesai uçuş süresini göstermektedir. Bu değişkenin sınırları 0 ile 40 saat arasındadır.
- Maliyet değişkeni bir diğer değişkenimiz olup, toplam maliyeti yansıtmaktadır. Bu değişken pozitif olup sürekli bir değişkendir.
- Son değişken de yedek pilot değişkeni olup, çizelgede meydana gelebilecek bir bozulmada yedekte olan ekipten atama yapılabilmesi için ID sicilli, Rk sınıflı bir pilotun d gününde yedek olup olmayacağını belirleyen bir değişkendir. Eğer bu değişken 0 ise o kişi o gün yedek değildir, 1 ise yedek olarak atanmaktadır.

3.2. Kısıtlar

- (1) Aylık maksimum uçuş saati limiti; herhangi bir pilotun aylık toplam uçuş saati sivil havacılık ve uluslararası kurallar limitini geçemez.
- (2) Normal saat limiti: bir pilota normal mesai amacıyla ödenecek tutar için kullanılan değişken limitlendirilmiştir.
- (3) Fazla saat limiti: bir pilotun normal mesai süresi aşım durumunda ki fazla mesai limiti ve normal saat limiti toplamı uluslararası limitin üstünde olamaz.
- (4) Aylık mesai gün limiti: Aylık bir pilota atanan mesai gün sayısı 22'nin üstünde olamaz yani bir pilot bir ayda minimum 8 gün tatil yapmalıdır.
- (5) Günlük maksimum bir görev limiti: Bir pilot bir günde yalnızca bir göreve atanabilir. Aynı gün hem yedek olup hem de uçuşa atanamaz.
- (6) Maksimum üst üste görev limiti: bir pilot maksimum ardışık 6 gün göreve atanabilir. 7. Gün mutlaka boş yani tatil olarak verilmelidir.
- (7) Maksimum haftalık uçuş saati limiti: Bir pilot maksimum belli bir limit saatine kadar uçabilir. Bu haftalık süre ardışık 7 gün olarak değerlendirilmektedir.
- (8) Minimum Uçuş ekibi sayısı limiti: Bir uçuş operasyonunun yerine getirilmesi için uçuş mesai süresine bağlı olarak en az iki en fazla 4'e kadar uçuş ekibi olabilir. Bu uçuş ekibi de bir kaptan- bir ikinci pilot ya da 2 kaptandan ibaret olabilir. Yani iki ikinci pilot beraber uçamaz.
- (9) Yatış görevli uçuş kısıtı: Bir uçucu personel aynı takvim gününden fazla olan bir uçuşa atanmışsa, görevin bittiği takvim gününe kadar uçuş görevinde olarak sayılır. Yani yatış görevi olan uçuşlarda birden fazla gün gittiği yerde kalsa bile, bu süreler dinlenme ya da tatil-boş gün olarak değerlendirilmez.
- (10) Ardışık uçuş görevleri arasındaki minimum süre kısıtı: Bir uçucu ana meydanda iki ardışık görev arasında en az sivil havacılık ve uluslararası havacılık kurallarından doğan en kısıtlayıcı süre kadar dinlenmek zorundadır.
- (11) Minimum uçuş ekibi sayısı: Bir grup ekip, uçuşun minimum gerekli uçuş ekibi sayısına bağlı olarak belli bir konfigürasyonda olmalıdır. Bu gerekli sayılara bağlı olarak gerekli kaptan ve ikinci pilot sayıları mevcuttur. Örneğin; 4 pilotun gerektiği bir uçuşta en az 2 kaptan olmak durumundadır.

(12) Tehlikeli kategori meydan - pilot konfigürasyon kısıtı: Havacılık sektöründe bazı meydanlar belli eğitimleri ve yetenekleri gerektirmektedir. Bu sebeple tehlike katsayısının yüksek olduğu meydanlara yapılan seferlerde gerek ikinci pilot gerekse kaptan pilot belli bir tecrübenin üzerinde olmak ve o meydan için gerekli eğitimleri almış olmak zorundadır.

(13) Konfigürasyon kısıtı: Havacılık endüstrisi kuralları gereği, genellikle tecrübeli kaptan daha az tecrübeli ikinci pilotla, tecrübesiz kaptan tecrübeli ikinci pilotla uçurulmaktadır. Tabii ki 2 tecrübeli pilotta beraber uçabilir, fakat bu kısıt en kötü ihtimalle bile iki tecrübesizi birbirinden ayırmak adına vardır.

(14) Yedek Uçucu ekip kısıtı: Daha öncede bahsedilen yedek pilot durumunun ataması yapılırken o güne atanacak yedek ikinci pilotlar ve kaptanlar da bir önceki kısıtta bahsedildiği gibi tecrübe orantılı atanmalıdır.

(15) Pozitif olma kısıtı. Burada maliyet ve uçuş saati kısıtları pozitif olmalıdır.

(16) Son kısıt tam sayılı 0-1 kısıtı; Uçuş atama ve yedek pilot atama işlemini yapan kısıt 0-1 kısıtı olmalı ve atama yapıldıysa 1, yapılmadıysa 0 şartını sağlamalıdır.

4. UYGULAMA

Kurulan matematiksel model, GAMS (General Algebraic Modeling System)'e aktarılıp CPLEX çözücüsüyle çözdürülmüştür. Kullanılan uçuş bilgileri ve zamanları gerçek datalar olup, çıkan sonuçlar gerçek sonuçları yansıtmaktadır. Bahsi geçen modelin atama sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Bu tabloda birden sekize kadar olan kısım planlama döneminin bir bölümünü göstermekte olup, soldan ilk 3 kolon da planlanan pilota ve uçuşa ait bilgilerdir.

Tablo 2: Modelin Sonuçları

Pilot Sınıfı	Sicil	Uçuş Numarası	Planlama Dönemi							
			1	2	3	4	5	6	7	8
CI	45654	TK003				1				
CI	45654	TK008								
CI	45654	TK011								
CI	45654	TK012		1						
CI	45654	TK014								
CI	45654	TK016								
CI	45654	TK018					1	1	1	
CI	45654	TK021								
CI	48976	TK002						1		
CI	48976	TK003								
CI	48976	TK006								1

Planlama zaman dilimindeki pilotların normal çalışma saati atamaları Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3: Normal Çalışma Periyodundaki Atanan Pilot Uçuş Saatleri

Pilot Tipi	Uçuş Sefer No							
	70681	55432	45654	65432	78654	67888	78987	70682
CI			70					
C1		70						
C2				70				
P4	70					66		67,3
P5					70			
P6							70	

Planlama zaman aralığında pilotların fazla uçuş saatlerinin kıdem ve sınıfa göre saat atamaları Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4: Fazla Mesai Çalışma Periyodundaki Atanan Pilot Uçuş Saatleri

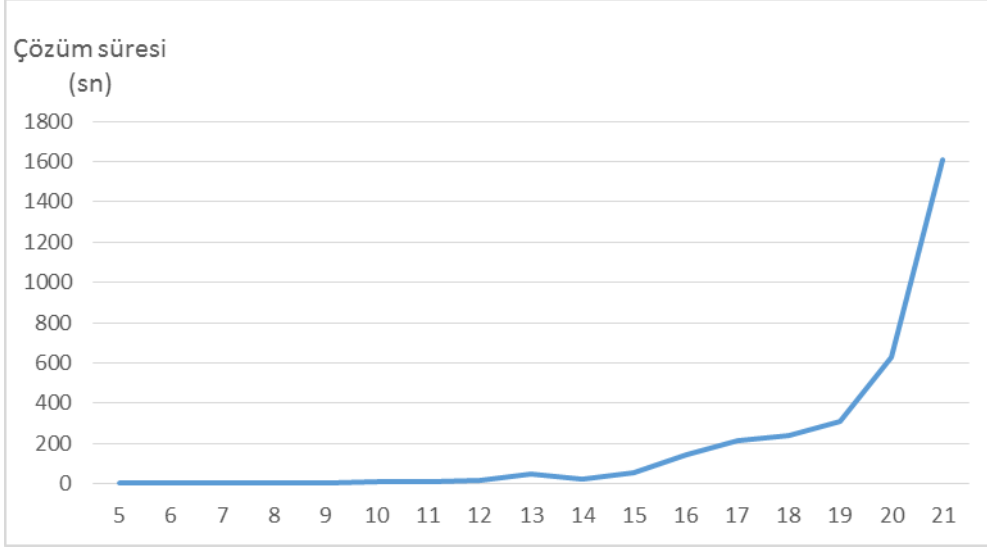
Pilot Tipi	Uçuş Sefer No					
	70681	55432	45654	65432	78654	78987
CI			8,4			
C1		34,7				
C2				35,5		
P4	0,5					
P5					12	
P6						28,6

Sonuçlar incelendiğinde modelin sınıfı düşük olan pilotlara yaptığı fazla atama saatlerini yüksek tuttuğu, operasyonel kısıtlar olmadığı taktirde sınıfı yani saatlik ücreti fazla olan pilotlara yaptığı fazla uçuş saati atamasının daha az olduğu görülmektedir. Bu da modelin beklendiği üzere tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Tablo 5: Yedek olarak atanan pilotların atama gün çizelgesi

Pilot Tipi	Sefer No	Planlama Dönemi					
		1	2	3	4	5	6
CI	76543				1		
CI	12356					1	
CI	12392						
CI	12398						
CI	12406						
CI	12407						
C1	55432						
C1	56543	1					
C1	12346						
C1	12347	1					
C1	12357						
C1	12369						1
C1	12378		1				

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, model sınıfa bağlı olarak diğer kısıtlarda yerine getirilecek şekilde gerek uçuş atamalarını gerekse yedek atamalarını Tablo 5’de gayet başarılı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Modelin aynı uçuş numaralı fakat her gün yapılan uçuşlar ele alınarak örnek bir durum için çözdürülmesinin ardından, uçuş sayısı giderek arttırılmış ve modelin daha büyük problemlerin çözümündeki başarısı da incelenmiştir. Sonuç olarak, modelin maksimum 45 farklı uçuşu 36 saatte kesin çözüm yöntemi ile çözdüğü görülmüştür. Bu tip problemler NP hard diye adlandırılan polinom zamanda çözümü bulunmayan problemlerdir. Bu da uçuş sayısı arttığında çözüm zamanının üstsel olarak artmasına bağlanabilir. Şekil 2’de problem boyutunun büyümesi ile çözüm süresindeki artış ilişkisi net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2: Uçuş sayısı ve çözüm süresi arasındaki ilişki

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında maliyetlerin ve hizmet sürelerinin kritik olduğu hava yolu taşımacılık sektöründeki ekip planlama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Kurulan matematiksel model ile olası ve temsil edilebilen tüm kısıtlar dikkate alınmıştır. Buna göre şirket için maliyeti en düşük yapacak kokpit ekibi ataması uluslararası anlaşmaların getirdiği kısıtlara göre gerçekleştirilmiştir. Kurulan model orta büyüklükte filoya sahip bir hava yolu işletmesi için çözüm verebilmektedir. Ancak uçuş ve ekip sayısının artması ile birlikte modelin optimum sonuç üretmesi zorlaşmaktadır. Gelecek çalışmalarda daha büyük problemlerin aynı model ile çözümünün sağlanabilmesi için sezgisel yöntemlerden faydalanılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Barnhart, C., Cohn, A.M., Johnson, E.L., Klabjan, D., Nemhauser, G.L., Vance, P.H., (2003), “Airline Crew Scheduling”, Handbook of Transportation Science 56 pp. 517–60.
- [2] Chizeck, A.A., Funch, C., (2008), “Rostering Optimization for Business Jet Airlines.”
- [3] Hu, Y., Song, Y., Zhao, K., Xu, B., (2016), “Integrated Recovery of Aircraft and Passengers after Airline Operation Disruption Based on a GRASP Algorithm”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 87, pp. 97–112.
- [4] Kohl, N., Karisch, S. E., (2004), “Airline crew rostering: Problem types, modeling, and optimization”, Annals of Operations Research, 127, pp. 223 257.
- [5] Yan, S., Chang, J.C., (2002), “Airline Cockpit Crew Scheduling”, European Journal of Operational Research 136(3), pp. 501–11.
- [6] Yan, S., Tu, Y.P., (2002), “A Network Model for Airline Cabin Crew Scheduling”, European Journal of Operational Research 140(3), pp. 531–40.

AFET SONRASI YARDIM MALZEMESİ DAĞITIMI İÇİN ROTA ÜRETME-ELEME ALGORİTMASI VE TAMSAYILI PROGRAMLAMA KULLANIMI

Merve Köse-Küçük¹, Fatih Çavdur²

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, mervekose@uludag.edu.tr

²Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, fatihcavdur@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, afet sonrası yardım malzemesi taşıma problemi, kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak ele alınmış ve problemin çözümü için iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın ilk aşamasında, bir rota üretme-eleme algoritması ile kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların üretilmesi, sağlamayan rotaların elenmesi sağlanmıştır. İkinci aşamada ise, algoritma sonucu üretilen uygun rotalar, önerilen tamsayıli programlama modelinin girdisi olarak belirlenip, bu model ile yardım malzemelerinin hangi rotalar üzerinden taşınacağını gösteren bir taşıma planı oluşturulmuştur. Kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin NP-zor yapısı sebebiyle oluşan uzun çözüm sürelerine karşın, geliştirilen rota üretme-eleme algoritması ile daha kısa sürede çözüm elde edilmesi amaçlanmıştır. Rota üretme-eleme algoritmasında, araç kapasite kısıtı dikkate alındığından, tamsayıli programlama modelindeki ilgili kapasite kısıtı ortadan kaldırılmış, bu sayede problemin karmaşıklığında önemli oranda azalma sağlanmıştır. Bu durum, geliştirilen algoritmanın çözüm süresine olumlu etkisini ortaya koymaktadır. Çalışmada önerilen yaklaşım bir deprem örnek olayı üzerinde ve örnek bir bölge için test edilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç rotalama problemi, İnsani yardım lojistiği, Tamsayıli programlama, Taşıma planı

USE OF ROUTE GENERATION-ELIMINATION ALGORITHM AND INTEGER PROGRAMMING FOR POST-DISASTER RELIEF SUPPLIES DISTRIBUTION

ABSTRACT

In this study, the problem of post disaster relief supplies transportation is modeled as a capacity-constrained vehicle routing problem. A two-phase solution approach is proposed to solve the problem. In the first phase of the proposed approach, a route generation-elimination algorithm is used to generate feasible routes that satisfy the capacity constraints. In the second phase, the feasible routes generated by the algorithm are used as the input of the proposed integer programming model to determine the transportation plan showing the routes through which the relief supplies are transported. Despite the long solution times due to the NP-hard structure of the capacity-constrained vehicle routing problem, it is aimed at obtaining a solution in a shorter time period with the generated route generation-elimination algorithm. Since the vehicle capacity constraints are taken into consideration in the route generation-elimination algorithm, the corresponding capacity constraint in the integer programming model is removed which significantly reduces the complexity of the problem. This situation represents the positive effect of the developed algorithm on the solution time. The proposed approach is tested on an earthquake case study for a sample region and the results are analyzed.

Keywords: Vehicle routing problem, Humanitarian relief logistics, Integer programming, Transportation plan

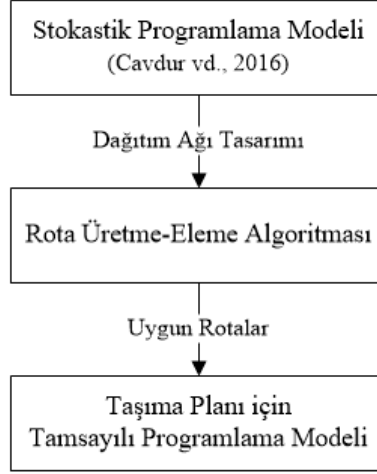
1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bir afeti, zarar gören topluluk veya bölgenin kendi dışındaki bölgelerden olağandışı bir şekilde yardım beklemesini gerektirecek derecede hasar, tahribat, ekolojik bozulma, insan hayatının kaybı, yaralanma, sağlık ve sağlık hizmetlerinin bozulmasına neden olan bir olay olarak tanımlamaktadır. Afet türleri arasında yer alan depremler, kasırgalar, volkanik patlamalar, yangın, sel, kar fırtınası, kuraklık, terörizm, nükleer kazalar, vb. insan yaralanmaları ve bina hasarlarında önemli tahrip edici etkilere sahiptir. Türkiye özellikle doğal afetlere karşı savunmasız

ülkeler arasındadır. Ülkemizde diğer doğal afetlere oranla en sık meydana gelen ve etkileri itibariyle en yıkıcı olan afet türü depremdir (Erdik vd., 2003). Türkiye üzerinden birçok fay hattı geçmektedir ancak bunların içinde Kuzey Anadolu fay hattı en aktif olanıdır. Bu fay hattının oluşturduğu tehlike, yüksek şiddette bir deprem meydana geldiğinde etkilenecek olan yüzey alanı ve nüfus oranı dikkate alındığında ortaya çıkmaktadır. Geçmişte ülkemizde yaşanan depremler ve geleceğe yönelik deprem tehdidi göz önüne alındığında, deprem felaketinin yıkıcı etkilerinin en aza indirilebilmesi için ülkemizin etkin bir afet yönetimine ihtiyacı olduğu söylenebilir. Bu bağlamda afet yönetimi, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için toplumca yapılması gereken topyekun bir mücadele süreci olarak tanımlanmaktadır (URL 1). Afet yönetimi genel olarak zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Altay ve Green, 2005). Afet öncesi binaların hasar tespiti ve hasarların giderilmesi zarar azaltma aşaması faaliyetlerine örnek olarak gösterilirken; afetzedelerin temel ihtiyaçlarını karşılayacak tesislerin kurulması hazırlık aşaması faaliyetlerine, afet sırasında tahliye ve enkaz kaldırma işlemleri müdahale aşaması faaliyetlerine ve afet sonrası tesis kurulumu hazırlık aşaması faaliyetlerine, normal hayata dönme çalışmalarını ise iyileştirme aşaması faaliyetlerine örnek olarak gösterilebilir. Buna ek olarak, bazı faaliyetler birden fazla aşamayı içerecek şekilde gerçekleştirilmektedir. Örneğin, afet öncesi tesis kurulumu hazırlık aşaması faaliyetlerini içerirken, kurulacak tesislerde depolanacak yardım malzemesi miktarının belirlenmesi afet sırası ve sonrası oluşacak afetzede sayısı ile ilişkili olduğundan müdahale aşamasını da içermektedir. Birçok çalışmada hem afet öncesi hem de afet sonrası faaliyetlerin planlanmasını içerecek şekilde çözüm yaklaşımları önerilmektedir. Örneğin, Salman ve Gül (2014), çalışmalarında deprem sonrası yaralı taşıma lojistiği problemini ele alarak problemin çözümü için karışık tamsayı programlama modeli geliştirmiştir. Çalışmalarında aynı zamanda afet öncesi kurulacak geçici acil yardım merkezlerinin konumlarının ve kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Rawls ve Turnquist (2010), tarafından yapılan çalışmada hem afet öncesi hem de afet sonrası faaliyetler dikkate alınmış olup çalışmada, acil durum müdahale birimlerinin önceden konumlandırılması amacıyla iki-aşamalı stokastik programlama modeli geliştirilmiştir. Barbarosoğlu ve Arda (2004), ise çalışmalarında çoklu-depo ve çok-araçlı yerleşim rotalama problemini ele alarak hem afet öncesi hem de afet sonrası faaliyetlerin planlanmasına yönelik stokastik programlama modeli geliştirmişlerdir. Mete ve Zabinsky (2010), tarafından yapılan çalışmada tıbbi malzemeler için depo yeri ve kapasite problemi ele alınarak hem afet öncesi hem de afet sonrası faaliyetlerin planlanması sağlanmıştır.

Afet sonrasında yolların, köprülerin güvenliği ve güvenilirliği, binaların yıkılması, vb. gibi belirsiz unsurlar sebebiyle müdahale faaliyetlerinden sorumlu kuruluşların afet bölgesine kısa sürede ulaşmaları mümkün olamamaktadır. Buna karşın, afet sonrası ilk 72 saatin önemi ve bu sürecin en doğru şekilde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, yardım kuruluşlarına alternatif oluşturulabilecek yerel tesislerin kurulması ve bu tesislerde afetzedelerin acil ihtiyaçlarını (su, gıda, hijyenik malzeme, medikal malzeme, vb.) karşılayacak miktarda yardım malzemelerinin bulundurulması ve buna bağlı problemler ortaya çıkmaktadır. Geçici-tesis yerleşim problemi, afet sonrası merkezi yardım kuruluşları afet bölgesine ulaşıncaya kadar geçen süreç içerisinde afetzedelerin temel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yardım malzemesinin depolandığı tesislerin konumlarının, sayılarının ve kapasitelerinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Çavdur vd. (2016), çalışmalarında, geçici-tesis yerleşim problemi için iki-aşamalı stokastik programlama modeli geliştirmiştir. Yazarlar tarafından önerilen yaklaşımın ilk aşamasında kurulacak tesislerin konumları ve sayıları belirlenirken, ikinci aşamada dağıtım yapılacak yardım malzemesi miktarları belirlenmektedir. Çalışmada belirsizlik unsuru, afetzede sayısı ve buna bağlı yardım malzemesi talebi olarak belirlenmiştir. Geçici-tesis yerleşimi probleminin ardından ortaya çıkan bir diğer problem ise yardım malzemelerinin buldukları tesislerden afetzedelere en kısa sürede ulaştırılması problemidir. Afetzedelerin kendi imkanlarıyla tesislere ulaşması ve buralardan yardım malzemelerinin temin edilmesi tesislerde yoğunluğa ve karmaşa ortamına zemin hazırlamaktadır. Oluşan bu karmaşa ortamı sebebiyle yardım malzemesi dağıtım süreci sektöre uğramakta, her afetzedenin eşit şekilde ihtiyaç duyduğu yardım malzemesine ulaşması zor olmaktadır. Bu karmaşa ortamının ortadan kaldırılması ve yardım malzemesi dağıtımının daha etkin ve kontrollü bir şekilde yapılması amacıyla geçici-tesislerde önceden konumlandırılmış araçlarla yardım malzemelerinin afetzedelerin bulunduğu bölgelere taşınması gerekmektedir.

Bu çalışmada, afet sonrası ortaya çıkan yardım malzemesi taşıma problemi için rota üretme-eleme algoritması ve tamsayı programlama modeli olmak üzere iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmektedir. Önerilen çözüm yaklaşımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Önerilen yaklaşımın ilk aşamasında geliştirilen rota üretme-eleme algoritması ile kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların belirlenmesi sağlanarak ikinci aşamada ise belirlenen uygun rotalardan yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılmasını sağlayan rotaların seçileceği ve bu rotaların araçlara atanacağı bir tamsayı programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen tamsayı programlama modeli ile afetzedelere en kısa sürede yardım malzemesinin ulaştırılmasını sağlayan bir taşıma planı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu taşıma planı ile hangi aracın, hangi rota üzerinden, hangi afetzede bölgesine taşıma yapacağına karar verilmektedir.



Şekil 1: Önerilen Çözüm Yaklaşımı

Çalışmada Çavdur vd. (2016), çalışmasının optimal yerleşim ve dağıtım sonuçları kullanılarak başlangıç dağıtım problemi, birbirinden bağımsız alt taşıma problemlerine bölünmüştür. Oluşturulan her bir alt taşıma probleminde, tesis açılan bölge depo düğümünü, bu tesisin hizmet verdiği afetzedede bölgeleri ise talep düğümlerini temsil etmektedir. Dağıtım probleminin bağımsız alt problemlere bölünmesi, problem boyutu ve çözüm süresi açısından olumlu katkılara sahiptir. Ayrıca, Çavdur vd. (2016), çalışmasının optimal yerleşim ve dağıtım sonuçları, taşıma problemi için girdi parametresi olarak dikkate alınmıştır. Örneğin, tesislerden afetzedelere dağıtım yapılacak yardım malzemesi miktarı, taşıma probleminde talep düğümlerinin yardım malzemesi talebi olarak dikkate alınmaktadır. Çalışmada önerilen rota üretme-eleme algoritması ile araç kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların belirlenmesi, kapasite kısıtı açısından uygun olmayanların elenmesi sağlanmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında önerilen tamsayı programlama modeli ile uygun rotalar içerisinde en kısa mesafeye/süreye sahip olanların önceden konumlandırılmış araçlara atanması sağlanarak, afetzedelere en kısa sürede yardım malzemesi dağıtımı amaçlanmaktadır.

Çalışmanın diğer bölümleri şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde çalışmanın konusu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada önerilen metodoloji hakkında detaylı bilgi verilmiş olup, rota üretme-eleme algoritması ve tamsayı programlama modelinden oluşan iki-aşamalı çözüm yaklaşımı açıklanmıştır. Dördüncü bölümde uygulama sonuçları açıklanmış olup, son bölümde ise çalışma hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Afetler büyük ekonomik kayıplara, insanların hayatını kaybetmesine ve ciddi çevresel zararlara neden olmaktadır. Bu yıkıcı etkileri sebebiyle afet operasyonları yönetimi kapsamında, afetlerin olası etkilerini azaltmak amacıyla yapılan çalışmalara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Afet operasyonları yönetimi kapsamında yapılan çalışmaların çoğu, Yöneylem Araştırması / Yönetim Bilimi (Operations Research / Management Science) uygulamalarıyla yakından ilişkilidir (Altay ve Green, 2005). Afet öncesi, sırası ve sonrası ortaya çıkan problemler (tesis ve sığınak yerleşimi, tahliye, malzeme taşınması, vb.) Yöneylem Araştırması alanında karşılaşılan temel problemlere uyarlanarak çeşitli çözüm yaklaşımları ile çözümleri sağlanmaktadır. Örneğin afet sonrası tahliye için sığınak yerleşimi problemi, Yöneylem Araştırması alanında yerleşim analizi konusunun özel bir alanı olarak değerlendirilebilir.

Son yıllarda, afet operasyonları yönetimi çalışmalarıyla birlikte, insani yardım lojistiği (humanitarian logistics) çalışmalarına olan ilginin de giderek arttığı görülmektedir. İnsani yardım lojistiği, etkili bir planlama, uygulama ve kontrol aşamalarına sahip, afet sonucu savunmasız hale gelen insanların acil beklenti ve taleplerini karşılayacak şekilde uygun maliyette malzeme akışı ve depolamayı sağlayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Liberatore vd., 2013). İnsani yardım lojistiği alanında yapılan çalışmalarda genel olarak lojistik ağı tasarımı, tasarlanan bu ağın etkin şekilde yönetimi ve koordinasyonun sağlanmasının yanı sıra afet sonrası, afetzedelere yönelik acil ihtiyaçların talep edilen miktarda ve en kısa sürede karşılanmasının amaçlandığı çalışmalar ön plana çıkmaktadır (Nagurney, 2011; Natarajarathinam vd., 2009; Özdamar ve Demir, 2012; Rawls ve Turnquist, 2010). Örneğin, Nagurney (2011), tarafından yapılan çalışmada, acil durumlarda malzeme taşınması koordinasyonunu sağlayacak bir lojistik ağı tasarımı yapılmıştır. Natarajarathinam vd. (2009), tarafından yapılan çalışmada ise kritik durumlarda lojistik ağını yönetmede yapılan mevcut uygulamalar ve bu uygulamaları konu edinen çalışmalar araştırılmıştır. Özdamar ve Demir (2012), çalışmalarında büyük ölçekli bir afet sonrası dağıtım ağı tasarımı için bir rota prosedürü geliştirmiştir. Çalışmada geliştirilen rota prosedürü yaklaşımı, talep düğümlerini daha küçük kümelere ayırarak rotalar oluşturmayı amaçlamaktadır. Rawls ve Turnquist (2010), tarafından

yapılan çalışmada, tesis yerleşim problemi dikkate alınmış ve afet sonrası en kısa mesafeden malzeme tedarikini sağlamak amacıyla kurulacak depo yerlerinin ve malzeme miktarlarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Geleneksel lojistik uygulamaları ile insani yardım lojistik uygulamaları arasında performans parametreleri ve hedefler açısından birçok fark gözlenmektedir. Bu tür farklılıklardan dolayı insani yardım lojistik problemleri daha karmaşık problemler olarak ortaya çıkmakta ve problemlerin çözümü için çeşitli çözüm yaklaşımları geliştirilmektedir (stokastik programlama, senaryo tabanlı yaklaşımlar, simülasyon, matematiksel programlama, vb.). İnsani yardım lojistik problemlerini geleneksel lojistik problemlerinden ayıran yönleri aşağıdaki gibi sıralamaktadır (Balçık ve Beamon, 2008):

- Tahmin edilemeyen talep (afettede sayısı)
- Ani talep oluşumu ve kısa tedarik süreleri
- Kaynak eksikliği

Geçmişte yapılan çalışmalar incelendiğinde, insani lojistik uygulamalarında ortaya çıkan en önemli problemlerden birinin, yardım malzemelerinin afetzedelere en kısa sürede taşınması problemi olduğu görülmektedir. Bu yardım malzemesi taşıma probleminin bir Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak kurgulanması ve buna bağlı olarak problemin çözümü için çeşitli çözüm yaklaşımları geliştirilebileceği görülmektedir. ARP, tüm düğümlerin malzeme talebini karşılayarak, en az maliyetle (taşıma mesafesi/süresi, araç sayısı, vb.) depoda başlayan ve depoda biten optimal rotaların bulunmasını amaçlamaktadır. Mevcut literatürde ARP'yi konu edinen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu konuda ilk çalışma Dantzig ve Ramser (1959), tarafından yapılmış ve yazarlar tarafından ARP'nin çözümü için doğrusal programlama modeli temelli bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Lenstra ve Kan (1981), tarafından problemin karmaşıklığı analiz edilerek ARP'nin NP-zor olduğu kanıtlanmıştır.

ARP 'nin bir çeşidi olan Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP) ise bir depodan başlayıp, belirli taleplere sahip müşterilere homojen kapasiteye sahip araçlarla malzeme taşınmasını amaçlayan bir problem olarak tanımlanabilir. Problemin olası çözüm uzayı, her bir araç için düşük maliyet ve kapasite kısıtlarını sağlayan rota kümelerinden oluşmaktadır. Literatürde genellikle tüm ARP uygulamalarında kapasite kısıtı bulunmaktadır. ARP'nin bir varyasyonu olan KKARP de NP-zor problem sınıfında yer almakta olup, gerçek hayat uygulamalarında makul sürede çözümün bulunması mümkün olamamaktadır. Bu nedenle problemin çözümü için sezgisel veya meta-sezgisel yaklaşımlara başvurulmaktadır. Örneğin, Clark ve Wright (1964), tarafından yapılan çalışmada KKARP'nin çözümü için bir tasarruf saving) algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmada, depodan talep noktalarına doğrudan ulaşıldığı varsayımı ile elde edilen tasarruf değerlerine göre rotalara yeni talep noktaları eklenmekte ve problemin çözümü sağlanmaktadır. Bu algoritma, geçmiş çalışmalarda çoğunlukla başlangıç çözümlerinin oluşturulması amacıyla kullanılmaktadır. Bir diğer başlangıç çözümü elde etmek amacıyla kullanılan algoritma ise Bellmore ve Nemhauser (1966), tarafından geliştirilen en yakın komşu algoritmasıdır. Gillett ve Miller (1971), tarafından yapılan çalışmada ise KKARP'nin çözümü için süpürme algoritması geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Çavdur vd. (2016), tarafından yapılan çalışmanın bir uzantısı olarak, afet sonrası ortaya çıkan geçici-afet-müdahale tesislerinden afetzedelere yardım malzemesi taşınması problemi için iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın ilk aşamasında, tüm olası rotaların arasından araç kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların seçildiği, bu kısıtı sağlayamayan tüm rotaların elendiği bir rota üretme-eleme algoritması geliştirilmiştir. İkinci aşamada ise, bir önceki aşamada elde edilen uygun rotalardan en kısa mesafede/sürede yardım malzemelerinin taşınmasını sağlayan rotaların seçildiği bir tamsayı programlama modeli kullanılmıştır. Bu sayede, afet sonrası karmaşa ortamının da dikkate alınarak, araçlar vasıtası ile afetzedelere en kısa sürede ve talepleri oranında yardım malzemesi ulaştırılması sağlanmaktadır.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada, afet sonrası yardım malzemesi taşıma problemi, KKARP olarak dikkate alınmış ve problemin çözümü için iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın ilk aşamasında, bir rota üretme-eleme algoritması ile olası tüm rotalar üretilerek, kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların elde edilmesi, bu kısıtı sağlamayan rotaların elenmesi sağlanmıştır. İkinci aşamada ise, algoritma sonucu üretilen uygun rotalar, önerilen tamsayı programlama modelinin girdisi olarak belirlenip, bu model ile yardım malzemelerinin hangi rotalar üzerinden ve hangi araçlarla taşınacağını gösteren bir taşıma planı oluşturulmuştur.

3.1. Rota Üretme-Eleme Algoritması

Çalışmada önerilen yaklaşımın ilk aşaması olan rota üretme-eleme algoritması ile düğümler arası oluşan tüm rotalar ve rota uzunlukları hesaplanmış ve tüm olası rotalar arasından araç kapasite kısıtını sağlayan uygun rotalar belirlenerek, kısıtı sağlayamayan diğer tüm rotalar elenmiştir. Rota üretme-eleme algoritmasının genel işleyiş adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Dağıtım ağı tasarımını dikkate alarak, depo düğüm ve talep düğümlerini belirle. $n =$ ağ üzerindeki toplam düğüm sayısı olmak üzere ağ büyüklüğünü belirle.

Adım 2: $i = 1$ olmak üzere, $i \leq n$ olduğu sürece $C(n,i)$ sayıda tüm olası kombinasyon gruplarını oluştur. $i = i+1$ olarak güncelle. $i = n$ olduğunda Adım 3'e geç.

Adım 3: Adım 2'de belirlenen her bir kombinasyon grubu için, $i \leq$ ilgili kombinasyondaki eleman sayısı olduğu sürece tüm olası permütasyonları (dizilimleri) oluştur. Son sırada olan kombinasyon grubunun son permütasyonu oluştuğunda Adım 4'e geç.

Adım 4: $R =$ tüm rota sayısı olmak üzere, $r \leq R$ olduğu sürece, her bir kombinasyon grubunun her bir permütasyonuna (dizilimine) karşılık gelen rota uzunluğunu hesapla (q_r). $r = R$ olduğunda Adım 5'e geç.

Adım 5: Rota üzerinde yer alan her bir düğümün talep miktarlarını dikkate alarak, $r \leq R$ olduğu sürece, Denklem 1'de belirtildiği gibi, her bir rotaya ait toplam talebi hesapla (d_r). j : rota üzerinde yer alan talep düğümleri olmak üzere;

$$d_r = \sum_{j \in R} d_j \quad (1)$$

$r = r+1$ olarak güncelle. $r = R$ olduğunda Adım 6'ya geç.

Adım 6: Q araç kapasitesi olmak üzere, her r rotası için kapasite kısıtını kontrol et. $r \leq R$ olduğu sürece eğer; $d_r \leq Q$ ise ilgili rotayı uygun rotalar kümesine dahil et. Aksi durumda r rotasını elenmiş rotalar kümesine ekle. $r = r+1$ olarak güncelle. $r = R$ olduğunda ise algoritma durur.

3.2. Tamsayılı Programlama Modeli

Çalışmada önerilen yaklaşımın ikinci aşamasında, ilk aşamada belirlenen uygun rotalar ve rota uzunlukları girdi parametresi olup, diğer araç rotalama problemi genel kısıtlarının dikkate alındığı ve yardım malzemelerinin en kısa sürede afetzedelere ulaştırılmasını amaçlayan bir tamsayılı programlama modeli kullanılmıştır. Tamsayılı programlama modelinde tek depo varsayımı bulunduğundan $i = 0$ olarak kabul edilmiştir. Araç kapasite kısıtı rota üretme-eleme algoritmasında dikkate alındığından, tamsayılı programlama modelinde bu kısıt dikkate alınmamıştır.

Dizin Kümeleri ve Parametreler:

N : Düğüm sayısı

V : Araç sayısı

R : Rota üretme-eleme algoritması ile üretilen uygun rota sayısı

j : talep düğümleri $j = 1, \dots, N - 1$

v : araçlar $k = 1, \dots, K$

r : uygun rotalar $r = 1, \dots, R$

d_j : j . düğümün yardım malzemesi talebi

q_r : r rotasının uzunluğu (km)

c_v : v aracının kapasitesi

$$p_{jr} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ mahallesi } r. \text{ rotada yer alıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Karar değişkenleri:

$$z_{vr} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } v. \text{ araç } r. \text{ rotayı kullanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

y_{jvr} : j . mahalleye v . araç tarafından r rotası kullanılarak taşınan yardım malzemesi miktarı

Amaç Fonksiyonu:

$$\min z = \sum_{r=1}^R q_r \sum_{v=1}^V z_{vr} \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^N y_{jvr} \leq c_v * z_{vr}, \quad v = 1, \dots, V; r = 1, \dots, R \quad (3)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R y_{jvr} = d_j, \quad j = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^R z_{vr} \leq 1, \quad v = 1, \dots, V \quad (5)$$

$$y_{jvr} \leq c_v * p_{jr}, \quad j = 1, \dots, N; v = 1, \dots, V; r = 1, \dots, R \quad (6)$$

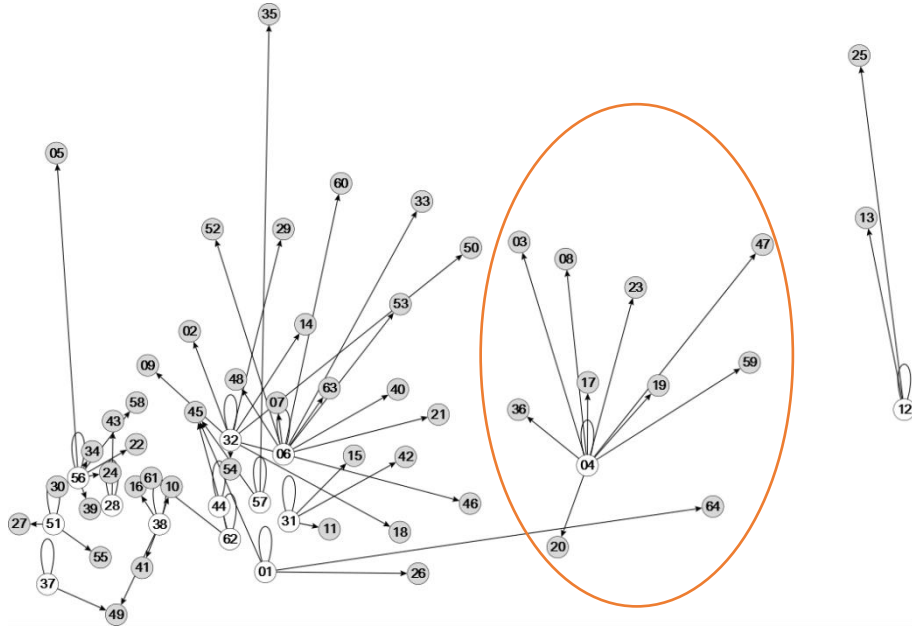
$$z_{vr} \in \{0,1\}, \quad v = 1, \dots, V; r = 1, \dots, R \quad (7)$$

$$y_{jvr} \in Z^+ \cup \{0\}, \quad j = 1, \dots, N; v = 1, \dots, V; r = 1, \dots, R \quad (8)$$

Denklem (2)'de verilen modelin amaç fonksiyonu ile yardım malzemelerinin en kısa mesafeden/süreden taşınmasını sağlayacak rotaların seçilmesi hedeflenmektedir. Denklem (3)'te belirtilen kısıt ile değişkenler arası mantıksal ilişki yansıtılmıştır. Eğer bir talep düğümü bir rota üzerinde bulunuyorsa, ilgili düğüme malzeme taşınması sağlanabilir, aksi halde bu durum, ilgili kısıt ile önlenmektedir. Denklem (4)'te tüm düğümlerin yardım malzemesi taleplerinin karşılanması garanti edilirken, Denklem (5)'te her araca en fazla bir rota atanması sağlanmaktadır. Denklem (6)'da belirtilen kısıt değişkenler arası ilişkiyi yansıtmının yanı sıra, rota üzerinde olmayan bir düğüme, ilgili rotadan yardım malzemesi dağıtımının yapılmasını önlemektedir. Denklem (7) ve Denklem (8) karar değişkenlerinin ve işaretlerinin tanımlandığı kısıtlar olarak belirtilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğinin test edilmesi amacıyla, AFAD tarafından oluşturulan Bursa ili deprem örnek olayı verilerinden yararlanılmıştır. Deprem örnek olayı verileri baz alınarak tesis yerleşim ve malzeme dağıtım probleminin çözümü sağlanmıştır (Çavdur vd., 2016). Elde edilen optimal yerleşim ve dağıtım sonuçları kullanılarak, afet sonrası ortaya çıkan yardım malzemesi taşıma problemi için iki-aşamalı çözüm yaklaşımı kullanılmıştır. Şekil 2'de önerilen yaklaşımın uygulanacağı alt taşıma problemi gösterilmiştir. Ele alınan alt problemde 4 numaralı düğüm depo düğümünü (tesisin açıldığı düğüm) gösterirken; 3, 8, 17, 19, 20, 23, 36, 47 ve 59 numaralı düğümler ise talep düğümlerini (afetzedelerin bulunduğu düğümler) göstermektedir. Talep bilgileri, tesis yerleşim problemi çözümü sonucunda oluşan dağıtım bilgileri dikkate alınarak belirlenmiş olup, tesislerde önceden konumlandırılmış 120.000 litrelik kapasiteye sahip özdeş araçlar bulunduğu varsayılmıştır.

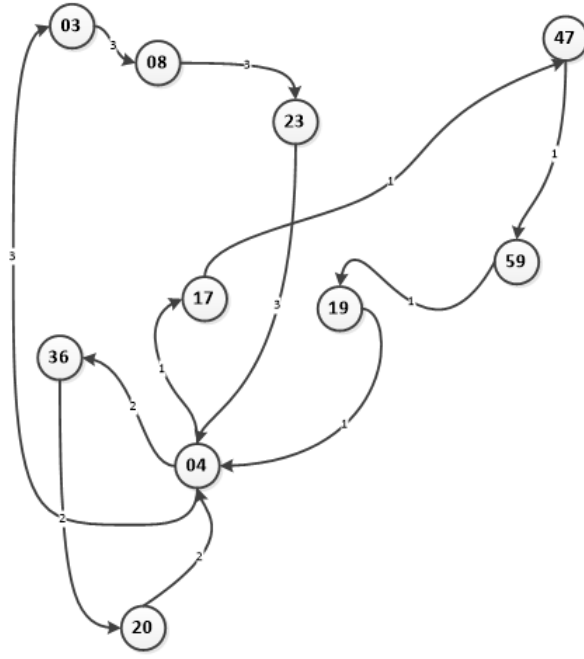


Şekil 2: Alt Taşıma Problemi

Önerilen rota üretme-eleme algoritması Matlab programında kodlanarak, algoritma sonucu toplam 986.400 adet rota üretilmiştir. Üretilen bu rotalar arasından 6.672 adet kapasite kısıtını sağlayan uygun rota elde edilmiş, geriye kalan rotalar elenmiştir. Üretilen uygun rotalar ve bu rotalara ait uzunluk, talep miktarı bilgileri tamsayı programlama modelinde girdi parametreleri olarak dikkate alınmıştır. Kullanılan tamsayı programlama modeli ise Mathematical Programming Language (MPL) ortamında kodlanmış ve çözüm için Gurobi çözücüsü kullanılmıştır. Üretilen uygun rotalar içinden en iyi rotaların seçildiği ve tüm taleplerin karşılandığı çözümün elde edilme süresi 3,4 dakika olarak belirlenmiştir. Model sonucu seçilen rotalar ve bu rotaların atandığı araçlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere, ele alınan taşıma problemi için tamsayı programlama modeli ile tüm taleplerin karşılandığı, depoda başlayıp depoda biten ve her düğümün yalnızca bir kez ziyaret edildiği ve en kısa uzunluğa sahip rotalar elde edilmiştir. Tüm rotaların toplam uzunluğu ise 23 km olarak elde edilmiştir. Ayrıca alt problem çözümlerinin şebeke modeli gösterimi Şekil 3’te verilmiştir. Düğümlerin yaklaşık koordinatları dikkate alınarak hazırlanan şebeke modeli gösteriminde rotalar, düğümler arası bağlantılarla (oklarla) gösterilmiştir. Bağlantıların üzerinde yer alan rakamlar ise ilgili rotanın hangi araca atandığını göstermektedir. Alt Problem 1 çözümünde toplam üç araç kullanılmış ve tüm yardım malzemesi talepleri karşılanmıştır. Daha yoğun malzeme talebinin olduğu bir taşıma probleminde araç sayısının ve toplam rota uzunluğunun artması beklenmektedir.

Tablo 1: Alt Taşıma Problemi Çözümü

Araç	Taşıma Planı
1	4 – 17 (22.435) – 47 (38.745) – 59 (90.75) – 19 (33.635) – 4
2	4 – 36 (22.984) – 20 (9.310) – 4
3	4 – 3 (46.750) – 8 (26.248) – 23 (31.010) – 4



Şekil 3: Taşıma Problemi Çözümü Şebeke Gösterimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, afet sonrası yardım malzemesi taşıma problemi, kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak ele alınmış ve problemin çözümü için iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın ilk aşamasında, bir rota üretme-eleme algoritması ile kapasite kısıtını sağlayan uygun rotaların üretilmesi, kapasite sağlayamayan rotaların elenmesi sağlanmıştır. İkinci aşamada ise algoritma sonucu üretilen uygun rotalar, önerilen tamsayı programlama modelinin girdisi olarak belirlenip, bu model ile yardım malzemelerinin hangi rotalar üzerinden ve hangi araçlar ile taşınacağını gösteren bir taşıma planı oluşturulmuştur. Oluşturulan taşıma planı ile afet sonrası malzeme dağıtımında ortaya çıkabilecek sorunlar ve karmaşa ortamı önlenerek, daha kontrollü bir malzeme taşıma süreci sağlanmıştır. Böylece, afetzedelerin ihtiyaçları oranında ve herkesin eşit şekilde yardım malzemelerine ulaşabilecekleri bir afet sonrası taşıma süreci oluşturulmuştur.

Çalışmada önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğinin test edilmesi amacıyla bir deprem örnek olayı verilerinden yararlanılmıştır. Ele alınan örnek olay için tesis yerleşim ve dağıtım problemi çözümleri kullanılarak oluşturulan alt taşıma problemlerinden biri uygulama alanı olarak seçilmiştir. Seçilen alt taşıma probleminde tesis açılan düğüm depo düğümünü, tesisin malzeme teminini sağladığı afetzede düğümleri ise talep düğümlerini temsil etmektedir. Taşıma probleminin çözümü için önerilen yaklaşımın ilk aşaması olan rota üretme-eleme algoritması ile tüm olası rotalar arasından (986.400) kapasite kısıtını sağlayan 6.672 adet uygun rota elde edilmiş, bu uygun rotalar ve rotalara ait uzunluk ve talep bilgileri tamsayı programlama modelinin girdi parametrelerini oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan tamsayı programlama modeli ile afet sonrası, tesislerde konumlandırılmış özdeş kapasiteye sahip araçlara, kapasite yönünden uygun ve en kısa uzunluğa sahip rotaların atanması sağlanarak, yardım malzemesi dağıtımı için etkin bir taşıma planı oluşturulmuştur. Kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin NP-zor yapısı sebebiyle oluşan uzun çözüm sürelerine karşın, geliştirilen rota üretme-eleme algoritması ile önceden tanımlı uygun rotaların kullanılması sayesinde daha kısa sürede çözüm elde edilmiştir. Araç Rotalama Problemi'nin genel kısıtlarından olan araç kapasite kısıtı geliştirilen rota üretme-eleme algoritmasında dikkate alındığından, tamsayı programlama modelinde bu kısıt ortadan kaldırılmış, bu sayede problemin boyutunda azalma sağlanmıştır. Bu durum, önceden tanımlı rotaların elde edilmesini sağlayan rota üretme-eleme algoritmasının çözüm süresine olumlu etkisini ortaya koymaktadır.

Gelecek çalışmalarda önerilen iki-aşamalı çözüm yaklaşımı tek bir yaklaşım olarak kurgulanıp, taşıma probleminin çözümünde kullanılabilir. Ayrıca afet yönetiminde ortaya çıkan tesis yerleşimi, malzeme dağıtımı ve taşınması problemi bütün olarak ele alınıp, çözümü için çeşitli yaklaşımlar geliştirilebilir. Problemin bütün olarak ele alınması her ne kadar problem karmaşıklığını arttırsa da çözüm için çeşitli sezgisel veya meta-sezgisel yaklaşımlar geliştirilebilir. Literatürde bulunan çeşitli Araç Rotalama Problemleri varyasyonları da dikkate alınarak, afet sonrası tahliye planlama ve taşıma problemleri bu tür problemlere uyarlanarak çözümü sağlanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 115M020 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Altay, N., Green, W.G. (2006), "OR/MS research in disaster operations management", *European Journal of Operational Research*, 175(1), pp.475-493.
- [2] Balçık, B., Beamon, B. M. (2008), "Facility location in humanitarian relief", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(2), pp.101-121.
- [3] Barbarosoğlu, G., Arda, Y. (2004), "A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response", *Journal of the Operational Research Society*, 55(1), pp.43-53.
- [4] Bellmore, M., Nemhauser G.L. (1966), "The Travelling Salesman Problem: A Survey", *Operations Research*, 16(3), pp. 538-558.
- [5] Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., Sebatli A. (2016), "Allocation of temporary disaster response facilities under demand uncertainty: An earthquake case study", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, pp.159-166.
- [6] Clarke, G., Wright, J.W. (1964), "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", *Operations Research*, 12, pp.568-581.
- [7] Dantzig, G.B., Ramser, J.H. (1959), "The truck dispatching problem", *Management Science*, 6(1), pp.80-91.
- [8] Erdik, M., Erkin, E., Yeğin, M. (2003), "Planlama Sürecinde Yönetmeliklerin Afetler Açısından Etkin Hâle Getirilmesi", *Kocaeli Deprem Sempozyumu*, ss.334.
- [9] Gillett, B.E., Miller, L.R. (1971), "A Heuristic Algorithm For the Vehicle Dispatch Problem", *Operation Research*, 22, pp.340-349.
- [10] Lenstra, J.K., Kan, A.H.G. (1981), "Complexity of Vehicle and Scheduling Problems", *Networks*, 11(2), pp. 221-227.
- [11] Liberatore, F., Pizarro, C., Simon de Blas, C., Ortuno, M.T., Vitoriano, B. (2013), *Uncertainty in Humanitarian Logistics for Disaster Management. A Review*, Book Chapter, *Decision Aid Models for Disaster Management and Emergencies*, Atlantis Computational Intelligence Systems, Atlantis Press.
- [12] Mete, H.O, Zabinsky, Z.B. (2010), "Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management", *International Journal of Production Economics*, 126(1), pp.76-84.
- [13] Nagurney, A., Yu, M., Qiang Q. (2011), "Supply chain network design for critical needs with outsourcing", *Papers in Regional Science*, 90(1), pp.123-142.
- [14] Natarajarathinam, M., Capar, I., Narayanan, A. (2009), "Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights", *International Journal of Physical Distribution and Logistic Management*, 39(7), pp.535-573.
- [15] Özdamar, L., Demir, O. (2012), "A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning", *Transportation Research Part E*, 48(3), pp.591-602.
- [16] Rawls, C.G., Turnquist, M.A. (2010), "Pre-positioning of emergency supplies for disaster response", *Transportation Research Part B*, 44(4), pp.521-34.
- [17] Salman, F.S., Gül, S. (2014), "Deployment of field hospitals in mass casualty incidents", *Computers & Industrial Engineering*, 74, pp.37-51.
- [18] URL 1, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2017), *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*, <https://aats.afad.gov.tr/sozluk4.php>, 23.12. 2017.

AFET OPERASYONLARI YÖNETİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIMI: GÖZETLEME OPERASYONLARI İÇİN ROTA PLANLAMA

Sema Değirmen¹, Fatih Çavdur², Aslı Sebatlı³

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, degirmensema@gmail.com

²Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, fatihcavdur@uludag.edu.tr

³Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, aslisebatli@gmail.com

ÖZET

İnsansız hava araçlarının askeri ve ticari uygulamalarının yanında, afet operasyonları yönetiminde de uygulama potansiyelinin bulunması, son zamanlarda bu alana olan ilginin artmasına neden olmuştur. İnsansız hava araçlarının hızlı, emniyetli ve esnek olmaları gibi avantajları afet-öncesi ve afet-sonrası çeşitli operasyonlarda tercih edilme nedenleri arasındadır. Bu çalışmada, yer araçları kullanılarak afet bölgesine ulaşım sağlanamadığı durumlarda, afet bölgesi durum tespiti için insansız hava araçlarının kullanımı ele alınmıştır. Bu kapsamda, afet bölgelerinin gözetlenmesinde kullanılacak olan insansız hava araçlarının rota planlaması için kümeleme ve matematiksel programlama tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışmada, sayısal uygulama yapılmış ve sonuçları analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet operasyonları yönetimi, Gezgin Satıcı Problemi (GSP), İnsansız Hava Aracı (İHA), Matematiksel programlama, Rota planlama

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN DISASTER OPERATIONS MANAGEMENT: ROUTE PLANNING FOR SURVEILLANCE OPERATIONS

ABSTRACT

In addition to military and commercial operations, potential to use unmanned aerial vehicles in disaster operations management has increased the interest in this area recently. Unmanned aerial vehicles have some advantages for their preferences in various pre- and post-disaster operations such as being fast, safe and flexible. In this study, use of unmanned aerial vehicles is considered to determine the conditions in the affected area after a disaster especially when it is not possible to reach the affected area using ground vehicles. A clustering and mathematical programming based approach is proposed for route planning of the unmanned aerial vehicles to be used for surveillance operations. In this study, numerical example is performed and the results are analyzed.

Keywords: Disaster operations management, Traveling Salesman Problem (TSP), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Mathematical programming, Route planning

1. GİRİŞ

Afet, bir toplumun işleyişini ciddi biçimde bozan ve toplumun kendi kaynaklarını kullanarak baş edebilme yeteneğini aşan beşeri, maddi ve ekonomik veya çevresel kayıplara neden olan ani bir olaydır (URL1). Her yıl meydana gelen ve binlerce can kaybına, milyonlarca kişinin de etkilenmesine neden olan afetler; doğal ve insan kaynaklı olabilmektedirler (Van Wassenhove, 2006). Bu konuda Van Wassenhove (2006), yavaş-başlangıçlı veya ani-başlangıçlı olmak üzere doğal ve insan kaynaklı afetlerin, afet hızına göre sınıflandırılmasını önermiştir. Örneğin, açlık, kuraklık, siyasi ve mülteci krizleri yavaş-başlangıçlı afetler arasında yer alırken; depremler, kasırgalar, teknolojik başarısızlıklar ve terör saldırıları ani-başlangıçlı afetler arasındadır.

Afetlerin potansiyel sonuçları büyük ekonomik kayıpları, nüfusun büyük çoğunluğunun etkilenmesini ve ciddi çevresel zararları içermektedir. Bu yıkıcı etkiler göz önüne alındığında, afetlerin olası etkilerini azaltmak için önlemler

geliştirmeye yönelik faaliyetleri içeren afet operasyonları yönetimi alanına olan ilgi artmaktadır (Galindo ve Batta, 2013). Afet operasyonları yönetimi, literatürde yapılan en genel sınıflandırmaya göre azaltma (mitigation), hazırlık (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Azaltma ve hazırlık, afet-öncesi yapılan faaliyetler arasında yer alırken; müdahale ve iyileştirme ise afet-sonrasında yapılan faaliyetler arasındadır. Azaltma aşaması, bir afetin başlamasını engellemek veya afetin olması halinde etkisini azaltmak amacıyla afet-öncesinde yapılan faaliyetlerin bütünüdür. Hazırlık aşaması, toplumun afete müdahale yeteneğini arttırmak için alınan önlemleri içermektedir. Müdahale aşamasında; yaşamın, mülkiyetin, çevrenin ve toplumun sosyal, ekonomik ve siyasal yapısının korunması planlarının rehberliğinde, kaynakların ve acil durum prosedürlerinin kısa vadede istihdam edilmesi gibi faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Son olarak iyileştirme aşaması, afetten etkilenen toplumu istikrara kavuşturmak ve normal koşullara geri dönülmesi için uzun vadede yapılan faaliyetleri içermektedir (Altay ve Green, 2006).

Bir afet durumunda, afetzedelerin hayatta kalma olasılığının en yüksek olduğu ilk birkaç saat kritik bir süreç olarak tanımlanabilir. Afet-sonrası durumlarda mevcut tüm insan kaynaklarının arama kurtarma görevine odaklanması gerekir. Ayrıca, kurtarma operasyonlarının koordine edilmesi ve afetin etkisinin olabildiğince hızlı bir şekilde değerlendirilmesi, müdahale faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, Türkiye’de 1999 yılında meydana gelen Gölcük depreminde yaklaşık 25.000 kişi hayatını kaybetmişken, Japonya’da aynı büyüklükte 2008 yılında meydana gelen Tohoku depreminde yalnızca 12 kişi hayatını kaybetmiştir. Altyapı karmaşıklığı, kaynaklara ulaşmadaki zorluklar ve hasar tespitindeki gecikmeler bu durumun nedenleri arasında gösterilebilir (Natarajarathinam vd., 2009). Son yıllarda, afet hasarını ve kayıplarını değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleme ve lazer tarama sistemleri geliştirilmektedir. Ancak uydu sistemleri; görüntü elde etmek ve elde edilen görüntüleri uyduya bağlamak için zaman kısıtlamaları, hava şartları ve veri toplama sonrasında uydudan veri dağıtımındaki gecikme gibi birçok kısıtlamaya sahiptir (Nedjati vd., 2016). Afet-sonrasındaki kritik süreçte bahsi geçen nedenler ve olası altyapı hasarları, uydular aracılığı ile afet bölgesinden görüntü almayı zorlaştırdığından, afet-sonrası durumun değerlendirilmesi için insansız hava araçlarının kullanımı son yıllarda önem kazanmaktadır (Bendea vd., 2008; Xu vd., 2014). Esneklik, güvenlik, kullanım kolaylığı, nispeten düşük elde bulundurma ve işletme maliyeti, afet durumlarında insansız hava aracı kullanımını kolaylaştırmaktadır (Xu vd., 2014; Bravo ve Leiras, 2015). Bununla birlikte, afet durumunda insan kaynaklarının azlığı, zaman baskısı ve acilen bilgi ihtiyacının olması, maksimum bilginin toplanması ve etkilenen bölgeler üzerinden iletişimin sağlanması için insansız hava araçlarının kullanımına yönelik yeterli sebepleri oluşturmaktadır (Camara, 2014).

İnsansız Hava Aracı (İHA), içinde insan olmayan, otonom ya da uzaktan komutayla çalışabilen, çeşitli yükleri taşıyabilen bir hava aracıdır. İHA’ların en önemli özelliklerinden biri, tehlikeli ve riskli görevlerde uzaktan komuta ile veya otonom olarak kullanılabilmesidir. Bu kapsamda İHA’ların, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, uluslararası sınır devriyesi, keşif ve gözetleme, arama ve kurtarma, bilimsel araştırmalar, inşaat yönetimi gibi birçok farklı kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlara ek olarak İHA’lar, afet-sonrası durum tespiti için afet operasyonları yönetiminde de kullanılmaktadır. Afet bölgesine herhangi bir müdahale kaynağı sevk edilmeden önce İHA’lar, yüksek hasarın beklendiği afet bölgelerine gönderilebilir ve ilk değerlendirmeyi yapabilirler. Söz konusu ilk değerlendirme, afet bölgesinde hasar görmüş yerlerin hasar düzeylerini ve ulaşım ağının durumunu içerebilir. Böylelikle afet-sonrası durum daha iyi bir şekilde gözlemlenebildiğinden, kaynak tahsisi planlanması da daha etkili bir şekilde yapılabilir (Liu vd., 2014). Bununla birlikte, geçici bir iletişim ağı kurmak, afet bölgesinin güncel haritalarını oluşturmak ve kurtarma ekiplerinin afetzedeleri kurtarmak için daha fazla imkanın olduğu bölgeleri bulmak İHA’ların afet operasyonları yönetiminde kullanılabileceği alanlar arasında yer almaktadır (Camara, 2014).

İHA’ların afet operasyonları yönetiminde sıklıkla görülen uygulama alanları; afet-sonrası etkilenen bölgeleri haritalamak, toplanan görüntüleri analiz etmek, İHA ağlarını koordine etmek, afetleri birtakım kimyasal sensörler aracılığı ile tespit etmek, İHA’ları diğer iletişim araçları ile entegre etmek ve hızlı ve kaliteli bilgi iletimini sağlamaktır. Bununla birlikte, afet operasyonları yönetimi alanında İHA’ların ele alındığı çalışmalar incelendiğinde, İHA’ların büyük ölçüde afet-sonrası operasyonlarda kullanıldığı görülmektedir (Bravo ve Leiras, 2015). Örneğin, Quaritsch vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, bir hava sensör ağı tasarımı ve olası bir afet durumunda tasarlanan ağın kullanımı ele alınmaktadır. Yazarlar, söz konusu sensörlerin optimum yerleşimi amacıyla kapsama problemi için tamsayı doğrusal programlama modelini kullanmışlardır. Mukherjee vd. (2014), afet-sonrası operasyonlarda İHA’ların görüş hattı iletişiminin artırılması amacıyla sinyal yenileyici görev gören yüksek irtifalı bir hava platformu önermiş olup, İHA ve yer istasyonu arasındaki veri iletişimini belli bir yol aralığı içinde gerçekleştirmek için başlangıç test platformu geliştirmişlerdir. Tuna vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, İHA’ların afet-sonrası senaryolarda acil durum yönetimi alanındaki çalışanlarla iletişiminin kurulması için İHA destekli bir iletişim sistemi önermişlerdir. Luo vd. (2015), telekomünikasyon altyapılarının hasar gördüğü afet-sonrası durumu dikkate alarak; bağlantının koptuğu, kesikli ve sınırlı olduğu ağ koşullarından meydana gelen zorlukların giderilmesi için yeni bir bulut-destekli İHA uygulama çerçevesi önermişlerdir. Restas (2015) tarafından yapılan çalışmada, operasyonel ve taktiksel seviyede farklı afet durumları (deprem, sel, orman yangını, nükleer kaza ve tehlikeli madde salınımı) için İHA’ların kullanımı ele alınmıştır.

İHA’lar, afet operasyonları yönetiminin yanı sıra yukarıda da bahsedildiği gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Söz konusu bu alanlarda İHA’ların kullanımına yönelik çeşitli problem tipleri literatürde ele alınmış olup, bu çalışmada ise

İHA rota planlama (yol planlama, rotalama) problemine odaklanılmıştır. İHA rota planlama problemini farklı kapsamlarda ele alan birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Lee vd. (2003) bir İHA'nın, hızını ve yönünü değiştirebilecek olan bir yer aracını takip edebilmesi için bir yol planlama (path planning) stratejisi sunmuşlardır. Gencer vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, İHA'ların rota planlaması için bir tamsayılı programlama modelinin kullanıldığı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Mufalli vd. (2012), askeri keşif görevlerinde belirlenen hedeflerden istihbarat bilgilerini toplamak için İHA'larda kullanılan sensörlerin seçimi ile İHA'ların rotalamasını dikkate alarak, basit görevler için bir matematiksel programlama modeli, daha büyük problemler için ise çeşitli sezgisel algoritmalar önermişlerdir. Ercan ve Gencer (2013), askeri operasyonlarda kullanılan heterojen (farklı kabiliyetlere sahip) İHA'ların rota planlaması için bir tamsayılı programlama modeli önermişlerdir. Wang vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı konumların farklı zamanlarda çeşitli görev taleplerini, sabit-kanatlı heterojen İHA filosu kullanarak yerine getirmek için en uygun planlamanın/çizelgelemenin yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yazarlar, İHA'ların yol planlaması için grafik-tabanlı bir arama algoritması, görev çizelgeleme için ise karışık-tamsayılı doğrusal programlama modeli olmak üzere iki aşamalı bir yaklaşım önermişlerdir. Di Franco ve Buttazzo (2015) ise İHA'lar için yol planlama problemini enerji tüketimini dikkate alarak incelemiştir. Yazarlar, belirli bir alanın tüm noktalarını kapsayan bir yol bulma işlemi olan kapsama yolu planlama (coverage path planning) problemini dikkate alarak, enerji tüketimini en aza indiren bir yol planlama algoritması önermişlerdir. Agatz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, çevrimiçi olarak sipariş edilen ürünlerin teslimatını yapmak için kamyon ve İHA'nın birlikte kullanıldığı bir durum dikkate alınmıştır. Yazarlar, rota planlaması için kullanılan gezgin satıcı probleminin İHA ile varyasyonunu geliştirerek, problemin çözümü için bir doğrusal programlama modeli ile farklı sezgisel yöntemleri önermişlerdir. Yakıcı (2016), küçük İHA'ların taktiksel düzeyde konumlandırılmasının ve rotalamasının yapılması problemini tamsayılı doğrusal programlama ile formüle ederek, problemin çözümü için yeni bir karınca kolonisi meta-sezgisel tabanlı bir yöntem geliştirmiştir.

İHA rotalama problemi ile ilgili birçok çalışma literatürde yer alsa da afet operasyonları yönetiminde bu problemi ele alan sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Örneğin, Mersheeva ve Friedrich (2012), afet operasyonlarında afet alanının görüntülenmesinde kullanılan İHA'ların rota planlaması için değişken komşuluk arama (variable neighborhood search) meta-sezgiseline dayanan bir yöntem önermişlerdir. Nedjati vd. (2016) tarafından yapılan çalışma ise deprem-sonrası hızlı hasar değerlendirmesi için bir müdahale sistemi sunulmuştur. Yazarlar bu sistemde, deprem alanından görüntüleri toplamak ve faydalı bilgileri elde etmek için hücre-tabanlı kapsama yolu planlama (grid-based coverage path planning) problemini dikkate alarak karışık-tamsayılı doğrusal programlama modelleri önermişlerdir.

Afet operasyonları yönetiminde İHA'ların kullanılmaya başlanmasıyla, bu alandaki araştırmalara olan ilginin arttığı görülmektedir. Bu kapsamda, yapılan çalışmada, deprem afeti için afet operasyonları yönetiminde İHA'ların kullanımları ele alınmıştır. Afet türlerinden biri olan deprem, etkisi hızlı bir şekilde artan bir afet olduğundan, deprem sonrası durum tespiti için birçok kez havadan keşif yapılması gerekmektedir. Deprem-sonrası durumlarda hızlı hasar değerlendirmesi, diğer afetlerde de olduğu gibi müdahale faaliyetlerinde (örneğin; yaralı kişilerin tahliye edilmesi, enkaz kaldırma ve yardım dağıtımı gibi) önemli bir rol oynamaktadır. Deprem-sonrası ilk 30 dakika içinde hayatta kalma oranı %91 iken, ikinci günde bu oran %36,7'ye kadar düşmektedir (Qi vd., 2016). Dolayısıyla, deprem-sonrası durum tespiti önemli bir faktör haline gelmektedir. Deprem-sonrası zemin-temelli düzeltme çalışmaları, özellikle ağır hasar gören yerlerde çok fazla zaman aldığından, hava sistemleri araştırmalar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Nedjati vd., 2016).

Bu çalışmada, olası bir deprem sonrasında yer araçları kullanılarak afet bölgesine ulaşım sağlanmadığı durumlarda, afet bölgesi durum tespiti için İHA'ların kullanımı ele alınmıştır. İHA'ların, afet-sonrası müdahale faaliyetleri kapsamında, belirlenen afet bölgesi alanlarının gözetlenmesi için rota planlamasının yapılması amaçlanarak, kümeleme ve matematiksel programlama tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda, gözetleme yapılacak bölgeler ile ilgili bölgelerde İHA'ların kalkış ve iniş yapacağı yer istasyonlarının belirlenmesi için kümelerin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, çalışma kapsamında k -ortalama algoritması kullanılmaktadır. k -ortalama ile elde edilen kümeleme sonucu, İHA'ların rota planlamasında kullanılması önerilen Gezgin Satıcı Problemi (GSP) modelinin girdisi olarak ele alınmaktadır. Öte yandan, gerçek bir problem üzerinde uygulama yapmak amacıyla Cavdur vd. (2016) tarafından yapılan GAM tesisi konumlandırma probleminin çözümü de çalışma kapsamında ele alınmıştır. Çalışmanın sonraki bölümünde önerilen yaklaşım açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde, önerilen yaklaşımla ilgili örnek uygulamalar ve sonuçları yer almaktadır. Dördüncü bölümde ise sonuç ve öneriler verilmektedir.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada, afet bölgesi alanlarında durum tespiti için kullanılacak olan İHA'ların rota planlamasının yapılması amaçlanarak, kümeleme ve matematiksel programlama tabanlı bir yaklaşım önerilmektedir. Bu doğrultuda önerilen yaklaşımın adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Adım 1: Afet-sonrası durum tespiti yapılacak alanın belirlenmesi

Adım 2: İHA'ların gözetleme yapacağı bölgeler ile ilgili bölgelerde kalkış ve iniş yapacağı yer istasyonlarının belirlenmesi

Adım 3: İHA'ların rota planlamasının yapılması

Adım 2’de yer alan İHA’ların gözetleme yapacağı bölgeler ile ilgili bölgelerde kalkış ve iniş yapacağı yer istasyonlarının belirlenmesi için afet bölgesinde kümelerin oluşturulması gerekmektedir. Yapılacak kümelemenin amacı, birbirine yakın olan lokasyonların aynı kümeye atanmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda, yapılan çalışmada, k -ortalamalar algoritmasının kullanılması önerilmektedir.

k -ortalamalar, kümeleme problemini çözen, gözetimsiz öğrenme algoritmaları arasında olup (MacQueen, 1967), bölünmeli kümeleme yöntemleri içinde yaygın kullanılan bir algoritmadır (Kaur ve diğ., 2012). Algoritmanın, hem uygulama kolaylığı hem de zaman karmaşıklığının az olması başlıca avantajları arasında yer almaktadır (Turi, 2001).

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|p_{i,j} - c_j\|^2 \quad (1)$$

k -ortalamalar algoritması, bir veri kümesini, belirli bir sayıda küme (k adet küme) üzerinden sınıflandırmayı amaçlamaktadır. Algoritma, küme içi hataların karesinin toplamını ifade eden ve Denklem 1’de verilen amaç fonksiyonunu (J) minimize etmeyi hedeflemektedir. Denklem 1’de yer alan c_j , j . küme merkezini; $p_{i,j}$ ise veri kümesi içindeki n adet noktadan j . küme içinde yer alan i . noktayı temsil etmektedir. Özetle, küme içindeki uzaklıkları minimize etmeye çalışan k -ortalamalar algoritması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Adım 1: Veri kümesi k gruba (kümeye) ayrılır.

Adım 2: Her kümenin ortalaması (merkez nokta) hesaplanır.

Adım 3: Her nesne (nokta), en yakın merkez noktanın olduğu kümeye dahil edilir.

Adım 4: Nesnelerin kümelenmesinde değişiklik olmayana kadar Adım 2 ve 3 tekrarlanır.

Algoritmanın ilk adımında yer alan veri kümesinin k gruba ayrılması, küme sayısının belirlenmesini ifade etmektedir. En doğru küme sayısının tahmini için farklı yaklaşımlar bulunmakla birlikte, bu çalışmada yer alan örnek uygulamada küme içi hataların karesinin toplamı dikkate alınarak küme sayısı belirlenmiştir.

Afet bölgesinde durum tespiti yapılacak alanların kümelenmesinden sonra, ilgili alanlara atanan İHA’ların, Adım 3’te yer alan rota planlamasının yapılması için GSP modeli ele alınmıştır. GSP’de bir satıcının (aracın), belirli bir noktadan başlayıp, aralarındaki uzaklıkları bilinen N adet noktadan yalnız bir kez geçerek, başladığı noktaya geri dönmesi için en kısa veya en az maliyetli turun bulunması amaçlanmaktadır.

Önerilen yaklaşımda, bir İHA’nın belirli bir yer istasyonundan kalkış yaparak afet bölgesinde belirlenen noktaları (modelde düğümler olarak ifade edilmektedir) gözetledikten sonra yine aynı istasyona iniş yapması için en kısa rotanın bulunması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, oluşturulan modelin amaç fonksiyonu (2) ve kısıtları (3-7) aşağıda verildiği gibidir:

$$\min z = \sum_{i=1}^N \sum_{j|j \neq i} d_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1, \quad \forall i, i \neq j \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, \quad \forall j, j \neq i \quad (4)$$

$$t_j \geq t_i + d_{ij} - M(1 - x_{ij}), \quad \forall i, j, i \neq j \quad (5)$$

$$t_i \geq 0, \quad \forall i \quad (6)$$

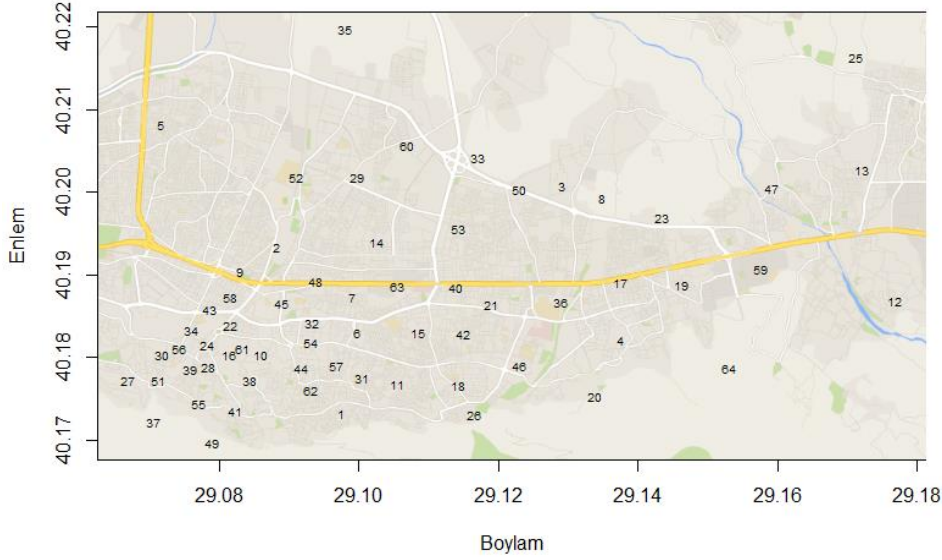
$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (7)$$

Yukarıda verilen modelde, x_{ij} karar değişkenleri i . düğümden j . düğüme gidiliyorsa 1, aksi halde 0 değerini almaktadır. Denklem 2’de verilen amaç fonksiyonu ile İHA’nın gözetleme operasyonundaki en kısa turunun bulunması amaçlanmaktadır. Burada yer alan d_{ij} , i . düğüm ile j . düğüm arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Bu mesafe, İHA’ların havada hareket etmesi sebebiyle Öklid uzaklığı kullanılarak bulunmaktadır. Denklem 3 ile her düğümden yalnız bir düğüme gidilebileceğini, Denklem 4 ile her düğüme yalnız bir düğümden gelenebileceği kısıtları sağlanmaktadır.

Denklem 5’te yer alan eşitlik, oluşabilecek alt turları önlemekte iken, Denklem 6 ve 7 ise değişken tanımlarını ifade etmektedir.

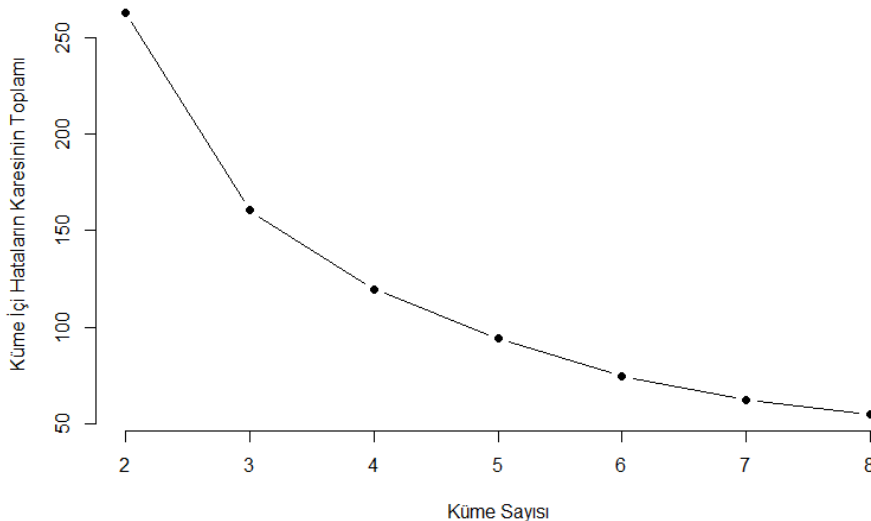
3. ÖRNEK UYGULAMA

Metodoloji bölümünde detayları verilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla Bursa’nın Yıldırım ilçesinde bulunan 64 mahalle dikkate alınmıştır. İlgili bölgede yer alan mahallerin konumlarına ait bilgiler (enlem ve boylam), “Google Maps” aracılığıyla elde edilmiş olup, mahallerin yerleşimleri Şekil 1’de gösterilmektedir.

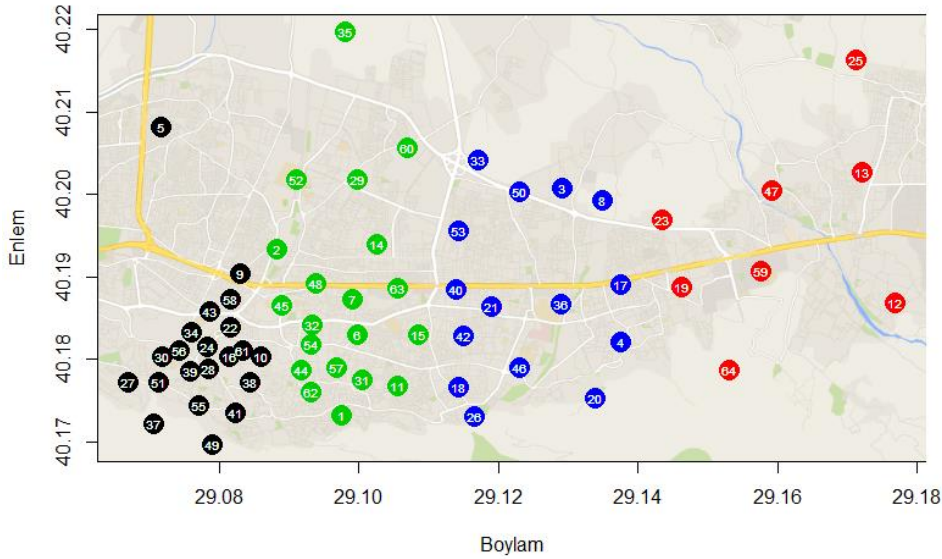


Şekil 1: Yıldırım ilçesindeki mahallerin yaklaşık konumları

Bu çalışmada, afet bölgesinde durum tespiti yapılacak alanların gözetlenmesinde kullanılacak İHA’ların rota planlamasının yapılabilmesi için ilgili alanların (mahallelerin) kümelmesi önerilmektedir. Bu doğrultuda, metodoloji bölümünde detayları verilen k -ortalamalar algoritması kullanılmıştır. k -ortalamalar algoritması, R ortamında tanımlı olan paket (kmeans) kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan kümeleme çalışmasında kullanılan veri seti, mahallelerin enlem ve boylamlarından oluşmakta olup, en iyi küme sayısının belirlenmesi için küme içi hataların karelerinin toplamı dikkate alınmıştır. Şekil 2’de görüldüğü gibi küme sayısı arttıkça küme merkezlerine olan uzaklık azaldığından, küme içi hataların karelerinin toplamının da sürekli azalması beklenmektedir. Dolayısıyla, en düşük hata değerine sahip küme sayısının alınması yerine, hata değerinin ani düşüş yaptığı ilk nokta küme sayısı olarak belirlenebilir. Bu doğrultuda, Şekil 2’de yer alan grafikte hata değerlerine göre en iyi küme sayısının 3 ya da 4 olduğu görüldüğünden, yapılan çalışmada küme sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Küme sayısının belirlenmesinden sonra veri seti 4 kümeye bölünerek, mahaller kümelere atanmıştır. Mahallerin atandığı kümeler Şekil 3’te verilmiş olup, aynı kümeye atanan mahalleler aynı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 2: Küme sayısına göre küme içi hataların karelerinin toplamı



Şekil 3: Kümeleme sonucu

k -ortalamlar ile elde edilen kümeleme sonucu, İHA'ların rota planlamasında kullanılması önerilen GSP modelinin girdisi olarak ele alınmaktadır. İHA'ların rota planlamasında dikkate alınan genel varsayımlar ise aşağıdaki gibidir:

- İHA'ların afet bölgesi alanlarını gözetlerken teknolojik altyapının yeterli olduğu ve toplanan tüm bilgilerin ilgili afet yönetim merkezlerine ulaştığı varsayılmıştır.
- İHA'ların, farklı büyüklükteki mahalleleri gözetlemek için harcadığı süreler ihmal edilmiştir.
- Çalışma kapsamında, İHA'ların tüm mahallelere ulaşabilecek teknik yeterliliğe sahip olduğu varsayılmıştır.

Tablo 1: İHA Yer İstasyonları ve Gözetlenecek Mahalleler

Küme	Yer İstasyonu	Gözetlenecek Mahalleler
01	07	01, 02, 06, 11, 14, 15, 29, 31, 32, 35, 44, 45, 48, 52, 54, 57, 60, 62, 63
02	21	03, 04, 08, 17, 18, 20, 26, 33, 36, 40, 42, 46, 50, 53
03	24	05, 09, 10, 16, 22, 27, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 43, 49, 51, 55, 56, 58, 61
04	59	12, 13, 19, 23, 25, 47, 64

Çalışma kapsamında, k -ortalamlar ile elde edilen kümeleme sonucuna göre belirlenen her küme için ilgili kümede yer alan ve kümenin merkezine en yakın olan mahalle, İHA yer istasyonu olarak dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda Tablo 1'de, k -ortalamlar algoritmasına göre elde edilen kümelerdeki İHA yer istasyonları ve ilgili kümelere ait mahalleler verilmiştir. Yer istasyonlarının ve gözetlenecek mahallelerin, GSP modelinde girdi olarak kullanılmasıyla Tablo 2'de yer alan rotalar ve her bir rota için İHA'ların aldığı toplam mesafeler elde edilmiştir.

Tablo 2: GSP Modeli Sonucu

Yer İstasyonu	Gözetlenen Mahalle Sayısı	Rota	Toplam Mesafe (km)
07	19	07-06-15-11-31-57-01-62-44-54-32-45-48-02-52-35-60-29-14-63-07	14,31
21	14	21-42-18-26-46-20-04-36-17-08-03-50-33-53-40-21	11,29
24	20	24-34-43-05-09-58-22-16-61-10-38-41-49-55-37-27-51-30-56-39-28-24	11,95
59	7	59-12-13-25-47-23-19-64-59	12,20

Bu çalışmada, "Metodoloji" bölümünde detayları verilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla bir örnek olay ele alınmıştır. k -ortalamlar kümeleme algoritmasından elde edilen sonuçların, matematiksel programlama modeline girdi

oluşturmasıyla, afet bölgesinin gözetlenmesinde kullanılacak olan İHA rotaları belirlenmiştir. Öte yandan, afet bölgesinin gözetlenmesinde kullanılacak olan İHA rotalarının oluşturulması için k -ortalamalar algoritması ile elde edilen kümelerin kullanılması yerine; afetin ve afet bölgesinin karakteristiklerini de dikkate alan çeşitli problemlerin atama sonuçlarından elde edilen kümelerin kullanılması da söz konusu olabilir. Örneğin; barınak, çadır kent, sağlık merkezi, depo vb. tesislerin konumları ve bu tesislerin hizmet verdiği afet bölgesindeki lokasyonlar, sırasıyla, İHA yer istasyonları konumları ve İHA rotalarının oluşturulmasında kullanılan kümeleri oluşturacak şekilde dikkate alınabilir. Bu çalışmada ise k -ortalamalar ile elde edilen kümeler kullanılarak İHA rotalarının belirlenmesine ek olarak, gerçek bir problem üzerinde uygulama yapmak amacıyla Cavdur vd. (2016) tarafından yapılan Geçici-Afet Müdahale (GAM) tesisi konumlandırma probleminin atama sonuçları da dikkate alınmıştır.

Cavdur vd. (2016), Bursa'nın Yıldırım ilçesinde bulunan 64 mahallenin deprem-sonrası yardım malzemesi talebini (su, gıda ve medikal malzeme) karşılamak için GAM tesisi konumlandırma problemini farklı senaryolar altında incelemiştir. Söz konusu çalışmada ele alınan GAM tesisi konumlandırma probleminin çözümü için iki-aşamalı bir stokastik programlama modeli geliştirilmiştir. Stokastik programlama modelinin amaç fonksiyonu; (i) toplam konumlandırılan tesis sayısı, (ii) toplam ağırlıklı katedilen mesafe ve (iii) karşılanamayan talep miktarı olmak üzere üç bileşenin minimizasyonunu içermektedir. Stokastik programlama modelinin ilk aşamasında tesis konumlandırma kararları ele alınırken, ikinci aşamasında bu tesislerden verilecek hizmete ilişkin kararlar dikkate alınmıştır. Bir diğer ifadeyle, GAM tesisi konumlandırma probleminin çözümü ile açılacak tesislerin konumlarının ve sayılarının yanı sıra bu tesislerden dağıtım yapılacak olan yardım malzemelerinin akış miktarlarına da karar verilmektedir. Söz konusu stokastik programlama modelinin kısıtlarında, literatürde yer alan talep karşılama, tesis kapasitesi ve açılabilir uygun tesis sayısı kısıtlarının yanı sıra; afet sonrası oluşabilecek kaos ortamında doğabilecek durumları engellemek amacıyla aşağıda bahsi geçen kısıtlar da ele alınmaktadır:

- Farklı tipteki yardım malzemelerinin birtakım uluslararası standartlara göre dengeli bir oran ile tedarik edilmesi
- Belirli bir güvenlik seviyesinin altında kalan mahallelere tesis konumlandırılmaması
- Bir mahallenin hizmet alacağı ve hizmet vereceği mahalle sayısının belirli üst sınırları aşmaması

Bu çalışma kapsamında ise Şekil 4'te görüldüğü gibi yazarlar tarafından oluşturulan talep karşılama oranının yüksek olduğu durumdaki çözüm ele alınmıştır. Burada, Yıldırım ilçesinde yer alan 64 mahallenin deprem-sonrası yardım talebini karşılamak için şekilde açık renk ile gösterilen 14 adet farklı mahalleye GAM tesisi konumlandırılmıştır.



Şekil 4: Talep Karşılama Oranının Yüksek Olduğu Durumdaki Çözüm (Cavdur vd., 2016)

Bu çalışmada, Cavdur vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada yer alan mahalleler, afet bölgesi durum tespiti için İHA'ların rota planlamasında kullanılmıştır. Bu örnek uygulama için İHA'ların rota planlamasında dikkate alınan bazı varsayımlar ise aşağıdaki gibidir:

- Ele alınan örnek çözümde (Cavdur vd., 2016), anlamlı rotaların oluşturulabilmesi için en az iki mahalleye hizmet veren GAM tesisinin bulunduğu mahalleler dikkate alınarak, ilgili mahallelerin İHA'lar için yer istasyonu

olduğu varsayılmıştır. Bu doğrultuda, GAM tesisinin bulunduğu 37 ve 44 nolu mahalleler ve ilgili mahallelerin hizmet verdiği mahalleler (sırasıyla, 49 ve 10) için rotalama yapılmamıştır.

- Bir mahallenin birden fazla GAM tesisinden hizmet alması durumunda, ilgili mahallenin en az sayıda mahalleye hizmet veren tesisten yardım aldığı varsayılmıştır. Böylece, farklı yer istasyonlarından kalkış yapan İHA'ların aynı anda aynı mahallelere atanması engellenmiştir.
- GAM tesislerinin bulunduğu mahallelerin, sadece İHA yer istasyonu olarak kullanıldığı varsayılp, ilgili mahalleler gözetleme operasyonlarına dahil edilmemiştir.
- İHA'lar için *k*-ortalama algoritmasıyla kümeleme yapılırken ele alınan genel varsayımlar burada da dikkate alınmıştır.

İHA'ların rota planlamasında dikkate alınan varsayımlar doğrultusunda, 37 ve 44 nolu mahallelerin rota kapsamına dahil edilmemesi nedeniyle, GAM tesislerinin bulunduğu geriye kalan 12 adet mahalle İHA'ların yer istasyonu olarak belirlenmiştir. İHA'lar tarafından gözetlenecek mahalleler de Şekil 3'te koyu renk ile gösterilen düğümlere karşılık gelmektedir. Bu doğrultuda, İHA yer istasyonları ve gözetlenecek mahalleler Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: İHA Yer İstasyonları ve Gözetlenecek Mahalleler

Yer İstasyonu	Gözetlenecek Mahalleler	Yer İstasyonu	Gözetlenecek Mahalleler
01	18, 26, 64	32	02, 09, 14, 29, 46, 50
04	03, 08, 17, 19, 20, 23, 36, 47, 59	38	16, 41
06	07, 21, 33, 40, 48, 52, 53, 60, 63	51	27, 39, 55
12	13, 25	56	05, 22, 24, 30, 58
28	34, 43	57	35, 54
31	11, 15, 42	62	45, 61

Çalışma kapsamında dikkate alınan yer istasyonları ve gözetlenecek mahallelerin, GSP modelinde girdi olarak kullanılmasıyla Tablo 4'te yer alan rotalar ve toplam mesafeler elde edilmiştir.

Tablo 4: GSP Modeli Sonucu

Yer İstasyonu	Gözetlenen Mahalle Sayısı	Rota	Toplam Mesafe (km)
01	3	01-26-64-18-01	9,80
04	9	04-17-19-59-47-23-08-03-36-20-04	10,19
06	9	06-63-40-21-53-33-60-52-48-07-06	8,91
12	2	12-13-25-12	6,64
28	2	28-34-43-28	1,68
31	3	31-15-42-11-31	3,00
32	6	32-09-02-29-14-50-46-32	11,01
38	2	38-16-41-38	1,64
51	3	51-27-55-39-51	2,19
56	5	56-24-22-58-05-30-56	6,93
57	2	57-35-54-57	9,21
62	2	62-45-61-62	3,04

Sonuçta, elde edilen rotalar, en kısa mesafeyi bulmaya yönelik olup, gözetlenen en uzun mesafe 11,01 km (32-09-02-29-14-50-46-32 rotası); en kısa mesafe ise 1,64 km (38-16-41-38 rotası) olarak bulunmuştur.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afetlerin, ciddi hasarlara ve ekonomik kayıplara neden olan yıkıcı etkileri olduğundan, bu etkilerin azaltılması için önlemler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, afet-öncesi ve afet-sonrası faaliyetleri içeren afet operasyonları yönetimine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bir afetten sonraki ilk birkaç saat hayati önem taşıdığından, arama ve kurtarma operasyonları için afet-sonrası durum tespitinin mümkün olduğunca hızlı yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda İHA'lar; yüksek verimlilik, hassasiyet, esneklik ve düşük maliyet avantajlarından dolayı son yıllarda afet operasyonları yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada, olası bir deprem sonrası durum tespiti için İHA'ların kullanımı dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda, afet bölgesinin gözetlenmesinde en kısa rotanın/rotaların bulunması amaçlanarak, İHA rota planlaması için kümeleme ve matematiksel programlama tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla bir sayısal örnek ele alınmış olup, farklı konumlardaki yer istasyonlarında bulunan İHA'ların afet bölgesini gözetlemeleri için k -ortalama kümeleme algoritması sonucunun GSP modeline girdi oluşturması ile İHA rotaları belirlenmiştir. Öte yandan, gerçek bir problem üzerinde uygulama yapmak amacıyla Cavdur vd. (2016) tarafından yapılan GAM tesisi konumlandırma problemi de ele alınmıştır. Cavdur vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada elde edilen GAM tesisi konumları ve bu tesislerin hizmet verdiği konumlar dikkate alınarak, İHA yer istasyonları ve gözetlenecek mahallelerin kümeleri belirlenmiştir.

Çalışmada kapsamında, İHA'ların aldıkları toplam mesafeyi minimize edecek rotalar belirlenmiştir. Gelecek çalışmalarda ise İHA'ların afet bölgesi gözetleme operasyonlarında kapsama problemini de dikkate alan bir rota planlamasının yapılması hedeflenmektedir. Buna ek olarak, afet operasyonları yönetiminde, heterojen İHA'ların ele alınması, problem kapsamının ağ tasarımını da içerecek şekilde genişletilmesi, farklı İHA operasyon tiplerinin dikkate alınması, çeşitli rotalama yaklaşımlarının geliştirilmesi vb. gelecek çalışmalar kapsamında değerlendirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 115M020 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Agatz, N., Bouman, P., Schmidt, M. (2016), "Optimization Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone", ERIM Report Series Research in Management.
- [2] Altay, N., Green, W. G. (2006), "OR/MS Research in Disaster Operations Management", European Journal of Operational Research, 175(1), pp.475-493.
- [3] Bendea, H., Boccoardo, P., Dequal, S., Giulio Tonolo, F., Marenchino, D., Piras, M. (2008), "Low Cost UAV for Post-Disaster Assessment", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(B8), pp.1373-1379.
- [4] Bravo, R., Leiras, A. (2015), "Literature Review of the Application of UAVs in Humanitarian Relief", XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producao, 13-16 October, Fortaleza, Brazil, pp.1-15.
- [5] Camara, D. (2014), "Cavalry to the Rescue: Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios", IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), 16-19 November, Antibes Juan-les-Pins, France, pp.1-4.
- [6] Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., Sebatli, A. (2016), "Allocation of Temporary Disaster Response Facilities under Demand Uncertainty: An Earthquake Case Study", International Journal of Disaster Risk Reduction, 19, pp.159-166.
- [7] Di Franco, C., Buttazzo, G. (2015), "Energy-Aware Coverage Path Planning of UAVs", IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), 8-10 April, Vila Real, Portugal, pp.111-117.
- [8] Ercan, C., Gencer, C. (2013), "An Integer Programming Model for the Heterogeneous UAV Fleet Routing Problems", Savunma Bilimleri Dergisi, 12(2), pp.119-144.
- [9] Galindo, G., Batta, R. (2013), "Review of Recent Developments in OR/MS Research in Disaster Operations Management", European Journal of Operational Research, 230(2), pp.201-211.
- [10] Gencer, C., Aydoğan, E. K., Kocabaş, S. (2009), "İnsansız Hava Araçlarının Rota Planlaması İçin Bir Karar Destek Sistemi", Savunma Bilimleri Dergisi, 8(1).

- [11] Kaur, N., Sahiwal, J. K. ve Kaur, N. (2012), "Efficient K-Means Clustering Algorithm Using Ranking Method in Data Mining", *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 1(3), pp-85.
- [12] Lee, J., Huang, R., Vaughn, A., Xiao, X., Hedrick, J. K., Zennaro, M., Sengupta, R. (2003), "Strategies of Path-Planning for a UAV to Track a Ground Vehicle", *AINS Conference*.
- [13] Liu, P., Chen, A. Y., Huang, Y. N., Han, J. Y., Lai, J. S., Kang, S. C., Wu, T. H., Wen, M. C., Tsai, M. (2014), "A Review of Rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Developments and Applications in Civil Engineering", *Smart Structures and Systems*, 13(6), pp.1065-1094.
- [14] Luo, C., Nightingale, J., Asemota, E., Grecos, C. (2015), "A UAV-Cloud System for Disaster Sensing Applications", *Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 11-14 May, Glasgow, Scotland, pp.1-5.
- [15] MacQueen, J. (1967), "Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations", *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1(14), 281-297.
- [16] Mersheeva, V., Friedrich, G. (2012), "Routing for Continuous Monitoring by Multiple Micro UAVs in Disaster Scenarios", *20th European Conference on Artificial Intelligence*, 27-31 August, Montpellier, France, pp. 588-593.
- [17] Mufalli, F., Batta, R., Nagi, R. (2012), "Simultaneous Sensor Selection and Routing of Unmanned Aerial Vehicles for Complex Mission Plans", *Computers & Operations Research*, 39(11), pp.2787-2799.
- [18] Mukherjee, A., Chakraborty, S., Azar, A. T., Bhattacharyay, S. K., Chatterjee, B., Dey, N. (2014), "Unmanned Aerial System for Post Disaster Identification", *International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing (I4C)*, 21-22 November, Bangalore, India, pp.247-252.
- [19] Natarajarathinam, M., Capar, I., Narayanan, A. (2009), "Managing Supply Chains in Times of Crisis: A Review of Literature and Insights", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(7), pp.535-573.
- [20] Nedjati, A., Izbirak, G., Vizvari, B., Arkat, J. (2016), "Complete Coverage Path Planning for a Multi-UAV Response System in Post-Earthquake Assessment" *Robotics*, 5(4), pp.26-41.
- [21] Restas, A. (2015), "Drone Applications for Supporting Disaster Management", *World Journal of Engineering and Technology*, 3(03), pp.316-321.
- [22] Tuna, G., Nefzi, B., Conte, G. (2014), "Unmanned Aerial Vehicle-Aided Communications System for Disaster Recovery", *Journal of Network and Computer Applications*, 41, pp.27-36.
- [23] Turi, R. H. (2001), "Clustering-based Colour Image Segmentation", PhD Thesis, Monash University.
- [24] URL1, International Federation of Red Cross and Crescent Societies (2018), What is a disaster?, <http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>, 01.01.2018.
- [25] Van Wassenhove, L. N. (2006), "Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear", *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), pp.475-489.
- [26] Yakıcı, E. (2016), "Solving Location and Routing Problem for UAVs", *Computers & Industrial Engineering*, 102, pp.294-301.
- [27] Wang, J. J., Zhang, Y. F., Geng, L., Fuh, J. Y., Teo, S. H. (2014), "Mission Planning for Heterogeneous Tasks with Heterogeneous UAVs", *13th International Conference on Control Automation Robotics&Vision (ICARCV)*, 10-12 December, Singapore, Singapore, pp.1484-1489.
- [28] Qi, J., Song, D., Shang, H., Wang, N., Hua, C., Wu, C., Qi, X., Han, J. (2016) "Search and Rescue Rotary-Wing UAV and Its Application to the Lushan Ms 7.0 Earthquake", *Journal of Field Robotics*, 33(3), pp.290-321.
- [29] Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Strucl, D., Bhattacharya, S., Shah, M., Rinner, B. (2010), "Networked UAVs as aerial sensor network for disaster management applications", *Elektrotechnik&Informationstechnik*, 127(3), pp.56-63.
- [30] Xu, Z., Yang, J., Peng, C., Wu, Y., Jiang, X., Li, R., Zheng, Y., Gao, Y., Liu, S., Tian, B. (2014), "Development of an UAS for post-earthquake disaster surveying and its application in Ms7. 0 Lushan Earthquake, Sichuan, China", *Computers & Geosciences*, 68, pp.22-30.

DİJİTAL SANAYİ DEVRİMİNİN LOJİSTİK SEKTÖRÜNE GETİRECEĞİ YENİLİKLER VE ETKİLERİ

İbrahim Musab Özari¹, Aynur Arslan²

¹Uludağ Üniversitesi, Uluslararası Ticaret Tezli Yüksek Lisans, Bursa, ibrahimmozari@gmail.com

²Uludağ Üniversitesi, Uluslararası Ticaret Tezli Yüksek Lisans, Bursa, aynur.arslan@okan.edu.tr

ÖZET

1784'te su ve buhar gücünün mekanik üretimde kullanılmasıyla başlayan ilk sanayi devriminden günümüze kadar sürekli gelişen teknoloji ile birlikte her dönem yenilenen sanayi devrimlerine en son Endüstri 4.0 eklenmiştir. Dijital sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0; Nesnelerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemler ve Büyük Veri gibi bilişim uygulamaların endüstriyel ortama doğrudan entegre edilmesiyle neredeyse tüm üretim süreçlerinin dijitalleştiği bir kavram olarak tanımlanabilir. Endüstri 4.0'ın temel çıkış noktası; akıllı fabrikalar oluşturup kaynakların etkin kullanılmasını sağlayarak üretim süreçlerindeki verimliliği artırmaktır. Türkiye'de ve Dünya'da sürekli gelişen ve dinamik bir yapısı olan lojistik sektörü bu teknolojik dönüşümden direk veya dolaylı olarak etkilenecek en kilit sektörlerdendir. Geleneksel lojistik iş modelleri gelişen teknolojiyle birlikte yeniden şekillenecektir. Küreselleşen günümüz dünya ekonomisinde, dış ticarete lojistik faaliyetlerin etkinliği giderek artmaktadır. Bu bağlamda dış ticarete ürün maliyetlerinin dikkate değer bir bölümünü oluşturan lojistik maliyetler, Endüstri 4.0'la gelecek inovatif çözümlerin lojistik süreçlere uygulanmasıyla önemli boyutta azalacak ve bu durum firmalara rekabet gücü kazandıracaktır. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne getireceği yenilikler ve iş süreçlerine potansiyel etkileri literatür taraması yöntemiyle derinlemesine incelenecektir. Ayrıca lojistik sektöründeki bu dönüşümün yaratacağı fayda uluslararası ticarete rekabet gücünün artırılmasıyla dolaylı olarak ilişkilendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Lojistik, Dış Ticaret, Endüstri 4.0, Lojistik 4.0

INNOVATIONS THAT DIGITAL INDUSTRY REVOLUTION WILL BRING TO LOGISTICS INDUSTRY AND ITS EFFECTS

ABSTRACT

Starting with the use of water and steam power in mechanical production in 1784, with the ever-evolving technology from the first industrial revolution to the day-to-day industry, the latest Industry Revolution has been added to the renewed industry revolutions. Industry 4.0, which calls itself the digital industrial revolution; It can be defined as a concept that almost all production processes are digitized by directly integrating information applications such as Internet of Things, Cyber Physical Systems and Big Data into the industrial environment. The main starting point of Industry 4.0 is to create smart factories and increase the efficiency of production processes by ensuring efficient use of resources. Logistics industry that has been constantly evolving in Turkey and in the World and has a dynamic nature, is one of the key sectors that will be affected indirectly or directly from this technological transformation. Traditional logistics business models will be reshaped together with developing technology. In today's globalized world economy, the effectiveness of logistics activities in foreign trade has been increasing. In this context, logistics costs which constitute a significant part of product costs in foreign trade, will be reduced significantly by applying innovative solutions to Industry 4.0 to logistics processes and this situation will make the firm competitive. In this study, the innovations that Industry 4.0 will bring to the logistics sector and the potential effects on business processes will be examined in depth by literature review. In addition, the benefit of this transformation in the logistics sector will be indirectly related to the increase in competition power in international trade.

Keywords: Foreign Trade, Industry 4.0, Logistics 4.0, Smart Logistics

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak 2011 yılında Almanya'da gerçekleşen Hannover Sanayi Fuarı'nda ortaya atılmıştır. Birinci sanayi devriminde su ve buhar gücünün mekanik üretimde kullanılması, ikinci sanayi devriminde elektrik enerjisinin kullanılmasıyla oluşturulan seri üretim bantları, üçüncü sanayi devriminde otomasyonun sanayiye entegrasyonu ile ortaya çıkan programlanabilir makineler; bütün bu gelişmeler Endüstri 4.0'ın altyapısını oluşturan temel taşlardır. Ancak Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden ayıran en büyük fark devrimin etki alanıdır. Daha önce gerçekleşen sanayi devrimleri, sadece belirli sektörleri etkilerken, Endüstri 4.0 ise bütün sektörlerde yıkım yaratacak bir potansiyelle ortaya çıkmıştır.

Lojistik endüstrisi, dijital sanayi devriminden yararlanacak önemli oyuncuların biridir. Her gün milyonlarca gönderinin çeşitli makineler, araçlar ve insanlar tarafından taşınması, izlenmesi ve depolanması, lojistik ve IoT'nin entegre edilmesini gerekli hale getirmektedir (Macaulay vd., 2015). Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'la birlikte gelişen bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Lojistik 4.0'ın temeli, tüm fonksiyonların bağlanması ve bilginin gerçek zamanlı olarak paylaşılması, lojistik süreçlerin optimize edilmesi ve lojistik altyapıların standartlaştırılması olduğu söylenebilir.

Bu çalışmanın temel amacı Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne getireceği yenilikçi çözümleri ve uygulama alanlarını değerlendiren çalışmaları incelemektir. Bu kapsamda çalışmanın metodolojisindeki araştırma verileri, "ScienceDirect" veri tabanında "Endüstri 4.0" ve "Lojistik 4.0" anahtar kelimeleri ile yapılan taramalarla elde edilen uluslararası bilimsel makalelerden ve Lojistik 4.0 ile ilgili yayımlanmış tez, bildiri ve araştırma raporlarından oluşmaktadır. Araştırma sonuçlarının, Lojistik 4.0'ın uygulama alanlarının potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi konusundaki gelecek çalışmalara yol göstermesi beklenmektedir.

Altı bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde; Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kavramlarının ortaya çıkışı hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Ayrıca çalışmanın metodolojisinden bahsedilmiştir. Sonrasında dördüncü sanayi devriminin ortaya çıkış ve gelişim süreci açıklanmaktadır. Ayrıca bu devrimin 4 temel bileşeninden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde; Endüstri 4.0'ın lojistik sektöründeki ortaya çıkış şekli Lojistik 4.0 olarak ifade edilmektedir. Dördüncü bölümde; dijital sanayi devriminin lojistik sektörüne getireceği yenilikler ve uygulama alanları belirtilmektedir. Beşinci bölümde; lojistik sektörde uygulanacak inovatif çözümlerin yaratacağı maliyet düşüşleri ile uluslararası ticaret şirketlerinin kazanacakları rekabet gücü ilişkilendirilmektedir. Sonuç bölümünde ise çalışma sonunda elde edilen veriler genel olarak değerlendirilmiştir.

2. ENDÜSTRİ 4.0'IN ORTAYA ÇIKIŞI

Son yıllarda, özellikle imalat sanayiindeki karmaşıklık, artan uluslararası rekabet, artan piyasa volatilesi, kişiye özgü ürünlere olan talep ve ürün ömrünü kısaltma gibi faktörler şirketlere ciddi zorluklar getirmektedir (Spath vd., 2013). Bu bağlamda Almanya, 2011'de yüksek teknoloji stratejisinin bir parçası olarak tamamen entegre bir endüstri fikrini ortaya koyan "Endüstri 4.0" girişimini başlatmıştır (Bauernhansl vd., 2014).

Endüstri 4.0, malların tasarlanma, üretilme ve teslim edilme biçimini değiştirerek tüm endüstrileri etkileme potansiyeline sahip "akıllı üretim", "endüstriyel internet" ya da "entegre endüstri" olarak tanımlanmaktadır. Son derece esnek seri üretime, gerçek zamanlı eşgüdüm ve değer zincirlerinin optimizasyonuna, karmaşıklık maliyetlerinin azalmasına veya tamamen yeni hizmetlerin ve iş modellerinin ortaya çıkması çok yönlü potansiyel fırsatlardandır. Değer yaratma süreçlerinin yeniden düzenlenmesi ve kuruluşlar içinde ve kuruluşlar arasında ciddi değişimlere neden olmasıyla geleneksel sanayi sınırları kaybolur (Hofmann ve Rüsçh, 2017).

Lojistik alanıyla ilgili olarak da büyük fırsatlar bulunmaktadır. Nitekim lojistik sektörü, Endüstri 4.0 için çok uygun bir uygulama alanını temsil etmektedir (Bauernhansl vd., 2014). Lojistik gerekli girdi faktörlerini doğru zamanda, doğru kalitede ve doğru yerde üreten sistemler sunarak Endüstri 4.0'ın vizyonunun gerçekleşmesine katkıda bulunabilir. Endüstri 4.0'ın lojistiğe entegrasyonu maddi akışların gerçek zamanlı olarak izlenmesini, taşımacılığın geliştirilmesini ve doğru bir risk yönetimini sağlayacaktır (Hofmann ve Rüsçh, 2017).

Siber-fiziksel sistemler yani CPS; ağların birden fazla sensör, aktüatör, kontrol işlem birimi ve iletişim cihazı kullanılarak entegrasyonunu gerçekleştirmektedir. Endüstri 4.0'la fiziksel ve sanal dünyayı bir araya getiren siber-fiziksel sistemler, hesaplamaların fiziksel süreçlerle bütünleştirilmesidir. Bu üretim sürecinde üst düzey kontrol, gözetim, şeffaflık ve verimlilik sağlamaktadır (Lee, 2008).

CPS, nesnelerin interneti ve hizmetlerin interneti üzerinden iletişim kurduğundan "akıllı fabrika" adı verilen ademi merkezîyetçi bir üretim sistemi fikrine dayanan insan, makine ve kaynaklar doğal olarak sosyal bir ağda birbirleriyle iletişim kurar. Ürünler, makine, nakliye sistemleri ve insanlar arasındaki yakın bağlantı ve iletişimin mevcut üretim mantığını değiştirmesi bekleniyor.

Akıllı fabrikada ürünler, üretim süreçleri boyunca bağımsız olarak yollarını bulur ve düşük maliyetle son derece esnek ve bireyselleştirilmiş seri üretim düşüncesini takip ederek kolaylıkla konumlandırılabilir (Kagermann vd., 2013). Endüstri 4.0 paradigmasının benimsenmesi ve Siber-fiziksel sistemlerin uygulanmasına göre kaynak planlama yönetimi prosedürleri, tedarik zincirlerinde meydana gelebilecek değişikliklere karşı üretkenliği ve esnekliği arttıracaktır (Barreto vd., 2017).

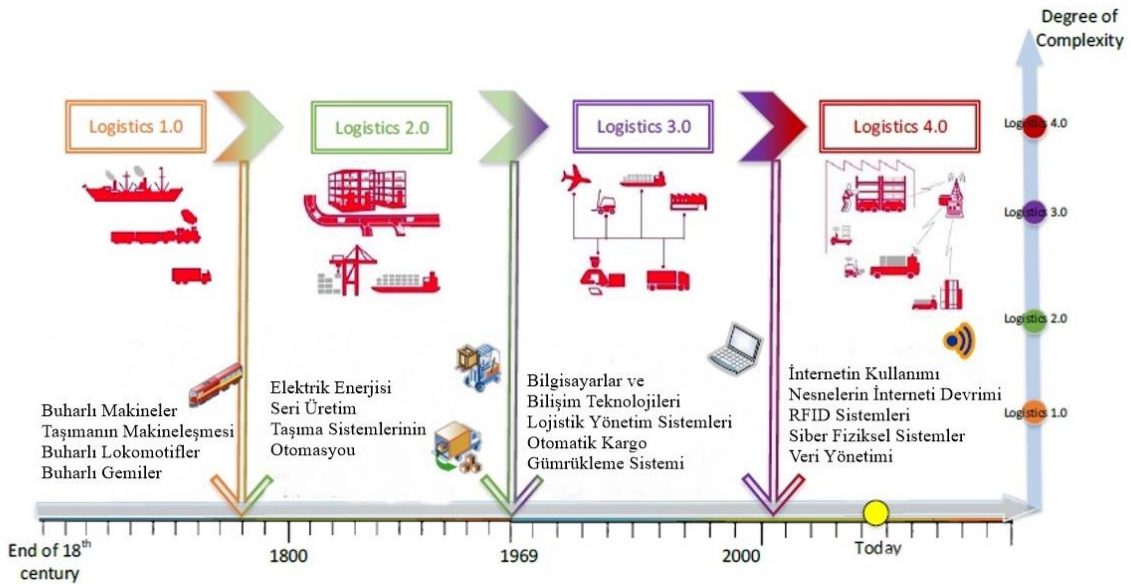
Nesnelerin İnterneti yani "IoT" terimi Endüstri 4.0'ın başlatıcısı olarak sayılabilir. Temelde tüm fiziksel nesnelerin internete bağlı küçük bilgisayarlar vasıtasıyla akıllı nesnelere dönüşebileceği bir dünyayı ifade etmektedir. Akıllı bağlantılı ürünler yeni işlevsellik, çok daha fazla güvenilirlik, çok daha yüksek ürün kullanımı ve geleneksel ürün sınırlarını aşan fırsatlar sunmaktadır (Porter ve Heppelmann, 2014).

Hizmetlerin İnterneti olarak tanımlanan IoS; hizmetlerin web teknolojileri aracılığıyla kolaylıkla erişilebileceği, şirketlerin ve özel kullanıcıların bir araya getirip yeni katma değerli hizmetler sunabileceği hizmetlerin internet ortamı olarak tanımlanmaktadır. İnternet tabanlı pazar alanlarının gelecek endüstrilerde önemli bir rol oynaması beklenmektedir (Wahlstervd, 2014).

3. LOJİSTİK 4.0

Jeschke (URL2) iki yaklaşımla "Lojistik 4.0" terimini tanımlamaktadır. Kısa vadeli yaklaşımda Lojistik 4.0, bağımsız nesnelere arasında büyük miktarlarda veri kullanımı ile sağlam ve birbirleriyle ilişkili süreçler olarak tanımlanmaktadır. Orta vadeli yaklaşım açısından Lojistik 4.0, diğer sistemlerde özerk ve kendi kendine karar alabilen organizasyon sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu terim aynı zamanda süreç otomasyonu, ortak organizasyon ve Endüstri 4.0 desteği anlamına da gelmektedir (Hompe ve Kerner, 2015).

Lojistik 4.0 tanımı iki yönü birleştirir: süreçsel (tedarik zinciri süreçleri Lojistik 4.0 eylemlerinin bir konusudur) ve teknik (tedarik zincirlerindeki iç süreçleri destekleyen araçlar ve teknolojiler). Lojistik 4.0, tedarik zinciri üyelerinin verimliliğini ve performansını arttırmayı amaçlamaktadır (Szymańska vd., 2017). Yukarıdaki hedeflere 1) kuruluşun içinde hiyerarşik alt sistemlerle ilgili üyelerin dikey entegrasyonu (URL3) ve 2) harici tüzel kişilikler arasındaki işbirliğine ilişkin yatay entegrasyonun gerçekleştirilmesi ile ulaşılabilecektir (Wang vd., 2016). Lojistikte yeni gelişen ve belirleyici nitelikte olan önemli eğilimler vardır (Tadejko, 2015). Trendler arasında şunlar yer alır: Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, Bulut Lojistik, Bağımsız Lojistik, 3D Baskı, Robotik ve Otomasyon, Düşük Maliyetli Sensör Teknolojisi (Marguk, 2016).



Şekil 1: Lojistik Dönüşüm Evreleri (Galindo, 2016)

Lojistik 4.0'ın ilk sanayi devriminden dijital sanayi devrimine uzanan gelişim süreci Şekil 1'de gösterilmiştir. Lojistik 1.0'da buharın motor gücünde kullanılmasıyla taşımada kullanılan hayvan gücünün yerini buharlı lokomotiflerin ve buharlı gemilerin alması sonucunda taşıma faaliyetleri mekanikleşmiştir. Lojistik 1.0'dan Lojistik 2.0'a geçiş sürecinde elektrik gücünün üretime entegre edilmesiyle seri üretim süreci başlamıştır. Lojistik 2.0'da taşıma sisteminin otomasyonu sayesinde otomatik depolama ve sınıflandırma gibi lojistik ekipman uygulamaları ve liman kargolarının mekanikleşmesi ortaya çıkmıştır.

Lojistik 3.0'a geçiş sürecinde, bilgisayarlar ve bilişim teknolojileri sektörün gelişmesini önemli derecede etkilemiştir. Bilişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla depo yönetim sistemleri ve taşıma yönetim sistemleri gibi lojistik yönetim sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda altyapı sistemlerinin gelişmesiyle NACSS yani hava yolu ve deniz yolu taşımacılığını kolaylaştıracak Nippon Otomatik Kargo Gümrükleme Sistemi Operasyon Organizasyonu gerçekleştirilmiştir. Lojistik 4.0'ın ortaya çıkışını artan internetin kullanımı, nesnelere interneti ve hizmetlerin interneti devrimi sağlamıştır. Lojistik 4.0'da inovatif gelişmelerin başında RFID sistemleri, CPS ve Data Management; yani süreçler sonucunda elde edilen büyük verinin yönetilmesi gelmektedir.

IoT, farklı nesnelere anlamlı bir şekilde bir tedarik zinciri boyunca birbirine bağlanabilir ve daha sonra üretilen bu verileri analiz edebilir. Böylece, IoT müşterilere özgü, dinamik ve otomatik hizmetler oluştururken lojistik sağlayıcıların üst düzey operasyonel verimliliğe ulaşmalarını sağlamaktadır. Daha hızlı kablosuz ağlardaki cihaz bileşenlerinin (sensörler, aktuatörler ve yarı iletkenler) fiyatlarındaki düşüş ve artan veri hızlandırma yetenekleri, sadece IoT'nin önümüzdeki on yıl içinde lojistik sektöründe yıkıcı bir trend haline gelmesini sağlayacaktır. Sensörler, mikroişlemciler ve kablosuz bağlantı gibi teknolojilerin birçoğu çeşitli lojistik uygulamalarında birkaç yıldır kullanılmaktadır (Macaulay vd., 2015).

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirindeki (müşteriler ve tedarikçiler) tüm paydaşların erişebileceği büyük bir ağ olacaktır. Bir internet platformu kullanılacak ve müşterilerden gelen ve tedarikçilere yapılan tüm siparişler gerçek zamanlı olarak yönetilecektir. Tüm paydaşların kullandığı internet platformundan alınan bilgilerden gelecek olan tahmini gelen lojistiğe göre programlanmış rotaları ile fabrikada malların iç veya dışsal hareketleri tamamen otonom forklift ile otomatik hale getirilecektir. Depo masrafları asgariye indirilecek veya tamamen ortadan kalkacaktır. Müşterilerin siparişleri ve tedarikçilerin siparişleri aynı zamanda işleneceğinden, nihai ürünü hızlı bir şekilde teslim edilecektir (Galindo, 2016).

Akıllı Lojistik; esnekliği arttırabilen, pazar değişikliklerine uyum sağlayabilen ve şirketin müşteri ihtiyaçlarına daha yakın olmasını sağlayacak bir lojistik sistemidir. Bu müşteri hizmetleri seviyesini iyileştirmek, üretimin optimizasyonu ve depolama ve üretim fiyatlarını düşürmeyi mümkün kılacaktır (Galindo, 2016). İşletmelerin pazarın mevcut trendlerini yakalaması için bu modern bilişim teknolojilerinin, üretim teknolojilerine entegre edilmiş bir lojistik sistemine ihtiyaçları vardır (Timm ve Lorig, 2015).

Lojistik 4.0 konsepti uygulama avantajları şunlardır: insan çalışmalarında tasarruf, lojistik fonksiyonların bilgi parçalarına bağlanması ve lojistik işletmelerin en yeni teknolojilerle donatılmasının yüksek standartlaştırılması. Dezavantajlar: yüksek yatırım maliyetleri ve IT tedarik ağı bulundurma zorunluluğu (Szymańska vd., 2017).

4. ENDÜSTRİ 4.0'NİN LOJİSTİK SEKTÖRÜNE GETİRECEĞİ YENİLİKLER

IoT, lojistik sağlayıcıları, şirketler ve son tüketiciler için geniş kapsamlı fırsatlar sunmaktadır. Bu avantajlar depolama operasyonları ve yük taşımacılığı da dahil olmak üzere tüm lojistik değer zincirini kapsamaktadır. Nesnelere ve Hizmetlerin İnterneti, onu bir Akıllı Lojistik'e dönüştüren tüm tedarik zinciri sürecini birleştiren ağlar yaratmayı mümkün kılmaktadır.

Kısaca, IoT tüm tedarik zincirini etkiler. İlk olarak tedarik zinciri yönetimini optimize eder; ikinci olarak, kaynakların etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar; üçüncü olarak, tedarik zinciri şeffaflığının bilgisini geliştirebilecek şekilde tüm tedarik zincirinin görünür olmasını sağlar; dördüncü olarak tedarik zinciri gerçek zamanlı olarak yönetilmesini sağlar; son olarak tedarik zincirini yüksek çeviklik ve tam entegrasyon haline getirir (Sun,2012).

Tedarik zinciri yönetimi ile ilgili olarak IoT; üretim bağlantısı, depolama bağlantısı, ulaşım bağlantısı ve satış bağlantısını etkiler. İşletmelere, tüm tedarik zinciri yanıtını piyasadaki varyasyona hızlı bir şekilde ulaştırır, böylece uyarlanabilirlik geliştirilir (Obitko ve Jirkovsky, 2015). Sonuç olarak, yukarıda açıklanan teknolojik bileşenler Lojistik 4.0 kavramını mümkün kılmaktadır.

4.1. Operasyonel Çözümler

Depolar, genelde ürün akışında önemli bir rol oynamaktadır. Günümüz ekonomik ortamında, müşterileri için düşük maliyetli ve esnek depolama imkanları sağlamak lojistik sağlayıcılarına rekabet avantajı kazandırmaktadır. IoT uygulamaları yüksek hızlı ve teknoloji odaklı bir yaklaşım için idealdir. Geleceğin modern depolarında birbirine bağlanabilen ve optimize edilebilen birçok "nesne" bulunmaktadır (Macaulay vd., 2015).

Endüstri 4.0 paradigmasının benimsenmesi, bugünlerde deponun işleyişinde kayda değer değişiklikler getirecektir. Özellikle, depo yönetimi sistemlerinin uygulanması depo faaliyetlerinin Endüstri 4.0 paradigmasına göre gelen lojistiğin gelecekteki ihtiyaçlarına dönüştürülmesini sağlayacaktır (URL4).

RFID tedarik zinciri yönetimi de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda devrim yaratan önemli bir teknolojidir. RFID etiketlerinin daha düşük maliyet ve artan yeteneklerinin bir araya gelmesiyle, lojistik nesnelere tanımlamak için RFID

sistemleri kullanılabilir hale gelmiştir. Nesnelerin tanımlanması için uygun bir yöntem sunar ve genellikle “doğru nesne”, “doğru zaman” ve “doğru yer” RFID etiketi tarafından sağlanan kimlik numarası ile birlikte onaylanır. RFID teknolojisini kullanılması işgücü maliyetlerinin düşürülmesini, iş süreçlerinin basitleştirilmesini, stok hatalarının azaltılmasını ve ayrıca lojistik süreçlerinde daha fazla şeffaflık olmasını sağlayacaktır (Galindo, 2016).

Depolarda, RFID gibi çok faydalı tanıma cihazlarını kullanan palet veya ürün seviyesindeki etiketlemenin yaygın şekilde benimsenmesi Endüstri 4.0 odaklı akıllı stok yönetiminin önünü açacaktır. Paletler doğru yere taşınırsa, etiketler stok seviyelerine gerçek zamanlı görünürlük sağlamak için depo yönetim sistemine sinyaller gönderir ve böylece maliyetli stok dışı durumlar önlenir (Macaulay vd., 2015).

Örneğin Bosch, şirketin üretim, dağıtım ve ticaret ortakları ile ilgili bilgileri paylaşmak için sanal bir izleme başlatmıştır. RFID etiketlerini kullanarak, gelen malların veri yönetimini otomatikleştirerek stoklarını optimize etmektedir. Bu yenilikçi çözümle arz, ulaşım ortamı ve talep dalgalanmalarındaki değişimlere yanıt olarak üretim ve lojistik planlamanın esnek bir şekilde gözden geçirilmesini sağlamaktadır (Galindo, 2016).



Şekil 2: Operasyon Yönetim Süreci (URL5)

Şekil 2'de IoT ile operasyon yönetim sürecinin aşamaları gösterilmektedir. Nesnelerin İnterneti, Lojistik Çözümleri, RFID ve Akıllı Etiketleri kullanarak tedarik zincirindeki ham maddelerin ve nihai ürünlerin izlenmesini ve gerçek zamanlı takibini sağlamaktadır. Üretim tarihi, son kullanma tarihi ve diğer değerli bilgilerin akıllı etiketlere eklenebilmesiyle varlıklar daha hızlı izlenebilmektedir. Bununla birlikte üretim bölümünün ihtiyaç duyduğu zamanda ham maddelerin hızlı bir şekilde nakledilmesini sağlayacaktır. Nihai ürünlerin stoklama yapılmaksızın zamanında teslim edilmesi, perakendecilerin operasyonel verimliliğini kesinlikle artıracaktır. Ayrıca Lojistik Yönetim Sistemlerinin kullanılması operasyonel maliyetlerin azalmasında önemli bir etkiye sahiptir.

DB Schenker ve Swisslog ile işbirliğine giderek, Stokholm yakınlarındaki Arlandastad Lojistik Merkezi'nde 60'tan fazla robot ve 1,550 adet mobil raf ile, 7/24 olarak 35.000 farklı malın yönetilebildiği bir operasyon çözümü geliştirdi. Bu taşıma sistemi, yere yerleştirilen barkodlar aracılığıyla depoda yollarını bulabilen ve ürünlerle dolu rafları otonom olarak belirleyebilen otonom hareketli araçlardan oluşmaktadır (URL6). Bu sistem sayesinde, dağıtım merkezleri artan ürün çeşitliliğine rağmen teslimat sürelerini hızlandırarak maliyetleri düşük tutmaktadır (URL7).

Entegre devrelerin üretim maliyetlerinin düşmesiyle birlikte kullanımı yaygınlaşan akıllı etiketler, gerçek zamanlı konum bilgisini, ürün sıcaklığını, düşme algısını, nemi ve daha fazlasını izleyebilir. Buna ek olarak akıllı etiketler, bozulabilir gıdaların veya ilaçların olası bozulmalarını izlemek için kullanılabilir. Ayrıca, akıllı etiketler bir tedarik zincirinin içindeki mal akışını izlemek için de kullanılabilir (Hu vd., 2010).

Sensörler ile donatılmış akıllı araçlar ambalajlama, dağıtım ve izleme süreçlerini basitleştirmek için farklı akıllı operasyonel çözümler sunmaktadır (Horenberg, 2017). Depoda herhangi bir öge yanlış yerleştirilmişse sensörler nesnenin düzeltilmesi için depo yöneticisini bilgilendirebilir. Bu depolama personelinin öğeleri doğru yerleşmesine, hizmet kalitesinin ve müşteri güveninin artmasına katkıda bulunur. Bu özellik elle sayma ve paletlerin hacim taraması gibi süreçleri ortadan kaldırarak zaman tasarrufu sağlamaktadır. Bunun yanı sıra ağ geçitlerine bağlı kameralar palet tarama özelliğiyle muhtemel kusurları belirleyerek hasar tespiti yapabilmektedir. Teslimat sırasında doğru ürünlerin doğru sıraya göre gönderildiğini kontrol etmek için paletler bir giden ağ geçidi üzerinden taranır. Stok seviyeleri daha sonra doğru envanter kontrolü için depo yönetim sisteminde otomatik olarak güncellenir (Macaulay vd., 2015).

IoT, lojistik işletmelere her ürünü gerçek zamanlı olarak denetleyebilme ve lojistik mimarilerini yönetme imkanı vermektedir. Bu sistem sadece tedarik zincirindeki dolaşımı denetleyip elde edilen verileri paylaşmakla kalmaz, aynı zamanda her bir prosedürden ve tahminlerden elde edilen verileri analiz edebilir. Ürünlerin mevcut prosedürlerinden elde edilen bilgileri değerlendirerek, gelecekteki eğilimlerin olasılığını tahmin edebilir ve buna yönelik telafi tedbirleri alabilir veya uyarı verebilir. Bu işletmelerin pazara cevap verme yeteneğini geliştirir (Galindo, 2016).

Dünyanın en büyük lojistik şirketi DHL, otonom robot kavramını bir taşıma çözümü olarak malları boşaltmayı, ortak paketlemeyi, sipariş toplamayı, stok kontrolünü ve malların sevkiyatını sağlayan her robotun farklı bir işi gerçekleştirdiği akıllı bir dağıtım merkezi vizyonuna dönüştürmüştür. Bu robotların kullanımı daha yüksek verimlilik ve kalitenin artmasını sağlayacaktır (Bonkenburg, 2016). Otonom araçlar ve robotlar sayesinde malların taşınması, depolanması ve dağıtımı daha ucuza yapılabilecektir (Horenberg, 2017).i

IoT aynı zamanda bir depoda optimum varlık kullanımını da yönlendirebilir. Makine ve araçların merkezi bir sisteme bağlanarak, depo yöneticileri tarafından tüm varlıkların gerçek zamanlı olarak izlenmesi sağlanır ve bu çözüm depo nakliye sistemlerinde öngörülü bakım yapılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, işçilerin sağlık ve yorgunluğunu izlemek, işçilerin sabit süreç yollarını izlemek ve depo yöneticilerinin yürüyüş yollarını nerede geliştirebileceklerini analiz etmek veya işçilerin hayatlarını kolaylaştırmak ve daha güvenli yapmak ve bir süreci değiştirmek için yeni fırsatlar sağlamaktadır (Macaulay vd., 2015).

4.2. Taşımacılık Çözümleri

IoT, tüm taşımacılık türleri için büyük potansiyel barındırmaktadır. Yük taşımacılığında çığır açacak yenilikler ortaya çıkmaktadır. IoT; lojistik sağlayıcılara ürünlerin tam zamanında, doğru yerde, sağlam ve güvenilir bir şekilde teslim edilmesi için müşterilere net bir görünürlük ve ürün seviyesinde durum izlemesi sağlayacaktır. Kamyonlardaki telematik sensörleri ve nesnelere üzerindeki çok sensörlü etiketler; konum, durum veya bir paketin açılması gibi durumlarda (olası hırsızlığı tespit etmek için) bu verileri iletebilmektedir (Macaulay vd., 2015).

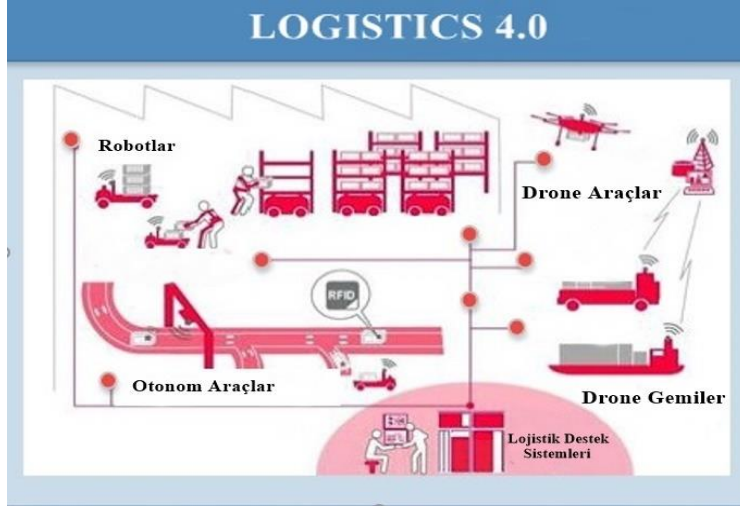
Kara yolu ulaşım sürecinde otomatik otoyolun gerçekleştirilmesi hedefleniyor. Karayollarının kısmi otomasyonu ile otonom araçlar otoyol üzerinde ulaşımı sağlayabilecekler. Bu çözüm kamyon şoförlerinin personel giderlerini düşüreceğinden lojistik maliyetlerinde orantılı olarak bir düşüş gerçekleştirecektir (Galindo, 2016).

Endüstri 4.0'ın sağladığı bir diğer önemli fırsat ta filo ve varlık yönetimidir. Örneğin; sensörler bir kamyonun veya konteynerin ne sıklıkla kullanıldığını veya boşta olduğunu izleyebilir. Ardından bu verileri optimal kullanım için analiz için gönderirler. Her yük kapasitesini ölçen sensörler, belirli güzergahlarda bulunan araçlarda yedek kapasitelerle ilgili ek bilgiler sağlayabilir. Rotayı konsolide etmek ve optimize etmek için öneriler sunabilir. Bu özelliğin filo verimliliği yaratacağı, yakıt ekonomisini artıracığı ve kamyon milinin yüzde 10'una kadar olan ölü sayısını azaltacağı öngörülmektedir (Macaulay vd., 2015).

DB Schenker; 2018 yılına kadar Münih ve Nürnberg arasındaki A9 Otoyolu'nda, kamyon konvoylarının test sürüşlerini yapmak üzere MAN ile bir işbirliği başlattı (URL8). Araçların birbirlerini belirli bir mesafeyle takip etme olanağı enerji ve personel maliyetlerine katkıda bulunacak ve daha güvenli ve daha verimli bir yol ortamı sağlayacaktır (URL9).

DHL otonom araçların kullanımına yönelik raporlarına göre otonom araç sistemleri; trafik sıkışıklığını önlemek ve daha kısa sürede teslimat için en hızlı rotayı tahmin edebilir, yakıt maliyetlerini azaltabilir ve genel bir deneyim elde ederek çevresel etkiyi en aza indirebilir (Zeiler vd., 2014).

DHL karayolu taşımacılığının yanında, hava taşımacılığına da odaklanıyor. Buna yönelik olarak, genellikle zor ulaşılabilen yerlere malların teslimatını sağlamak için "Parcelcopter" adında bir drone geliştirildi. Bu drone test aşamasında, bir paketin 8,3 km'lik bir mesafeye, 70 km / saat hızla ulaşarak teslimatını gerçekleştirmiştir. Yaklaşık 45 dakika uçabilen dronelerin acil bir ulaşım aracı olarak kullanılması planlanmaktadır (URL10).



Şekil 3: Lojistik 4.0 (Galindo, 2016)

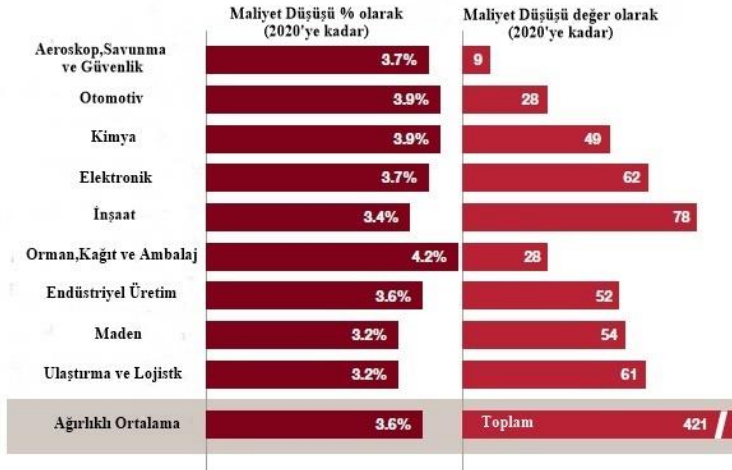
Lojistik 4.0'ın geleceğinde bir lojistik destek ve yönetim sistemi tarafından kontrol edilen malların depolanmasında ve taşınmasında kullanılacak robotlar, otonom araçlar, drone gemiler, drone araçlar Şekil 3'de gösterilmiştir.

Chiyoda Corporation'da malzeme yönetimi alanında drone araçlarını kullanmaktadır. Stok yönetiminde insansız hava araçlarının kullanımının gelecekte de artmaya devam etmesi beklenmektedir. Rolls-Royce şirketi ise drone gemisinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi üzerinde çalışmaları sürdürmektedir. Drone gemiler yakıt verimliliği sağlanması, personel giderlerinin azalması ve zamandan tasarruf açısından önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkmaktadır (Galindo, 2016).

5. ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK İLİŞKİSİ

Lojistik ve Uluslararası Ticaret; satın alma, malzeme yönetimi, stok kontrolü, gümrükleme, depolama, nakliye ve dağıtım gibi süreçleri içeren bir ilişkiye sahiptir. Lojistik sektörü giderek daha karmaşıklaşan global üretim ve tedarik zincirinin motoru olarak uluslararası ticarete kilit bir rol oynamaktadır. Lojistik ve tedarik zinciri maliyetlerini yönetmek, uluslararası ticaretle uğraşan şirketler için özellikle önemlidir. Bunun nedeni, bu maliyetlerin, satın alınan malların, yük, sigorta, depo, gümrük vergileri ve diğer masrafları içeren ürün cinsine göre toplam ürün maliyetinin % 5 ila % 50'sini oluşturmasıdır (URL1).

Endüstri 4.0'la birlikte üretim ve ticaret kalıplarındaki değişimler küresel lojistik ve uluslararası ticaret maliyetlerinin yeniden şekillenmesini sağlayacaktır. Akıllı lojistik uygulamaları, birbirine tamamen entegre olan küresel tedarik zincirlerinin lojistiğini yönetmeyi çok daha kolaylaştıracaktır. Ortalama olarak, şirketler operasyonel maliyetleri % 3 oranında azaltmayı, verimliliği ise yılda % 4,1 oranında artırmayı beklemektedir. Mevcut çalışmalarda her sanayi sektöründe yüksek maliyet düşüşleri beklenmektedir. Bu maliyet düşüşleri aşağıdaki Şekil 4'te gösterilmiştir. Ulaştırma ve Lojistik sektörü özelinde değerlendirildiğinde 2020'ye kadar %3,2 oranında bir maliyet düşüşü beklenmektedir.



Şekil 4: Sektörlerde Beklenen Maliyet Düşüşleri (URL1)

6. SONUÇ

Endüstri 4.0; Alman Federal Devleti tarafından bilişim teknolojilerini üretim teknolojisine entegre ederek Çin'in ucuz iş gücüne dayalı üretiminin karşısında rekabet gücünü yeniden kazanmayı hedefleyen bir proje olarak ortaya çıkmıştır. Siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, otonom robotlar, büyük veri ve analizi, artırılmış gerçeklik, bulut teknolojileri vs. Endüstri 4.0'ı oluşturan temel uygulama araçlarıdır.

Dijital Sanayi Devrimi öncelikle üretim sektörü olmak üzere tüm sektörler için çok önemli fırsatlar barındırmaktadır. Endüstri 4.0'ın lojistik sektörünü yeniden şekillendirmesiyle ortaya çıkan Lojistik 4.0 kavramı; akıllı lojistik veya geleceğin lojistiği olarak ifade edilmektedir. Elbetteki üretimden ayrılmaz olan lojistik sektörü de Endüstri 4.0'ın potansiyel uygulama alanına girmektedir.

Depo yöneticilerinin makine ve araçları gerçek zamanlı olarak izlemesi, depo nakliye sistemlerinde varlık kayıplarını azaltacaktır. Filo ve varlık yönetiminde kullanılan sensörlerden gelen verilerin işlenmesiyle rotaların konsolide edilmesi, filo verimliliğini ve yakıt ekonomisini arttıracaktır. Akıllı stok yönetiminde kullanılan RFID cihazları, stok seviyelerine göre gerçek zamanlı görünürlük sağlayarak maliyetli stok dışı durumları önleyecektir. Buna ek olarak, gelişmiş takip ve izleme cihazlarının ürünler üzerinde uygulanması daha iyi stok performansı ve düşük lojistik maliyeti sağlayacaktır.

Sonuç olarak inovatif çözümlerin lojistik ve ulaştırma sektöründe yaratacağı bu maliyet düşüşleri uluslararası ticaret şirketlerinin ürün maliyetlerine pozitif şekilde yansımaya sebep olacaktır. Buna ek olarak akıllı fabrikalar, siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin internetiyle birlikte bir ürünün üretim sürecinden son müşteriye ulaştırılmasına kadar ki süreçte işletmelerin mevcut maliyet kalemlerinde önemli oranda düşüşler meydana gelecektir. Maliyet düşüşleri direkt olarak uluslararası ticaret şirketlerine rekabet gücünü kazandıracaktır. Endüstri 4.0'ın ortaya koyduğu gibi bilişim teknolojilerini üretim süreçlerine entegre ederek geleceğe yatırım yapan şirketler rekabet üstünlüğünü kaybetmeyeceklerdir.

KAYNAKLAR

- [1] Barreto, L., Pereira, T. (2017), "Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017", Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, 28-30 June, Procedia Manufacturing, Vigo, pp.1245-1252.
- [2] Bauernhansl, T., Hompel, ten M., Vogel-Heuser, V. (2014), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*, Springer, Wiesbaden.
- [3] Bonkenburg, T. (2016), "Robotics in Logistics", DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf.
- [4] Galindo L. (2016), "The Challenges of Logistic 4.0 for the Supply Chain and Information Technology", Norwegian University of Science and Technology, Institute of Science, Master of Science in Mechanical Engineering, Master Thesis, Trondheim.
- [5] Hofmann, E., Rüsçh, M. (2017), "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", *Computers in Industry*, 89, pp.23-34.
- [6] Hompel, ten M., Kerner S. (2015), "Logistik 4.0 Die Vision vom Internet der autonomen Dinge, *Informatik Spektrum*", *Informatik-Spektrum*, 38(3), pp.176-182.
- [7] Horenberg, D. (2017), "Applications within Logistics 4.0 A research conducted on the visions of 3PL service providers", 9th IBA Bachelor Thesis Conference, 5 July, University of Twente, Enschede.
- [8] Hu, L., Wu, H., Mantia, F.L., Yang, Y., Cui, Y. (2010), "Thin, Flexible Secondary Li-Ion Paper Batteries", *ACS Nano*, 4 (10), pp.5843-5848.
- [9] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0", National Academy of Science and Engineering, Frankfurt.
- [10] Lee, E.A. (2008), "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing, 5-7 May, University of California at Berkeley, Orlando.
- [11] Macaulay, J., Buckalew, L., Chung G. (2015), "Internet Of Things In Logistics", A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry, Troisdorf.
- [12] Magruk A. (2016), "The Internet of things as the future technological trend of the innovative development of logistics", *Research in Logistics and Production*, 6(1), pp.15-24.
- [13] Obitko, M., Jirkovsky, V. (2015). "Big Data Semantics in Industry 4.0", International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, 2-4 September, Springer, Cham, pp.217-229.

- [14] Porter, M.E., Heppelmann, J.E. (2014), “How smart connected products are transforming competition”, Harvard Business Review, 11, pp.1-23.
- [15] Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S. (2013), “Studie: Produktionsarbeit Der Zukunft – Industrie 4.0”, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart.
- [16] Sun, C. (2012), “Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things”, 2012 AASRI Conference on Computational Intelligence and Bioinformatics, 1-2 July, Heilongjiang University of Science and Technology, pp.106-111.
- [17] Szymańska, O., Adamczak, M., Cyplik, P. (2017), “Logistics 4.0 – a new paradigm or set of known solutions?”, The Research in Logistics & Production, 7(4), pp.299-310.
- [18] Tadejko P. (2015), “Application of Internet of Things in Logistics – Current Challenges”, In-ternational Journal of Computer Integrated Manufacturing, 7(4), pp.54-64.
- [19] Timm I. J., Lorig, F. (2015), “Logistics 4.0 - A challenge for simulation”, 2015 Winter Simulation Conference (WSC), 6-9 December, IEEE, Huntington Beach, pp.3118-3119.
- [20] Wahlster, W., Grallert, H.J., Wess, S., Friedrich, H., Widenka, T. (2014), “Towards the Internet of Services: The THESEUS Research Program”, Springer, Switzerland.
- [21] Wang S., Wan J., Li D., Zhang C. (2016), “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, International Journal of Distributed Sensor Networks, 16(7), pp.1-10.
- [22] Zeiler, K., Niezgodna, D., Chung, G. (2014), “Self-Driving vehicles in logistics”, DHL Trend Research, Troisdorf.
- [23] URL1, PwC (2016), Industry 4.0: Building the digital enterprise, <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>, 02.02.2018.
- [24] URL2, Jeschke S. (2016), Quo Vadis Logistik 4.0, http://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation_Medien/Vortraege/download//Quo_vadis_Logistik4.0_17March2016.pdf, 16.03.2018.
- [25] URL3, Czaja F. (2016), Auswirkungen von Logistik 4.0 auf Mittelstand und Handwerk, https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/GB_I/I.1/EK/16.WP/EK_VI/Anlage1_Vortrag_Auswirkungen_Logistik_4.0_auf_den_Mittelstand_2016-07-01.pdf, 14.03.2018.
- [26] URL4, Schrauf, S., Bertram, P. (2016), Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused, <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>, 15.03.2018.
- [27] URL5, Internet Of Things Philippines Inc. (2018), Logistical Solutions, [http://www.iotphils.com/solutions/logistical-solutions/#prettyPhoto\[76\]/0/](http://www.iotphils.com/solutions/logistical-solutions/#prettyPhoto[76]/0/), 19.03.2018.
- [28] URL6, DB Schenker (2016), Next generation e-commerce, <https://www.dbschenker.com/global/about/press/next-generation-e-commerce-6288>, 19.03.2018.
- [29] URL7, Swisslog Warehouse & Distribution Solutions WDS (2016), DB Schenker, Sweden (Swisslog CarryPick Reference), https://www.youtube.com/watch?v=WX_U4-AsYoY, 17.03.2018.
- [30] URL8, MAN (2016), First Transports in Networked Trucks: DB Schenker and MAN Agree on Platooning Project, MAN Truck & Bus Company, https://www.mantruckandbus.com/en/press/press-overview/First-transport-in-networked-trucks_-DB-Schenker-and-MAN-agree-on-platooning-project-273088.html, 16.03.2018.
- [31] URL9, The Society of Motor Manufacturers and Traders (2017), MAN and DB Schenker-European Platooning Trials, <https://www.smmmt.co.uk/2017/05/man-db-schenker-announce-european-platooning-trials/>, 18.03.2018.
- [32] URL10, Palermo, E., Writer, S. (2017), Delivery Drones Become a Reality in Germany, Live Science, <https://www.livescience.com/48032-dhl-drone-delivery-service.html>, 17.03.2018.

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA LOJİSTİK FAALİYETLER

Özlem Gürel¹, Şeyda Serdarasan²

¹Okan Üniversitesi, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü, Tuzla, İstanbul, ozlem.gurel@okan.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Makça, İstanbul, serdars@itu.edu.tr

ÖZET

Endüstri 4.0 iş yapış şekillerinin değişimini gerektirmektedir. Bu bağlamda lojistik faaliyetler de bu değişime destek olmak üzere yeniden şekillenmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yatay ve dikey entegrasyonu, öğrenen robotlar, büyük veri ve veri analitiği, bulut bilişim, zenginleştirilmiş gerçeklik kullanımı gibi teknolojik becerilerin kazanılması Endüstri 4.0'a giden yolu açmıştır. Bu teknoloji ve gelişmelerin lojistik faaliyetleri bütünleşik ve etkileşim halinde desteklediği lojistik sistemlere akıllı lojistik sistemler denmektedir. Akıllı lojistik sistemler insan faktörünün giderek azaldığı, karmaşıklığın arttığı, akıllı ürünlerin depolanıp taşındığı, depolama, elleçleme ve taşıma sistemlerinin otonom olmaya doğru gittiği bir sisteme karşılık gelmektedir. Bu çalışmada akıllı lojistiğin tanımı, özellikleri ve gerektirdikleri ortaya konulmaktadır. Bu amaçla kapsamlı ve sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasının sonucunda bir işletmenin Endüstri 4.0'a geçerken dikkate alması gereken tasarım prensipleri ve bunların Endüstri 4.0 teknolojileri ile nasıl desteklendiği, ve lojistik faaliyetlerde ne gibi teknolojilerin kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Lojistik, Endüstri 4.0, Endüstri 4.0 tasarım prensipleri, Endüstri 4.0 teknolojileri, Lojistik faaliyetler.

LOGISTICS ACTIVITIES IN INDUSTRY 4.0

ABSTRACT

Industry 4.0 requires a change of work patterns in organizations and businesses and to support this change, logistics activities also need to be reshaped. Horizontal and vertical integration of information and communication technologies has opened the way for Industry 4.0 to acquire technological skills such as learning robots, large data and data analytics, cloud computing, and enriched reality use. These technologies and developments are called smart logistics systems in which logistics activities are integrated and interactively supported. Smart logistics systems correspond to a system in which the human factor is gradually decreasing, complexity is increasing, smart products are stored and transported, storage, handling and transport systems are becoming autonomous. In this study, the definition, characteristics and necessity of smart logistics are presented. For this purpose, a comprehensive and systematic literature search was conducted. As a result of the literature review, design principles of Industry 4.0 and how these are related to Industry 4.0 technologies have been revealed. Furthermore, the relations between Industry 4.0 technologies and Logistics activities is discussed.

Keywords: Industry 4.0, Industry 4.0 design principles, Industry 4.0 technologies, Logistics Activities, Smart Logistics.

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 iş yapış şekillerinin değişimini gerektirmektedir. Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak Almanya'da ortaya çıkmıştır. Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı 2011 yılında ülkenin kalkınmasını güçlendirmeye yönelik bazı çalışmalar yapmış ve bu bağlamda 10 ana projeyi yürütmüştür. Gelecek Projesi adı verilen bu projeler, Yüksek Teknolojiler Stratejisi 2020'nin gelecek projeleri adı altında yayınlanmıştır. Bu projelerden biri de Endüstri 4.0 olarak adlandırılmış ve ilk olarak 2011 Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir (Kagermann vd., 2011).

18. yüzyılın sonlarında Endüstri 1.0 ile birlikte fabrikalarda buhar gücüyle çalışan makineler kullanılmaya başlanmış; 20. yüzyılın başında Endüstri 2.0 ile birlikte elektrik enerjisi ile seri üretime geçilmiş ve 1970'lerden itibaren Endüstri 3.0 ile birlikte elektronik ve bilgi teknolojileri ile sanayide otomasyon yaygınlaşmıştır. Günümüzde ise Endüstri 4.0 olarak

adlandırılan, siber-fiziksel sistemler (CPS) ve dinamik veri işleme ile değer zincirlerinin uçtan uca bağlandığı, sanayi devriminin dördüncü evresine geçiş yaşamaktayız. (TÜSİAD, 2016)

Her endüstri devriminde olduğu gibi Endüstri 4.0'ın çıkışı da çevreden gelen ihtiyaçlar ve beklentiler belirlemiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yatay ve dikey entegrasyonu, öğrenen robotlar, büyük veri ve veri analitiği, bulut bilişim, zenginleştirilmiş gerçeklik kullanımı gibi teknolojik becerilerin kazanılması Endüstri 4.0'a giden yolu açmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan kavramlar siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti (IOT), hizmetlerin interneti (IOS) ve akıllı fabrikalar olmuştur (Hermann vd., 2015, Rüßmann vd., 2015). Endüstri 4.0'ın diğer endüstri devrimlerinden farkı, siber-fiziksel sistemlerin, standart internet tabanlı protokoller kullanarak birbirleriyle etkileşimlenebiliyor olmaları, hataları öngörebilmeleri, parametreler tanımlayabilmeleri ve değişen şartlara uyum sağlamak amacıyla verileri analiz ediyor olabilmeleridir (Kagermann vd., 2013).

Endüstri 4.0'ın yaygınlaşmasına bağlı olarak lojistik faaliyetlerin de gerçek zamanlı olarak bu ortama uyumlandırılmasının gerekliliği ve deterministik yöntem ve araçların ihtiyaçlara yeterince cevap verememesinden dolayı bazı yeni kavramlarla birlikte yeni iş modellerine gereksinim duyulacağı açıktır (Hofmann ve Rusch, 2017). Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'ın bir parçası olarak tanımlanabilir. Lojistik 4.0'da, CPS fiziksel süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve bu ortamda âdemi merkezizyetçi (merkezi olmayan) kararlar verir. IOT ile CPS, birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurar ve işbirliği yapar. Büyük veri/Veri madenciliği (BD/DM) karar verme sürecini desteklemek için bilgi keşfeder. IOS sayesinde hem organizasyon içinde hem de organizasyonlar arasında lojistik hizmetler değer zincirinin katılımcıları tarafından sunulmakta ve kullanılmaktadır (Wang, 2016).

Akıllı lojistik sistemler insan faktörünün giderek azaldığı, karmaşıklığın arttığı, akıllı ürünlerin depolanıp taşındığı, depolama, elleçleme ve taşıma sistemlerinin otonom olmaya doğru gittiği bir sisteme karşılık gelmektedir. Bu çalışmada akıllı lojistiğin tanımı, özellikleri ve gerektirdikleri ortaya konulmaktadır. Bu amaçla kapsamlı ve sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasının sonucunda bir işletmenin Endüstri 4.0'a geçerken dikkate alması gereken tasarım prensipleri ve bunların Endüstri 4.0 teknolojileri ile nasıl desteklendiği, ve lojistik faaliyetlerde ne gibi teknolojilerin kullanılabileceği ortaya konmuştur.

2. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ VE ÖZELLİKLERİ

İncelediğimiz yazın sonucunda ortaya çıkan Endüstri 4.0 tasarım prensipleri bu bölümde tanımlanmıştır.

Sanallaştırma/ Dijitalleştirme (Virtualization/ Digitalization): Sanallaştırma, şirketlerin CPS sayesinde fiziksel işlemleri izleyebilmeleri anlamına gelir. Bu, sensör verileri, sanal tesis modelleri ve simülasyon modelleriyle bağlantılıdır. Bu sayede, fiziksel dünyanın sanal bir kopyası oluşturulur (Hermann vd., 2015). Akıllı fabrikada görsel model tüm CPS koşullarını içerir. Başarısızlık durumunda bir insanı bilgilendirebilir. Buna ek olarak, bir sonraki çalışma adımları veya güvenlik düzenlemeleri gibi gerekli tüm bilgiler sağlanabilir (Gorecky vd., 2014). Bu sayede, insanlar artan teknik karmaşıklıkla başa çıkabilirler (SmartFactory, 2014).

Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability): Birlikte çalışabilirlik, şirket içindeki ve dışındaki tüm sistemlerin birbirine bağlı olduğu anlamına gelir. Standartlar, iletişim için önemli bir başarı faktörüdür (Hermann vd., 2015). Birlikte çalışabilirlik endüstri 4.0'ın çok önemli bir ögesidir. Endüstri 4.0 şirketlerinde, CPS ve insanlar, IOT ve IOS üzerinden birbirlerine bağlıdır. Çeşitli üreticilerin CPS'lerinde yer alan standartlar, başarı unsurları olacaktır. DIN ve VDE (Elektriğe Bağlı Elektronik ve Bilişim Teknolojileri Elektronik ve Bilişim Teknolojileri Komisyonu), bu ihtiyacı tanımış ve 2013 yılında "Alman Standardizasyon Yol Haritası" nı yayımlamıştır. Akıllı fabrika tesisi bağlamında, birlikte çalışabilirlik, tesis içindeki tüm CPS'nin (iş parçası taşıyıcıları, montaj istasyonu ve ürünler) birbirleriyle "açık ağları ve semantik tanımları inceleyerek" iletişim kurabilmeleri anlamına gelmektedir (SmartFactory, 2014).

Otonomasyon (Autonomization): Endüstri 4.0 teknolojileri ve kavramları, gelecekteki şirketlerin makinelerinin ve algoritmalarının kararlar almasına ve öğrenme etkinliklerini özerk bir şekilde gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır. Bu özerk karar verme ve öğrenme, insan yapımı algoritmaları temel alır ve tüm fabrikaların ve imalat tesislerinin insan-makine etkileşimi ile çalışmasını sağlar (Pfohl vd., 2015).

Gerçek Zamanlı Kullanılabilirlik (Real Time Availability): Organizasyonel görevler için verilerin gerçek zamanlı olarak toplanması ve analiz edilmesi gereklidir. Böylece, tesisin durumu kalıcı olarak izlenir ve analiz edilir (Hermann vd., 2015). Sonuç olarak, tesis bir makinenin başarısızlığına tepki verebilir ve ürünleri başka bir makineye yönlendirebilir (Schlick vd., 2014).

Esneklik (Flexibility): Yeni ve daha karmaşık talep gereksinimleri ve süreçleri nedeniyle örneğin ürün geliştirme süreci veya karar verme prosedürlerinin daha hızlı yapılması gerekmektedir (Lasi vd., 2014).

Service Orientation/ Servitization (Hizmet Yönelimi/ Hizmet): Şirketlerin, CPS'lerin ve insanların hizmetleri IOS üzerinden edinilebilir ve diğer katılımcılar tarafından kullanılabilir. Hem şirket içi hem de şirket dışında sunulabilirler (Hermann vd., 2015). Akıllı fabrika tesisi, servis odaklı bir mimariye dayanmaktadır. Tüm CPS, işlevlerini

kapsüllenmiş bir web servisi olarak sunmaktadır (SmartFactory, 2014). Sonuç olarak, ürüne özgü proses işlemi, RFID (Radyo frekansı ile tanımlama) etiketi tarafından sağlanan müşteri özel taleplerine dayalı olarak oluşturulabilir (Schlick vd., 2014).

Merkezsizleşme/ Dağıtık Sistemler (Decentralized/ Distributed Systems): Kişisel ürünler için artan talep, sistemlerin merkezi olarak kontrol edilmesini giderek zorlaştırır. Gömülü bilgisayarlar, CPS'nin kendi başına kararlar almasını sağlar. Yalnızca başarısızlık durumunda görevler daha üst bir seviyeye devredilir (Otto, 2014). Bununla birlikte, kalite güvencesi ve izlenebilirliği için, tüm sistemi herhangi bir zamanda takip etmek gerekir. Akıllı fabrika tesisi bağlamında ademi merkeziyet, RFID etiketlerinin hangi çalışma adımlarının gerekli olduğunu "söyleyeceği" anlamına gelir. Bu nedenle, merkezi planlama ve denetime artık gerek yoktur (Schlick vd., 2014).

Enerji Verimliliği (Energy Efficiency): İklim değişikliği ve kaynakların azlığı gelecek endüstri oyuncularını etkileyecek bir megatrenddir. Bu megatrendler, üretimde karbon-nötr teknolojilerin kullanımına olan ihtiyacı tetikleyen, tesisler için enerji merkeziyetçiliğini kullanmaktadırlar. Yenilenebilir enerjilerin kullanılması şirketler için daha cazip olacaktır (Berger, 2014).

Yatay ve Dikey Bütünleşme (Horizontal Vertical Integration): Üretim ve otomasyon mühendisliği ve IT alanlarında, yatay entegrasyon, bir şirkette hem malzeme hem de enerji ve bilgi alışverişini içeren üretim ve iş planlama süreçlerinin farklı aşamalarında ve birkaç farklı şirket (değer ağı) arasında kullanılan çeşitli bilgi teknolojileri sistemlerinin entegrasyonunu ifade eder (ör. gelen lojistik, üretim, giden lojistik, pazarlama). Bu entegrasyonun amacı, uçtan uca bir çözüm sunmaktır. Üretim ve otomasyon mühendisliği ve IT alanlarında, dikey entegrasyon, uçtan-uca bir çözüm sunmak için çeşitli IT sistemlerinin farklı hiyerarşik seviyelerde (örn., aktüatör ve sensör, kontrol, üretim yönetimi, imalat ve yürütme ve kurumsal planlama seviyeleri) entegrasyonunu ifade eder (Henning, 2013) Ancak biliyoruz ki bugünün IT(Bilgi-bilişim teknolojileri) sistemlerinin çoğu tamamen entegre değildir. Ancak Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, işlevler ve yetenekler daha uyumlu hale gelecek ve şirket çapında evrensel veri entegrasyon ağı evrimleşecek ve gerçek anlamda otomatikleştirilmiş bu ağ değer zincirlerini etkinleştirebilecektir. (Hofmann ve Rusch, 2017)

Gerçek dünya gittikçe büyük bir bilgi sistemine dönüşmektedir. Endüstri 4.0, bir ekonomideki tüm üretken birimlerin tutarlı dijital hale getirilmesi ve birbirine bağlanması fikrini vurgulamaktadır (Blanchet vd., 2014). Endüstri 4.0'ı kısaca tanımlayacak olursak, bu kavram için dijitalleştirme, otomatikleştirme, şeffaflık, iş birliği ve ürünlerin ve süreçlerin gerçek zamanlı bilgilerinin kullanılabilirliği eğilimlerini ele almak üzere bir değer zincirinde türetilen ve uygulanan tüm yeniliklerin toplamı olduğunu söyleyebiliriz (Pfohl vd., 2017). Bu bölümde Endüstri 4.0 teknolojileri ve bu teknolojilerin uygulamalarından örnekler verilecektir.

Siber Fiziksel Sistemler: Siber fiziksel sistemler, hesaplamının fiziksel süreçlerle bütünleştirilmesi olarak tanımlanmıştır. Burada, gömülü bilgisayarlar ve ağlar fiziksel süreçleri izler ve kontrol ederken geri bildirim döngüleriyle fiziksel süreçler de hesaplamaları etkilemektedir (Lee, 2008). Öyle ki, bu eşzamanlı dijital donanım, şaşırtıcı derecede hassas zamanlama davranışları sunmaktadır (Lee, 2008). Bu, üretim sürecinde üst düzey kontrol, gözetim, şeffaflık ve verimlilik sağlar. CPS yapısal olarak, "kontrol etmek için iki paralel ağa, yani altyapının birbirine bağlı bileşenlerinin fiziksel bir ağına ve akıllı kontrol birimlerinden oluşan bir siber ağa ve bunlar arasındaki iletişim bağlantılarına" sahiptir (Parvin vd., 2013). CPS, bu ağların birden fazla sensör, aktüatör, kontrol işlem birimi ve iletişim cihazı kullanılarak entegrasyonunu sağlamaktadır (Hofmann ve Rusch, 2017). Sensörleri ve aktüatörleri birleştiren dağıtık, gerçek zamanlı bu sistem ayrıca, çevrimiçi sosyal etkileşimlerin (nispeten pasif) doğasını değiştirebilmektedir (Lee, 2008)

Nesnelerin İnterneti / Hizmetlerin İnterneti: Günümüzde sadece az sayıda üretici sensörlerin ve makinelerin bir kısmı ağa bağlanmış şekilde üretim yapmakta ve üretimde gömülü bilgi işlem uygulamalarını kullanmaktadırlar (Schuh vd., 2017, Veza vd., 2015). Bunlar genellikle bir dikey otomasyon piramidi içinde düzenlenirler ve sınırlı zekâ ve otomasyon denetleyicilerine sahip olan sensörler ve alan aygıtları, piramidin üzerinde bulunan bir süreç kontrol sistemine dahil olmaktadır. Ancak nesnelerin interneti ile, bazen bitmemiş ürünler de dahil olmak üzere daha fazla araç gömülü bilgi işlem ile zenginleştirilecek ve standart teknolojiler kullanılarak bağlanacaktır. Bu, alan aygıtlarının birbirleriyle iletişim kurmasına ve birbirleriyle etkileşime girmesine ve gerekirse daha merkezi denetleyicilerle etkileşime girmesine izin vermektedir. Aynı zamanda merkeziyetçi olmayan karar vermeyi destekler ve gerçek zamanlı yanıtlar sağlar. (Rüßmann vd., 2015) İnovasyon yönetimi perspektifinden bakacak olursak, IOT çözümlerinin uygulanmasının ardındaki temel amaç, geleneksel ürün odaklı girişimin veriye dayalı muadiline dönüştürülmesidir. Sonuç olarak, IOT çözümlerinin kapsamlı bir şekilde uygulanması, şirketin dijitalleşmesine eşittir (Pflaum ve Gölzer, 2018).

IOS, servis sağlayıcıların hizmetlerini internet üzerinden sunmasını sağlar. IOS, katılımcılar, hizmet altyapısı, iş modelleri ve hizmetlerin kendilerinden oluşmaktadır (Perales vd., 2018). Buna göre, daha da açacak olursak IOS'de IOT'ye benzer güçlü göstergeler mevcuttur. Hizmetlerin web teknolojileri aracılığıyla kolaylıkla erişilebilir hale getirildiği, şirketlerin ve özel kullanıcıların yeni tür katma değerli hizmetleri bir araya getirmeleri, oluşturmaları ve sunmalarına izin verme fikrine dayanan bir IOS tanımı yapılmaktadır.

Böylelikle internet tabanlı pazar alanlarının gelecek endüstrilerde kilit rol oynayacağı varsayılabilir. Bundan başka salt teknolojik bakış açısından hizmet odaklı mimari (SOA), hizmet yazılımı (SaaS) veya iş süreci dışkaynağı (BPO) gibi kavramların IOS ile yakından ilişkili olduğu dikkate alınarak terimin daha geniş bir tanımı önerilmektedir: bir tarafın, öngörülen bir işlevi ve ilgili bir fayda sağlamak için başka bir tarafın kaynaklarına geçici olarak erişim imkânı tanıdığı ticari bir işlem. Burada sözü edilen kaynaklar insan gücü ve beceri, teknik sistemler, bilgi, sarf malzemeleri, arazi ve diğerleri olabilir (Hofmann ve Rusch, 2017).

Büyük Veri Analizi: Veriye 21. yüzyılın ham maddesi denmektedir. Gerçekten de işletmelerin kullanabileceği veri miktarının her 1,2 yılda bir iki katına çıkması beklenmektedir. Geleceğin bir tesisinde, kaydedilmesi, işlenmesi ve analizi gereken büyük miktarda veri üretilecek ve bu verileri analiz etmek için kullanılan araçlar önemli ölçüde değişecektir (Blanchet vd., 2014). Büyük veri setlerine dayanan analizlerin imalat ortamında kullanımı ancak yakın zamanlarda mümkün olmuştur. Bu sayede üretim kalitesi iyileştirilmiş ve enerji tasarrufu sağlanmıştır (Rüßmann vd., 2015). Endüstri 4.0 bağlamında, birçok farklı kaynaktan (üretim ekipmanları ve sistemleri ve müşteri yönetim sistemleri vb.) gelen verilerin toplanması ve kapsamlı değerlendirilmesi gerçek zamanlı karar vermeyi destekler.

Bulut Bilişim / Bulut Lojistiği: Şirketler, bazı kurumsal ve analitik uygulamalar için zaten bulut tabanlı yazılımlar kullanmaktadırlar. Ancak Endüstri 4.0 ile beraber tedarik zinciri elemanları arasında daha kısa zamanda ve daha fazla veri paylaşımı gerekmektedir. Bulut teknolojileri şirketlerin bu konudaki en büyük yardımcı olacaktır. Ayrıca bulut teknolojilerinin performansının daha da gelişeceği öngörülmektedir. Sonuç olarak, makine verisi ve işlevselliği giderek buluta yüklenecek ve bu sayede üretim sistemleri için daha fazla veriye dayalı hizmet sağlanabilecektir. Hatta daha da ileri gidersek süreçleri izleyen ve denetleyen sistemlerin de bulut tabanlı olabileceğini söyleyebiliriz. (Rüßmann vd., 2015)

Kullanıcılar, bulut sayesinde gerektiğinde, insan etkileşimi olmadan bilgi işlem kaynaklarına hızla ulaşabilirler. Bulutun kapasitesi, bazı durumlarda otomatik olarak hızlı ve esnek bir şekilde ölçeklendirilebilir. Özetle tabanlı erişim denetimi, bulut gibi büyük ölçekli dağıtık sistemler için gerekli olan esnekliği ve ölçeklenebilirliği sağlar. Bulut altyapısı, ayrıca talep bağlamındaki esnekliği kullanarak sistemin CPU'su (merkezi işlem birimi) üzerinde oluşabilecek yükten kurtarabilir ve şifreleme / şifre çözme hızlandırabilir. Bunun dışında, bulut bilişim sanallaştırma teknolojisi ile güçlendirilmiştir. Sanallaştırma, bulut uygulamalarının kritik bir unsurdur ve konum bağımsızlığı, kaynak havuzu ve hızlı esneklik gibi temel bulut özelliklerini sağlamak için kullanılır. İstemci-sunucu gibi geleneksel ağ topolojilerinden farklı olarak, bulut bilişim sağlık sunabilir ve trafik sıklığı sorunlarını hafifletebilir. Kısacası bulut bilişim, bilgi işlem gücünü en üst düzeye çıkarmak için sanallaştırmadan yararlanır. Bulut bilişimde, mevcut servis modelleri Altyapı olarak hizmet (IaaS), Platform olarak hizmet (PaaS), Yazılım olarak hizmet (SaaS) olarak adlandırılır (Zissis ve Lekkas, 2012).

Robotik ve Otomasyon: Otomasyonla birlikte robotlar insan işçilerin yerini almaya başlamışlardır. Günümüzde robotlar, uyum sağlayabilen, iletişim ve etkileşim kurabilen varlıklar haline diğer bir deyişle akıllı hale gelmektedirler. Bu da şirketlerin daha üretken olmasını sağlayacaktır. Akıllı robotlar, sadece kapalı alanlarda basit bir şekilde yapılandırılmış iş akışlarında insanların yerini almazlar. Endüstri 4.0'da robotlar ve insanlar, birbirine bağlı görevler üzerinde ve akıllı algılamalı insan-makine arayüzleri kullanarak el ele çalışmaya devam edeceklerdir. Çeşitli işlevler için robotların kullanımı gitgide yaygınlaşmaktadır: üretim, lojistik, ofis yönetimi (belgeleri dağıtmak için) vb. Bu operasyonlar uzaktan kontrol edilebilir özelliğe sahip olacaktır. Bir sorun ortaya çıkarsa, işçinin cep telefonunda bulunan bir web kameraya bağlı bir mesaj alması ve böylelikle problemleri görebilmesi ve ertesi gün tekrar tesise gelene kadar üretimin devam etmesine izin verebileceği yönergeler verebilmesi mümkün olabilecektir. Böylece, tesis 24 saat / gün çalışırken, işçiler yalnızca gün boyunca orada bulunacaklardır. Artık işçiler için gece vardiyaları olmayacaktır (Blanchet vd., 2014).

Kısaca, birçok üretici, karmaşık görevleri üstlenmek için uzun zamandır robotları kullanıyorlardı, ancak robotlar gitgide daha da fazla yararlanılacak şekilde gelişmekte ve daha özerk, esnek ve işbirlikçi hale gelmektedirler. Endüstri 4.0 kapsamında robotlar birbirleriyle etkileşime girerler ve insanlarla birlikte güvenle çalışırlar ve onlardan öğrenirler. Bu robotlar bugün ve geçmişte üretimde kullanılanlardan daha az maliyete ve daha geniş bir yetenek yelpazesine sahiptirler. (Rüßmann vd., 2015)

Blok Zinciri: Blok zinciri, işlemlerin kaydedilmesi ve varlıkların bir iş ağında izlenmesi sürecini kolaylaştıran paylaşılan, dağıtık bir kayıt defteridir. Bir varlık, bir ev, araba, nakit, arazi gibi somut olabileceği gibi patent, telif hakkı veya fikri mülkiyet gibi maddi olmayan varlıklar olabilir. Değeri olan neredeyse herşey bir blok zinciri ağına izlenebilir ve ticarete dâhil edilebilir; böylece tüm taraflar için riskleri azaltmak ve toplam maliyetleri düşürmek söz konusu olabilmektedir (Gupta, 2017). Blok zincir bu özelliği ile bilgi paylaşımında yeni fırsatlar yaratmaktadır. Örneğin taşımacılıkta sevkiyatın plan bilgisi taraflar arasında erken bir aşamada paylaşılarak malın (kişi ve kamyon) saklama ve düzenleme görevleri optimize edilebilir. Zamanında toplama, teslimat ve nakliye işlemleri taşıma maliyetini düşürür ve dağıtım hizmet seviyesini iyileştirir.

Bilgi paylaşımının bir başka yararı ise şöyle bir örnekle aktarılabilir (Nakasumi, 2017). Üretici, bazı bileşenlerin gecikmesi durumunda, beklenen gecikme süresine göre ikame ürün siparişi veya ek sipariş verebilir. Ancak gerçek zamanlı malzeme akışını bilmeden varış zamanını tahmin etmek zordur. Sonuç olarak bu, satış fırsatı kaybına ve ek maliyete neden olur. Küresel tedarik zinciri söz konusu olduğunda lojistik faaliyetlerinin etkisi yaygınlaşmaktadır. Tedarik zinciri boyunca her bir ilgili taraf kendi sorumluluğundaki malzeme akışını bilir. Bu, gemi acentesinin gemilerinin konum bilgilerini bildiği ve karayolu kargo taşımacısının kendi kara nakliye aracının yerini tespit edebildiği, ancak taraflardan hiçbirinin tüm tedarik zincirinin durumu hakkında bilgisi olmadığı anlamına gelir.

Envanter maliyetlerini azaltmak ve tedarik zinciri verimliliklerini geliştirmek için, tedarik zincirinin "görünürlüğü" gereklidir. Tedarik zincirinin görünürlüğü, lojistik faaliyetlerini de içeren, ürün siparişleri ve fiziksel gönderilerle ilgili spesifik bilgilerin açıklığı olarak tanımlanır (Nakasumi, 2017). Görünürlük tedarik zincirinde maliyetleri düşürür ve operasyonel performansı geliştirir. Değişkenliği ve ürünün sistemde geçirdiği atıl süreyi azaltmak için doğru ve tam zamanlı veri ile çalışmak gereklidir.

Geçmiş çalışmalar tedarik zinciri boyunca bilgi paylaşımının faydalarını ortaya koymuştur (Mentzer vd., 2001, Min ve Mentzer, 2004). Ancak farklı yazılımların veriyi farklı şekillerde saklıyor olmasından dolayı bilgileri global tedarik zincirinde paylaşmak zordur. EDI (elektronik veri alışverişi) ağını kullanmak, veriyi paylaşmak ve tedarik zincirinin görünürlüğünü sağlamak için kolay bir çözüm gibi görünse de işletmeler için ek maliyet oluşturmaktadır. Bununla birlikte, çoğu şirket şirkete özel bilgilerin başkalarının eline geçmesi ihtimaline karşın bilgi paylaşmak istemez. Bilgi paylaşımı deyince erişim kontrolünü de dikkate almak gerekir.

Bu gereksinimleri karşılamak için, düşük maliyetli ve erişim kontrollü bir veritabanı sistemi düşünülmektedir. Blok zincir, yeni bir dağıtık veritabanı sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Bu sisteme örnek olarak Bitcoin'i (sanal para ya da kripto para) verebiliriz ve bu sistem sayesinde kullanıcılar merkezi olarak düzenleyiciye ihtiyaç duymadan, açık kaynaklı bir açık defteri (veya blok zinciri) kullanarak döviz (bitcoinleri) güvenli bir şekilde aktarabilmektedirler. Zamanla Bitcoin, bu blok zincirlerin güvenilir bilgi işlem ve denetlenebilirlik gerektiren diğer işlevlere nasıl hizmet edebileceğini göstermiştir. Şirketler de, Bitcoinle ortaya çıkan blok zincir teknolojisi yoluyla bilgi paylaşımının faydalarını elde etmektedirler. (Nakasumi, 2017) Blok zinciri teknolojisi, şu anda sağlık bilişim sistemlerinde bulunan birlikte çalışabilirlik sorunlarını ele alma ve bireylerin, sağlık hizmeti sağlayıcılarının, sağlık hizmeti veren kurumların ve tıbbi araştırmacıların elektronik sağlık verilerini güvenli bir şekilde paylaşmalarını sağlayan teknik standart olma potansiyeline sahiptir. Ancak ileriki zamanlarda bu tüm sektörlerde yaygın bir şekilde kullanılabilir hale gelecektir (Linn ve Koo, 2016).

Ürünler ve hizmetler internet üzerinden veya blok zinciri gibi diğer ağ uygulamaları ile esnek bir şekilde bağlanır. (Hofmann ve Rusch, 2017). Blok zinciri uygulaması için zorunlu bir ön koşul, bilgilerin, dijital süreçlerin ve güvenilir dijital altyapının yüksek derecede dijitalleştirilmesidir (Belle, 2017).

Eklemler Üretim: Şirketler çoğunlukla prototip oluşturmak ve özel bileşenler üretmek için kullandıkları üç boyutlu baskı gibi eklemeli üretim yöntemlerini artık yavaş yavaş diğer tüm üretim işlemleri için de uygulamaya başlamışlardır. Endüstri 4.0 ile eklemeli üretim yöntemleri, küçük partiler halinde özelleştirilmiş ürünler üretmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu da aslında karmaşık ve hafif tasarımlara sahip ürünler için yapım avantajları sunmaktadır. Ayrıca yüksek performansa sahip, merkezden bağımsız eklemeli üretim sistemleri nakliye mesafelerini ve eldeki stokları azaltacaktır. Örneğin, havacılık şirketleri, uçak ağırlığını ve titanyum gibi hammadde giderlerini düşüren yeni tasarımlar uygulamak için zaten eklemeli üretim yöntemini kullanmaktadırlar (Rüßmann vd., 2015). Eklemeli üretim, geleneksel üretimde olduğu gibi ürünleri üretirken çoklu montaj işlemleri kullanmak yerine, ilgili ürünü katman katman işleyerek tek bir defada ve bir bütün halinde üretir. Bu da, ürünün işlevselliğini artırırken, ürüne ait toplam ağırlığın, ürüne ait atıkların, ürünü meydana getiren kaynakların ve enerjinin azaltılmasıyla sonuçlanacaktır (Pour vd., 2016).

Zenginleştirilmiş Gerçeklik: Zenginleştirilmiş gerçeklik (AR) tabanlı sistemler, bir depodaki parça seçimi veya mobil cihazlar üzerinden onarım talimatları gönderme gibi çeşitli hizmetleri desteklemektedir. Bu sistemler henüz emekleme aşamasındadır ancak gelecekte şirketler, işçilerin karar verme ve çalışma usullerini iyileştirmek ve gerçek zamanlı bilgiler sunmak için zenginleştirilmiş gerçeklikten daha fazla yararlanacaklardır. Örneğin, işçiler onarılacak gerçek sisteme baktıkları için belirli bir parçanın nasıl değiştirileceği konusunda tamir talimatları alabilirler. Bu bilgiler, zenginleştirilmiş gerçeklik gözlükleri gibi cihazları kullanarak işçilerin görüş alanında doğrudan görüntülenebilir (Rüßmann vd., 2015). Ayrıca kullanıcılar bu teknoloji sayesinde parametreleri değiştirebilir ve operasyonel veri ve bakım talimatlarını geri yükleyebilirler. AR kullanımı, özel donanım, yazılım ve aksesuar unsurları ile gerçek görsel varlıklarla doğrudan ya da dolaylı olarak gerçek dünya çevresini tamamlama olanağı sunarak günlük yaşamda daha yaygın hale gelmektedir (Cirulis ve Ginters, 2013). İnsanların duyarlarını ve yeteneklerini zenginleştiren sanal bilgi ile gerçek dünyayı birleştiren tüm faaliyetler zenginleştirilmiş gerçekliğin bir ürünüdür (Azuma, 1997). Burada örnek olarak Google'ın akıllı gözlüğünden bahsedebiliriz. Çalışan bu sayede eller serbest olarak iş görebilir ve bu çalışana işi yapmada daha fazla esneklik sunar (Ro vd., 2018).

Tablo 1 Endüstri 4.0 tasarım prensipleri ile bu prensipleri destekleyen Endüstri 4.0 teknolojilerini ilişkilendirmektedir. Bu ilişki matrisi Endüstri 4.0 için lojistik sistemlerin tasarımında yol gösterici rol oynamaktadır.

Tablo 1. Endüstri 4.0 teknolojileri ve prensipleri

	Siber Fiziksel Sistemler	Nesnelerin İnterneti / Hizmetlerin İnterneti	Büyük Veri Analizi	Bulut Bilişim / Bulut Lojistiği	Robotik ve Otomasyon	Blok Zinciri	Eklenebilir Üretim	Zenginleştirilmiş Gerçeklik
Sanallaştırma/ Dijitalleştirme	X	X		X		X		X
Birlikte Çalışabilirlik	X	X			X	X		
Otonomasyon	X	*			X	X		
Gerçek Zamanlı Kullanılabilirlik	X	*	X	*		X		X
Esneklik				X	X	X	*	X
Hizmet Yönelimi /Hizmet		X	*	X				
Enerji Verimliliği		*	X				X	
Merkezsizleşme / Dağıtık Sistemler	X	X		X		X	X	
Yatay ve Dikey Bütünleşme		*		*		*		

Not: * işaretli hücreler için henüz uygulama örneği olmamakla birlikte sözkonusu teknolojinin ilgili prensibi destekleyeceğine dair kanı bulunmaktadır.

3. LOJİSTİKTE ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ VE ÖZELLİKLERİ

Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'ın bir parçasıdır ve Endüstri 4.0'ın gelişimini teşvik edecektir. Lojistik içermeyen bir Endüstri 4.0 düşünülemez. Lojistik 4.0, değer zinciri organizasyonu teknolojileri ve kavramları için ortak bir terim olarak düşünülebilir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik uygulamalarını ele alırsak, CPS fiziksel lojistik süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve ademi merkeziyetçi (merkezi olmayan) kararlar verir. IOT ile CPS, birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurar ve işbirliği yapar. DM lojistik karar verme sürecini desteklemek için bilgi keşfeder. IOS aracılığıyla da hem dahili hem de çapraz örgütsel lojistik hizmetler değer zincirinin katılımcıları tarafından sunulmakta ve kullanılmaktadır (Wang, 2016). Endüstri 4.0 teknolojilerinin günümüz lojistik uygulamaları Tablo 2'de özetlenmiş ve aşağıda örneklerle aktarılmıştır.

Tablo 2 Lojistikte endüstri 4.0 teknolojileri ve mevcut uygulamaları

	Siber-fiziksel sistemler	Nesnelerin / Hizmetlerin İnterneti	Büyük Veri Analizi	Bulut Bilişim/ Bulut Lojistiği	Robotik ve Otomasyon	Blok Zinciri	Ekleme Üretim	Zenginleştirilmiş Gerçeklik
Taşıma	*	X	X					X
		X				X		
			X					
								X
			X					
		*						
			X					
Depolama	*	X			X			X
					X			X
					X			X
		X				X		
Katma değerli hizmetler & paketleme	*				X		*	X
Muayene & gözetim	*	*	*			*		
Stok yönetimi		*		X		*		
Müşteri ilişkileri		X		X		*		
Gümrükleme				*		X		
Sigortalama				*		*		

Not: * işaretli hücreler için uygulama örneği olmamakla birlikte sözkonusu teknolojinin ilgili faaliyeti destekleyeceğine dair kanı bulunmaktadır.

Siber Fiziksel Sistemler: CPS hem fiziksel ve hem de sanal mühendislik sistemleridir ve bu sistemlere bağlı tüm işlemler bir bilgi işlem ve iletişim sistemi ile izlenebilir, koordine edilebilir, kontrol edilebilir ve entegre edilebilir. CPS fiziksel dünyayla etkileşimi içerir ve bir ağa bağlı ajanlardan oluşur. Bu ağ ajanları şunları içerir: sensörler, aktuatörler, kontrol işleme üniteleri ve iletişim cihazları. Teknolojik uygulamaların yoğun kullanımı ve kablosuz gömülü sensörler ve aktuatörlerin artan gelişimi, üretim süreçleri, ulaşım sistemi, lojistik hizmetleri, sağlık hizmetleri, özerk araçlar, makine öğrenimi ve akıllı sistemler gibi alanlarda birçok yeni uygulamanın geliştirilmesine katkıda bulunmakta ve denetimsel kontrol ve veri toplama (SCADA) sistemleri gibi mevcut teorilerin teknolojik gelişmelerini artırmaktadır (Barreto vd., 2017). Modern lojistik sisteminin önemli bir bölümünü oluşturan depo sistemi için, bilgi ve otomasyon ekipmanlarına dayanan daha düşük maliyetli bir şekilde lojistik yönetimi ve kontrol sistemi geliştirilmelidir; yüksek seviyede bir lojistik sisteme ulaşılması acil bir ihtiyaçtır. Başlangıçta CPS bağımsız yönetim bilgi sistemini ve otomatik kontrol sistemini bir bütün haline getirir ve daha sonra lojistik sisteminin tüm operasyonel etkinliğini ve güvenliğini geliştirir. CPS, hesaplama, iletişim, hassas kontrol, uzaktan işbirliği ve özerklik olmak üzere beş fonksiyona sahiptir; bu nedenle, CPS'nin depo yönetimine ve kontrol edilen entegre sisteme uygulanmasına ilişkin araştırmalar yapmak için geniş umutlar vardır. (Liu vd., 2012)

Nesnelerin İnterneti/ Hizmetlerin İnterneti: Nesnelerin İnterneti neredeyse her şeyi internete bağlama ve veri odaklı lojistik hızlandırma potansiyeline sahiptir. Artık günlük nesnelere bilgi gönderebilir, alabilir, işleyebilir ve depolayabilir ve böylelikle kendiliğinden yön veren, olay odaklı lojistik süreçlerine aktif olarak katılabilirler. IOT, değişime ve yeni çözümlere yol açan eyleme geçirilebilir bilgiler sunmak için bağlı nesnelere verileri kullanabilen lojistik sağlayıcıları için çok kapsamlı çözümler vaat etmektedir. 2020'ye kadar 50 milyar nesnenin İnternet'e bağlanacağı ve lojistikte 1,9 trilyon doları bulan bir getirisi olacağı tahmin edilmektedir. Geleceğe bakarsak, büyük ölçekli IOT yayılımında güvenlik ve ortak bağlantı standartlarını sağlayan yeni "lojistik hazır" çözümleri gerekli olacaktır.

Bağlı depolar, tek tek öğelerin, paletlerin ve operasyonel donanımın etiketlenmesi yoluyla tüm varlıkların şeffaflığını ve yerleştirilmesini artırabilir. Akıllı nesnelere mevcut siparişlerin, içeriği ve konumu hakkında bilgi aktarabilir, böylece envanter seviyelerinin gerçek zamanlı görünürlüğüyle beraber otomatik envanter yönetimi sağlanır. IOT, bağlı bir işgücü konsepti yoluyla daha yüksek işçi sağlığı ve güvenliği düzeylerini de geliştirebilir ve ek olarak tesislerdeki aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi işlemleri optimize etmek için kullanılabilir. Akıllı ulaşım çözümleri, yenilikçi akıllı kamyon kavramlarıyla tedarik zincirindeki şeffaflığı ve bütünlüğü artırabilir. Örneğin, araç içi telematik, filo ve araç kullanımını en üst düzeye çıkarmak için aracın hareketleri ve boşta kalma süresi (aylak süre) hakkında veri toplayabilir. IOT ayrıca, araç arızası ve otomatik bakım çizelgeleme tahminiyle araç duruş süresinin azaltılması için de kullanılabilir.

İnternete bağlı akıllı ürünlerin ve ev aletlerinin çoğalması yeni IOT tabanlı teslim kavramlarını, (örneğin, bir bakkaliye siparişinin akıllı bir buzdolabı tarafından tetiklenebileceği gibi) ya da ev içinde teslimat hizmetleri gibi, uygulanabilir hale gelmesini sağlayabilir. Bu, tüketiciye daha fazla görünürlük sunabilir ve gereksiz birikmelerden kaçınmaya yardımcı olur. Kısaca özetlersek IOT, lojistik operasyonların şeffaflığını, izlenebilirliğini ve güvenilirliğini artırır. Karmaşık ortamlarda karar vermeyi otomatikleştirdiği için daha yüksek işleme verimliliği ve maliyet düşüşü sağlar. Eşyalar gerçek zamanlı olarak izlenebildiği için, hizmet kalitesini artırabilir, mal kullanımını optimize edebilir ve mal hırsızlığı, malın hasara uğraması ve mala zarar gelmesini önleyebilir. Müşteriler için daha dinamik ve özelleştirilmiş dağıtım hizmetlerinin yaratılması bu sayede mümkün olabilir. (DHL, 2016)

Büyük Veri Analizi: Lojistik sektöründe daha çok kapasite planlama ve rota optimizasyonu gibi alanlarda verimliliği artırmak için büyük veriden yararlanılmaktadır. Lojistik sağlayıcılar eğer tam bir fayda sağlamak istiyorlarsa belirli bir yöntem kullanarak çoklu veri akışlarından elde ettikleri yapılandırılmış ya da yapılandırılmamış (sosyal, görüntüler, video vb.) büyük verilerin entegrasyonunu sağlamalıdır. Büyük veriyi düzenlemekte kullanılacak analitik teknolojiler daha da ilerledikçe öngörülebilir lojistik ve bulut lojistiğe bağlı veri odaklı lojistik işletme modelleri de daha çok kullanılabilir hale gelecektir. Ayrıca büyük verileri kullanarak lojistikteki operasyonel verimlilik geliştirilebilir. Öyle ki büyük veri sayesinde karar vermede hız ve şeffaflık artar, kaynak kullanımı, proses kalitesi ve performansı optimize edilebilir. Örneğin, ulaşımda veri akışlarının (sevkiyat bilgileri, hava durumu, trafik vb.) akıllıca ilişkilendirilmesi, atamaların gerçek zaman çizelgelemesini, yük dizilerinin optimizasyonunu ve tahmini varış zamanına ilişkin 'dakika düşürme' tahminini mümkün kılar. (DHL, 2016)

Bulut Bilişim/ Bulut Lojistiği: Karmaşık ve istikrarsız (uçucu) ortamlar için ideal olan bulut bilişim, 'lokasyon olarak hizmet' (LaaS) tabanlı yeni iş modelleri sunar. Bu organizasyonun kendi IT altyapısına bağlı geliştirme, kurulum ve bakım maliyetlerine ihtiyaç duymadan, yüksek ölçeklenebilir hizmet ve yönetim yetenekleri sağlar. Son yıllarda, lojistik sağlayıcıları yenilikçi tedarik zinciri çözümleri için IT hizmetlerine hızlı, verimli ve esnek erişim sağlayan bulut lojistiğini benimsemeye başladı. Modüler bulut lojistik platformları, tedarik zinciri süreçlerine kolayca entegre edilebilen esnek, yapılandırılabilir isteğe bağlı lojistik ile ilgili IT hizmetlerine (örneğin sipariş, faturalandırma ve takip hizmetleri) açık, web tabanlı bir erişim sunar. Bulut tabanlı çözümleri kullanan şirketler, işletme giderleri için bütçelendirme yapabilirler. Bulut gücüyle çalışan global tedarik zincirleri, tüm tedarik zinciri süreçlerini buluta taşımak suretiyle bilgi ve materyal akışlarını sanallaştırabilir. Karmaşık, parçalanmış global tedarik zincirlerinin parçalarını yöneten lojistik sağlayıcıları, genellikle, farklı depo ve nakliye yönetim sistemleri kullanan çok sayıda taraf arasında gerçekleşen çeşitli işlemlerle uğraşır. Bulutun bu bilgiyi tek bir entegre görüntüde koordine etme yeteneği, tedarik zincirini koordine eden ve düzenleyen ve 360 derecelik yönetim gösterge tabloları sağlayan bir "denetim kulesinin" anahtar bir etkinleştiricisidir. Ayrıca bulut, şirketlere global stok seviyeleri ve sevkiyatlarını ve sahip oldukları varlıkların yerini daha hassas bir şekilde kontrol etme olanağı sağlar. Sonuç olarak, bulut bilişim teknolojisi sofistike üstün şebeke (supergrid) lojistik ağlarının yolunu açmaktadır. (DHL, 2016)

Robotik ve Otomasyon: Otomasyon sayesinde lojistik kavramı yeniden yapılanma sürecine gitmektedir. Hızlı teknolojik ilerlemelere dayanan sıfır hata süreçlerini destekleyen ve verimliliği artıran yeni nesil robotlar ve otomatik çözümler de artık adım adım lojistik işgücüne girmektedir. Özellikle robotlar tedarik zincirinde işbirlikçi roller üstlenip işçilere depo, ulaşım ve hatta son kilometre teslim faaliyetleri konusunda yardımcı olmaktadır. Kolayca programlanabilen yüksek çözünürlüklü kameralar, basınç sensörleri ve kendi kendine öğrenme özellikleri ile donatılmış birlikte çalışan robotlar, işçilere toplama, paketleme ve sıralama gibi görevlerde yardımcı olabilmektedirler. Esnek otomasyon çözümleri sayesinde piyasa dalgalanmaları maliyet etkin bir şekilde karşılanabilir ve bu sayede lojistik altyapısının esnekliği ve çevikliği artmış olur. Ayrıca paketleme gibi görevleri otomatikleştirmek verimliliği artırmaya ve stok seviyelerini ve maliyeti düşürmeye yardımcı olmaktadır. Robotlar, tekrarlayan ve fiziksel olarak insanlar için yorucu olabilecek görevlere yerleştirildiğinde, depo çalışanları daha karmaşık ve istisnai işlemler üzerinde yoğunlaşabilmektedirler. (DHL, 2016)

Blok Zinciri: Günümüzde hem tedarik zinciri hem de lojistik endüstrisi birçok zorluk yaşamaktadır. Bunlardan biri, operasyonel bilginin standartlaştırılmaması ve paylaşılabilirlik durumudur. Her şirket kendi verilerine sahiptir ve bu verileri paylaşmak isteyen organizasyon sayısı yok denecek kadar azdır. Çünkü bilginin paylaşılması operasyonel planlamayı ve kaynak yönetimini çok daha zor hale getirir. Bu zorluk, genellikle lojistik süreçlerde verimsizliklere neden olur (Sadouskaya, 2017).

IBM, taşımacılık ve lojistik alanında küresel bir lider olan Maersk ile birlikte, bir platform kurmuştur. Maersk çok yakın bir zamanda, nakliyeciler, nakliye firmaları, okyanus aşırı taşıyıcıları, limanlar ve gümrüklerde oluşan bir tedarik zinciri ekosistemini birbirine bağlayan bir blok zincir platformunu uygulamaya koyacaktır. Maersk, 2014 yılında yapılan bir denemede, Doğu Afrika'dan Avrupa'ya gönderilen dondurulmuş malların tek bir sevkiyatta yaklaşık 30 kişi ve kuruluşun geçebileceğini ve aralarında 200'den fazla farklı etkileşim ve haberleşmeyi sağlayabileceğini tespit etmiştir. Bu haberleşmelerin çoğu yakın zamana kadar güvenlik açığı ve dolandırıcılık endişesi nedeniyle kâğıt temelli olarak kalmıştır. Ticaret dokümantasyonu işleme ve idare ile ilgili masrafların, fiili fiziksel nakliye masraflarının beşte biri kadar olduğu tahmin edilmektedir. Kaybolmuş, yanlış yerleştirilmiş veya gecikmiş evrak işi, gönderileri askıya alabilir, taşımayı optimize etme çabalarını azaltabilir ve hatta taze malların bozulmasına neden olabilir. Tüm bunların önüne geçebilmek için Maersk yakın gelecekte bu yeni platformu devreye sokacaktır. (IBM, 2017)

Bir başka uygulama da gıda güvenliğinin sağlanması için daha iyi kayıt tutma içeren yeni düzenlemelerin uygulandığı Çin'de, Walmart'ın, domuz üretimini çiftlikten başlayarak fabrikaya kadar ve hatta tüm tedarik zinciri boyunca izleyen, depolama sıcaklıkları ve son kullanma tarihleri gibi verileri bir blok zinciri tarafından takip edilecek bir pilot programın hayata geçirilmesi projesidir (IBM, 2017).

Eklenebilir Üretim: 3D (üç boyutlu) baskı özellikle satış sonrası tedarik zincirlerinde lojistik hizmetlerini daha da etkin hale getirebilir. Öyle ki nadiren sipariş edilen yedek parçalarla dolu birden fazla depoyu yönetmek yerine, lojistik sağlayıcılar bir yazılım veritabanıyla birleştirdikleri bir 3D baskı altyapısı oluşturabilirler. Bu sayede, isteğe bağlı olarak sipariş edilen yedek parçalar veya son derece bireyselleştirilmiş ürünler ertelemeye maruz kalmadan en yakın 3D yazdırma tesisinde (3D yazıcılarla donatılmış yerel dağıtım merkezleri) basılabilir ve doğru yere teslim edilebilirler. Kısacası malların son konfigürasyonu, isteğe bağlı 3D yazdırma ile elde edilebilir. Bu da teslimat sürelerinin kısalması ve envanter maliyetlerinin düşmesini sağlar.

Lojistik sağlayıcılar bunun dışında 3D baskıyı kullanarak, hammadde ve nihai ürünler için karmaşık ve parçalı tedarik zincirinin planlayıcısı rolünü üstlenebilirler. 3D baskının bir diğer etkisi ise, yeni pazar segmentleri ve değer yaratma fırsatları ortaya çıkarmasıdır (ör., Dijital ambarlar, 3D veri barındırma ve veri alışverişi konusunda güvenilir hizmet sunumu). En önemlisi ise, kullanım noktasına daha yakın ürünler yaratacakları için taşıma maliyetlerinin ve taşıma zamanının azalmasına katkıda bulunurlar. (DHL, 2016)

Zenginleştirilmiş Gerçeklik: Zenginleştirilmiş gerçeklik fiziksel ve dijital dünya arasındaki çizgileri ortadan kaldırarak, lojistik planlama, lojistik süreç yürütme ve ulaşım konularında yeni bakış açıları yaratacaktır. Herhangi bir kullanıcının bağlamsal bilgileri kendi görüş alanına entegre edilmesini sağlayarak ilgili çevreyi akıllıca anlaması akıllı gözlükler sayesinde mümkün olur. İlk kullanımına baktığımızda, depo operasyonlarındaki sipariş toplama işleminde akıllı gözlük kullanımının kayda değer derecede etkili olduğu görülmüştür. Yapılan gözlemler ve çalışmalar sonucunda zenginleştirilmiş gerçekliğin süreç verimliliğinin ve kalitesinin artmasına, riskin azalmasına ve işçinin siparişi elle işleme stresinin azalmasına katkıda bulunan önemli bir lojistik araç olduğu ortaya konmuştur ve bu halihazırda bu şekilde devam etmektedir. Çalışanlar akıllı gözlüğü ürün toplama, paketleme, sıralama ve hatta montaj gibi depodaki çeşitli görevleri yerine getirirken kullanabilmektedir. Talimatlar ve gerekli bilgiler akıllı gözlük sayesinde çalışanın ekranına düşer ve böylece çalışan ellerini serbest bir şekilde kullanma yetisine sahip olur. Günümüzde halihazırda akıllı gözlük, görev bilgilerini görüntüleme, barkod tarama ve dahili navigasyonu destekleme becerisine sahiptir ve gerçek zamanlı işlemler için depo yönetim sistemlerine entegre edilebilir. Kullanıcı dostu arayüzler, süreçleri hızlandırmak ve iş tatminini artırmak için yapılan işi bir oyun haline de getirebilir (örneğin başarılı tahminler için çalışana sanal puanlar verilmesi gibi). Sürücü destek sistemleri olarak zenginleştirilmiş gerçeklik kullanan araç operatörleri daha güvenli ve akıllı bir sürüş gerçekleştirebilir. Aracın ön camı ekran gibi kullanılıp, sanal katmanlardan alınan navigasyon (sefer) bilgileri sürücüye yardımcı olması için buraya yansıtılabilir. Ayrıca bu sistem sürücüye yol tehlikelerini göstermek için de kullanılabilir (DHL, 2016).

Temel lojistik faaliyetlerin (Taşıma, Depolama, Katma değerli hizmetler vb.) gerçekleştirilmesinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri Tablo 2'de ilişkilendirilmiştir. Mevcut uygulamalar IOT ve büyük veri analizini ön plana çıkarırken, blok zinciri ve CPS yükselen eğilimler olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akıllı lojistik sistemler insan faktörünün giderek azaldığı, karmaşıklığın arttığı, akıllı ürünlerin depolanıp taşındığı, depolama, elleçleme ve taşıma sistemlerinin otonom olmaya doğru gittiği bir sisteme karşılık gelmektedir. Bu çalışmada akıllı lojistiğin tanımını, özelliklerini ve gerektirdiklerini ortaya koymak amacıyla bir literatür taraması yapılmıştır.

Literatür taraması sürecinde Endüstri 4.0 tasarım prensipleri tanımlanmış ve bu prensipleri destekleyen teknolojiler belirlenmiştir. Ortaya konan ilişki matrisi Endüstri 4.0 için sistem tasarımı yaparken tasarımcıya yol gösterir niteliktedir.

Temel lojistik faaliyetlerin (Taşıma, Depolama, Katma değerli hizmetler vb.) gerçekleştirilmesinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri araştırılmıştır. Mevcut uygulamalar IOT ve büyük veri analizini ön plana çıkarırken, lojistikte blok zinciri ve CPS uygulamaları yükselen eğilimler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında Endüstri 4.0'a geçerken lojistik sistemlerin belirlenen prensipler doğrultusunda nasıl tasarlanması gerektiği ortaya konacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Azuma, R. T. (1997), "A Survey of Augmented Reality", Presence: Teleoper. Virtual Environ., 6, Number, pp.355-385.
- [2] Barreto, L., Amaral, A., Pereira, T. (2017), "Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview", Procedia Manufacturing, 13, Number, pp.1245-1252.
- [3] Belle, I. (2017), "The Architecture, Engineering and Construction Industry and Blockchain Technology".
- [4] Berger, R. (2014), "Industry 4.0: The New Industrial Revolution—How Europe Will Succeed", Roland Berger strategy consultants.
- [5] Blanchet, M., Rinn, T., Thaden, G. V., Thieulloy, G. D. (2014), "Industry 4.0—the New Industrial Revolution [Online]", www.think-act.com
- [6] Cirulis, A., Ginters, E. (2013), "Augmented Reality in Logistics", Procedia Computer Science, 26, pp.14-20.
- [7] DHL (2016), "Logistics Trend Radar: Delivering Insight Today. Creating Value Tomorrow!", DHL Trend Research, T., Germany.
- [8] Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M. (2014), "Mensch-Maschine-Interaktion Im Industrie 4.0-Zeitalter", Editör, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik, , Springer, ss.525-542.
- [9] Gupta, M. (2017), "Blockchain for Dummies®, IBM Limited Edition", John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Henning, K. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0".
- [11] Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review".
- [12] Hofmann, E., Rusch, M. (2017), "Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics", Computers in Industry, 89, pp.23-34.
- [13] IBM (2017), "Three Ways Blockchain Explorers Chart a New Direction", IBM Institute for Business Value.
- [14] Kagermann, H., Lukas, W.-D., Wahlster, W. (2011), "Industrie 4.0: Mit Dem Internet Der Dinge Auf Dem Weg Zur 4. Industriellen Revolution", vdi-nachrichten.com, <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>
- [15] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0", Acatech.
- [16] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M. (2014), "Industry 4.0", Business & Information Systems Engineering, 6, pp.239-242.
- [17] Lee, E. A. (2008), "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 11th IEEE international symposium on Object oriented real-time distributed computing, ss.363-369.
- [18] Linn, L. A., Koo, M. B. (Year), "Blockchain for Health Data and Its Potential Use in Health It and Health Care Related Research", ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop, Gaithersburg, Maryland, United States.
- [19] Liu, J., An, Y. W., Qian, Y. (Year), "The Logistics Warehouse Management and Control Integrated System Based on Information Fusion", Advanced Materials Research, ss.726-731.
- [20] Mentzer, J. T., Dewitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., Zacharia, Z. G. (2001), "Defining Supply Chain Management", Journal Of Business Logistics, 22, pp.1-25.
- [21] Min, S., Mentzer, J. T. (2004), "Developing and Measuring Supply Chain Management Concepts", JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS, 25, Number, pp.63-99.
- [22] Nakasumi, M. (Year), "Information Sharing for Supply Chain Management Based on Block Chain Technology", Business Informatics (CBI), 2017 IEEE 19th Conference on, ss.140-149.
- [23] Otto, B. (2014), "Technik Fur Die Wandlungsfahige Logistik—Industrie 4.0", 23. Deutscher Materialfluss-Kongress.

- [24] Parvin, S., Hussain, F. K., Hussain, O. K., Thein, T., Park, J. S. (2013), "Multi-Cyber Framework for Availability Enhancement of Cyber Physical Systems", *Computing*, 95, Number, pp.927-948.
- [25] Perales, D. P., Valero, F. A., García, A. B. (2018), "Industry 4.0: A Classification Scheme", Editör, *Closing the Gap between Practice and Research in Industrial Engineering*, Springer, ss.343-350.
- [26] Pflaum, A. A., Gölzer, P. (2018), "The Iot and Digital Transformation: Toward the Data-Driven Enterprise", *IEEE Pervasive Computing*, 17, Number, pp.87-91.
- [27] Pfohl, H.-C., Yahsi, B., Kurnaz, T. (2015), "The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain", *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) - 20, Hamburg*, ss.32–58.
- [28] Pfohl, H.-C., Yahsi, B., Kurnaz, T. (2017), "Concept and Diffusion-Factors of Industry 4.0 in the Supply Chain", Editör, *Dynamics in Logistics*, Springer, ss.381-390.
- [29] Pour, M. A., Zanardini, M., Bacchetti, A., Zaroni, S. (2016), "Additive Manufacturing Impacts on Productions and Logistics Systems", *IFAC-PapersOnLine*, 49, Number, pp.1679-1684.
- [30] Ro, Y. K., Brem, A., Rauschnabel, P. A. (2018), "Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Concepts and Impact on Firm Value Creation", Editör, *Augmented Reality and Virtual Reality*, Springer, ss.169-181.
- [31] Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. (2015), "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries", *BCG Perspectives*, https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/
- [32] Sadouskaya, K. (2017), "Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain and Logistics", *Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Liiketoiminnan logistiikan koulutus, Lisans Tezi, Finlandiya*.
- [33] Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., Lappe, D. (2014), "Industrie 4.0 in Der Praktischen Anwendung", Editör, *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik. Anwendung, Technologien Und Migration*, ss.57–84.
- [34] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Ten Hompel, M., Wahlster, W. (2017), "Industrie 4.0 Maturity Index", *Managing the Digital Transformation of Companies*. Munich.
- [35] Smartfactory (2014), "The Keyfinder Production Line from Smartfactorykl.", http://dfki-3036.dfki.de/EN/keyfinder_system.php, 28.03.2018.
- [36] Tüslad (2016), "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0", Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576.
- [37] Veza, I., Mladineo, M., Peko, I. (2015), "Analysis of the Current State of Croatian Manufacturing Industry with Regard to Industry 4.0", *Vodice, Croatia: Croatian Association of Production Engineering*.
- [38] Wang, K. (2016), "Logistics 4.0 Solution - New Challenges and Opportunities", *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*.
- [39] Zissis, D., Lekkas, D. (2012), "Addressing Cloud Computing Security Issues", *Future Generation computer systems*, 28, pp.583-592.

LOJİSTİK 4.0 İÇİN TEKNOLOJİ ANALİZİ VE SEÇİMİ

Gülçin Büyüközkan¹, Merve Güler²

¹Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, gbuyukozkan@gsu.edu.tr

²Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, mguler@gsu.edu.tr

ÖZET

Lojistik süreçlerin her biri Endüstri 4.0'ı tetikleyen teknolojik yeniliklerle birlikte yeniden yapılanmaktadır. Lojistik 4.0 olarak tanımlayacağımız bu gelişim birçok alt başlığı kapsamaktadır: Entegre lojistik planlama ve uygulama, akıllı depolama, otonom ve B2C lojistik, lojistik analitiği ve akıllı lojistik. Bu alt sistemlerin tümü birbiriyle ilişkilidir ve bu dijital dönüşümde öne çıkan teknolojiler bulunmaktadır. Lojistik 4.0 için kullanılan dijital teknolojiler; büyük veri, sensörler, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, 3 boyutlu yazıcılar, sürücüsüz araçlar vb. olarak sıralanabilir. Firmalar, gelecek vaad eden teknolojilerden maksimum fayda sağlamayı amaçlamaktadır. Bu nedenle, firmaların kendi ihtiyaçları doğrultusunda en doğru teknolojiyi seçmek için teknoloji analizi yapmaları gerekmektedir. Bu çalışmada, lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların beklentilerini sıralamak ve teknoloji analizine yardımcı olacak sayısal bir metot sunmak amaçlanmıştır. Karar vericilerden alınan değerlendirmeler kesin olmayan kısmi ifadelerden oluştuğu için bulanık mantık çerçevesinde ilerlenmiştir. Önerilen metot bir lojistik firması için uygulanarak metodun kullanılabilirliği test edilmiş ve çalışmanın sonuçları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, Dijital teknolojiler, Lojistik 4.0, Teknoloji analizi.

TECHNOLOGY ANALYSIS AND SELECTION FOR LOGISTICS 4.0

ABSTRACT

Logistics processes are restructured together with the technological innovations that triggered Industry 4.0. This development that described as Logistics 4.0, includes several subheadings: Integrated logistics planning and implementation, intelligent storage, autonomous and B2C logistics, logistics analytics and intelligent logistics. All of these subsystems are interrelated, and there is technology that stands out in this digital transformation. Digital technologies used for Logistics 4.0 are; big data, sensors, internet of things, augmented reality, 3D printing, self-driving vehicles etc. Companies aim to provide maximum benefit from these promising technologies. For this reason, companies need to make technology analysis in order to choose the right technologies in line with their own needs. In this study, it is aimed to give information about the technologies that exist within the scope of logistics 4.0, to list firms' expectations and to provide a numerical method to assist in technology analysis. The evaluations from decision makers have progressed in the framework of fuzzy logic because they are composed of uncertain expressions. The proposed method is applied to a logistics company and the utility of the method is tested and the results of the study are given.

Keywords: Fuzzy logic, Digital technologies, Logistics 4.0, Technology analysis.

1. GİRİŞ

Günümüzde iş dünyasındaki değişim çok hızlıdır. Başarılı olabilmek için beklenen ve beklenmeyen değişimlere uyum sağlamak esastır. Çeviklik, değişimlere uygun biçimde ve uygun zamanda hızlıca yanıt verebilme ve bu değişimleri fırsata çevirme yeteneğidir (Yüksel, 2016). Gelişen teknolojiyle birlikte, firmaların çevikliğini arttırmalarının en önemli yolu Endüstri 4.0'dır. Endüstri 4.0 kavramı, ilk kez 2011 yılında Hannover Sanayi Fuarı'nda sunulmuştur. Endüstri 4.0; siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti teknolojilerini temel alan dördüncü sanayi devrimidir. Endüstri 4.0'ın amacı bu teknolojiler sayesinde akıllı üretim yaparak nesnelerin birbiriyle ve insanlarla iletişime geçmesini ve karar alma sürecinin hızlanmasını sağlamaktır (URL 1).

Endüstri 4.0, Lojistik 4.0 uygulamalarıyla birlikte lojistik sektörünün geleceğini şekillendirmeye başlamıştır. Lojistik 4.0; lojistikte nesnelere interneti teknolojisinin evrimiyle birlikte iş gücü tasarrufunun ve standardizasyonun gelişmesidir. Lojistikte kullanılan teknolojilerden bazıları, insan tarafından çalıştırılmayı gerektirmeyen işlemleri değiştirmektedir. Lojistik 4.0'da amaç, otomasyon ve mekanizasyon arasındaki mükemmel dengeyi sağlamaktır (Galindo, 2016). Fabrikaları "akıllı fabrika" haline getirecek teknolojiyi uygulamak, önemli bir yatırım yapılacağı için stratejik bir karardır. Ancak bu yatırım doğru teknolojinin uygulanmasıyla birlikte, lojistik maliyet performansının iyileştirilmesi ve zamandan tasarruf olarak geri dönecektir. Nitekim doğru karar vermek için firmaların bu teknolojilerden neler beklediklerini tam olarak ifade etmeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 kapsamında var olan ileri teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların bu teknolojilerden beklentilerini gruplandırmak ve bu teknolojilerin firmaların beklentisine olan etkilerini analiz etmeye yardımcı olacak sayısal bir metot sunmaktır. Uzmanlardan alınan değerlendirmelerin sayılarla ifadesi zor olduğu için, çalışmada dilsel ifadeler kullanılmıştır. Bu ifadeler kesin olmadıkları için bulanık mantık çerçevesinde ilerlenmiştir. Bu sayede sayısal metot gündelik hayata uygun hale getirilmiştir.

Çalışmada öncelikle, firmaların Lojistik 4.0 konseptinde var olan teknolojilerden beklentilerinin tam olarak neler olduğu literatür araştırması yapılarak, endüstri raporları taranarak ve konunun uzmanlarına danışılarak elde edilmiştir. Elde edilen 15 adet firma beklentisi; stratejik, taktik ve operasyonel seviyeler için olmak üzere gruplandırılmıştır. Diğer yandan lojistik sektöründe revaçta olan ileri teknolojiler araştırılmış ve bu çalışmada incelenmek üzere 10 adet teknoloji seçilmiştir. Daha sonra, etki matrisi oluşturularak uzmanlardan bu matrisi dilsel ifadeler kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Sonuç olarak hangi teknolojilerin firmaların beklentilerine en çok etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın planı şu şekildedir; ilk bölümde çalışma konusuna ve amacına giriş yapıldıktan sonra ikinci bölümde literatürde konuyla ilgili yer alan çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde lojistikte kullanılan ileri teknolojiler 10 alt başlık halinde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise, lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların teknolojilerden beklentileri açıklanmıştır. Beşinci bölümde etki matrisi adı altında sayısal bir metot sunularak gerçek verilerle metodun uygulaması yapılmıştır. Son bölümde, çalışmanın sonuçları ve gelecek çalışmalar için perspektif verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde yer alan çalışmalar, Endüstri 4.0 kavramının son beş yılda gelişmesi nedeniyle genellikle son yıllarda yapılmıştır. Kaynaklar, "Lojistik 4.0", "lojistikte dijitalleşme", "dijital lojistik", "Endüstri 4.0", "lojistikte teknoloji seçimi" anahtar kelimeleri türkçe ve ingilizce yazılarak bulunmuştur. Aramalar, "web of science", "science direct" ve "google scholar" web siteleri üzerinden yapılmıştır.

Kunz ve Schmorte (2016), Lojistik 4.0 kavramını akıllı, bağlı ve dijital olarak nitelendirerek lojistikteki ihtiyaçların ve bu sektörde büyük veri teknolojisinin kullanımının analizini yaptı. Al vd. (2017), Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki olası etkilerini incelemiş ve Lojistik 4.0 konusunu benimsemiş bir firma için uygulama yapmıştır. Avcı ve Aydın (2017), sürücüsüz araçların gelişimini incelemiştir. Barreto vd. (2017), lojistik ihtiyaçların değiştiğine, artık daha çok şeffaflık ve bütünlüğün kontrolünün gerektiğine değinmiştir. Borgi vd. (2017), lojistik sektöründe yeni bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımının kaçınılmaz olduğuna değinerek büyük verinin bu sektördeki kullanımının detaylı literatür çalışmasını yapmıştır. Çelebi ve İmre (2017), akıllı ulaşım sistemlerini inceleyerek literatür taraması yapmış ve bu sistemleri sınıflandırarak kullanılan verinin ve kaynakların analizini yapmıştır.

Delfino vd. (2017), yakıt tasarrufu sağlamak için kullanılan ileri filo yönetim teknolojilerini kullanan bir model sunmayı ve bu modelin uygulamasının lojistik şirketler için faydalarını göstermeyi amaçlamıştır. Heilig vd. (2017), şehirlerdeki trafiğin yarattığı kirlilik probleminin çözülmesi için bulut teknolojisi tabanlı karar destek sistemini sunarak dijitalleşmenin ve optimizasyonun çevresel konulardaki önemine değinmiştir. Kazan ve Özçelik (2017), Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kavramlarını detaylı inceleyerek bu kavramların yaratabileceği fırsat ve tehlikelere değinmiştir. Micieta vd. (2017), akıllı lojistik sistemlerinin dizaynının yapıldığı bir model sunmuştur. Yaqiong vd. (2017), nesnelere interneti tabanlı bir depo yönetim sistemi modelini akıllı lojistik sistemi kapsamında aktarmış ve bulanık mantık tekniğinden yararlanarak en uygun sipariş toplama metodunu seçmiştir. Bahadır ve Büyüközkan (2016), Lojistik 4.0 teknolojilerinden biri olan robotların depolarda kullanılmak üzere seçimi için bir karar verme yöntemi sunmuştur. Bir başka çalışmada Büyüközkan vd. (2016) akıllı gözlük teknolojisinin lojistikte kullanılması konusuna değinerek en uygun akıllı gözlük seçimine yardımcı olacak bir metot sunmuştur.

3. LOJİSTİK 4.0 KAPSAMINDA VAR OLAN TEKNOLOJİLER

Lojistik sektöründe, önümüzdeki yıllarda işgücü gereksinimi ve teknoloji kabulünde sistematik ve büyük bir değişim yaşanacaktır. Lojistik sektörü, artan rekabetin karşısında nitelikli işçilerin yetersiz kalmasıyla karşı karşıya kalacaktır. Bu zorlukları çözmek için lojistik sektörü, dijital dönüşüm gerçekleştirmek durumunda kalacaktır.

Nitekim, otomasyon teknolojilerinin benimsenmesi, büyük veri teknolojisinin yaygın kullanılması, sürücüsüz araçlarla iş yapılması vb. giderek daha karmaşık hale gelen müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve nitelikli iş gücü yetersizliği ile baş etmek için önemli ölçüde artacaktır. Özetle, dijital dönüşümü yani Lojistik 4.0'ı en doğru şekilde benimseyen ve teknolojilerini doğru şekilde kullanan firmalar hayatta kalacaktır. Çalışmanın bu bölümünde, lojistik firmalara rehberlik etmesi amacıyla Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojiler detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3.1. Büyük Veri

Büyük veri, kapasite planlama ve araç yolu optimizasyonu gibi alanlarda verimliliği artırmak için büyük ölçekli veri hacimlerini değerli bir ögeye dönüştürerek lojistik sektöründe ilerlemeye başlamış durumdadır. Büyük verinin potansiyelini tam kullanmak için çoklu veri akışlarından yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin (sosyal, görüntüler, video vb.) entegrasyonu sağlanmalıdır. Analitik teknolojilerin ilerlemesiyle birleşince, veri odaklı işletme ve işletme modellerinden para kazanmak için heyecan verici yeni yollar daha da açılacaktır (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- Tedarik zinciri, varlıklar ve personel için gelişmiş operasyonel verimlilik, görünürlük
- Talep ve kapasite dalgalanmaları için geliştirilmiş öngörüler ve gerçek zamanlı ayarlamalar
- Veri odaklı lojistik hizmetleri ile müşteri sadakatinde artış
- Veri odaklı zeki sistemlerle yeni iş fırsatları

ANAHTAR ZORLUKLAR

- İş ve bilgi teknolojileri uyumluluğu
- Veri toplama ve koruma ile ilgili gizlilik kaygısı
- Veri şeffaflığı ve erişimi
- Veri kalitesi ve uygun veri bilimi becerileri

3.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti; hemen hemen her şeyi internete bağlama ve veri odaklı lojistiği hızlandırma potansiyeline sahiptir. 2020 yılına kadar 50 milyar nesnenin İnternete bağlanacağı ve bunun lojistikte 1,9 trilyon doları bulan bir fırsatı yaratacağı tahmin edilmektedir (URL 3). LoRaWAN™ gibi yeni adanmış nesnelerin interneti şebekeleri, nesnelerin internetinin benimsenmesinin hızını artırmak için ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, nesnelerin internetinin çoğu büyük şirketin gündeminde bir öncelik haline gelmesi şaşırtıcı değildir. Bununla birlikte, bugüne kadar önemli ticari etkileri olan çok az sayıda lojistik uygulaması somutlaşmıştır. Bu durum, büyük oranda endüstrideki standartların yetersizliğinden, güvenlik endişelerinden ve nesnelerin interneti yeniliklerinin esasen tüketici pazarında geliştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, lojistik, iş gereksinimlerini karşılayan benzer sağlanmış sürümler piyasaya çıkana kadar beklemek zorunda kalacaktır (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- Lojistik operasyonların şeffaflığında, izlenebilirliğinde ve güvenilirliğinde artış
- Karmaşık ortamlarda karar vermeyi otomatikleştirmeye bağlı olarak daha yüksek işletme verimliliği ve maliyet düşüşü
- Eşyaları gerçek zamanlı olarak izlemek, hizmet kalitesini artırabilir, varlık kullanımını optimize edebilir ve mal hırsızlığı, hasar ve zarar vermeyi önleme
- Müşteriler için daha dinamik ve özelleştirilmiş dağıtım hizmetlerinin yaratılması

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Lojistik endüstrisinde yüksek düzeyde parçalanma seviyesi, lojistik nesnelerin interneti standardının geliştirilmesini gerektirir.
- Nesnelerin interneti destekli tedarik zincirindeki veri ve güvenlik sorunları ve endişeleri
- Nesnelerin interneti donanımı, özellikle sağlamlık ve pil ömrü bakımından lojistikteki geniş dağıtımlar için daha sağlamlştırılmalıdır.

3.3. Artırılmış Gerçeklik

Akıllı gözlüklerle erişilen Artırılmış Gerçeklik (AG), öngörülen etki düzeylerini aştı. Şimdiye dek lojistikte sipariş toplama için akıllı gözlükler akıllı, el kullanılmayan operasyonları etkinleştirdi. İlk uygulamalar umut verici sonuçlar vermiştir. DHL ve Ricoh'un Hollanda'daki bir pilot çalışması, %25'lik bir verimlilik artışının yanı sıra kullanıcılardan gelen güçlü olumlu geribildirimler gösterdi (URL 2), (URL 4).

ANA FIRSATLAR

- El kullanılmayan operasyonlarda (ör., Barkod tanıma) daha yüksek verimlilik ve hatasız işlemler
- Depo taşıma sürelerinin kısaltılması
- Maliyeti düşürürken aynı zamanda kalite ve performansı da geliştirme
- Kullanıcı dostu arayüzü ve dil esnekliği sayesinde daha hızlı eğitim

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Mevcut depo yönetim sistemlerine entegrasyon, yeni standartlar ve arayüzler gerektirir.
- Mevcut AG cihazlarının ve sistemlerinin sağlamlığı ve güvenilirliği daha fazla araştırılmalıdır.

3.4. Sürücüsüz Araçlar

Sürücüsüz araçlar lojistikte çoktan ilerlemiş ve depo operasyonlarında ticari kullanım için bir seviyeye ulaşmıştır. Özerk servislerin ve forkliftlerin (örneğin, Linde ve Balyo) birinci nesilleri, depolamanın açıkça tanımlanmış ve kontrol edilen alanlarında konuşlandırılarak, verimlilikte ve performansta yeni seviyelerinin kilidini açıyor (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- 7/24 kullanımıyla operasyonel üretkenliğin ve varlık çalışma süresinin artırılması
- İnsan hatasını ortadan kaldırarak daha fazla güvenilirlik ve kalite
- Çevrede daha düşük etkiye sahip en uygun yönlendirme ile daha iyi yakıt verimliliği

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Sürücüsüz araçlar dinamik ortamlarda konuşlandırılmadan önce teknolojinin olgunlaşması gerekir.
- Birçok ülkede tamamen sürücüsüz araçlarla ilgili yasal kısıtlamalar bulunmaktadır.
- Bilgisayar korsanlarının ve yazılım hatalarının potansiyel riski
- Sigorta ve sorumluluk soruları çözümlenmelidir.
- İşçiler ve halk tarafından sosyal kabul

3.5. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA'lar) veya dronlar, genel kabul görmeden önce halen biraz zaman gerektiriyor. İHA'ların ticari kullanımı çoğu ülkede yoğun şekilde düzenlenmiştir; Ancak ilk testler, özellikle de kırsal alanlarda doğum senaryolarında İHA'nın gelecek potansiyelini göstermiştir. Örneğin, DHL'nin Parcelcopter'ı başarıyla test edildi; ilaçlar ve acilen ihtiyaç duyulan diğer malları bir adaya ve Almanya'nın uzak bir dağ bölgesine gönderdi. Bu tür projelerden sağlanan deneyimler, teknolojiyi daha da geliştirmeye ve uygulanmasını hızlandırmaya yardımcı olacaktır (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- İlk ve son kilometre lojistik ağlarının operasyonel etkinliğinde artış
- Uzak bölgelerde otomatik teslimat yoluyla risk ve kazalarında azalma
- Artan esneklik ve teslimat hızı, özellikle kalabalık mega şehirlerde

ANAHTAR ZORLUKLAR

- İHA'ların izinsiz engellenmesi veya hacklenmesi
- Gizlilik ve güvenlik konusundaki endişeler
- İHA trafiğinin entegrasyonu

3.6. Robot Teknolojileri ve Otomasyon

Karmaşık lojistik operasyonları ve maliyet duyarlılığı, geçmişte endüstriyel robotların benimsenmesindeki kilit engellerdi. Yeni nesil robotlar değişti; daha hafif, daha esnek, programlanması daha kolay ve daha ekonomik hale geldi. DHL'nin işbirlikçi robotlar kullanarak yaptığı başarılı testler, robotların lojistik operasyonlarda tekrarlayan ve fiziksel olarak zorlayıcı görevleri destekleyerek çalışanların yanında yan yana çalışabileceklerini gösterdi (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- Esnek otomasyon çözümleri, piyasa dalgalanmalarını maliyet etkin bir şekilde karşılamak için lojistik altyapısının esnekliğini ve esnekliğini artırır.
- Eş paketleme gibi görevleri otomatikleştirmek verimliliği artırmaya ve stok seviyelerini ve maliyeti düşürmeye yardımcı olur.
- Depo görevlileri, tekrar eden ve fiziksel yorucu görevlere yerleştirildiğinde, daha karmaşık görevlere ve istisna işlemlerine odaklanabilirler.

ANAHTAR ZORLUKLAR

- İnsan işçilerinin yanında robotların kullanımına ilişkin yasal kısıtlamalar
- Otomasyona karşı insan güvencesi güvenliği gibi yeni düzenleyici, hesap verebilirlik, etik ve yasal konular ortaya atar.

3.7. Biyonik Güçlendirme

Sensörlerdeki ve nanoteknolojilerdeki gelişmeler, daha önce tahmin edilemeyen biyonik çözümleri mümkün kılmıştır. İleriye dönük düşünen şirketler, işletmedeki sağlık izleyicisi veya dış iskelet gibi giyilebilir materyalleri benimseme yollarını araştırıyor. Lojistik sektöründeki kullanım örnekleri, özellikle manuel taşıma faaliyetlerinde tekrarlayan hareketlerin neden olduğu stres ve gerginliği azaltmak için sağlık ve emniyetin geliştirilmesine odaklanacaktır (URL 2). Bu, 2014 yılında ABD özel sektöründe en yüksek iş kazası ve hastalık sıklığına sahip nakliye ve depolama sektöründe kilit bir sorundur (URL 5). Giyilebilir teknoloji ve ergonomik olarak tasarlanmış biyonikler, ilgili yaralanmaları ortadan kaldırmada bir çözüm olabilir.

ANA FIRSATLAR

- Giyilebilir eşyadan gerçek zamanlı operasyonel analiz yoluyla etkinliğin artırılması, proaktif düzeltme sağlanması
- Hareket ve düşünce kontrol teknolojileri ile eller serbest görev yürütme için devrimci potansiyel
- İşe yarayan yaralanmaların önemli ölçüde azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması, sağlık ve güvenlik standartlarının yükseltilmesi

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Bu eğilim endüstriyel kabulün ilk safhalarında olduğu için herhangi bir maliyet/fayda göstergesi mevcut değildir.
- Çoğu biyonik madde şu anda kurumsal kullanım için olgunlaşmamıştır ancak çabuk gelişmektedir.
- Güvenilir işlevsellik sağlamak için sürekli güç kaynağı tedariki şu anda geniş uygulama için yetersizdir.

3.8. 3B Baskı

Üretimde 3B yazıcıların kullanılması ile ürünlerin son konfigürasyonu isteğe bağlı olarak elde edilebilir; bu da son derece bireyselleştirilmiş ürünler için daha kısa teslim süreleri sağlar (ör. kişiselleştirilmiş bir tasarım veya ürüne bir isim eklenmesi). Ancak bölgesel lojistik ağları, artan sayıda üretim stratejileri ve küresel/kıtalararası bölgeden daha bölgesel/yerel tedarik zincirlerine ve dağıtımına geçiş nedeniyle daha karmaşık hale gelecektir. 3B yazıcıların geleneksel imalatın yerine tamamen seçilmiş parçalar için kullanılmasına bağlı olarak, bir şirketin tedarik zinciri stratejisi, planlaması ve uygulanması üzerindeki etkisini dikkatlice değerlendirmesi gerekebilir (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- Lojistik sağlayıcılar, hammadde ve son ürünler için karmaşık ve parçalı tedarik zincirinin orkestra şefi olabilir.
- 3B baskı, yeni pazar segmentleri ve değer yaratma fırsatları yaratır (ör., Dijital ambarlar, 3B veri barındırma ve değiştirme konusunda güvenilir hizmet sunumu)
- Kullanıma daha yakın ürünler yaratarak taşıma maliyetlerini ve zamanı azaltır.

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Malzemeler üzerindeki kısıtlamalar ve 3B baskının hızı bu teknolojinin tam olarak benimsenmesini erteleyebilir
- Dijital tasarım şablonlarının yazarları bilgisayar korsanları tarafından hedef alınabilir ve telif hakkı ihlaline neden olabilir.
- Hatalı 3B baskılı ürünler durumunda sorumluluk sorununu çözmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

3.9. Bulut Lojistik

Son yıllarda, lojistik sağlayıcıları yenilikçi tedarik zinciri çözümleri için BT hizmetlerine hızlı, verimli ve esnek erişim sağlayan bulut lojistiğini benimsemeye başladı. Günümüzde şirketler, bulut bilişim hizmetlerini bulut platformlarında çalıştırdıklarında yerel lojistik bilişim uzmanlarına anlık erişim sağlayarak küresel pazarlara daha kolay erişmektedirler. Gelecekte, ana odak, özellikle güvenlik açısından ve bulutun gerçek zamanlı, geniş ölçekli operasyonlardaki teknolojik performansı açısından 'buluta hazırlık' üzerine olacaktır (URL 2).

ANA FIRSATLAR

- BT hizmetlerinin yüksek isteğe bağlı ölçeklenebilirliği ile etkinleştirilen çevik, esnek ve elastik iş modelleri
- Özelleştirilmiş, kişiselleştirilmiş lojistik hizmetleri, özellikle küçük ve orta ölçekli şirketler için uygun fiyatlı hale gelir

- Dijitalleştirilmiş süreçler ve kolaylıkla paylaşılan gerçek zamanlı veriler aracılığıyla tedarik zinciri süreçlerini kontrol etme becerisi geliştirildi
- Kullanım başına ödeme veya kiralama modelleri aracılığıyla LaaS (logistics-as-a-service) yazılımının kullanıcıları için fiyat şeffaflığının artırılması

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Veri taşıma ve güvenlik konularının hala kanıtlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (ör., Hassas verilerin kontrolünü sürdürmek)
- Modüler bulut hizmetlerinin tedarik zinciri yönetim sistemlerine uyumluluğu ve entegrasyonu hala zorlayıcı bir unsurdur
- Artan veri hacimleri ve gerçek zamanlı gereksinimlerle tetiklenen gecikme gibi performansla ilgili endişeler

3.10. Dijital Belirleyiciler

Son yıllarda, görünmez barkodlar ve QR kodları gibi yeni teknolojiler, akıllı baskıyı/etiketi etkinleştirdi ve biyometrik cihazlar nesnelere ve hatta insanların daha kesin tanımlanması için çeşitli endüstrilerde benimsenmeye başlandı. Her toplu iş, sevkiyat ve varlık için bir kimlik koyarak, belirli öğelerin yerini belirlemek, ek güvenlik bilgileri sağlamak ve küresel tedarik zincirlerine yeni nesil parça ve izleme özellikleri yüklemek mümkündür. Dijital filigran, tek kullanımlık zeki etiketler ve düşük maliyetli biyometri gibi yeni nesil dijital tanımlayıcılar, tedarik zinciri yönlendirme, varlık, stok ve envanter yönetimi ve uçtan uca güvenlik için öngörülü kontrol seçeneklerini genişletmektedir. Dijital kimlik tanıma için farklı teknolojilerin artan kullanımı ve artan olgunluğu ile eksiksiz şeffaflık ve izlenebilirliğe sahip bağlı bir tedarik zinciri vizyonu giderek daha fazla somut hale gelmektedir (URL 2).

ANA FIRSATLAR

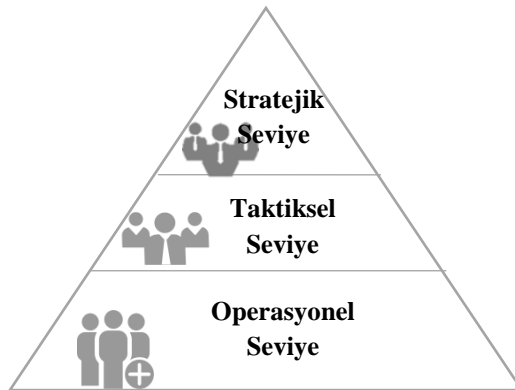
- Tedarik zincirindeki bilgilerin toplanmasını ve depolanmasını kolaylaştırır.
- Tedarik zincirlerinin daha olgun yönetimi için yeni seviyelerde şeffaflık, izlenebilirlik ve kimlik doğrulama sağlar.
- Bütünlüğün kontrolü, dolandırıcılık tespiti ve hasar idaresi işlemlerini kolaylaştırarak ürün güvenliğini artırır.

ANAHTAR ZORLUKLAR

- Uluslararası standartların olmaması, gizlilik politikaları ve yatırım maliyetleri, tüm tedarik zinciri sağlayıcıları arasında geniş bir başvuru ve kabulü engelliyor.
- Ek verileri alıp işleyebilme yeteneği, yalnızca kısmen var olan gönderici ve alıcı yetenekleri arasındaki bir eşleşmeye bağlıdır.
- Birçok yeni veri kaynağı ve yönetilecek büyük veri hacimleri nedeniyle veri koruma hala bir sorundur.

4. LOJİSTİK FİRMALARIN BEKLENTİLERİ

Önümüzdeki yıllarda dijital dönüşüm gerçekleştirmeye karar veren firmalar için her anlamda büyük bir değişiklik yaşanacaktır. Firmalar, bu dönüşümün arkasındaki nedenleri; artan rekabet koşulları, müşteri ihtiyaçları, daha fazla kar etme vb. olarak sıralasa da, çoğu zaman dönüşümden neler beklediğini net olarak belirlemezler. Bu çalışmada, firmaların Lojistik 4.0'dan tam olarak neler beklediğinin anlaşılması için öncelikle literatürde yer alan çalışmalar ve endüstri raporları okunarak firma beklentileri ile ilgili bir taslak oluşturulmuştur (Büyükoğuzkan, 2016), (Lee vd., 2017), (Dong vd., 2018). Daha sonra konunun uzmanlarına danışılarak, Şekil 1'de verilen klasik yönetim seviyeleri için bu beklentiler, son haline getirilmiştir. Lojistik sektöründe yer alan firmaların Lojistik 4.0 teknolojilerinden beklentileri Şekil 1'de verildiği gibi üç başlık halinde sıralanabilir.



Şekil 1: Klasik yönetim piramidi

4.1. Stratejik Seviyede Beklentiler

Stratejik seviyede genel olarak geleceğe yönelik ve belirsizlik oranı yüksek kararlar alınır. Firmaların uzun dönemli planları bu seviyede yer alan üst düzey yöneticiler tarafından belirlenir. Stratejik seviyede beklentiler belirlenirken, lojistikte uzun vadede teknolojilerden elde edilmesi planlanan faydalar göz önünde bulunduruldu. Örneğin, aracısız iş yapabilmek (S5) için firmanın radikal bir karar alması, iş yapış biçimini tamamen değiştirmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, Lojistik 4.0 teknolojileri sayesinde müşteri sadakatinde artış sağlamayı beklemek (S3) uzun vadeli bir planlamadır. Belirlenen 6 tane stratejik seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- Stratejik karar almada yardım (S1)
- Tedarik zincirinde risk yönetimi (S2)
- Müşteri sadakatinde artış/ müşteri değer yönetimi (S3)
- Güvenli iş süreçleri-Dijital kontrol (S4)
- İnsana olan bağlılıkta azalma-Aracısız iş (S5)
- Gerçek zamanlı veri ve doğru bilgiye erişim kolaylığı (S6)

4.2. Taktik Seviyede Beklentiler

Taktik seviyede genellikle stratejik seviyede verilen kararların uygulanması yapılır. Firmaların günlük olmayan işlerinin planlanması bu seviyede yapılır. Bu seviyedeki beklentiler belirlenirken, firmaların teknolojilerden taktiksel anlamda ne kazanımlar sağlamak istedikleri sorgulandı. Örneğin, tedarik zincirinin her aşamasının izlenebilir olması (T3), firmalara şeffaflık kazandıracak ve bu sayede takip etme işi kolaylaşacaktır. Çevresel konuların giderek önem kazandığı günümüzde, ileri teknolojilerin yardımıyla doğru rotalama yapılarak yakıt tasarrufu (T4) sağlamak mümkündür. Değişen koşullara hızlı ayak uydurma noktasında ürünlerin teslimat yerlerinde, zamanlarında, miktarlarında, yapısında vb. esneklik sağlanması (T5) önemlidir. Belirlenen 5 tane taktik seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- İleri derecede talep ve sipariş tahmin doğruluğu (T1)
- Kaynak kullanımı optimizasyonu (T2)
- Tedarik zinciri boyunca görünürlüğü artması-Şeffaflık, takip (T3)
- Enerji (yakıt) tasarrufu (doğru rotalama) (T4)
- Teslimat esnekliği (T5)

4.3. Operasyonel Seviyede Beklentiler

Operasyonel seviyede genellikle taktik seviyede verilen kararlar uygulanmaktadır. Bu seviyede firmaların bu teknolojiler sayesinde günlük iş yapış biçimlerinin ne şekilde değişebileceği sorgulandı. Örneğin, insan gözünden kaçan hataların, ileri teknolojiler sayesinde önlenmesine bağlı olarak hata oranında azalma (O2) beklenmektedir. Ayrıca, lojistik operasyonlarda ileri teknolojilerin kullanımı belli bir standardizasyon gerektirdiği için, süreçlerin çevrim sürelerinde azalma (O3) ve izlenebilirlik/denetlenebilirlikte artma (O4) olması beklenmektedir. Belirlenen 4 tane operasyonel seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- Depo faaliyetlerinde verimlilik artışı (O1)
- Hata oranında azalma (O2)
- Süreçlerin çevrim sürelerinde azalma (O3)
- İzlenebilirlik ve denetlenebilirlik artışı (O4)

5. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde bir lojistik firması için teknoloji analizi uygulaması yapılacaktır. Gizlilik sebebiyle firmanın ismi verilmemektedir. Öncelikle, çalışmanın ön kısmında belirlenen 10 adet teknoloji ile firmaların 15 adet beklentisi arasında bir etki matrisi oluşturulmuştur. Uzmanlardan bu matrisi bulanık dilsel ifadeler kullanarak doldurmaları istenmiştir. Çalışmada kullanılan bulanık dilsel ifadeler kısaltmalarıyla birlikte Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Bulanık dilsel ifadeler ve karşılıkları (Beg ve Rashid, 2013)

Dilsel İfade	Kısaltma	Bulanık Sayılar
Etkisi Yok	EY	(0,0,0.17)
Çok Düşük Derecede Etkili	ÇDDE	(0,0.17,0.33)
Düşük Derecede Etkili	DDE	(0.17,0.33,0.5)
Orta Derecede Etkili	ODE	(0.33,0.5,0.67)
Yüksek Derecede Etkili	YDE	(0.5,0.67,0.83)
Çok Yüksek Derecede Etkili	ÇYDE	(0.67,0.83,1)
Mükemmel Derecede Etkili	MDE	(0.83,1,1)

Örneğin büyük veri teknolojisinin müşteri alışkanlıklarını analiz etmede ve kişiye özel fırsatlar yaratarak müşteri kazanmada önemli rol oynadığı bilinmektedir. Nitekim, büyük veri teknolojisinin müşteri sadakatinde artış/ müşteri değer yönetimi (S3) bileşenine etkisi uzmanlar tarafından mükemmel derecede etkili (MDE) olarak belirlenmiştir. Tablo 2’de uzmanların değerlendirilmelerinin tamamı verilmiştir.

Tablo 2: Uzmanların değerlendirmeleriyle oluşturulan etki matrisi

Beklentiler	Teknolojiler									
	Büyük Veri	Nesnel İnterneti	Artırılmış Gerçeklik	Sürücü Araçlar	İnsansız Hava Araçları	Robot Teknolojileri-Otomasyon	Biyonik Güçlendirme	3B Baskı	Bulut Lojistik	Dijital Belirleyiciler
S1	MDE	ÇYDE	EY	EY	EY	ÇDDE	ÇDDE	EY	MDE	ÇDDE
S2	MDE	ÇDDE	EY	EY	YDE	DDE	DDE	DDE	ODE	DDE
S3	MDE	MDE	EY	ÇDDE	ÇDDE	EY	EY	MDE	ODE	DDE
S4	ÇDDE	DDE	ÇYDE	MDE	ÇDDE	ODE	MDE	EY	DDE	MDE
S5	EY	ODE	YDE	MDE	MDE	MDE	YDE	DDE	EY	ODE
S6	ÇYDE	MDE	MDE	EY	ÇDDE	ÇDDE	ODE	EY	MDE	MDE
T1	MDE	MDE	ÇDDE	EY	ODE	EY	EY	EY	ÇYDE	MDE
T2	MDE	ODE	DDE	YDE	YDE	YDE	ODE	YDE	ÇYDE	ODE
T3	MDE	MDE	YDE	ÇDDE	MDE	DDE	YDE	EY	ÇYDE	MDE
T4	MDE	EY	EY	MDE	ÇYDE	EY	EY	EY	EY	EY
T5	MDE	ODE	EY	DDE	MDE	MDE	ÇDDE	MDE	EY	ÇDDE
O1	EY	ÇDDE	MDE	EY	EY	MDE	MDE	ÇDDE	EY	ODE
O2	EY	ODE	MDE	MDE	MDE	MDE	MDE	DDE	ÇDDE	YDE
O3	EY	DDE	MDE	DDE	DDE	MDE	ÇYDE	MDE	EY	ODE
O4	EY	MDE	ÇYDE	DDE	MDE	ÇDDE	YDE	EY	DDE	MDE

Tablo 2’deki verilerden yola çıkarak ve Tablo 1’deki üçlü bulanık sayılar kullanılarak, dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Üçlü bulanık sayının $\tilde{A}=(l,m,u)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Wu vd., 2009):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)} & \text{eğer } l \leq x \leq m \text{ ise,} \\ \frac{(u-x)}{(u-m)} & \text{eğer } m \leq x \leq u \text{ ise,} \\ 0 & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık sayılarla toplama işlemi yapmak için, bulanık mantık aritmetiğinden yola çıkılarak aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (Klir, 1997):

$$[\underline{a}, \bar{a}] + [\underline{b}, \bar{b}] = [\underline{a+b}, \bar{a} + \bar{b}] \quad (2)$$

Her bir teknoloji için öncelikle ayrı ayrı her bir seviye için (stratejik, taktik, operasyonel), daha sonra genel olarak toplama yapılmıştır. Toplanan bu üçlü bulanık değerlerden tek bir değer elde etmek için defuzzification işlemi yapılmıştır. (Hsieh vd., 2004) Bu işlem sonucunda her bir teknoloji için, en iyi bulanık olmayan performans değeri (Best Nonfuzzy Performance Value (BNP)) hesaplanmıştır:

$$BNP_i = \frac{[(u_i-l_i) + (m_i-l_i)]}{3} + l_i, \quad \forall_i \quad (3)$$

Yapılan hesaplamaların sonunda bulunan BNP değerleri ve sıralamalar her bir seviye için ve genel olarak olmak üzere Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Çalışmanın sonuçları

Teknolojiler	Stratejik Seviye		Taktik Seviye		Operasyonel Seviye		Genel	
	BNP	Sıralama	BNP	Sıralama	BNP	Sıralama	BNP	Sıralama
Büyük Veri	3.887	1	4.717	1	0.227	10	8.830	1
Nesnelerin İnterneti	3.720	2	2.943	3	1.943	6	8.607	2
Artırılmış Gerçeklik	2.613	6	1.280	10	3.663	1	7.557	5
Sürücüsüz Araçlar	2.223	7	2.167	6	1.667	7	6.057	9
İnsansız Hava Araçları	2.167	8	3.887	2	2.277	5	8.330	4
Robot Teknolojileri-Otomasyon	2.167	8	2.057	7	2.997	3	7.220	7
Biyonik Güçlendirme	2.667	5	1.447	9	3.387	2	7.500	6
3B Baskı	1.780	10	1.780	8	1.500	8	5.060	10
Bulut Lojistik	3.277	3	2.613	4	0.613	9	6.053	8
Dijital Belirleyiciler	3.220	4	2.610	5	2.610	4	8.440	3

Çalışmanın sonucunda, “Büyük Veri” teknolojisi, stratejik, taktik seviyelerde ve genel sıralamada birinci olmuştur. Operasyonel seviyede ise “Artırılmış Gerçeklik” birinci olmuştur. İkinci önemli teknoloji; stratejik seviyede ve genelde “Nesnelerin İnterneti” olurken, taktik seviyede “İnsansız Hava Araçları”, operasyonel seviyede ise “Biyonik Güçlendirme” teknolojisi olmuştur. Bu sonuçlara baktığımız zaman, genel sıralamada firmaların stratejik seviyedeki beklentilerinin payının ne kadar büyük olduğunu mümkündür.

6. SONUÇ VE PERSPEKTİF

Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 kapsamında var olan ileri teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların bu teknolojilerden beklentilerini gruplandırmak ve bu teknolojilerin firmaların beklentisine olan etkilerini analiz etmeye yardımcı olacak sayısal bir metot sunmak olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle var olan ileri teknolojiler incelenmiş, firmaların bu teknolojilerden beklentilerinin neler olabileceği literatür taraması ve uzman görüşleri vasıtasıyla üç yönetim seviyesi için belirlenmiştir (stratejik, taktik, operasyonel). Uzmanlardan alınan bilgiler ışığında, bu teknolojilerin lojistik firmaların beklentilerine olan etkileri etki matrisi oluşturularak incelenmiştir. Sayısal metodu gündelik hayata uygun hale getirmek amacıyla, dilsel ifadelerin kullanıldığı bulanık mantık çerçevesinde ilenmiştir. Bu sayede uzmanların düşüncelerini sayılarla ifade etme zorluğunun önüne geçilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre lojistik sektöründe büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin firmaların beklentilerine etkisi büyüktür. Bu doğrultuda, Lojistik 4.0 için karar veren firmaların bu iki teknolojiye diğer teknolojilerden daha fazla önem vermesi kaçınılmazdır. Teknolojilerden bazılarının lojistik sektöründe tam anlamıyla uygulanabilmesi için zamana ihtiyaç olduğunu da vurgulamak gerekmektedir. Bu çalışma, yeni bir model sunması ve metodoloji önermesi açısından lojistik sektöründeki yöneticilere ve konuyla ilgilinen araştırmacılara yardımcı olacaktır.

Gelecek çalışmalarda, firmaların beklentilerinin önem dereceleri hesaba katılabilir. Bu sayede, firmaların önem derecesi yüksek beklentilerini etkileyen teknolojiler daha çok ön plana çıkacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar finansal desteği için Galatasaray Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkür ederler (Proje no: 18.402.001). Yazarlar çalışmanın her aşamasında destek sağlayan uzmanlara da değerli katkıları için teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] Al, E, Özsalih, E., Yenipazarlı, B.M. (2017). “Uygulama Örnekleri İle Neden Lojistik 4.0”, Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, ss.53.
- [2] Avcı, C., Aydın, N. (2017). “Sürücüsüz Araçların Gelişimi ve Gelecek Vizyonu”, Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, ss.13.
- [3] Bahadır, B., Büyüközkan, G. (2016). “Robot Selection for Warehouses”, XIV. International Logistics and Supply Chain Congress, 1-2 December 2016, İzmir, pp. 341-349.
- [4] Barreto, L., Amaral, A., Pereira, T. (2017). “Industry 4.0 implications in logistics: an overview”, Procedia Manufacturing, 13, pp. 1245-1252.
- [5] Beg, I., & Rashid, T. (2013). TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets. International Journal of Intelligent Systems, 28(12), pp. 1162-1171.
- [6] Büyüközkan, G. (2016). Tedarik Zinciri 4.0 Teknolojileri. Lojistik Dergisi, ss. 16-19. 37.sayı, www.loder.org.tr
- [7] Büyüközkan, G., Güler, M., Uztürk, D. (2016). “Selection of Wearable Glasses in The Logistics Sector”, XIV. International Logistics and Supply Chain Congress, 1-2 December 2016, İzmir, pp. 377-385.
- [8] Çelebi, D., İmre, Ş. “Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Veri Gereksinimlerinin Belirlenmesi İçin Bir Yazın Araştırması”, Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, ss.4.
- [9] Delfino, A., Damiani, L., Revetria, R., Maurizio, S. (2017). “Logistics in a Connected World: Industry 4.0 and Open Source Technologies”, World Congress on Engineering and Computer Science 2017, 25-27 October 2017, San Francisco, USA.
- [10] Dong, W., Fudurich, J., Suchanek, L. (2018).” Digital Transformation in the Service Sector: Insights from Consultations with Firms in Wholesale, Retail and Logistics. Bankofcanada.ca.” <https://www.bankofcanada.ca/2017/11/staff-analytical-note-2017-19/>
- [11] Galindo, L.D. (2016), ”The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology”, Norwegian University of Science and Technology, Master Tezi, Norveç.
- [12] Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., Voß, S. (2017). “Multi-objective inter-terminal truck routing”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 106, pp. 178-202.
- [13] Hsieh, T. Y., Lu, S. T., Tzeng, G. H. (2004). “Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings”, International Journal of Project Management, 22(7), pp. 573–584.
- [14] Kazan, H., Özçelik, S. (2017). “Yeni Endüstriyel Devrim ve Lojistik 4.0”, Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, ss.59.
- [15] Klir, G. (1997). “Fuzzy arithmetic with requisite constraints”, Fuzzy Sets And Systems, 91(2), pp.165-175.
- [16] Kunz, D., Schmorte, R. (2016). “Logistics 4.0 – 3 smart, connected, digital”, Ehrhardt+Partner. Teknik Rapor.
- [17] Lee, C., Lv, Y., Ng, K., Ho, W., Choy, K. (2017). “Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics”, International Journal Of Production Research, pp. 1-16.
- [18] Micieta, B., Słazewska, J., Binasova, V., Hercko, J. (2017). “Adaptive Logistics Management And Optimization Through Artificial Intelligence”, Communications, 19, pp. 10-14.
- [19] Wu, H., Tzeng, G., Chen, Y. (2009).”A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard”, Expert Systems With Applications, 36(6)
- [20] Yüksel, H. (2016). Tedarik zinciri yönetiminde dijitalleşmenin önemi. <http://www.lojistikhatti.com/haber/2016/01/tedarik-zinciri-yonetiminde-dijitallesmenin-onemi>
- [21] URL1, TOBB (2018), Akıllı Fabrikalar Geliyor, http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf
- [22] URL2, DHL (2016), Logistics Trend Radar, http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_logistics_trend_radar_2016.pdf

- [23] URL3, Cisco (2016),
http://www.cisco.com/c/dam/en_us/services/portfolio/consultingservices/documents/consulting-services-capturing-ioe-value-aag.pdf
- [24] URL4,DHL (2015),
http://www.dhl.com/en/press/releases/releases_2015/logistics/dhl_successfully_tests_augmented_reality_application_in_warehouse.html
- [25] URL5, Bureau of Labor Statistics (2015), <http://www.bls.gov/news.release/pdf/osh2.pdf>

AKILLI LOJİSTİK İÇİN ULAŞIM STRATEJİLERİ

Gülçin Büyüközkan¹, Esin Mukul²

¹Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, gbuyukozkan@gsu.edu.tr

²Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, emukul@gsu.edu.tr

ÖZET

Dünya genelinde ve ülkemizde nüfusun artması, tedarik zincirlerinin karmaşıklaşması ve lojistik sektörünün gelişmesi ile beraber yük taşımacılığı için ulaşım talepleri de artmaktadır. Artan taleple orantılı olarak gerçekleşen ulaşım endüstrisindeki gelişmeler ve buna bağlı olarak yol ve araç sayısındaki hızlı artış, sevkiyat gecikmelerine, yük ulaştırma süresinin uzamasına, kaynak tüketimine, çevre sorunlarına ve kazalara yol açmaktadır. Bu sorunları gidermek ve şehirleri geleceğe taşıyabilmek için gelişen teknolojilerle desteklenen akıllı ulaşım stratejilerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi gerekmektedir. Lojistik şirketlerinin bu ihtiyacı karşılarken doğru strateji ile hareket etmesi, bilişim teknolojileri ile entegre edilmiş, güvenli, verimli, yenilikçi, insan ve çevre dostu, sürdürülebilir ve akıllı ulaşım ağlarına erişimini sağlamaktadır. Akıllı ulaşım yaklaşımı, bünyesinde iç ve dış çevreyi içeren birçok faktörü barındırmaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmada SWOT analizi yaklaşımı kullanılarak "İstanbul'da Akıllı Lojistik" kavramı her yönüyle ele alınmakta, grup karar verme ile desteklenen bu yaklaşım akıllı lojistik ulaşım stratejilerinin önceliklendirilmesi için bir çözüm sunmakta ve elde edilen sonuçlar yorumlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı lojistik, Akıllı lojistik için ulaşım stratejileri, İstanbul vakası, SWOT analizi

TRANSPORTATION STRATEGIES FOR SMART LOGISTICS

ABSTRACT

Transportation demands for freight transport are increasing as well as population growth in the world and our country, the complexity of supply chains and the development of the logistics industry. The rapid increase in the number of roads and vehicles resulting from the developments in transportation industry, which is proportional to the increasing demand, leads to transportation delays, prolongation of load transportation, resource consumption, environmental problems and accidents. Smart transportation strategies supported by smart information technologies need to be identified and prioritized in order to solve these problems and bring cities into the future. With the right strategy, logistics companies meet this need and provide access to safe, efficient, innovative, human and environment friendly, sustainable and smart transportation networks integrated with information technologies. Smart transportation approach includes many factors in internal and external environment. In this respect, the concept of "Smart Logistics in Istanbul" is covered in all aspects by using the SWOT analysis approach in this study. This approach, supported by group decision making, provides a solution for prioritizing transportation strategies for smart logistics and the obtained results are interpreted.

Keywords: Istanbul case, Smart logistics, SWOT analysis, Transportation strategies for smart logistics

1. GİRİŞ

Ulaşım, bir ülkenin ekonomik kalkınmasını ve refahını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Günümüz dünyasında ulaşım, küreselleşme ve ekonomik büyüme ile birlikte hızlı bir değişim göstermektedir. Dünya genelinde ve ülkemizde nüfusun artması, tedarik zincirlerinin karmaşıklaşması ve lojistik sektörünün gelişmesi ile beraber yük taşımacılığı için ulaşım gereksinimleri de artmaktadır. Yük taşımacılığında güvenliğin artması, ihtiyacın müşteriye daha kısa sürede ulaştırılması talep edilen gereksinimlerden bazılarıdır. Artan taleple orantılı olarak gerçekleşen lojistik ve ulaşım endüstrisindeki gelişmeler ve buna bağlı olarak yol ve araç sayısındaki hızlı artış, trafik tıkanıklığına, sevkiyat gecikmelerine, yük ulaştırma süresinin uzamasına, kaynak tüketimine, çevre sorunlarına ve kazalara yol açmaktadır. Ulaşım sistemindeki bu olumsuz sonuçlar, daha etkin, etkili, güvenli ve ekonomik yeni tasarım sistemlerine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu sorunları gidermek ve şehirleri geleceğe taşıyabilmek için gelişen teknolojilerle desteklenen "akıllı lojistik" yaklaşımı ortaya çıkmıştır (Uckelmann, 2008).

Akıllı lojistik, uluslararası taşımacılık zincirlerinde fiziksel ve bilgi lojistiğinin daha verimli organize edilmesine yönelik temel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, bilgiye hızlı ve verimli bir şekilde ulaşılmasını sağlayarak ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Tufan, 2014). Akıllı lojistiğin hedefleri, yük-araç-altyapı-merkez arasında çok boyutlu veri alışverişini sağlamak, trafik güvenliğini ve hareketliliğini artırmak, yolların kapasitelerine uygun olarak kullanımını sağlamak, enerji verimliliği sağlayarak enerji kaybını azaltmaktır. Akıllı lojistik kapsamında ileri bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak taşımacılık ve ulaştırma problemlerine çözümler üretilebilir. Akıllı lojistik uygulamaları ile ideal trafik koşulları yaratmak için farklı ulaşım türleri arasında koordinasyon sağlanabilir ve yük hareketleri ile ilgili hizmetlerin verimliliği ve hızı artırılabilir (UDHB, 2014).

Lojistik ağları, belirsizliğin ve öngörülemezliğin arttığı ortamlara maruz kalmaktadır. Dolayısıyla sağlık, esneklik ve çeviklik gereksinimi, gelecekteki lojistik sistemi tasarımları için odak noktası haline gelmiştir. Artan yük taşımacılığının birçok alandaki olumsuz etkilerini hafifletmek için de akıllı lojistik için ulaşım stratejileri geliştirilmiştir (Kirch vd., 2017). Bu stratejiler akıllı lojistik, akıllı taşımacılık, akıllı hareketlilik gibi kavramları içerisinde barındıran, taşınabilirliği, güvenliği ve kullanıcıların yararlarını arttıran, aynı zamanda kirliliği, tüketim ve tıkanıklığı azaltan, malların taşınması için optimize edilmiş stratejilerdir (BVRLA, 2016).

Akıllı lojistik yeni gelişmekte olan bir alan olup henüz bir stratejik planlamaya sahip olmayabilir. Bu sebeple, akıllı lojistik için ulaşım stratejilerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi önemlidir. Lojistik şirketlerin akıllı çözümler ile ilgili ihtiyacını karşılarken doğru strateji ile hareket etmesi; bilişim teknolojileri ile entegre edilmiş, güvenli, verimli, yenilikçi, insan ve çevre dostu, sürdürülebilir ve akıllı ulaşım ağlarına erişimini sağlamaktadır. Bu ulaşım ağları sayesinde iyileştirilen ve çevresel sürdürülebilirlikle desteklenen lojistik sistemleri mal hareketlerini daha iyi yönetebilmektedir.

Akıllı lojistik yaklaşımı, iç ve dış çevreyi içeren birçok faktörü barındırmaktadır. Akıllı lojistik yaklaşımına uygun stratejileri belirlemek ve önceliklendirmek için ise bu yaklaşımı kapsamlı bir şekilde ele almak gerekmektedir. Bu doğrultuda, yapılacak detaylı inceleme sonucunda stratejileri belirlemek için faydalanılacak yöntem literatürde sıklıkla kullanılan SWOT analizidir (Hill ve Westbrook, 1997). SWOT kısaltmasının açılımı Strengths (güçlü yönler), Weaknesses (zayıflıklar), Opportunities (fırsatlar), Threats (tehditler) şeklindedir. Literatürde Kurttila vd. (2000) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) entegrasyonu ile ilk ölçülü SWOT metodolojisini önermiştir. Bu çalışmada da SWOT bileşenlerini ve elde edilen stratejileri önceliklendirmek için bir grup karar verme metodu olan SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis - Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) ile entegre edilmiş SWOT analizi kullanılmaktadır. SWARA metodu, ilk defa Keresulienne vd. (2010) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde karar vericiler (KVler), değerlendirmelerde ve ağırlıkların hesaplanmasında önemli bir role sahiptir. KVlerin mevcut bilgi ve deneyimleri, çevresel ve ekonomik durumları dikkate alma dereceleri faktörlerin önem sıralamalarını etkilemektedir (Zolfani ve Sapauskas, 2013).

Bu doğrultuda, bu çalışmada analitik bir yöntemle entegre edilmiş ölçülü SWOT analizi kullanılarak “İstanbul’da Akıllı Lojistik” yaklaşımı her yönüyle ele alınmakta ve akıllı lojistik için ulaşım stratejileri belirlenip önceliklendirilmektedir. Grup karar verme ile desteklenen bu yaklaşım SWARA metodu kullanılarak SWOT analizi sonucunda belirlenen akıllı ulaşım stratejilerinin önceliklendirilmesi için bir çözüm sunmakta ve elde edilen sonuçlar yorumlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı akıllı lojistik için ulaşım stratejilerinin entegre SWOT analizi ve SWARA metodu kullanılarak belirlenip önceliklendirilmesidir. Bu kapsamda, bu bildiri beş bölümden oluşmaktadır. Çalışma amacının, ele alınan problemin ve çözüm için kullanılan yöntemlerin belirtildiği giriş bölümünün ardından çalışmanın ikinci bölümünde literatürde akıllı lojistik ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Üçüncü bölüm, stratejilerin belirlenmesinde kullanılacak olan araştırma metodolojisi hakkında bilgi vermektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde İstanbul için bir uygulama gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise çalışmanın kısa bir değerlendirmesi yer almaktadır.

2. AKILLI LOJİSTİK

Günümüzde akıllı lojistik, ulaşımın düzenlenmesi ve yönetilmesi konularında ileri teknolojiler üzerine kurulmuş sistemleri ifade etmektedir. Bunlar, gerçek zamanlı ve güncel veritabanları kullanan, ulaşımında verimlilik, güvenlik ve hizmet kalitesini artırmak için hizmet eden sistemlerdir. Öte yandan, yüklerin bir yerden bir yere taşınmasını sağlayan tüm lojistik sistemlerinin teknolojik ve kurumsal temelde entegrasyonu da akıllı lojistik kavramının içinde yer almaktadır (Yardım ve Akıldız, 2005).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı ile yaratılan akıllı lojistiğin amacı; trafik güvenliği, yolların kapasitelerine uygun kullanımı, hareketliliğin artırılması gibi ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilir çözümler sunmak, bilhassa bilginin etkin ve anında erişimini sağlamaktır.

Akıllı lojistik ile zaman tasarrufu ve daha çevre dostu ulaşım sağlanıp aynı zamanda yolculukların kalitesi artırılmaktadır. Seyahat sürelerini optimize ederek, çarpma ve yaralanma riski azaltılarak modern ulaşım sistemlerinin performansı geliştirilmektedir (Zanelli, 2016).

Genel olarak akıllı lojistik, insanların üzerinde düşünme ve karar verme yükünü hafifletmek için tasarlanmış ulaşım çözümleri sunmaktadır. Bu açıdan, ilk akıllı lojistik uygulaması, 1928 yılında ilk kez kullanılan elektrikli trafik ışıklarıdır. Trafik ışıkları kullanılarak araçların ve yayaların öncelikleri, geçiş saatleri gibi sorunlar çözülmüştür (UDHB, 2014).

Literatüre baktığımız zaman ele alınan konu ile ilgili kavram çeşitliliği olduğunu görmek mümkündür. İngilizce olarak "smart transportation", "intelligent transportation", "smart mobility", "intelligent mobility", "smart logistics" vb. biçimde ifade edilen kavramlar bu çalışmada "akıllı lojistik" kavramı çatısı altında toplanmaktadır. Literatürde yeni araştırma alanlarından biri olan akıllı lojistik ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Akıllı lojistikte meyve, sebze ve ecza sektörü için dinamik kablosuz sensör ağlarının kullanımı (Bijwaard vd., 2011), akıllı lojistik ağının optimizasyonu (Song vd., 2012), dijital mühendislik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin sürdürülebilir akıllı üretim ve akıllı lojistik süreçlerine etkisinin belirlenmesi (Blümel, 2013), akıllı lojistik kapsamında tam zamanında üretim, yakıt tüketimi ve karbon emisyonlarını göz önünde bulunduran isteğe bağlı parsel dağıtım hizmetleri için karar verme çerçevesinin geliştirilmesi (Lee vd., 2016), akıllı lojistik çözümlerinin değerlendirilmesi (Nathanail vd., 2016), akıllı lojistik kapsamında e-bisiklet ve e-scooterların değerlendirilmesi (Nocerino vd., 2016), akıllı lojistik ve üretimde RFID kullanımı (Kirch vd., 2017), akıllı lojistik çözümlerinin modellenmesi ve kentsel yük taşımacılığı çözümleri için simülasyon tekniklerinde bir yol haritası oluşturulması (Karakikes ve Nathanail, 2017), akıllı lojistik kapsamında risk yönetimi (Jabeur vd., 2017) ve akıllı bağlantılı lojistik modeli oluşturulması (Gregor vd., 2017) literatürde bulunan başlıca çalışmalardandır.

Bu çalışmada ise akıllı lojistik kapsamında İstanbul şehri tüm yönleriyle ele alınacak ve yapılan analiz sonucunda akıllı lojistik için ulaşım stratejileri önceliklendirilecektir. Böylece literatüre akıllı lojistik kapsamında strateji değerlendirme konusunda katkıda bulunulacaktır.

3. ÖNERİLEN ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Bu çalışmada dört adımlı bir metodoloji ile İstanbul'da akıllı lojistik için ulaşım stratejilerinin önceliklendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu adımlar:

Adım 1. İstanbul'un akıllı lojistik konusundaki durumunu belirlemek için SWOT analizinin yapılması.

Adım 2. SWARA metodu ile SWOT faktörlerinin önceliklendirilmesi.

Adım 3. Yapılan sıralama sonucunda en yüksek öneme sahip olan faktörler için uygun stratejilerin belirlenmesi.

Adım 4. SWARA metodu ile stratejilerin öncelik sıralamalarının yapılması.

3.1. SWOT Analizi

SWOT analizi ilk kez 1960'lı yıllarda, Amerikan iş ve yönetim danışmanı Albert S. Humphrey tarafından sunulmuştur. Bu analiz, karmaşık stratejik durumlarla ilgilenen ve karar vermede açık bir şekilde bilgi sunan, organize eden önemli bir araçtır (Learned, 1969). Aynı zamanda, bu araçla örgütsel hedeflere ulaşmada önemli olan iç ve dış faktörler de tanımlandığı için organizasyon hem iç hem de dış ortamlar açısından değerlendirilmektedir. SWOT analizi, güçlülükleri artırmayı, zayıf yönleri kaldırmayı veya en aza indirmeyi, fırsatları değerlendirmeyi ve tehditleri tanımlamayı amaçlamaktadır (Jackson vd., 2003; Dyson, 2004).

SWOT analizinin iki ana faydası bulunmaktadır: İlki, incelenmek istenen konunun içinde bulunduğu durumu belirlemesidir. Bu bağlamda, konunun güçlü ve zayıf yönleri ile konunun karşılaştığı fırsatlar ve tehditler ortaya çıkmaktadır. Bu "mevcut durum" analizi olarak adlandırılır. İkincisi ise analitik bir teknik yardımıyla konunun gelecekteki durumunun öngörülmesine ve belirlenmesine yardımcı olmasıdır. Bu ise "gelecek durum" analizi olarak adlandırılmaktadır (Yüksel ve Dagdeviren, 2007). Aynı zamanda işletmeler için uzun dönemde büyümeyi etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesinde, negatif olanların elenmesinde ve işletmenin şartlarına en uygun stratejinin belirlenmesinde de rol oynamaktadır.

Önerilen araştırma metodolojisinde SWOT analizi kullanılarak İstanbul'un akıllı lojistik kapsamında değerlendirilmesi sağlanmakta ve bu analiz, analitik bir metot olan SWARA ile desteklenmektedir.

3.2. SWARA Metodu

SWARA metodu, mevcut çevresel ve ekonomik durumları dikkate alarak, KVLere kendi önceliklerini seçme konusunda fırsat tanıyan bir tekniktir. Ağırlık belirleme sürecinde uzmanların faktörlerin göreceli önemini tahmin etme yeteneği bu prosedürün en önemli unsurudur. Bu prosedürün karar alma sürecine uygulanmasının başlıca avantajı, bazı sorunlarda önceliklerin şirket veya ülke politikaları açısından tanımlanmasıdır (Stanujkic vd., 2015). Aynı zamanda SWARA metodunda ağırlıklandırma için faktörler arasında yapılan kıyaslamaların sayısı diğer yöntemlere göre daha azdır. Bu da işlem maliyetini azaltmaktadır.

SWARA metodu beş adımdan oluşan bir süreci içermektedir (Keresuliene vd., 2010). Bu adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1. Faktörler önem derecelerine göre azalan düzende sıralanır.

Adım 2. İkinci faktör ile başlayarak, her bir faktör için göreceli önem seviyeleri belirlenir. Bunun için j faktörü ve bir önceki ($j-1$) faktörü karşılaştırılır. Bu değer "ortalama değer karşılaştırmalı önemi" olarak adlandırılır ve s_j ile gösterilir.

Adım 3. k_j katsayısı aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4. Önem vektörü (q_j) denklem (2) kullanılarak belirlenir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5. Faktörlerin ağırlıkları denklem (3) ile hesaplanır ve faktörler, ağırlıklar baz alınarak önceliklendirilir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

4. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde önerilen araştırma metodolojisinin kullanılabilirliğini doğrulamak için bir uygulama sunulmaktadır. Bu uygulamada, İstanbul'da akıllı lojistik alanına yatırım yapmayı planlayan bir lojistik şirketi ele alınmaktadır. Bu şirket İstanbul'da akıllı lojistik sistemini tüm çevresel faktörler ile birlikte görmek ve işletme için uygun olabilecek akıllı ulaşım stratejilerini değerlendirmek istemektedir.

Bu doğrultuda sırasıyla yapılacaklar çalışmanın 3. bölümünde yer alan metodolojinin adımlarıdır.

4.1. İstanbul'da Akıllı Lojistik Sistemlerinin SWOT Analizi

Literatür taraması ve uzman görüşleri aracılığıyla, İstanbul'da akıllı lojistik sistemlerinin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsatları ve tehditleri Tablo 1'de görüldüğü gibi belirlenmiştir (Jarašūniene, 2006; Banciu ve Florea, 2009; Barrella, 2012; UDHB, 2014; SEE-ITS, 2014; AECOM, 2015).

Tablo 1: İstanbul’da Akıllı Lojistik Sistemlerinin SWOT Analizi

Güçlü Yönler:	
•	Yeni teknolojileri kolay benimseyebilecek bir nüfus yapısının olması (S1)
•	İlgili kurumların akıllı lojistiği uygulama konusunda istekli olması (S2)
•	Akıllı lojistik konusunda girişimcilik kapasitesinin varlığı (S3)
•	Türkiye’nin önemli bir otomotiv sanayii üssü olması (S4)
•	Yaygın ve modern haberleşme altyapısı (S5)
•	Türkiye’nin bilgi toplumu olma yolundaki hızı (S6)
•	Bilişim sektörüne yapılan yatırımlar (S7)
Zayıf Yönler:	
•	Kurumlar ve altyapılar arasında entegrasyon eksikliği (W1)
•	Ortak belirlenmiş bir terminolojinin ve standartların olmaması (W2)
•	Kurumsal ve bireysel farkındalığın yetersiz olması (W3)
•	Uygulayıcı kurumlarda uzmanlaşmış personel eksikliği (W4)
•	Akıllı lojistik mevzuatının eksikliği (W5)
•	AR-GE çalışmalarının ve teşviklerinin yeterli olmaması (W6)
•	Akıllı lojistik konusunda yazılım ve donanım anlamında yerli üretimde yetersizlik (W7)
Fırsatlar:	
•	İş hayatında mobilitenin artması (O1)
•	Enerji verimliliği ve çevreyi koruma bilincinin artış eğiliminde olması (O2)
•	Türkiye’nin henüz akıllı lojistik uygulamalarında ileri olmayan pazarlara coğrafi yakınlığı, komşuluğu (O3)
•	Akıllı araç teknolojisinin hala gelişmekte olması (O4)
•	Akıllı ulaşımın gelişmesi ile yeni iş alanlarının doğması (O5)
•	Akıllı lojistiğin entegre edilmesi ile İstanbul’un dünya çapındaki diğer ülkeler ile rekabet etme olanağı bulabilmesi (O6)
•	Çok modlu taşımacılık (multimodality) ile yük taşımacılık sistemlerinin daha verimli olması (O7)
Tehditler:	
•	Akıllı lojistik uygulamalarının maliyetlerinin yüksekliği (T1)
•	Küresel finansal krizin devamı ve ülke ekonomisinin sorunları (T2)
•	Akıllı ulaşım teknolojileri konusundaki dışa bağımlılık (T3)
•	Uluslararası akıllı lojistik platformlarına aktif olarak katılım sağlanamaması (T4)
•	Küreselleşme ve artan uluslararası rekabet (T5)
•	Akıllı lojistik konusunda uygulama alanında çok az deneyime sahip olunması (T6)
•	Tahmini değerlere göre, bireysel motorlu mobilitenin talebi önümüzdeki 20 ila 40 yıl içinde birlikteki altyapı kapasitelerini aşacak olması (T7)

4.2. SWOT Faktörlerinin SWARA Metodu ile Değerlendirilmesi

İlk olarak tüm KVler belirlenen SWOT faktörleri için önem sıralaması yaparlar. KVlerin yaptığı önem sıralaması Tablo 2’deki gibidir.

Tablo 2: KVlere Göre Faktörlerin Önem Sıralaması

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
KV1	18	4	17	12	19	23	28	10	27	11	7	1	9	14
KV2	8	27	16	6	11	3	24	1	19	5	20	15	12	7
KV3	5	8	20	13	23	2	10	15	16	24	14	7	21	3

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
KV1	8	13	2	24	6	22	3	21	15	16	5	25	20	26
KV2	10	4	18	28	9	2	17	21	14	25	13	23	26	22
KV3	9	25	1	19	12	18	28	26	4	27	6	11	17	22

Bu faktörlerden en önemli olanı ilk sırada olmak üzere, ikinci faktörden başlayarak her bir faktör için karşılaştırmalı önem düzeyi KVler tarafından Tablo 3'teki gibi ayrı ayrı belirlenir.

Elde edilen önem düzeyleri ile beraber her bir KV için SWOT faktörlerinin ağırlığı (1), (2) ve (3) numaralı denklemler kullanılarak hesaplanır. Ardından her bir KVye ait faktör ağırlıklarının ortalamasının alınması sonucu final faktör ağırlıkları ve sıralaması Tablo 4'teki gibidir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığı zaman en fazla öneme sahip beş faktör sırasıyla şu şekildedir: Çok modlu taşımacılık (multimodality) ile yük taşımacılık sistemlerinin daha verimli olması (O7), Türkiye'nin bilgi toplumu olma yolundaki hızı (S6), enerji verimliliği ve çevreyi koruma bilincinin artış eğiliminde olması (O2), kurumlar ve altyapılar arasında entegrasyon eksikliği (W1), akıllı lojistiğin entegre edilmesi ile İstanbul'un dünya çapındaki diğer ülkeler ile rekabet etme olanağı bulabilmesi (O6). SWOT analizinin en çok öneme sahip bu faktörleri işletme için belirlenecek stratejiler için temel oluşturmaktadır.

Tablo 3: Faktörlerin KVlere Göre Karşılaştırmalı Önem Düzeyi

Önem Sıralaması	KV1		KV2		KV3	
	Sıralama	sj	Sıralama	sj	Sıralama	sj
1	W5	-	W1	-	O3	-
2	O3	0.4	O6	0.05	S6	0.6
3	O7	0.1	S6	0.05	W7	0.8
4	S2	0.15	O2	0.2	T2	0.5
5	T4	0.25	W3	0.35	S1	0.4
6	O5	0.1	S4	0.25	T4	0.3
7	W4	0.4	W7	0.15	W5	0.1
8	O1	0.05	S1	0.2	S2	0.2
9	W6	0.3	O5	0.4	O1	0.2
10	W1	0.35	O1	0.4	S7	0.35
11	W3	0.25	S5	0.05	T5	0.25
12	S4	0.15	W6	0.3	O5	0.15
13	O2	0.2	T4	0.6	S4	0.2
14	W7	0.4	T2	0.8	W4	0.4
15	T2	0.3	W5	0.5	W1	0.5
16	T3	0.6	S3	0.4	W2	0.5
17	S3	0.2	O7	0.3	T6	0.3
18	S1	0.3	O3	0.1	O6	0.6
19	S5	0.5	W2	0.2	O4	0.2
20	T6	0.6	W4	0.2	S3	0.3
21	T1	0.15	T1	0.4	W6	0.4
22	O6	0.3	T7	0.05	T7	0.3
23	S6	0.4	T5	0.3	S5	0.6
24	O4	0.1	S7	0.35	W3	0.2
25	T5	0.05	T3	0.25	O2	0.3
26	T7	0.05	T6	0.15	T1	0.6
27	W2	0.2	S2	0.8	T3	0.8
28	S7	0.2	O4	0.5	O7	0.5

Tablo 4: Final Faktör Ağırlıkları ve Sıralaması

Faktörler	Ağırlık	Sıralama	Faktörler	Ağırlık	Sıralama
S1	0.0329	13	O1	0.0332	12
S2	0.0461	8	O2	0.0766	3
S3	0.0029	22	O3	0.0415	10
S4	0.0294	16	O4	0.0007	26
S5	0.0075	19	O5	0.0400	11
S6	0.1244	2	O6	0.0596	5
S7	0.0067	20	O7	0.1547	1
W1	0.0735	4	T1	0.0006	27
W2	0.0018	24	T2	0.0302	15
W3	0.0314	14	T3	0.0021	23
W4	0.0215	17	T4	0.0454	9
W5	0.0525	7	T5	0.0055	21
W6	0.0188	18	T6	0.0016	25
W7	0.0583	6	T7	0.0006	28

4.3. Akıllı Lojistik için Ulaşım Stratejileri

İşletmenin sektörde başarılı olabilmesi ve hedeflediği konuma ulaşabilmesi için stratejik bir yol izlemesi gerekmektedir. Bu doğrultuda yapılan SWOT analizi sonucunda İstanbul'da akıllı lojistik sistemleri tüm çerçevesi ile ortaya konulmakta ve stratejilerin belirmesi için bir dayanak oluşturmaktadır.

SWOT faktörlerinin sıralanması sonucunda en yüksek öneme sahip olan faktörlere uygun belirlenen stratejiler ise şunlardır:

Ulaşımında sürekli yenilik stratejisi (STR1): Ulaşımında sürekli yenilik stratejisi, bölgesel içeriğin ve yenilik potansiyelinin analizini, sağlam ve kapsayıcı bir yönetim yapısı oluşturmayı, bölgenin geleceği konusunda ortak bir vizyon oluşturmayı, bölgesel kalkınma için sınırlı sayıda önceliklerin seçimini, uygun politika karışımlarının oluşturulmasını ve izleme ve değerlendirme mekanizmalarının entegrasyonunu içermektedir (Condeco-Melhorado vd., 2015). Temiz, verimli, güvenli, sessiz ve akıllı yol araçları, uçaklar, gemiler, demiryolu araçları bu stratejinin bileşenlerindedir. Bu strateji ile altyapılar en yeni teknolojiye uyacak şekilde sürekli olarak yenilenir ve akıllı, yeşil, az bakım gerektiren, iklim şartlarına dayanlı altyapılar oluşturulur.

Erişimi kolaylaştırma stratejisi (STR2): Oluşturulan sistem herkes tarafından erişim sağlanabilecek şekilde olmalıdır. Sistemin erişilebilirliği etkinlik ve verimlilik için çok önemlidir. Lojistik altyapısı, tüm kullanıcılar için daha etkili ve güvenli hizmetler sunmak için organize edilmelidir. Yeni teknolojilerle akıllı hale getirilen lojistik sisteminin erişilebilirliğinin kolaylaştırılması aynı zamanda sistemle ilgili geri bildirimlerin alınmasını da kolaylaştıracaktır. Böylece eksiklikler giderilecek ve daha etkin bir sistem kurulacaktır (Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eki Eylem Planı, 2014).

Planlama ve entegre etme stratejisi (STR3): Bu strateji, mevcut ulaşım ve iletişim altyapısında akıllı lojistik sistemlerinin düzenlenmesine odaklanmaktadır. Yeni bir sisteme geçiş yaparken mevcut sistemdeki değişiklikler doğru zamanda yapılmalıdır. Bu yüzden sistemin geçiş planlaması çok önemlidir. Akıllı lojistik mimarisi ulusal düzeyde oluşturulmalıdır. Bu strateji ile birlikte, akıllı lojistiğin sistematik planlanması, koordinasyonu ve uygulanmasını sağlamak için örgütsel düzenlemeler yapılmaktadır. Akıllı lojistiğin uygulanması ve entegrasyonu için mevzuat düzenlemeleri bu stratejinin temelleri arasındadır (İlçalı vd., 2015).

Güvenlik ve gizliliği koruma stratejisi (STR4): Bu strateji ile şehiriçi ve şehirlerarası yol ağında trafik yönetimi etkin ve verimli bir şekilde sağlanmaktadır. Filo yönetimi uygulamalarında yaygın olup, sistem tüm ulaşım sistemlerinde trafik güvenliğini artırmak için farklı seviyelerde geliştirilmektedir. Sistemlerin akıllılaşması ile güvenlik ve gizlilik konusunda ileri teknolojilerden yararlanılmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde kişisel ve kurumsal güvenlik, gizlilik üst seviyelerde korunmaktadır (Civitas Raporu, 2015).

Çevresel strateji (STR5): Bu strateji çevre odaklıdır ve yapılan tüm çalışmaların çevre dostu olmasını sağlamaktadır. Bu strateji ile enerji verimliliği sağlayacak çevre dostu bir sistem geliştirmek amaçlanmaktadır. Lojistikte emisyonların azaltılmasına yönelik çözümler üretilmektedir (Civitas Raporu, 2015). Akıllı lojistik sistemleri trafik tıkanıklığını azaltmak ve özel sürücülerin toplu taşıma araçlarına gitmesini sağlamak gibi yararlar sayesinde araç emisyonlarını azaltmaya yardımcı olur (İlcalı vd., 2015).

4.4. Akıllı Lojistik için Ulaşım Stratejilerinin SWARA Metodu ile Değerlendirilmesi

SWOT analizi sonucunda yatırım yapmak isteyen lojistik firması için belirlenen stratejilerin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi SWARA metodu ile yapılmaktadır. İlk olarak tüm KVler belirlenen stratejiler için önem sıralaması yaparlar. Bu stratejilerden en önemli olanı ilk sırada olmak üzere, ikinci stratejiden başlayarak her bir strateji için karşılaştırmalı önem düzeyi KVler tarafından Tablo 5'teki gibi ayrı ayrı belirlenir.

Tablo 5: Stratejilerin KVlere Göre Karşılaştırmalı Önem Düzeyi

Önem Sıralaması	KV1		KV2		KV3	
	Sıralama	sj	Sıralama	sj	Sıralama	sj
1	STR1	-	STR4	-	STR3	-
2	STR5	0.3	STR2	0.05	STR4	0.6
3	STR3	0.1	STR1	0.2	STR1	0.4
4	STR2	0.5	STR3	0.2	STR5	0.03
5	STR4	0.25	STR5	0.35	STR2	0.4

Elde edilen önem düzeyleri ile beraber her bir KV için stratejilerin ağırlığı (1), (2) ve (3) numaralı denklemler kullanılarak hesaplanır. Ardından her bir KVye ait stratejilerin ortalamasının alınması sonucu final strateji ağırlıkları ve sıralaması Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6: Final Strateji Ağırlıkları ve Sıralaması

Stratejiler	Ağırlık	Sıralama
STR1	0.2215	2
STR2	0.1651	5
STR3	0.2455	1
STR4	0.1971	3
STR5	0.1708	4

Elde edilen sonuçlara göre stratejiler arasındaki öncelik sıralaması şu şekildedir: planlama ve entegre etme stratejisi (STR3), ulaşımda sürekli yenilik stratejisi (STR1), güvenlik ve gizliliği koruma stratejisi (STR4), çevresel strateji (STR5) ve erişimi kolaylaştırma stratejisi (STR2). Bu durumda, lojistik şirketlerinin akıllı lojistik için ulaşım stratejileri arasında en fazla önem vermesi gereken stratejinin "planlama ve entegre etme stratejisi" olduğunu söylemek mümkündür.

Planlama her zaman her sistem için öncelik taşımaktadır. Şirketlerin akıllı lojistik konusunda başarılı olabilmesi için öncelikle mevcut sistemi analiz etmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçlara uygun olarak insan, süreç ve teknoloji boyutları ile en etkin akıllı çözümler sistematik olarak planlanmalıdır. Planlanan sistemin mevcut sisteme entegrasyonu koşullara uygun olarak yapılmalıdır.

5. SON DEĞERLENDİRME

Akıllı lojistik yeni gelişmekte olan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yeni bir alan olduğu için şirketler uygularken zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu yüzden konunun ayrıntılarının iyice anlaşılması ve şirketlerin kendi politikalarına uygun stratejilerle hareket etmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada SWARA metodu ile entegre edilmiş SWOT analizi sunulmuştur. SWOT analizinin sonucunda da belirlenen stratejiler önceliklendirilerek şirketler için bir yol haritası sunulmuştur.

Başlangıç noktası olarak konu ve sunulan araştırma metodolojisi üzerine bir literatür taraması yapılmıştır. Ardından İstanbul'daki akıllı lojistik sistemlerinin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri uzman görüşleri ve literatür taramasından yararlanılarak belirlenmiştir. Belirlenen faktörler, SWARA yöntemi ile KVler tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve önem dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra, ilgili faktörlere göre akıllı lojistik için ulaşım stratejileri belirlenerek SWARA metodu ile önceliklendirilmiştir.

Gelecek çalışmalarda, akıllı lojistik için ulaşım stratejilerinin değerlendirilmesinde faktörlerin ve karar vericilerin sayıları artırılabilir veya farklı karar verme yöntemleri kullanılabilir. Değerlendirme sürecinde bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak belirsizliğin göz önüne alınması da mümkündür.

TEŞEKKÜR

Yazarlar finansal desteği için Galatasaray Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkür ederler (Proje no: 18.402.001). Yazarlar çalışmanın her aşamasında destek sağlayan uzmanlara da değerli katkıları için teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] AECOM - Final Report, (2015). “Key Performance Indicators for Intelligent Transport Systems”.
- [2] Banciu, D. D., Florea, M. C. (2009, May). “Decision support system based on MADM for urban transport management”, In *Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology*, 2009. Wireless VITAE 2009. 1st International Conference on IEEE, pp. 128-130.
- [3] Barrella, E. M. (2012). “Strategic planning for a sustainable transportation system: A SWOT-based framework for assessment and implementation guidance for transportation agencies”, Georgia Institute of Technology.
- [4] Bijwaard, D. J., van Kleunen, W. A., Havinga, P. J., Kleiboer, L., Bijl, M. J. (2011, November). “Industry: Using dynamic WSNs in smart logistics for fruits and pharmacy”, In *Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, pp. 218-231.
- [5] Blümel, E. (2013). “Global challenges and innovative technologies geared toward new markets: prospects for virtual and augmented reality”, *Procedia Computer Science*, 25, pp. 4-13.
- [6] BVRLA- Policy Paper, (2016), “Intelligent Mobility”.
- [7] Civitas. (2015). “Intelligent Transport Systems and traffic management in urban areas”, Policy Note.
- [8] Condeco-Melhorado, A., Christodoulou, A., & Christidis, P. (2015). “Smart guide on regional transport innovation strategy: Transport innovation roadmaps”, (No. JRC96777), Joint Research Centre (Seville site).
- [9] Dyson, R. G. (2004). “Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick”, *European Journal of Operational Research*, 152(3), pp. 631-640.
- [10] Gregor, T., Krajčovič, M., Więcek, D. (2017). “Smart connected logistics”, *Procedia engineering*, 192, pp. 265-270.
- [11] Hill, T., Westbrook, R. (1997). “SWOT analysis: it's time for a product recall”, *Long Range Planning*, 30(1), pp. 46-52.
- [12] Ilıcalı, M., Toprak, T., Özen, H., Tapkın, S., Öngel, A., Camkesen, N., Kantarcı, M. (2015). “Akılcı-Güvenli Trafik için Akıllı Ulaşım Sistemleri”.
- [13] Jabeur, N., Al-Belushi, T., Mbarki, M., Gharrad, H. (2017). “Toward Leveraging Smart Logistics Collaboration with a Multi-Agent System Based Solution”, *Procedia Computer Science*, 109, pp.672-679.
- [14] Jackson, S. E., Joshi, A., Erhardt, N. L. (2003). “Recent research on team and organizational diversity: SWOT analysis and implications”, *Journal of management*, 29(6), pp. 801-830.
- [15] Jarašūniene, A. (2006). “Analysis of possibilities and proposals of Intelligent Transport System (ITS) implementation in Lithuania”, *Transport*, 21(4), pp. 245-251.
- [16] Karakikes, I., Nathanail, E. (2017). “Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution”, *Procedia Engineering*, 178, pp.569-578.
- [17] Kersuliene, V., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2010). “Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)”, *Journal of business economics and management*, 11(2), pp. 243-258.
- [18] Kirch, M., Poenicke, O., Richter, K. (2017), “RFID in Logistics and Production—Applications, Research and Visions for Smart Logistics Zones”, *Procedia Engineering*, 178, pp. 526-533.
- [19] Kirch, M., Poenicke, O., Richter, K. (2017). “RFID in Logistics and Production—Applications, Research and Visions for Smart Logistics Zones”, *Procedia Engineering*, 178, pp. 526-533.

- [20] Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., Kajanus, M. (2000). "Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis—a hybrid method and its application to a forest-certification case", *Forest policy and economics*, 1(1), pp. 41-52.
- [21] Learned, E. P. (1969). "Business policy: Text and Cases", RD Irwin.
- [22] Lee, S., Kang, Y., Prabhu, V. V. (2016). "Smart logistics: distributed control of green crowdsourced parcel services", *International Journal of Production Research*, 54(23), pp. 6956-6968.
- [23] Nathanael, E., Gogas, M., Adamos, G. (2016). "Smart interconnections of interurban and urban freight transport towards achieving sustainable city logistics", *Transportation Research Procedia*, 14, pp. 983-992.
- [24] Nocerino, R., Colorni, A., Lia, F., Luè, A. (2016). "E-bikes and E-scooters for smart logistics: environmental and economic sustainability in pro-E-bike Italian pilots", *Transportation Research Procedia*, 14, pp. 2362-2371.
- [25] SEE-ITS. (2014). "Final Report of Intelligent Transport Systems in South East Europe".
- [26] Song, B. J., Lee, K. H., Hwang, S. M. (2012). U.S. Patent Application No. 13/053,072.
- [27] Stanujkic, D., Karabasevic, D., Zavadskas, E. K. (2015). "A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method", *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26(2), pp. 181-187.
- [28] UDHB - T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, (2014), "Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eki Eylem Planı", Ankara.
- [29] Tufan, H. (2014), "Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye için Bir AUS Mimarisi Önerisi", T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ankara.
- [30] Uckelmann, D. (2008, September), "A definition approach to smart logistics", In *International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 273-284.
- [31] Yardım, M. S., Akyıldız, G. (2005). "Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamalar", 6. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- [32] Yüksel, İ., Dagdeviren, M. (2007). "Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis—A case study for a textile firm", *Information Sciences*, 177(16), pp. 3364-3382.
- [33] Zanelli, P. (2016), "Intelligent Mobility", CATAPULT Transport Systems Report.
- [34] Zolfani, S. H., Saparaukas, J. (2013). "New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system", *Engineering Economics*, 24(5), pp. 408-414.

HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TÜRKİYE ANALİZİ

Gülçin Büyüközkan¹, Celal Alpay Havle²

¹Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, gbuyukozkan@gsu.edu.tr

²Galatasaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, celal.alpay.havle@gmail.com

ÖZET

Dünya ve Türkiye havacılık otoritelerine göre havacılık insanları birbirine bağlayan, fikir ve tecrübe değişimlerini sağlayan ve ticari anlamda küresel pazara erişimi mümkün kılan bir sektördür. Ulaşım ile ilgili talep ve müşteri sayısının artması ile birlikte gittikçe önem kazanan havacılık endüstrisi, rekabet piyasasının yoğun olduğu bir alandır ve dolayısı ile firmalar, müşteri beklentilerini karşılayarak rekabet gücü sağlamaya çalışmaktadır. Ancak, günümüzde yalnızca talep ve müşteri sayısı artış göstermemektedir. Teknolojik gelişmelerin artışıyla yeni bir dönem başlamıştır: "Dijital dönüşüm.". Firmaların , dijital dönüşüm süreçlerinde, yeni teknolojiye uyum sağlamalarının yanında, dijital doğan firmalarla mücadele etmeleri gerekmektedir. Dolayısı ile firmalar rekabetçi endüstri dünyasında varlıklarını sürdürmek için dijital dönüşüm sürecine artan oranda girme eğilimi göstermektedir. Bu çalışmada, havacılık endüstrisindeki dijital dönüşüm süreci Türkiye'ye odaklanılarak ele alınmaktadır. SWOT analizi kullanılarak Türkiye havacılık endüstrisindeki dijitalleşme süreci her yönüyle incelenmekte, AHP yöntemi ile dijital dönüşüm faktörleri ağırlıklandırılmakta ve bu faktörlere ilişkin stratejiler belirlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, Havacılık endüstrisi, Türkiye analizi, SWOT analizi, AHP

DIGITAL TRANSFORMATION IN AVIATION INDUSTRY AND ANALYSIS OF TURKEY

ABSTRACT

Aviation industry connects people, provides exchange of ideas and experience, and makes possible to access to global market according to the world and Turkey aviation authorities. The aviation industry has become important with increasing demand for transportation and the number of customers, Competition market is very intense, hence, firms are trying to maintain competitive strength by meeting customer expectations. However, just the demand or number of customers not increasing , also technological developments reveals a new era called "digital transformation" has begun. Companies need to compete with digitally born companies, besides adapting to new technology . As a result, firms tend to enter the digital transformation process increasingly to sustain their presence in the competitive industry. In this study,, digital transformation in the aviation industry is discussed by focusing on Turkey based on SWOT analysis. . Additionally, digital transformation criteria are weighted using AHP method and strategies based on these criteria are determined.

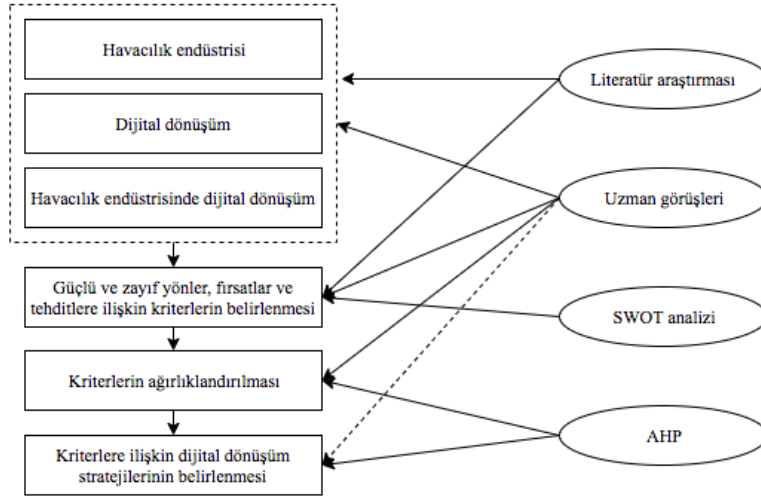
Keywords: Digital transformation, Aviation industry, Turkey analysis, SWOT analysis, AHP

1. GİRİŞ

Havacılık insanları birbirine bağlayan, fikir ve tecrübe değişimlerini sağlayan ve ticari anlamda küresel pazara erişimi mümkün kılan bir sektördür (IATA, 2017). Tüm ticari kanallar ve bireyler, kaynakların etkin kullanılması adına ulaşım hızına önem vermeye başlamış ve bu durum havacılık endüstrisine olan talebi artırmıştır. Zaman kaybetmeden, güvenli bir şekilde ulaşımın gerçekleştirilmesini isteyenlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır ve bu artışın devam etmesi de beklenmektedir. Aynı zamanda yaşanan teknolojik gelişmeler havacılık endüstrisinde büyümeyi desteklemektedir.

Teknolojinin her anlamda hayatımıza girmiş olması, klasik anlamda yürütülen hayat rutinini çok farklı boyutlara taşımıştır. Üretim sektöründen hizmet sektörüne kadar farklı alanlarda ve aşamalarda teknolojik gelişmelerin etkileri görülmeye başlanmıştır. Bilgi teknolojilerine verilen önem ve akıllı cihaz kullanımının artışı gibi gelişmeler, müşterilerin farklı beklentilerinin çok daha rahat karşılanabileceğine dair bir olgu yaratmıştır. Bu aşamada, teknolojinin firmaların iş süreçlerinin içerisine dahil olması ile birlikte “Dijital Dönüşüm” dönemi başlamıştır. Dijitalleşme, nihai kullanıcılara zaman kısıtı olmadan, daha uygun fiyatlarla, buldukları yerden tek hamle ile işlerini yapma olanağı tanımaktadır. Bu nedenle müşteri beklentileri doğrultusunda firmalar da rekabetçi piyasada tutunmak için dijital dönüşüm sürecini uygulama eğilimi göstermektedir.

Dijital dönüşümün etkilerinin en çok görüldüğü alanlardan biri de havacılık endüstrisidir. Birçok bileşeni olan havacılık endüstrisinin her aşamasında gözlemlenebilen dijital dönüşüm müşteri talepleri açısından en fazla havayolu firmaları ve havalimanlarını etkilemektedir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte sosyal medya, web siteleri ve cep telefonu uygulamaları ile beklenti ve taleplerini kolaylıkla dile getirebilen, tüm işlerini anında bulduğu yerden yapabilen ve hizmeti alma noktasında bulunduğu ortam ile bire bir temas kurabilen müşteriler, söz konusu dijital dönüşümün itici güçlerinden biri haline gelmiştir. Dünyanın önde gelen havayolu firmalarının üst düzey yöneticileri de dijital dönüşüm süreçlerine verdikleri önemi dile getirmektedirler. Firmaların dijital dönüşümü etkin uygulayabilmeleri için mevcut eko sistemi iyi analiz ederek uygun rekabetçi stratejiler belirlemeleri gerekmektedir. Bunların ışığında, bu çalışmada, dünyada havacılık endüstrisinde yaşanan dijital dönüşüm trendleri ve uygulamaları baz alınarak, Türkiye havacılık endüstrisi için SWOT temelli bir analiz gerçekleştirilmekte ve dijital dönüşüm için destek sağlayacak stratejiler belirlenmektedir. Çalışmanın genel akış yapısı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Dijital dönüşüm stratejilerinin belirlenmesine ilişkin akış yapısı

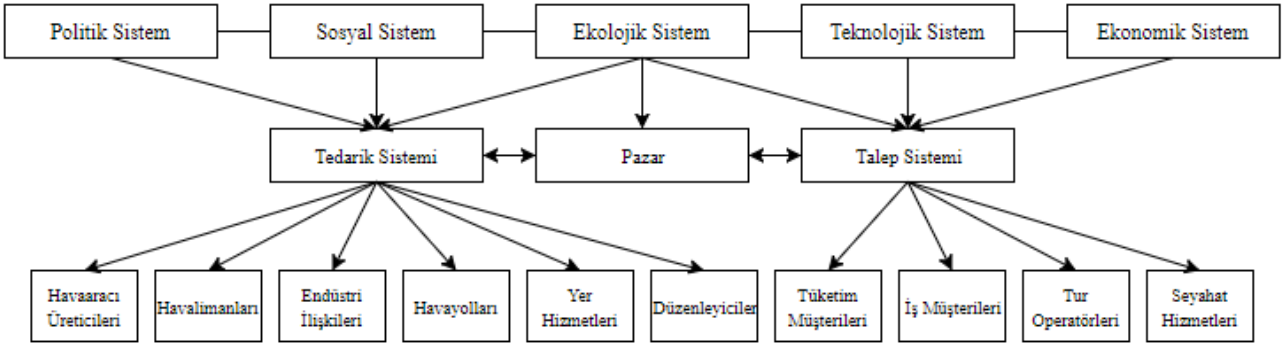
Beş bölümden oluşan bildirinin giriş bölümünde çalışma amacı belirtilmektedir. Literatür analizinin verildiği ikinci bölümden sonra üçüncü bölümde dijital dönüşüm stratejilerin belirlenmesinde kullanılacak olan araştırma metodolojisi hakkında bilgi verilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde Türkiye için bir uygulama gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise çalışmanın kısa bir değerlendirmesi yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Havacılık endüstrisindeki dijital dönüşüme ilişkin çıkarımlar yapabilmek için öncelikle havacılık endüstrisinin dünyadaki ve Türkiye’deki yerinin araştırılması gerekmektedir. Bu bölümde havacılık endüstrisi ile dijital dönüşüm konuları kısaca ele alınmakta ve bunları takiben havacılık endüstrisindeki dijital dönüşüm konusu irdelenmektedir.

2.1. Havacılık Endüstrisi

Havacılık endüstrisi birden fazla sistemden etkilenen ve birçok bileşeni bulunan bir endüstri alanıdır. Wittmer ve Bieger (2011) havacılık endüstrisine ilişkin yapısal bir genel çerçeveyi Şekil 2’deki gibi tanımlamıştır. Bu çalışmada havalimanları ve havayolu firmaları üzerine yoğunlaşmıştır.



Şekil 2: Havacılık endüstrisi genel yapısı (Wittmer ve Bieger, 2011)

Dünya havacılık sektöründe ticari karlılık vergi sonrası net kar olarak son 5 yılda 10 milyar doların aşağı seviyelerinden 40 milyar dolara yaklaşmıştır ve bunun sonucunda finansal performans açısından güçlenebilmek adına yatırımcılar, son yıllarda, yeniden yapılanma ve tersine mühendislik faaliyetlerine başlamışlardır (IATA, 2017). Havacılığın küresel ekonomi için geniş çapta fayda sağladığı gerçeğinden yola çıkarak, 2016 yılında 67.7 milyon tedarik zinciri işini desteklediği ve katma değerli küresel çıktı olarak 3 trilyon dolarlık zemin oluşturduğu söylenmektedir (IATA, 2017). Yolcu taleplerine bakıldığında, 2015 yılında artış gösteren yakıt fiyatlarına rağmen güçlü bir performans sergilenen havacılık endüstrisinde, 10 yıllık ortalama yolcu sayısı büyümesi % 5.5' a ulaşmış ve buna ek olarak 2015 yılına kıyasla, 2016 yılında 250 milyon daha fazla yolcu ile 3.8 milyar yolcu uçuş gerçekleştirmiştir. 2035 yılına kadar ise kargo ve yolcu bazında talebin iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir (IATA, 2017).

Türkiye'deki havacılık sektörüne odaklanıldığında ise, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) 2016 yılı faaliyet raporuna göre, toplam yolcu sayısı son 5 yılda 500 bin kişi artmıştır ve buna ek olarak hem kargo hem de yolcu uçağı sayısı son 13 yılda %233 artış ile 540'a ulaşmıştır (SHGM, 2016). Bu artışlar, söz konusu talebin en önemli göstergelerinden biridir. Havayolu firmaları bazında uçak sayısı artırım oranlarına bakıldığında Türk Hava Yolları (THY) uçak sayısını %15.8 oranında artırırken, Pegasus Hava Yolları %20.7 ve Atlas Jet %25 artırmıştır, ayrıca, Türkiye havacılık sektörü cirosu da son 13 yılda 21.2 milyar dolarlık artış sağlamıştır (SHGM, 2016). Türkiye'nin dünya hava ulaşım sektöründeki yerine bakılacak olursa, ülkemiz ücretli yolcu bazında dünyada 10. sıradadır (ICAO, 2016; SHGM, 2016). Toplam yolcu sayısı açısından dünyada 16. Sırada iken, iç hat yolcu sayısı bazında 9. sıradadır ve 2035 yılına kadar bu sayıların sırası ile 10 ve 8'e yükseleceği tahmin edilmektedir (IATA, 2015; SHGM, 2016). Havalimanları açısından ülkemizin durumu incelendiğinde, Atatürk Havalimanı, dünyada en büyük 25 havalimanı arasında yer alırken, yolcu sayısı bazında dünyada 11. ve Avrupa'da 3. sıradadır (ICAO, 2016; SHGM, 2016). Türkiye'de 100 bini aşkın koltuk kapasitesi ile 6 havayolu firması tarafından 7 merkezden 55 noktaya hizmet verilmektedir ve son 13 yılda uçuş merkezi sayısı 2'den 7'ye yükselirken, uçuş noktası sayısı 26'dan 55'e yükselmiştir. Ayrıca, dış hatlar bazında 2003 yılından günümüze kadar 226 uçuş noktası daha eklenmiştir.

Tüm bunların ışığında, dünyada ve Türkiye'de havacılık endüstrisine olan talebin arttığı ve artmaya da devam edeceği açıkça söylenebilir. Son yıllarda, havayolu taşımacılığının dinamik gelişimine ilişkin yeni iş modelleri, teknolojik ilerlemeler, düzenlemeler ve pazar gereksinimleri önem kazanmaktadır ve havacılık endüstrisinin gelişimine bakıldığında sırası ile, teknik gelişme, politik gelişme, kalite ve maliyet gelişimi, ağlar, anlaşma ve düşük-maliyet operasyonları ve son olarak da yeni perspektif aşamaları görülmektedir.(Wittmer ve Bieger, 2011). Bu aşamada dijital dönüşüm safhası devreye girmektedir.

2.2. Dijital Dönüşüm

Dijitalleşme, bilgi sistemleri için yıllardır bir araştırma konusu olmuştur (Legner vd., 2017). Ancak günümüzde devam eden bu süreç, müşterilerin daha karmaşık dijital hizmet ve ürün beklentilerine paralel olarak, daha farklı bir boyut kazanmış ve müşteriler tarafından yönlendirilmeye başlamıştır (Brenner vd., 2014). Dijitalleşme süreci, dijital mükemmellik (Böhmman vd. 2015) olgusunu da beraberinde getirmiştir. Böyle bir mükemmellik seviyesine de erişebilmek, dijital dönüşümü gerekli kılmıştır. Dijital dönüşüm, otomatikleştirilmiş görevler açısından bilgi teknolojileri temelli değişimleri ifade etmektedir (Hess, 2016; Legner vd., 2017). Dijital dönüşüm; analog verinin dijital veriye dönüştürüldüğü bilgi, dijital teknoloji ve insanları bağlayan süreç ve işletme modellerinin otomasyonunu ifade etmektedir (Mattig ve Hausweiler, 2017). Bu dönüşüm sadece teknoloji ile ilgili değil aynı zamanda da dijital dünyadaki işletme dönüşümü ile ilgilidir ve hem yeni teknolojilerin uygulanması hem de tüm paydaşlara daha iyi tecrübe sağlayabilmek için var olan teknolojiler, süreçler ve hizmetlerin bütünleştirilmesini kapsar (Airport Council International, 2017). Dünyadaki hemen her sektöre dahil olmaya başlayan dijitalleşme ve dijital dönüşümün en büyük etkileri ise havacılık endüstrisinde görülmektedir (İnovasyon Haftası, 2017). Buradan hareketle havacılık endüstrisindeki dijital dönüşüme odaklanılmıştır.

2.3. Havacılık Endüstrisinde Dijital Dönüşüm

Havacılık endüstrisi birçok bileşeni olan bir sektördür ancak temelinde iki önemli yapı taşı bulundurulur. Bunlar; havayolları ve havalimanlarıdır. Bu endüstriye ilişkin dijital dönüşümün etkileri bu iki kısımda çok daha dikkat çekici bir hal almıştır. SAP yolcu seyahat başkanı Phil Te Hau, dijital ekonomide havayollarının hayatta kalabilmeleri için yeni dijitalleşen dünya fırsatlarını itici güç olarak kullanmaları gerektiğini dile getirmiştir (SAP, 2017). Dijital dönüşümün havacılık endüstrisinde azımsanamayacak getiriler sağladığı yadsınmaz bir gerçektir ve havacılık sektöründe dijital dönüşüm, dünya çapında devinim gösteren bir hareket haline gelmiştir.

Dijital dönüşüm kapsamında dünyada Seoul, Changi, Incheon, Schiphol, Heathrow, Munich, Zurich, Frankfurt ve Copenhagen havalimanları kendi uygulamalarını kullanmaya başlamış ve direkt olarak müşteriler ile temas haline geçmişlerdir (Gardy, 2016). Mijksenaar (2017), 2016 yılını baz alarak içinde Türkiye havalimanlarının da olduğu 50'den fazla Avrupa temelli havalimanının dijital durumunu değerlendirmiştir. Bu değerlendirme için kullanılan indekse ilişkin ana boyutlar ve bu boyutlara ait alt kriterler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Dijital havalimanı değerlendirme indeksi boyutları ve alt kriterleri (Mijksenaar, 2017)

Dijital Havalimanı Ana Boyutları				
	Tutarlılık	Bağlanabilirlik	İletişim	Ticaret
Alt Kriterler	İletişim kanallarındaki tutarlı renkler	Ücretsiz sınırsız Wi-Fi	Sosyal medya kullanımı	Elektronik alışveriş tesisleri
	İletişim kanallarındaki terminoloji tutarlılığı	Kapalı alan alt yapısı	Kişisel kapalı alan navigasyon cihazı	Elektronik park tesisleri

Havalimanlarının dijital değerlendirmeleri için kullanılan bu dijital havalimanı indeksine göre, toplamda 8 kriterden 6'sını karşılayan ilk iki havalimanı sırası ile, Copenhagen ve Manchester iken, 5 tanesini karşılayan sonraki üç havalimanı Amsterdam Schiphol, Frankfurt ve Sheremetyevo uluslararası havalimanları olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirme sonuçlarına göre, yalnızca bağlanabilirlik ana boyutuna ilişkin kapalı alan alt yapısı kriterini sağlayan Adnan Menderes Havalimanı, 34, Esenboğa Havalimanı, 37, İstanbul Atatürk Havalimanı, 38. sırada yer alırken, Antalya Havalimanı, sadece tutarlılık ana boyutuna ilişkin iletişim kanallarındaki terminoloji tutarlılığı kriterini sağlayarak 35. sıradadır. Bunun yanı sıra Sabiha Gökçen Havalimanı hiç bir kriteri sağlayamadan 46. Sırada yer almaktadır.

Dijital dönüşüm süreçlerinin başlamasıyla ortaya dijital tüketici kavramı da çıkmıştır ve bu kavramın en çok kullanıldığı sektör de havacılık sektörü olarak belirlenmiştir (Mijksenaar, 2017). Dijital tüketicilerce gerçekleştirilen bu dijital değerlendirmenin sonuçları ise şu şekilde sıralanmıştır (Mijksenaar, 2017): Değerlendirmeye dahil edilen havalimanlarının %90'ı wi-fi olanağı sağlarken, bunların sadece %37'si sınırsız erişim sağlayabilmektedir. Havalimanı sitelerinin %44'ü mobil cihazlar ile uyum sağlayacak düzeydedir. %86 oranında mobil park ödemesi, %13 oranında da elektronik alışveriş imkanı sağlanabilmektedir. Söz konusu havaalanlarının %44'ü kapalı mekan navigasyon hizmeti sunabilmektedir. 54 havalimanının sadece %21'i üç önemli sosyal medya mecrasında tutarlı bir kullanıcı adı kullanmaktadır, havalimanlarının yarısından fazlasının Google arama sonuçlarında resmi isimlerine rastlanılamamaktadır.

Lufthansa ve Ryanair gibi havayolu firmaları, web, cep telefonu ve gelecek nesil yeni teknolojiler için dijital seyahat ürünlerinin geliştirilip pazarlandığı inovasyon laboratuvarlarını kurmuşlardır (Gardy, 2016). Etihad havayolları, teknoloji ve inovasyonun teknolojik mükemmelliği beraberinde getirdiği ilkesini göz önünde bulundurarak en iyi teknolojiyi sağlamak ve alt yapılarını korumak üzerine yoğunlaşmıştır. Etihad havayolları, bunu sağlayabilmek için inovasyon kapsamında dijital müşteri tecrübesinin yeniliğine ve dijitalleşmeye odaklanmıştır. Bilgi teknolojileri ve alt yapı güvenliğine odaklanarak, dünyanın en iyisi olma gayretini göstermektedir. Stratejik programlarına dijital müşteri inovasyonu, mobil uygulamalar, kargo yönetim sistemleri, iş zekası, bilgi teknolojileri yönetimi, iş yeri dönüşümü ve veri merkezi güçlendirme gibi adımları eklemiştir. Hatta mobil uygulamaları ile de "Orta Doğu'da kendi türünün birincisi" sloganını ortaya atmışlardır (Webb, 2016). 12 Mayıs 2017 tarihinde gerçekleşen yatırımcı gününde AirFrance-KLM, dijital evrime dayanan dalgaın hissedilmeye başladığını ifade etmiştir. Burada, AirFrance-KLM bünyesindeki üst düzey yöneticiler dijital dönüşümlerinden bahsetmişlerdir. Bu bakış açısıyla süreçlerini dijitalleştirme ve değer zincirine katma değer sağlanabilmesi için, kabin ekibi ve yer hizmetleri görevlileri için ipad kullanımını desteklemiş, kargo dijital yol haritası, dijital ticaret, dijital odaklı hizmet sağlayıcılar gibi bileşenleri devreye almıştır. Kargo operasyonları için dijital program kapsamında elektronik kabul, elektronik kargo, elektronik hızlı teslimat ve elektronik bağlanabilirlik gibi kanallar yaratmıştır. Teknoloji temelli uygulanan yol haritasına tip tanıma, bilişsel zeka, esnek ekranlar, görsel yönetim, nesnelerin interneti gibi bileşenleri dahil etmiştir. Dijital yatırımlarını üç yıl içerisinde 400 milyon Euro'dan daha fazlasına çıkarmıştır ve bunu takiben gerçekleşen ivmenin gözle görülür bir oranda olduğunu ifade etmişlerdir. Dijital dönüşüm sürecini hem müşteri hem de çalışan perspektifinden yönetmeye çalışan AirFrance-KLM her yerde mobilite, yapay zeka ve ekosistem içerisinde dijital platform olanağını benimsemiştir.

Bunlara ek olarak basitleştirilmiş bilet alma ve rezervasyon akışları, zenginleştirilmiş online ödeme seçenekleri, sohbet odaları, çok kanallı stratejiler, gerçek zamanlı bilgi, medya uygulamaları, çantamı takip et uygulaması, lokasyon temelli hizmetler gibi birçok uygulamayı gerçek hayata geçirmiştir ve müşteri yakınlığı ile dijitallik açısından ödüller almıştır. Gerçekleştirilen dijital dönüşüm adımları neticesinde 2016 yılında, haftada 20 000'den fazla vakayı sosyal medya mecralarında çözümlediklerini, 20 milyondan fazla Facebook ve yaklaşık 4 milyon Twitter kullanıcılarına eriştiklerini ve online iletişimin %50'den fazlasını mobil işlemler ile gerçekleştirdiklerini, yine aynı yılda web sitelerini 400 milyona yakın kişinin ziyaret ettiğini beyan etmiştir (AirFrance-KLM, 2017).

Tüm dünyada olduğu gibi, dijital dönüşüm süreci, Türkiye havacılık endüstrisinde de önemli görülmektedir. 2017 yılı Aralık ayında İstanbul'da gerçekleştirilen İnovasyon Haftası'nın önemli konu başlıklarından biri de "Havacılıkta İnovasyon" idi. Bu kapsamda Türkiye'nin önde gelen havayolu firmalarının üst düzey yöneticileri inovasyon ve bu kapsamdaki dijital dönüşümün etkileri üzerine konuşmalar gerçekleştirmiştir: THY kurumsal inovasyon ve projeler başkanı Adem Yılmaz, THY'nin son 15 yıldaki %700'lük büyümesinin inovasyon sayesinde olduğunu ve bunun sağlanması sürecinde dijitalleşmeyi de kapsayan Solid İnovasyon kavramını yarattıklarını ifade etmiştir. Buna ek olarak, dijitalleşmenin 21. yüz yılın Tsunamisi olduğu vurgulanmıştır. Anadolu Jet bölgesel uçuşlar başkanı Şamil Karakaş, dijital inovasyon açısından, uçan kitlenin neredeyse tamamının mobil kullanıcı olduğu gerçeğinden yola çıkarak, mobil ve web tabanlı çalışmalar yapıldığını ve hatta insanlarla direkt temas kurma açısından mobil'in web'ten daha önemli olduğunu ifade etmiştir. Pegasus Havayolları CIO'su Barış Fındık, konuşmasında inovasyonun toplumsal fayda ve kullanıcının gönlünde değer yaratması gerektiğini ileri sürmüştür. İnovasyon temelli dijitalleşme açısından tespit edilen en büyük problemlerin self-servis hizmetlerin artırılması ve otomasyona geçilmesi olduğunu ifade eden Fındık, dönüşüm süreçlerinde, kiosk makinelerine cep telefonu numarası girerek check-in yapılabilirliğini sağladıklarını, elektronik posta yolu ile de tek-klik check-in ve self-servis kullanım oranlarını yükselttiklerini belirtmiştir. Buna ek olarak, self-servis hizmet alanların, konvansiyonel hizmet alanlara göre daha mutlu olduğuna ilişkin çıktıları da bulunmaktadır. İlerleyen aşamalarda dijitalleşme sürecinde, yüz tanıma kullanımını da ön gördüklerini ifade etmiştir. Sun Express kurumsal çözümler müdürü Mustafa Tetik ise, dijitalleşme bakış açısı ile, uçak içi eğlence platformlarını sağlayabilecek stratejik birlikler sağlamaya çalıştıklarını, bunları sağlarken de sürdürülebilir müşteri memnuniyetini göz önünde bulundurduklarını ifade etmiştir.

Ayrıca IATA'nın 18-20 Ekim 2016 tarihlerinde Dubai'de gerçekleştirdiği 6. Dünya Yolcu Sempozyumunda THY CIO'su Ali Serdar Yakut, büyümenin teknolojiyi gerektirdiğini ve seyahat endüstrisinin değişime ihtiyacı olduğunu vurgulamıştır. Buna ek olarak günümüzdeki bazı olguların değiştiğini ve bunların yerini otomasyon, kişiselleştirme, öncülük edici inovasyon, işbirliği ve farklılaşma gibi kavramların aldığını ifade etmiştir. Müşteriler ile iletişim kurma yolunun teknoloji bazlı değişimler olduğunu dile getiren Yakut, nesnelerin interneti, yapay zeka ve bulut bilişim gibi kavramlara değinerek, klasik anlamdaki müşteri tecrübesinin başkalaşım geçirerek dijital tecrübe haline geldiğini savunmuştur (Yakut, 2016).

Yapılan araştırmalara göre dijital geleceğe yatırım kaçınılmazdır. Amaç ise müşteri tecrübeleri ve kurumsal operasyonları geliştirmektir. Dijital teknolojiler, daha önce çözüm üretilmeyen problemlere ışık tutmaktadır. Bundan dolayı yeni stratejiler geliştirilmelidir (Accenture, 2016). Türkiye havacılık endüstrisinde de dijital dönüşümün etkileri görülmeye başlanmıştır. Devam etmekte olan bu sürece ilişkin güçlü ve zayıf yönler ile fırsatlar ve tehditlerin neler olduğuna ilişkin çıkarımların yapılması bu noktada önemlidir. Buradan hareketle çalışmada Türkiye havacılık endüstrisinde dijital dönüşüm için SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. SWOT analizi ile belirlenen güçlü ve zayıf yönler ile fırsatlar ve tehditlere ilişkin alt kriter araştırılmış, bu kriterler uzman görüşleri ile desteklenmiştir. Bunu takiben AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılarak dijitalleşme için alternatif stratejiler önerilmiştir.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada, SWOT analizi temel alınmış; SWOT analiz faktörlerinin ağırlıklarının ve dijital dönüşüm destek stratejilerin belirlenmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır.

3.1.SWOT Analizi

SWOT analizi nasıl olunmak istendiğine dair sorulan sorulara cevap verebilmek adına, güçlü ve zayıf yönler ile fırsatlar ve tehditleri ortaya koymaya yarayan bir stratejik yönetim aracıdır (Ansoff, 1965; Porter, 1991). Firmaların günümüz rekabet piyasasında ayakta kalabilmeleri için iç ve dış çevrelerini analiz etmeleri gerekmektedir. Burada iç çevre, firmanın iç bünyesindeki güçlü ve zayıf yönleri ifade ederken, dış çevre ise olası fırsatlar ve tehditleri kapsamaktadır. SWOT analizi, işletmelerin mevcut durumlarını analiz etmeye olanak tanıırken, aynı zamanda da uzun dönemde büyümeyi etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesi, negatif olanların elenmesini sağlamaktadır. Bu analiz yöntemi birçok sektörde uygulanabildiği gibi havacılık sektöründe de (Sevklı vd., 2012) uygulanmaktadır. Dolayısı ile bu çalışmada SWOT analizi kullanımı öngörülmüştür. Bu yöntemin asıl amacı stratejilerin belirlenmesi ve uygun olanın seçilmesidir. Buna göre SWOT analizi adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: SWOT faktörleri, güçlü ve zayıf yönler ile fırsatlar ve tehditler boyutları altında toplanır. Bu aşamada çalışma odağındaki endüstriyel alan göz önünde bulundurularak literatür araştırması ve uzman görüşlerinden yararlanılır.

Adım 2: Alternatif stratejiler geliştirilir. Bunun için dört tip strateji belirlenebilir:

- (1) SO stratejisi: Dış fırsatlardan yararlanmak için iç güçlü yönleri kullanma stratejisi
- (2) WO stratejisi: İç zayıf yönleri göz önünde bulundurularak dış fırsatları kullanma stratejisi
- (3) ST stratejisi: Dış çevrede ortaya çıkan tehditleri azaltmak için iç güçlü yönleri kullanma stratejisi
- (4) WT stratejisi: İç zayıf yönleri göz önünde bulundurularak dış tehditleri azaltma stratejisi

3.2. AHP Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas Saaty tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniğidir (Saaty, 1980). AHP, karmaşık problemlerin hiyerarşik bir yapıya dönüştürülmesi ve amaca hizmet eden alt faktörlerin belirlenmesinde kullanılır. Kullanım alanı oldukça geniş olan bu tekniğin adımları aşağıdaki gibidir (Saaty, 1980):

Adım 1: Problemin hiyerarşik yapısının oluşturulması: Bu adımda, ana amaca hizmet eden alt faktörler ve onların alt faktörleri seviyelendirilir.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve önceliklerin belirlenmesi: Söz konusu matris, hiyerarşik yapının kurulmasından sonra elde edilir ve 1 numaralı eşitlikte gösterildiği şekildedir. Bu ikili karşılaştırma matrisi $n \times n$ yapısındadır.

$$Z = (z_{ij}) = \begin{bmatrix} 1 & p_1/p_2 & \dots & p_1/p_n \\ p_2/p_1 & 1 & \dots & p_2/p_n \\ \vdots & \dots & 1 & \vdots \\ p_n/p_1 & p_n/p_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Z matrisinde $\frac{1}{z_{ij}} = z_{ji}$ elemanıdır ve $i = j$ ise $z_{ij} = 1$ 'dir. Ayrıca önceliklerin belirlenmesinde 1-9 skalası kullanılmaktadır (Wind ve Saaty, 1980). Buna göre matristeki p_i değerleri 1'den 9'a kadar değişebilmektedir.

Adım 3: Normalizasyon: 1'den 9'a kadar değerler kullanılarak elde edilen ikili karşılaştırma matrisi, her bir değer, o değer ait olduğu sütun toplamına bölünmesi ile normalize edilir.

Adım 4: Öz vektörün belirlenmesi: Faktörlerin öneminin yüzdelik dağılımının belirlenmesi için $W = [w_i]_{n \times 1}$ sütun vektörü hesaplanmalıdır. W sütun vektörü, Z matrisi satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir.

Adım 5: Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması: CR değerinin elde edilebilmesi için öncelikle Z matrisinin en büyük öz değerinin (λ_{max}) hesaplanması gerekmektedir. Bunun için izlenmesi gereken hesaplama adımları sırası ile (2), (3), (4) ve (5) numaralı formüller ile ifade edilmiştir.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3, \dots, n$ iken

$$D = [z_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (2)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n w_i}}{n} \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Formül (4) ile elde edilen tutarlılık indeksi (CI), daha sonra rassal tutarlılık indeksi (RI) ile birlikte kullanılarak formül (5) ile verilen CR değeri elde edilmesi adımının ön aşamasıdır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Buradaki RI değeri, Tablo 2'den faktör sayısına denk gelen değer seçilmesi ile elde edilir. CR değeri ikili karşılaştırma matrisindeki her bir değer için hesaplanır ve üst limiti 0,10'dur. Eğer $CR \leq 0,10$ ise, tutarlılık derecesi kabul edilebilir düzeydedir. Eğer $CR > 0,10$ ise karar verme sürecinde tutarsızlık söz konusudur. Böyle bir durumda AHP yöntemi anlamlı sonuçlar vermeyebilir ve yapılan değerlendirmelerin gözden geçirilmesi veya geliştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 2: Rassal tutarlılık indeksi (RI) tablosu (Atalay vd., 2017)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

4. TÜRKİYE HAVACILIK ENDÜSTRİSİ İÇİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM ANALİZİ

Bu bölümde önerilen yaklaşım Türkiye havacılık endüstrisi için uygulanmıştır. SWOT faktörleri, havacılık endüstrisinde dijital dönüşüm üzerine gerçekleştirilen çeşitli faaliyet raporları ve beyaz bültenler gibi kaynaklar (Kahraman vd., 2007; Accenture, 2015; Streichfuss, 2016; Airport Council International, 2017; Bonnar vd., 2017; Chubb, 2017; İnovasyon Haftası, 2017; OECD, 2017; World Economic Forum, 2017) ve uzman görüşlerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Türkiye havacılık endüstrisi dijital dönüşümüne ilişkin SWOT boyutları ve bu boyutlara ait alt kriterler Tablo 4’de verilmiştir.

4.1. Dijital Dönüşüm Stratejilerinin Belirlenmesi

SWOT kriterlerinin belirlenmesinin ardından (Tablo 4), SWOT boyutlarının ve bu boyutlara ilişkin kriterlerin uzmanlar tarafından ağırlıklandırılması sağlanmıştır. Bu ağırlıklandırma sürecinde AHP yöntemi kapsamında Saaty tarafından geliştirilen ve ikili karşılaştırma yapılırken kullanılan 1-9 skalası kullanılmıştır (Saaty, 1980). Bu değerlendirme sonucunda Türkiye perspektifi ile havacılık endüstrisinde dijital dönüşüm için SWOT boyutlarının ağırlıkları ve bu boyutlara ilişkin alt kriterlerin yerel ve bütünsel ağırlıkları elde edilmiştir. “Fırsatlar”ın ağırlığı 0,395 olarak belirlenirken sırası ile “Güçlü Yönler”in ağırlığı 0,363, “Tehditler”in ağırlığı 0,137 ve “Zayıf Yönler”in ağırlığı da 0,105 olarak belirlenmiştir. Ana boyut ve alt kriterlere ilişkin sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: AHP yöntemiyle elde edilen SWOT boyutları ve alt kriterlere ilişkin yerel ve bütünsel ağırlıkları

SWOT boyutları	Boyutların ağırlıkları	Alt Kriterler	Tutarlılık oranı	Yerel ağırlık	Bütünsel ağırlık
Güçlü yönler (S)	0,363	S ₁	0,071	0,133	0,048
		S ₂		0,134	0,049
		S₃		0,161	0,058
		S ₄		0,137	0,050
		S ₅		0,158	0,057
		S₆		0,167	0,061
		S ₇		0,109	0,040
Zayıf yönler (W)	0,105	W ₁	0,063	0,044	0,005
		W₂		0,232	0,024
		W ₃		0,116	0,012
		W ₄		0,117	0,012
		W₅		0,297	0,031
		W ₆		0,166	0,017
		W ₇		0,029	0,003
Fırsatlar (O)	0,395	O ₁	0,092	0,124	0,049
		O₂		0,209	0,083
		O ₃		0,063	0,025
		O₄		0,182	0,072
		O ₅		0,182	0,072
		O ₆		0,086	0,034
		O ₇		0,154	0,061
Tehditler (T)	0,137	T ₁	0,083	0,057	0,008
		T ₂		0,108	0,015
		T ₃		0,192	0,026
		T ₄		0,042	0,006
		T₅		0,296	0,041
		T ₆		0,050	0,007
		T₇		0,255	0,035

Tablo 3’den elde edilen bilgilere göre SWOT boyutlarına ilişkin alt kriterlerin yerel ağırlıklarına bakıldığında güçlü yönler ana boyutuna ait en önemli alt kriter, “S₆: Yenilikçi fikirlerin geliştirilmesi”, zayıf yönler ana boyutuna ait en önemli alt kriter, “W₅: Finansal kaynak eksikliği”, fırsatlara ait en önemli alt kriter, “O₂: Bilgi teknolojileri mimarisine odaklanmak” olarak belirlenmişken, tehditlere ilişkin en önemli alt kriter, “T₅: Veri kaybı ve siber tehditler” olarak ortaya çıkarılmıştır. Yerel ağırlıklarına göre bu kriterler önceliklendirildiğinde ise $W_5 > T_5 > O_2 > S_6$ olduğu görülmektedir.

Alt kriterlere ilişkin bütünsel ağırlıklar incelendiğinde ise, en önemli kriterler takip eden şekilde sıralanmıştır: “O₂: Bilgi teknolojileri mimarisine odaklanmak”, “S₆: Yenilikçi fikirlerin geliştirilmesi”, “T₅: Veri kaybı ve siber tehditler”, “W₅: Finansal kaynak eksikliği”. Bu bilgiye göre bütünsel ağırlıklar göz önünde bulundurulduğunda kriterlerin öncelikleri takip eden şekilde ifade edilmektedir: $O_2 > S_6 > T_5 > W_5$. Bu sonuçlardan hareketle alternatif stratejiler (A_i) belirlenebilir. Burada söz konusu alternatif stratejinin sayısını belirtmektedir. A₁, güçlü yönleri kullanarak fırsatlardan yararlanma strateji olarak nitelendirilirse; yenilikçi fikirlerin geliştirilmesi ile bilgi teknolojisi mimarisine odaklanma stratejisi elde edilebilir. Tablo 4’ten hareketle elde edilen sonuçların kullanılması neticesinde ortaya koyulabilecek stratejiler, Tablo 4’te verilen SWOT matrisi ile gösterilmiştir.

Tablo 4: SWOT matrisi ve alternatif stratejiler

	Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
İç ve Dış Faktörler	<p>S₁: Dijital dönüşüm bilincinin oluşması</p> <p>S₂: Dijital dönüşüm platformlarının oluşturulması</p> <p>S₃: Dijitalleşme gerekliliklerinin belirlenmesi</p> <p>S₄: Mobil ve web tabanlı girişimler</p> <p>S₅: Teknoloji portföyü</p> <p>S₆: Yenilikçi fikirlerin geliştirilmesi</p> <p>S₇: Elektronik dönüşüm projeleri</p>	<p>W₁: Bölümler arası iş birliği azlığı</p> <p>W₂: Yetkin kaynak ve yeteneklerin yeterince değerlendirilmemesi</p> <p>W₃: Karar verme mekanizmalarındaki yavaşlık</p> <p>W₄: Dijital dönüşüme uymayan işletme modelleri</p> <p>W₅: Finansal kaynak eksikliği</p> <p>W₆: Tepe yönetimi desteğinin azlığı</p> <p>W₇: Bazı bölgelerdeki internet erişimi eksikliği</p>
Fırsatlar		
<p>O₁: İşletme ve bilgi teknolojileri iş birliği</p> <p>O₂: Bilgi teknolojileri mimarisine odaklanmak</p> <p>O₃: Havayolu/İşletme iş birliği</p> <p>O₄: Dijital tüketici artışı ve buna bağlı artan talepler</p> <p>O₅: Dijital platformların baskınlığı</p> <p>O₆: Teknoloji partnerleri</p> <p>O₇: Yeni ve gelişmiş hizmetler</p>	<p>SO₁: Bilgi teknolojileri mimarisine odaklanmak için yenilikçi fikirlerin geliştirilmesi (A₁)</p> <p>SO₂: Dijitalleşme gerekliliklerinin belirlenmesi için dijital tüketici artışı ve buna bağlı artan taleplere önem verilmesi (A₂)</p>	<p>WO₁: Finansal kaynak artırımını ile bilgi teknolojileri mimarisine yatırım yapmak (A₃)</p> <p>WO₂: Dijital tüketici artışı ve buna bağlı artan taleplerin göz önünde bulundurulması ile var olan yetkin kaynak ve yeteneklerin kullanımının artırılması (A₄)</p>
Tehditler		
<p>T₁: Yeni işletme modelleri</p> <p>T₂: Dijital kültür geliştirme zorluğu</p> <p>T₃: Ticari gereklilikler, yasa ve düzenlemeler</p> <p>T₄: Her zamankinden kısa planlama ufukları</p> <p>T₅: Veri kaybı ve siber tehditler</p> <p>T₆: Daha geniş bir ekosistemde yer almak</p> <p>T₇: Tehlikeli bilginin erişilebilirliği</p>	<p>ST₁: Veri kaybı ve siber tehditlerin önüne geçebilmek adına yenilikçi fikirlere önem vermek (A₅)</p> <p>ST₂: Dijitalleşme gerekliliklerinin belirlenmesi ile tehlikeli bilginin erişilebilirliğinin farkına varılması ve gereken önlemlerin alınması (A₆)</p>	<p>WT₁: Finansal kaynak eksikliğini azaltarak veri kaybı ve siber saldırıların önüne geçmek (A₇)</p> <p>WT₂: Tehlikeli bilginin erişilebilirliğini azaltmada görevlendirmek üzere yetkin kaynak ve yeteneklerin kullanımının artırılması (A₈)</p>

5. SONUÇ

Havacılık endüstrisi geçmişten günümüze oldukça büyüyen, büyüdükçe de önemi artan bir endüstri haline gelmiştir. Paralelinde artan teknolojik gelişmeler de hayat standartlarını değiştirmiş ve beklentilere farklı yönler vermeye başlamıştır. Her sektör bu gelişmeler ile bir bütünleşme yoluna gitmeyi tercih etmiştir. Bu sektörlerden biri de havacılık endüstri olmuştur. Uzmanların bir Tsunami olarak ifade ettiği bambaşka bir devrin alt yapısını oluşturan bu teknolojik gelişmeler havacılık endüstrisi gibi hali hazırda çok büyük bir rekabetin olduğu piyasada başkalaşımı, bir tercihten çok, gereklilik haline getirmiştir. Stratejik planlar yapmak, yeni iş modelleri uygulamak vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Bu dönüşüm dünyayı etkilediği gibi, Türkiye’yi de etkilemektedir. Önde gelen havacılık firmaları dijital dönüşüm adına farklı girişimlerde bulunmaktadır. Dijital dönüşümün sadece teknoloji ile ilgili değil, dijital dünyadaki iş dönüşümü ile ilgili olduğu gerçeği ile, dijitalizasyonun, havacılık endüstrisindeki yer hizmetleri, güvenlik, hava yolları ve hava limanlarını kapsayan bugüne kadar ki tüm teknoloji ve bundan sonraki adımları kapsayan bir olgu olduğunu söylemek mümkündür (Airport Council International, 2017). Söz konusu firmalar da sektördeki bu adımlara dijital dönüşüm bakışıyla müdahale etmektedir. Bu çalışmada da dünya genelinde havacılık endüstrisi odaklı dijital dönüşüm çalışmaları ile yapılan kıyaslamalarla Türkiye havacılık sektörünün güçlü ve zayıf yönleri, sektörün fırsat ve tehditleri belirlenmiş ve stratejik bir yol haritası, SWOT analizi yöntemi ile çıkarılmaya çalışılmıştır. Literatür araştırması ve uzman görüşleri yardımıyla SWOT faktörleri belirlenmiş ve ana boyutlar altında toplanmıştır. Bu şekilde havacılık endüstrisinde dijital dönüşümün kullanılmasına amacının altında, SWOT temelli hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yapı AHP yönteminin kullanılmasına olanak sağlamıştır. Grup kararı ile SWOT boyutları ve bu boyutlara ilişkin önceliklendirmeler yapılmıştır. Yapılan önceliklendirmeler sonucunda elde edilen ana boyutların ağırlıklarını takiben alt kriterlerin yerel ve bütünsel ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlıklar ve uzman görüşleri ile, dijital dönüşüm açısından fayda sağlayacağı düşünülen bazı alternatif stratejiler belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, dijital dönüşüm SWOT analizinde ve stratejilerin değerlendirmesinde faktörlerin ve karar vericilerin sayıları artırılabilir veya farklı karar verme yöntemleri kullanılabilir. Değerlendirme sürecinde bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak belirsizliğin göz önüne alınması da mümkündür.

TEŞEKKÜR

Yazarlar finansal desteği için Galatasaray Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkür ederler (Proje no: 18.402.001). Yazarlar çalışmanın her aşamasında destek sağlayan uzmanlara da değerli katkıları için teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] Accenture, (2015), http://www.tbv.org.tr/core/uploads/page/document/1100_18031611540.pdf.
- [2] Accenture, (2016), https://www.accenture.com/t20160524T005913Z__w_/us-en/_acnmedia/PDF-16/Accenture-Make-Your-Digital-Connection-From-Digital-Strategy-to-Airline-Strategy.pdf.
- [3] AirFrance-KLM, (2016), http://www.airfranceklm.com/sites/default/files/id_2017_afkl_def.pdf.
- [4] Airport Council International,(2017), http://www.aci.aero/media/967761dce259453ad369a796d012/VDnQNA/News/World%20Report/2017/October/ACI_World%20Report_Oct_2017.pdf.
- [5] Ansoff, H. I, (1965), Corporate Strategy, New York: McGraw-Hill.
- [6] Atalay, Ö., Karakaş, A., Akça, M., (2017), Türkiye’de Lojistik Merkezi Yeri Seçiminde Kriterlerin AHP ile Ağırlıklandırılması: Kars İli Üzerine Bir Analiz, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 31(3), 607-626.
- [7] Bonnar, R., O’Conor, Mark, Dyson, A., Lemarchand, S., Tulquois, G., Flakoll, R., Allen, P., Forster, C., (2017), DLA Piper, Digital Transformation in Aviation Sector, White Paper.
- [8] Böhmman, T., Drews, P., Meyer-Blankart, C., (2015), Digitale Exzellenz: Eine Bestandsaufnahme zur Digitalisierung deutscher Unternehmen und Behörden. Research Report, Universität Hamburg.
- [9] Brenner, W., et al., (2014), User, use & utility research: the digital user as new design perspective in business and information systems engineering. Bus Inf Syst Eng 6(1), 55–61.
- [10] Chubb,(2017), www.airmic.com/system/files/technicaldocuments/Report%202_Chubb_FINAL_singles.pdf.
- [11] Gardy, A., (2016), Digital Trends & Opportunities for Airports, Roland Berger Canada, <http://aci-na.org/sites/default/files/session4a-gardy.pdf>.

- [12] Hess, T., (2016), Digitalisierung. In: Gronau N, Becker J, Leimeister JM, Sinz E, Suhl L (eds): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon, Ninth edition. GITO, Berlin. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de>. Accessed 20 Mar 2017.
- [13] IATA (2017), www.iata.org/publications/Documents/iata-annual-review-2017.pdf.
- [14] ICAO (2016), www.icao.int/annual-report-2016/Pages/default.aspx
- [15] Kahraman, C., Demirel, N. C., Demirel, T., (2007), Prioritization of e-Government strategies using a SWOT-AHP analysis: the case of Turkey. *European Journal of Information Systems*, 16(3), 284-298.
- [16] Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhmman, T., Drews, P., Ahlemann, F., (2017), Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. *Business & information systems engineering*, 59(4), 301-308.
- [17] Mattig, N., Hausweiler, J., (2017), <http://www.prologis.aero/wp-content/uploads/2017/05/Digitalization-and-its-impact-on-aviation.pdf>.
- [18] Mijksenaar, (2017), http://www.mijksenaar.com/new/wp-content/uploads/2017-04-06-infographic_DAI.pdf.
- [19] OECD, (2017), Key Issues For Digital Transformation in the G20, OECD Conference, Berlin 12 Ocak 2017. <https://www.oecd.org/g20/key-issues-for-digital-transformation-in-the-g20.pdf>.
- [20] Porter, M.E., (1991), "Towards a dynamic theory of strategy", *Strategic Management Journal*, 12, 95-117.
- [21] Saaty, T.L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process." McGraw-Hill, New York.
- [22] SAP, (2017), Airlines in a Digital World, Providing a Reliable, Personalized Experience While Increase Profitability, Digital Airliens-'017 Edition, SAP White Paper.
- [23] Sevkli, M., Oztekin, A., Uysal, O., Torlak, G., Turkyilmaz, A., Delen, D., (2012), Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. *Expert systems with Applications*, 39(1), 14-24.
- [24] SHGM (2016) http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/raporlar/2015_faaliyet_raporu_29.02.2016.pdf
- [25] _29.02.2016.pdf
- [26] Streichfuss, M., (2016), Roland Berger, Digitalization of Airports, Experience and Learnings from a European Perspective, Airport Innovation Summit (AIS) 2016.
- [27] Türkiye İnovasyon ve Girişimcilik Haftası, (2017), Born Global, İstanbul, 6-9 Aralık, 2017.
- [28] Webb, R.J., (2016), Chief Information Technology Officer, Etihad Airways, 6. Dünya Yolcu Sempozyumu, 18-20 Ekim 2016, Dubai.
- [29] Wittmer, A., Bieger, T., (2011), Fundamentals and structure of aviation systems. In *Aviation Systems* (pp. 5-38). Springer Berlin Heidelberg.
- [30] Wind, Y., Saaty, L.T., (1980), "Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, Cilt: 26, Sayı: 7, pp. 641-658.
- [31] World Economic Forum, (2016), World Economic Forum White Paper Digital Transformation of Industries: DigitalConsumption<http://reports.weforum.org/digitaltransformation/wpcontent/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>.
- [32] Yakut, A.S. (2016), Executive Vice President, CIO, Turkish Airlines, 6. Dünya Yolcu Sempozyumu, 18-20 Ekim 2016, Dubai.

SÜRDÜRÜLEBİLİR LOJİSTİK KAPSAMINDA ELEKTRONİK ATIKLARIN TOPLANMASI: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Fatma Cansu Mishal¹, Doç. Dr. Ömür Tosun²

¹Akdeniz Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Antalya, cansu.mishal@gmail.com

²Akdeniz Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Antalya, omurtosun@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Günümüzde ülkelerin ve bireylerin kalkınma çabaları, çevresel konularda sürekli ihmale ve kötü yönde ilerlemeye sebep olmuştur. Bu nedenle Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında hazırlanmış olduğu "Ortak Geleceğimiz" adlı raporda sürdürülebilirlik, kalkınma ile ilişkilendirilmiştir. Lojistik alanında da sürdürülebilirlik gün geçtikçe daha önemli bir hal almaya başlamıştır. Bireylerin bu konudaki farkındalıklarının artması, sektörel anlamda işletmeleri çevreci hareketlere önem vermeye zorlamıştır. İnsanların bilinçsizce elden çıkartmak istedikleri elektronik atıkların doğaya verdiği kimyasal ve fiziksel zararın tahmin edilenden çok daha fazla olduğu, araştırmalarla birlikte bilimsel bir gerçek halini almıştır.

2012 yılında yayınlanan "Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların (AEEE) Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında elektronik atıkların toplanmasına yönelik çeşitli uygulamalar yasal bir zeminde ortaya konmuştur. Çalışmada elektronik atıkların toplanmasına yönelik olarak ulusal kapsamlı tez ve makalelere ilişkin literatür araştırması yapılacaktır. Literatür araştırması ile birlikte bu konudaki uygulamalar ve yöntemler incelenecek, güncel bir boşluk analizi yapılacak ve yazılması planlanan yüksek lisans tezi için referans bir model oluşturulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Elektronik Atık, Sürdürülebilir Lojistik, Tersine Lojistik

ELECTRONIC WASTE COLLECTING IN CONTEXT OF SUSTAINABLE LOGISTICS: LITERATURE RESEARCH

ABSTRACT

Nowadays, the development efforts of individuals and countries have caused continual neglect and poor progress in environmental issues. For this reason, sustainability has been linked to development in the report "Our Common Future", which was prepared by the World Commission on Environment and Development in 1987. Sustainability in the field of logistics has also become more and more important. The growing awareness of individuals in this regard has forced the sectoral sense of business to attach importance to environmental movements. It has become a scientific fact with up-to-date research that the chemical and physical damages that people make unwittingly from the electricity of electronic wastes to the environment are much more than anticipated.

Within the scope of the "Regulation on the Control of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)", which was enacted in 2012, various applications for collection of electronic waste have been introduced on a legal basis. Within the scope of today's prominence of electronic waste, a literature search will be done within the scope of academic databases for the collection of electronic waste. In addition to the literature review, the applications and methods in this subject will be examined, a current gap analysis will be made and a reference model will be established for the graduate thesis to be written.

Keywords: Electronic Waste, Sustainable Logistics, Reverse Logistics

1. GİRİŞ

Hayatımızın her alanında bulunan elektronik eşyalar, teknolojinin de gelişmesiyle birlikte tüketicide hızla yenilenme ihtiyacı yaratmaktadır. Gerek firmaların sürdürülebilir satış politikaları gerekse elde edilen hızlı gelişmeler ürünlerin faydalı kullanım ömürlerini git gide kısaltmaktadır. Tüketicilerin de prestij ve imaj göstergesi haline gelen elektronik tüketim ürünleri, 10 yıl öncesi ile karşılaştırıldığında çok daha kısa sürede atıl hale gelmektedir. Böylelikle çevrede bulunan elektronik atıkların miktarı hızla artmaktadır.

Geçmişte elektronik atıkların meydana geliş sürelerinin uzunluğu, o dönemlerde elektronik atıkların toplanmasına, geri dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmamasına sebep olmuştur. Fakat günümüze baktığımızda toplama tesislerinin varlığı çevre açısından çok önemli bir hale gelmiştir. Tesis kuruluş maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda çoğu belediye, büyük atık toplama firmalarıyla çalışarak hem maliyetleri minimize etmekte hem de sürdürülebilir çevre kalkınmasına katkıda bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı, günümüzde her alanda karşımıza çıkan sürdürülebilirlik kavramına lojistik açıdan bakarak firmaların rekabet ve imaj geliştirme çabalarına katkılarını incelemek, elde edilebilecek kârları ortaya koymak, elektronik atıkların toplanması için gerekli şartların yasal olarak incelenmesi ile birlikte yüksek lisans tezine ışık tutacak bir literatür araştırması yapmaktır.

Bu çalışmada kısaca ele alınan araştırma konusu, yüksek lisans tezi olarak incelenmeye devam edecektir. Bu nedenle araştırmanın temel amacı, kongre katılımcılarına konu ile ilgili bilgi aktarımı sağlayarak karşılıklı fikir alışveriş ortamını sağlamaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik; temelde gelecek ile ilişkilendirilmiş bir kavramdır. Özüne bakacak olursak sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için vurgulanması gereken en önemli olgu; elimizdeki tüm kaynakların bize atalarımızdan kaldığı değil, çocuklarımızdan ödünç aldığımız olmalıdır.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında hazırlanmış olduğu, Brundtland Raporu olarak da bilinen "Ortak Geleceğimiz" adlı raporda sürdürülebilirlik, kalkınma ile ilişkilendirilmiştir. Çünkü ülkelerin ve bireylerin kalkınma çabaları, çevre ile ilgili konularda sürekli ihmale sebep olmuştur. Rapora göre tanımlayacak olursak sürdürülebilirlik, bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılamaktır (World Commission on Environment and Development, 1987).

1992 yılında yapılan Rio Zirvesi'nde de belirtildiği gibi sürdürülebilirlik; kaynakların tasarrufa yönelik kullanımını ve bu yöndeki davranışların devamlılığını ifade etmektedir (Hill, 1997).

2.2. Sürdürülebilir Lojistik

Lojistik faaliyetleri açısından bakacak olursak sürdürülebilirlik için gerekli olan ilk adım; süreci en baştan bu stratejiye yönelik tasarlamaktır. Ürün tasarım ve üretim planlama yapılırken çevreci tekniklerle hareket edilmesi, sürdürülebilir lojistik anlayışının geliştirilmesi adına verimli bir hamle olacaktır.

Sürdürülebilirlik için gerekli en temel hamlelerden birisi de tersine lojistik uygulamalarıdır. Klasik yöntem olarak bilinen ileri lojistiğin aksine, ters lojistikte malzeme akışı son kullanıcıdan üreticiye doğrudur ve temelde 3 aşamadan oluşmuştur. İlk aşama müşterilerden ürünlerin toplanmasını kapsayan geri alma sürecidir. İkinci aşamada ürün, taşınarak üreticiye ulaşır. Üçüncü aşamada ise ürün elden çıkarılır (Şengül, 2010).

Firmalar, lojistikte sürdürülebilirliği sağlamak adına tersine lojistikte farklı işlemler uygulayabilmektedir. Bu işlemler yeniden işleme, ürün geliştirme, yeniden üretim, ürün yenileştirmek, yenileme, geri dönüşüm, yeniden değerlendirme, yeniden kullanım, tamir etme ve olduğu gibi yeniden kullanmadır (Parkinson ve Thompson, 2003).

2.3. Sürdürülebilirliğin Firmalar Arası Rekabet ve İmaj İle İlişkisi

Günümüzde çevresel konulara önem veren işletmeler genellikle hem rekabet hem de teknolojik açıdan lider konumda bulunmaktadır. Özellikle karbon ayak izi ölçen firmaların rekabette fark yarattığı görülmektedir. Carrefour, Metro gibi kurumsal firmalar, bazı ürünleri için karbon ayak izi ölçümü yaptırmaktadır.

Bir sistemde ürünler üretilirken, taşınırken ve bozulurken CO2 salınımı söz konusu olur ve bu; o ürünün karbon ayak izinin ölçütünü oluşturur (URL1). Firmalar ve bireyler, karbon ayak izlerini azaltmak için çeşitli hamleler yapabilirler. Üretimde çevrecil planlama yapmak, bu hamlelerin başında gelir. Üründe yeşil paketleme kurallarını uygulamak, kullanılan malzemelerin sarfiyatını azaltmak, geri dönüşümü kolay malzemeler kullanmak, üretimi zorlaştırıcı hamlelerden kaçınmak olumlu etki yaratacak birkaç madde olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil paketlemede firma, paketlerin boyutuna, malzemesine ve şekline dikkat etmelidir (Büyükoçkan ve Vardaroğlu, 2008).

Hayatımızın her alanında bulunan elektrik; CO2 salımında rol oynayan en büyük faktördür. Gerek üretim için birincil girdi olması, gerekse elektronik ürünlerin kullanımında mecburi ve kıt bir enerji kaynağı olması, elektriğin verimli kullanımının önemini ve gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2.4. Elektronik Atıklar ve Zararları

Atıl hale gelmiş veya kullanım ömürleri dolmuş olan elektronik cihaz, ürün ve malzemeler birer elektronik atık olarak ele alınır. Elektronik atıklar, diğer atık türleri ile karşılaştırıldıklarında hacmen daha az yer kaplasalar da ortaya çıkan zehirli atığın neredeyse %70'ini oluşturmaktadır. Bir araştırma (URL2), Amerika'da yıllık olarak yaklaşık 4,4 milyon ton elektronik atığın ortaya çıktığını göstermektedir. Yine aynı araştırma kapsamında elektronik atıklardan elde edilen kıymetli metallerin konsantrasyonlarının doğal madenlerden elde edilenlerden çok daha yüksek olduğu (40-50 kat kadar) bilinmektedir. Ayrıca madenlerin çıkartılması ve saflaştırılması esnasında çevresel tahribatın ne kadar yüksek oranda gerçekleştiği asla unutulmamalıdır.

Bir malzemeyi sıfırdan üretmek, olan bir malzemeyi yeniden üretime hazırlamak ve geri dönüştürerek kullanmaktan daha maliyetli ve zaman alıcı olduğundan tersine lojistik faaliyetleri ile atıkların tedarik zinciri boyunca geriye doğru akışı sağlanarak, atıkların uygun olması durumunda yeniden kullanım; uygun olmaması durumunda ise doğaya olan zararı minimuma indirgenerek atık olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Teknolojinin hızla geliştiği bir süreçte olmamız ürünlerin verimli ömürlerini kısaltmakta, buna bağlı olarak da atık hacminin büyümesine sebep olmaktadır.

Hatta bazı çalışmalar (Çiftlik, Handırı vd. (2009); URL3; URL4; URL5), elektronik atıkların diğer atık türlerine göre en hızlı artış gösteren atık türü olduğunu göstermektedir.

Dünyada çok fazla tercih edilen bir markanın klasik bir akıllı telefonu 0,025 kg alüminyum, 0,015 kg bakır, 0,00034 kg gümüş, 0,000034 kg altın, 0,000015 kg paladyum ve 0,000001 kg platin içerir. Bir adet telefon için bu miktarlar az görünse de daha fazlasında ciddi miktarda kıymetli maden bulunmaktadır. Örneğin 1 milyon adet telefonun geri dönüşüme kazandırıldığını farz edersek 25000 kg alüminyum, 15000 kg bakır, 340 kg gümüş, 34 kg altın, 15 kg paladyum, 1 kg platin geri kazanılmış olur (URL6).

Bu nedenle elektronik atıkların doğru yönlendirme ile tersine lojistik hareketinin sağlanması ve ilgili toplama tesisine ulaştırılması gerekmektedir. Doğru yönlendirme için ilk adım tüketicilerin doğru bilinçlendirilmesidir. Yasal gerekçeler eklenerek bilgilendirilme yapılması, kalcılık ve inandırıcılık açısından çok önemli bir etkidir. Bireysel farkındalığın oluşmasını takiben bilinçli nesiller yetişerek çevrenin gün geçtikçe daha da temiz olması hedeflenmelidir.

İçerdikleri zehirli maddeler ve kıymetli metallerden dolayı elektronik atıkların uygun şekilde toplanarak geri dönüşümlerinin sağlanması hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemlidir. Uzak doğu ülkeleri, atıkların toplanması konusunda daha bilinçlidir. Fakat ayrıştırma ve geri dönüşüme hazırlama konusunda aynı bilinç yoktur. Bu nedenle şehirlerde çevre kalite ölçümleri tehlikeli oranda toksik olarak raporlanmaktadır. Özellikle Çin, performans ve operasyonel uygulamalarla çevreci hareketliliğe katkıda bulunmaktadır (Li ve Wang, 2010).

2.5. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya (AEEE) Kontrolü Yönetmeliği Kapsamında

Elektronik Atıkların Toplanması

AEEE Kontrolü Yönetmeliği, 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 8, 11 ve 12 nci maddeleri ile 29/6/2011 tarihli ve 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 2 ve 8 inci maddelerine ve 29/6/2001 tarihli ve 4703 sayılı Ürünlerle İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanuna dayanılarak, Avrupa Birliğinin 2002/95/EC sayılı Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı

Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlanmasına İlişkin Direktifi ile 2002/96/EC sayılı Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır.

Elektronik atıklar, AEEE kontrolü yönetmeliğine göre 10 kategoriden oluşmaktadır. Bu kategoriler aşağıda Tablo 1’de ifade edilmiştir. Kategorilere ait ayrıntılı açıklamalar ilgili yönetmelikte Ek-1/B’de belirtilmiştir.

Tablo 1: Elektrikli ve Elektronik Eşya Kategorileri

1. Büyük ev eşyaları
2. Küçük ev eşyaları
3. Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları
4. Tüketici ekipmanları
5. Aydınlatma ekipmanları
6. Elektrikli ve elektronik aletler (Büyük ve sabit sanayi aletleri hariç)
7. Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları
8. Tıbbi cihazlar
9. İzleme ve kontrol aletleri
10. Otomatlar

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 2014-2017 yıllarını kapsayan eylem planında AB geri dönüşüm hedefleri aşağıda bulunan Tablo 2’de verilmiştir. Ülkemiz için de yol gösterici nitelikte olan bu hedeflere gün geçtikçe daha da yaklaşmaktadır.

Tablo 2: AB Geri Dönüşüm Hedefleri

Ambalaj atığı	2008	%60	%55	-
Ömrünü tamamlamış araçlar	2015	%95 (yeniden kullanım dahil)	%85 (yeniden kullanım dahil)	%100
Atık elektronik eşyalar	2012-2015	%70-80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	%50-80 80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	Kişi başı yıllık en az 4 kg. (evsel)
	2016	%75-85 80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	%50-80 80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	%45
	2019	%75-85 80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	%50-80 80 (AEEE kategorisine göre oran değişmektedir.)	%65

Dünyada uygulamalara bakıldığında bazı ülkelerde geri dönüşüm konteyner tesisleri bulunmaktadır. Bu tesislerde elektronik atıklar toplanarak usulüne uygun sökülür, ilk olarak alınabilecek parçaları alınarak yeniden kullanılır, daha sonra çeşitli işlemlerle ayrıştırılabilecek parçalar ayrıştırılır, en son olarak da uygun sıcaklıkta ve koruma ile yakma işlemine tabi tutularak çevreyi kirlilemeden imha edilir. İmkânı olmayan ülkeler tersine lojistik faaliyetleri ile kullanıcılardan ürünleri toplayarak bu atıkları ihraç etmektedir. Fakat bu durum elektronik atığı ithal eden ülke açısından çevresel kirlilikle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle ülkeler, kendi tesislerini kurmalı, yasalara ve işleyişe uygun olarak gerekli işlemleri yapmalıdır. Böylelikle toksik etki bir ülkede yoğunlaşmayacak, bilinç arttıkça çevreyi koruyarak her ülke kendi kendine yetebilecektir.

Ülkemizde “Değerlendirilebilir Atık Malzemeler Sanayicileri Derneği” (TÜDAM)’nin kendini tanıttığı üzere; 2007 yılında lisanslı toplama ayırma ve geri dönüşüm tesisleri tarafından atık yönetimi ve geri dönüşüm sektöründe faaliyet gösteren firmaların bilgi paylaşımında bulunduğu bir platform oluşturma amacıyla kurulmuştur. Derneğe üye olan üyeler, ülke genelinden ambalaj atıklarının %70’inden fazlasını toplayarak ekonomiye geri kazandırmaktadır. Derneğe ait Ağustos 2016 teşvik raporunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na bağlı olarak elektronik atıklarla ilgili yetkilendirilmiş kuruluş ELDAY (Elektrik ve Elektronik Geri Dönüşüm ve Atık Yönetimi Derneği İkt. İşl.) olarak belirtilmektedir.

Teşvik raporunda belirtildiği üzere yerli ve yabancı yatırımcılar çeşitli teşvik sistemlerinden yararlanabilmektedir. Bu yatırımlar kısaca şu şekildedir:

- Genel Yatırım Teşvik Uygulamaları
- Bölgesel Yatırım Teşvik Uygulamaları
- Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulamaları
- Stratejik Yatırım Teşvik Uygulamaları

3. YÖNTEM VE BULGULAR

Araştırma, Türkiye ile ilgili çalışmalarla sınırlı olacağından öncelikle Yüksek Öğrenim Kurulu (YÖK) Başkanlığı Tez Merkezi’nde yer alan, elektronik atıklarla ilgili yayınlanmış doktora ve yüksek lisans tezleri incelenmiştir. Daha sonra konumuzla alakalı olan tezler ayrıca ele alınarak ve yöntemleriyle birlikte Tablo 3’te ifade edilmiştir.

Tablo 3: Yayınlanmış Tezler ve Yöntemler (Yayın yılına göre sıralı)

Yazar	Yıl	Tez Başlığı	Yöntem
Kılıç, H. S.	2005	Tersine Lojistik ve Bir Beyaz Eşya Üreticisi Firmada Geri Dönüşüm Sistemi Ağ Tasarımının Yapılması	Matematiksel Modelleme
Yılmaz, E.	2006	Elektrikli ve Elektronik Atıkların Geri Kazanımı ve Muğla İli Pilot Proje Uygulanması	Yüz Yüze Görüşme, Gözlem
Bereketli, İ.	2007	Elektrikli ve Elektronik Aygıt Atıkları Yönetimi Ve Bir Uygulama	Doğrusal Programlama
Özgün, Ç.	2008	Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetiminde İzlenecek Süreçlerin Seçilmesi	Bulanık Hedef Programlama, Bulanık Ahp
Tulger, G.	2010	Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetiminin Planlanması ve Tesis Yeri Seçiminde Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı	Ahp, Anp, Electre, Promethee
Aydın, B.	2011	Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıklarının Geri Kazanımı	Anket
Ay, E.	2012	Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların Geri Kazanımının Değerlendirilmesi ve Samsun İlinde Seçilen Pilot Bir Bölgede Uygulanması	Anket
Sunar U.	2012	Bir Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisinin Maliyet Fayda Analizi	Maliyet Analizi
Temur, G. T.	2012	Tersine Lojistik Ağlarında Sürdürülebilirlik Yaklaşımına Yönelik Çok Amaçlı Bir Model Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama	Yapay Sinir Ağları, Karma Tamsayı Doğrusal Programlama, Toplu Kriter Yöntemi

Tablo 3ün devamı.

Ayvaz, B.	2013	Miktar ve Kalite Belirsizliği Altında Tersine Lojistik Ağ Tasarımı İçin Bir Stokastik Programlama Modeli Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama	Stokastik Programlama
Çakır, İ.	2013	Elektrikli ve Elektronik Atıkların Bertaraf Teknolojisi Ve Floresan Lambaları Uygulaması	Yüz Yüze Görüşme
Kamanlı, A.	2013	Ankara Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçinde Oluşan Ambalaj Atıkları İle Elektrikli ve Elektronik Atıkların Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi	Yüz Yüze Görüşme
Aksoy, H.M.	2014	Elektrik Elektronik Sektöründe Yeşil Tedarik Zinciri İle Atık Yönetimi	Yüz Yüze Görüşme
Erdoğan, O.	2014	Elektronik Atık Geri Dönüşümünün Enerji Verimliliğine Etkisi: Örnek Bir Çalışma	Yüz Yüze Görüşme
Kahraman, A.C.	2014	Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye’de E-Atık Yönetimi ve Uygulamaya Yönelik Stratejik Analizler	Nitel Araştırma
Aldemir, G.	2016	Elektrik ve Elektronik Ekipman Atıkları İçin Kapalı Döngü Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı	Matematiksel Modelleme
Çalışkan, H.P.	2017	Türkiye’de Evlerden Kaynaklanan Elektronik Atıkların (Evsel AEEE) Envanteri ve Yönetim Modeli Önerisi	Nitel Araştırma
Merdin, D.	2017	Garanti Kapsamındaki Elektronik Tamir Hizmet Yönetiminde Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi	Simülasyon
Ülgen, Ö.	2017	Elektronik Sektöründe E- Atık ve Farkındalığının Tespitine Yönelik Bir Araştırma	Anket

Akdeniz Üniversitesi Kütüphanesi’ne ait olan “Akdeniz Akademik Arama Motoru” ve “DergiPark Akademik” veri tabanlarında ulusal dergileri kapsayan bir tarama yapılmıştır. Bunlara ek olarak uluslararası dergilerde yer alan ve doğrudan Türkiye ile ilgili olan makaleler de incelenmiştir. Daha sonra bu makaleler aşağıda bulunan Tablo 4’te ifade edilmiştir.

Tablo 4: Ulusal Makaleler (Yayın yılına göre sıralı)

Erülgen, A., Büyükkelik, A.	2008	Sürdürülebilir Kalkınmanın Ekonomik ve Çevre Boyutları Açısından Atık Yönetimi ve E-Atıklar	Nitel Araştırma
--	-------------	---	-----------------

Tablo 4ün Devamı.

Yazıcı E. Y., Deveci, H.	2009	E-atıklardan Metallerin Geri Kazanımı	Nitel Araştırma
Çiftlik, S., Handırı, İ., Beyhan, M., Akçil, A. U., Ilgar, M., Gönüllü, M. T.	2009	Elektrikli ve Elektronik Atıkların (E-Atık) Yönetimi, Ekonomisi ve Metal Geri Kazanım Potansiyeli Bakımından Değerlendirilmesi	Nitel Araştırma
Erol, İ., Velioglu, M. N., Şerifoğlu, F. S., Büyükoçkan, G., Aras, N., Çakar, N. D., Korugan, A.	2010	Exploring Reverse Supply Chain Management Practices in Turkey	Nitel Araştırma
Akın, B., Kuru, A.	2011	Elektrikli ve Elektronik Atıkların (E-atık) zararları, Yönetimi ve Türkiyedeki Uygulamalarının Değerlendirilmesi	Nitel Araştırma
Ciddi, K., Erol, S.	2012	Sürdürülebilir Kalkınma İçin AEEE Geri Kazanım Şebeke Tasarımı: Kritik Literatür Araştırması ve Fırsatlar	Nitel Araştırma
Kılıç, H.S., Cebeci U., Ayhan M.	2015	Reverse Logistics System Design for the Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) in Turkey	Tam Sayılı Programlama
Öztürk, T.	2015	Generation And Management of Electrical–Electronic Waste (E-Waste) in Turkey	Nitel Araştırma
Özkır, V. Ç., Efendigil, T Demirel, T., Demirel, N. Ç., Deveci, M., Topçu, B.	2015	A Three-Stage Methodology For Initiating An Effective Management System For Electronic Waste in Turkey	Çok Kriterli Karar Verme
Aras, N., Korugan, A., Büyükoçkan, G., Şerifoğlu, F. S., Erol, İ., Velioglu, M. N.	2015	Locating Recycling Facilities for IT-Based Electronic Waste in Turkey	Matematiksel Modelleme

Tablo 4ün Devamı.

Salıhoğlu, G., Kahraman A. E.	2016	Türkiye'de Elektrikli ve Elektronik Atık Üretimi: Bursa Örneği	Anket
Tansel, B.	2017	From Electronic Consumer Products to E-Wastes: Global Outlook, Waste Quantities, Recycling Challenges	Keşifsel Çalışma
Aydın, Ç. Y., Kiraz, E. D. E.	2017	Elektronik Atıklar ve Çevre Sağlığı	Nitel Araştırma
Türk, B., Erciş, A.	2017	Tersine Lojistik Kapsamında E-atık Sorunu Çözümüne Yönelik Davranışsal Değişim Stratejilerinin Derecelendirilmesi	AHP
Keçeci, Dengiz, Dengiz, Sümer, Kılıç, Çeki, İnan	2018	AEEE Tahmini ve Toplama Noktalarının Belirlenmesi: Çankaya Belediyesi için bir Uygulama	Tam Sayılı Programlama

3. SONUÇ

Sürdürülebilirlik anlayışının lojistikle harmanlanabilmesi için ürün tasarım ve üretim planlama aşamalarının çevreci teknikler kullanılarak yapılması gerekmektedir. Böylelikle bütüncül bir yaklaşım ele alınmış olacaktır.

Elektronik atıkların toksik etkilerinin minimuma indirilebilmesi için öncelikle atıkların çevreye karşı duyarlı adımlarla toplama tesislerine ulaştırılması gerekmektedir. Daha sonra yasalara uygun işlemlere tabi tutularak ayrıştırma işlemi yapılmalıdır. En son aşamada ise elde edilen ürünün uygunluğuna göre ilgili alanda değerlendirilmesi amaçlanmalıdır. Bu nedenle sürdürülebilirlik için en önemli adım, tüketicilerin bilinçlendirilmesi olacaktır. Tüketicilerin bilinçlenmesi için ise öncelikle üreticilerin bilinçli olmaları ve üretim sürecine bu bilinci yansıtılmaları gerekmektedir. Böylelikle sistemsel bir bilinç oluşacak ve ilerleyen süreçte verim artacaktır.

Ülke genelinde AEEE kontrolü yönetmeliğine uygun toplama tesislerinin sayılarının artırılması, elektronik atık ihracatının önüne geçmek için uygun bir hamle olabilir. Ülkemizde işlenemeyerek yurt dışına gönderilen her atık, hammadde temini esnasında bize fazladan maliyet olarak yansımaktadır. Örneğin Çin, tüm ülkelerden elektronik atık ithal etmektedir fakat çok düşük maaşlı işçiler el ile elektronik cihazları kırarak veya insan sağlığı ve doğa için tehlikeli kimyasallar kullanarak bu maddeleri ayrıştırmaya çalışmaktadırlar. Bu kimyasalların doğaya karışması ölümcül olduğundan vücut fonksiyonlarında gerilik olan nesiller yetişmektedir.

YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark ve Akdeniz Akademik veritabanlarında yapılan taramada var olan araştırmaların özellikle elektronik atıkların çevreye verdiği zararlar üzerinde yapıldığı görülmüştür. Mevcut çalışmalarda ülkemizin atık potansiyeli değerlendirilmiş, buna istinaden var olan elektronik atık toplama tesislerinin yetersizliğine değinilmiştir. Ayrıca bazı çalışmalarda elektronik atıkların toplanarak değerlendirilmesinin ülkemize ekonomik yönden büyük katkı yaratacağı belirtilmiştir.

Bu sebeplerden dolayı elektronik atık yönetimi konusunda oluşturulacak çevresel bilinç bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Teknolojinin gün geçtikçe daha da hızlı ilerleyeceğini düşünürsek yetişen neslin bilinçli olması, onların

sağlığı ve yaşantısı için olumlu sonuç yaratacaktır. Ayrıca ülke çapında belirlenen stratejik noktalarda yeni toplama ve işleme tesislerinin kurulması hem ekonomiye hem de çevreye yararlı olacaktır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda elektronik atıkların daha verimli toplanabilmesi adına gerçekleştirilebilecek hamleler inovatif bir yaklaşımla ele alınmalı, teşvik edici öneriler geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Akın, B., Kuru, A. (2011), “Elektrikli ve Elektronik Atıkların (E-atık) zararları, Yönetimi ve Türkiye’deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi”, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 3/12, pp.1-12.
- [2] Aksoy, H.M. (2014), “Elektrik Elektronik Sektöründe Yeşil Tedarik Zinciri ile Atık Yönetimi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [3] Aldemir, G. (2016), “Elektrik ve Elektronik Ekipman Atıkları İçin Kapalı Döngü Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [4] Aras, N., Korugan, A., Büyüközkan, G., Şerifoğlu, F. S., Erol, İ., Velioğlu, M. N. (2015), “Locating Recycling Facilities for IT-Based Electronic Waste in Turkey”, Journal of Cleaner Production, 105, pp.324-336.
- [5] Ay, E. (2012), “Atık elektrikli ve elektronik eşyaların geri kazanımının değerlendirilmesi ve Samsun ilinde seçilen pilot bir bölgede uygulanması”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- [6] Aydın, B. (2011), “Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıklarının Geri Kazanımı”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- [7] Aydın, Ç. Y., Kiraz, E. D. E. (2017), “Elektronik Atıklar ve Çevre Sağlığı”, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 1, pp.39-52.
- [8] Ayvaz, B. (2013), “Miktar Ve Kalite Belirsizliği Altında Tersine Lojistik Ağ Tasarımı İçin Bir Stokastik Programlama Modeli Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [9] Bereketli, İ. (2007), “Elektrikli ve Elektronik Aygıt Atıkları Yönetimi Ve Bir Uygulama”, Galatasaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [10] Büyüközkan, G., Vardaroğlu Z. (2008), “Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi”, Journal of Logistics, 8, pp.66-73.
- [11] Ciddi, K., Erol, S. (2012), “Sürdürülebilir Kalkınma İçin AEEE Geri Kazanım Şebeke Tasarımı: Kritik Literatür Araştırması ve Fırsatlar”, International Refereed Academic Social Sciences Journal, 3, pp.290-313.
- [12] Çakır, İ. (2013), “Elektrikli Ve Elektronik Atıkların Bertaraf Teknolojisi Ve Floresan Lambaları Uygulaması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [13] Çalışkan, H.P. (2017), “Türkiye’de Evlerden Kaynaklanan Elektronik Atıkların (Evsel AEEE) Envanteri ve Yönetim Modeli Önerisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [14] Çiftlik, S., Handırı, İ., Beyhan, M., Akçıl, A. U., Ilgar, M., Gönüllü, M. T. (2009), “Elektrikli ve Elektronik Atıkların (E-Atık) Yönetimi, Ekonomisi ve Metal Geri Kazanım Potansiyeli Bakımından Değerlendirilmesi”, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, 15-17 Haziran, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [15] Erdoğan, O. (2014), “Elektronik Atık Geri Dönüşümünün Enerji Verimliliğine Etkisi: Örnek Bir Çalışma”, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [16] Erol, İ., Velioğlu, M. N., Şerifoğlu, F. S., Büyüközkan, G., Aras, N., Çakar, N. D., Korugan, A. (2010), “Exploring Reverse Supply Chain Management Practices in Turkey”, Supply Chain Management: An International Journal, 15, pp.43-54.
- [17] Erülgen, A., Büyükkeklik, A. (2008), “Sürdürülebilir Kalkınmanın Ekonomik ve Çevre Boyutları Açısından Atık Yönetimi ve E-Atıklar”, Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1, pp.19-30.
- [18] Hill, H. (1997). “Yönetimi Yeniden Düşünmek” (Çev. A. Mengi). Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 52, pp.491-503.
- [19] Kahraman, A.C. (2014), “Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye’de E-Atık Yönetimi Ve Uygulamaya Yönelik Stratejik Analizler”, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- [20] Kamanlı, A. (2013), “Ankara Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçinde Oluşan Ambalaj Atıkları İle Elektrikli ve Elektronik Atıkların Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [21] Keçeci, B., Dengiz, O., Dengiz, B., Sümer, E., Kılıç, A., Çeki, E., İnan, B., Çiçek, S. (2018), “AEEE Tahmini ve Toplama Noktalarının Belirlenmesi: Çankaya Belediyesi için bir Uygulama”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10.
- [22] Kılıç, H. S. (2005), “Tersine Lojistik ve Bir Beyaz Eşya Üreticisi Firmada Geri Dönüşüm Sistemi Ağ Tasarımının Yapılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [23] Kılıç, H.S, Cebeci U., Ayhan M. (2015), “Reverse Logistics System Design ünyada Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) in Turkey”, Resources, Conservation and Recycling Journal, 95, pp.120-132.
- [24] Li Z., Wang Y. (2010), “Study on Green Supply Chain in the Manufacturing Enterprises Based on Fuzzy Evaluation” Second International Workshop on Database Technology and Applications, China.
- [25] Merdin, D. (2017), “Garanti Kapsamındaki Elektronik Tamir Hizmet Yönetiminde Tersine Lojistik Sürecinin Modellenmesi”, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- [26] Özgün, Ç. (2008), “Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetiminde İzlenecek Süreçlerin Seçilmesi”, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [27] Özkır, V. Ç., Efendigil, T., Demirel, T., Demirel, N. Ç., Deveci, M., Topçu, B. (2015), “A Three-Stage Methodology For Initiating An Effective Management System For Electronic Waste in Turkey”, Resources, Conservation and Recycling Journal, 96, pp.61-70.
- [28] Öztürk, T. (2015), “Generation And Management of Electrical–Electronic Waste (E-Waste) in Turkey”, Journal of Material Cycles and Waste Management, 17, pp.411-421.
- [29] Parkinson, H., Thompson, G. (2003). “Analysis and taxonomy of remanufacturing industry practice. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers”, Journal of Process Mechanical Engineering, E, pp.243–256.
- [30] Salihoğlu, G., Kahraman A. E. (2016), “Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Atık Üretimi: Bursa Örneği”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 21, pp.95-106.
- [31] Sunar U. (2012), “Bir Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisinin Maliyet Fayda Analizi”, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [32] Şengül, Ü. (2010), “Atıkların Geri Dönüşümü ve Tersine Lojistik” Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, 6, pp.73-86.
- [33] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü (2014), “Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017”
- [34] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012), “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği”
- [35] Tansel, B. (2017), “From Electronic Consumer Products to E-Wastes: Global Outlook, Waste Quantities, Recycling Challenges”, Environment International, 98, pp.35-45.
- [36] Temur, G. T. (2012), “Tersine Lojistik Ağlarında Sürdürülebilirlik Yaklaşımına Yönelik Çok Amaçlı Bir Model Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [37] Tulger, G. (2010), “Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetiminin Planlanması ve Tesis Yeri Seçiminde Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- [38] TÜDAM Değerlendirebilir Atık Malzemeler Sanayicileri Derneği (2016), “Geri Dönüşüm Sektörü Teşvik Raporu”, Ankara.
- [39] Türk, B., Erciş, A. (2017), “Tersine Lojistik Kapsamında E-atık Sorunu Çözümüne Yönelik Davranışsal Değişim Stratejilerinin Derecelendirilmesi”, Atatürk Üniversitesi İktisade ve İdari Bilimler Dergisi, 31, pp.793-818.
- [40] United Nations (1987), “Our Common Future”, World Commission on Environment and Development, New York
- [41] Ülgen, Ö. (2017), “Elektronik Sektöründe E- Atık Ve Farkındalığının Tespitine Yönelik Bir Araştırma”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- [42] Yazıcı E. Y., Deveci, H. (2009), “E-atıklardan Metallerin Geri Kazanımı”, Madencilik Dergisi, 48, pp.3-18.

- [43] Yılmaz, E. (2006), “Elektrikli ve Elektronik Atıkların Geri Kazanımı ve Muğla İli Pilot Proje Uygulaması”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [44] URL1, Anonim, <http://www.karbonayakizi.com/whatiscarbonfootprint.html>, 16.01.2018
- [45] URL2, Rick Leblanc (2016), Electronic Devices a Rich Source of Precious Metals for Recyclers, <https://www.thebalance.com/electronic-devices-source-of-metals-for-recyclers-2877986>, 27.02.2018
- [46] URL3, Çevre Online, Elektronik Atıklar (E-Atık), <http://cevreonline.com/elektronik-atiklar-e-atik/>, 15.03.2018
- [47] URL4 Marmara Belediyeler Birliği (2017), Her Belediyenin Mutlaka E-Atık Yönetimi Olmalı, <http://marmara.gov.tr/her-belediyenin-mutlaka-e-atik-yonetimi-olmali-1202>, 15.03.2018
- [48] URL5 E-Belediye (2009), Dünyada ve Türkiye’de E-Atıklar, <https://www.ebelediye.info/makale/dunyada-ve-turkiye-de-e-atiklar>, 15.03.2018
- [49] URL6, Bianca Nogrady (2016), Your Old Phone is Full of Untapped Precious Metals (2016), <http://www.bbc.com/future/story/20161017-your-old-phone-is-full-of-precious-metals>, 27.02.2018

ELEKTRONİK SEKTÖRÜNDE GERİ KAZANIM ALTERNATİFLERİNİN BULANIK ÇOK KRİTERLİ YAKLAŞIMLA BELİRLENMESİ

Hande Erdoğan Aktan¹, İsmail Karayün²

¹Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Antalya,
handeaktan@akdeniz.edu.tr

²Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Antalya,
ismailkarayun@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Dünyadaki büyük elektronik üreticilerinin pek çoğu rekabetçi üretim maliyetleri için kendi malzemelerini üretmek için Türk şirketleri ile işbirliği yapmaktadır. Elektrik, Elektronik ve Hizmetler İhracatçıları Birliği tarafından düzenlenen istatistiklerde bu tarz işbirlikleri veya Türk üreticilerinin orijinal malzeme üretimi sayesinde 2015 yılında elektronik ürün ihracatı ilk sırada yer almıştır. İhracatın özellikle elektronik sektöründe ekonomide hayati bir role sahip olması, ulusal üretim kaynaklarının bilinçsizce kullanılmasını önlemek için geri kazanım alternatiflerinin değerlendirilmesini gerektirmektedir. Ürünlerin yaşam döngüleri sonunda üretime geri dönmelerinin sağlanması ile malzemelerin bir kısmının üretim sürecinde yeniden kullanılması mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada tersine lojistik kapsamında Antalya'da elektronik sektöründe faaliyet gösteren ve tersine lojistik faaliyetlerine odaklanan ve bu bilince sahip işletmelerin farklı nedenlerle geri dönen ürünleri için geri kazanım alternatifleri içinden en uygun olanın belirlenmesi bulanık ortamda Dematel temelli ANP (DANP) ve VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, bu alandaki öncü araştırmalardan biri olma niteliğine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık VIKOR, Çok Kriterli Karar Verme, DANP, Geri Kazanım, Tersine Lojistik

FUZZY MULTI CRITERIA APPROACH FOR DETERMINING THE RECOVERY ALTERNATIVES IN ELECTRONICS SECTOR

ABSTRACT

Many of world's largest electronic manufacturers are making cooperation with Turkish companies to produce their own materials for competitive production costs. Either these production cooperations or original equipment manufacturing productions of Turkish companies, regarding to statistics are issued by Electrical, Electronics and Services Exporters' Association, in 2015 the export of electronics took place as the first. The fact that exports play a vital role in the economy, especially in the electronics sector, requires the evaluation of recovery alternatives to prevent the unconscious use of national production resources. It is possible that some of the materials can be reused during the production process by ensuring that the products return to the production at the end of their life cycle. In this study, determination of the most suitable recovery alternative for the products which are operating in the electronics sector in Antalya and which focuses on reverse logistics activities and for those who have returned these products for different reasons was carried out by using Dematel based ANP (DANP) and VIKOR methods in the fuzzy environment. This study is one of the leading researches in this area.

Keywords: DANP, Fuzzy VIKOR, Multi-Criteria Decision-Making, Recovery, Reverse Logistics

3. GİRİŞ

Son yıllarda yaşanan teknolojik ve ekonomik gelişmeler neticesinde elektrik ve elektronik sektörü, hızla gelişen ve büyüyen sektörlerden biri haline gelmiştir. Sektörde yaşanan bu büyüme, insanların yaşam tarzlarını ve tüketim alışkanlıklarını önemli ölçüde değiştirmektedir. Bir yandan tüketicilerin yaşamlarını daha iyi ve daha rahat hale getirebilmek için daha yenilikçi, iyi tasarlanmış ve çok fonksiyonlu elektronik ürünler cazip fiyatlarla pazara sunulurken diğer yandan da tüketicilerin daha iyi bir yaşam tarzı arayışı bu ürünlerin ömürlerini kısaltmakta bu durum da tüm dünyada elektrikli ve elektronik teçhizat atıkları (WEEE – Waste electrical and electronic equipment) konusuna olan ilginin artmasına neden olmaktadır. Elektrikli ve elektronik ürünlerin yeniden değerlendirilmesi süreci karmaşık bir süreç olup sadece tersine lojistik kapsamında yeniden kullanma veya geri dönüştürme odaklı değil aynı zamanda kurşun, civa vb. tehlikeli maddelerin insan sağlığına ve çevreye olan risklerini yok etme veya en aza indirme için uygun bir şekilde işleme tabi tutulması veya bu malzemelerin bertaraf edilmesine odaklanmaktadır (Yu ve Solvang, 2016).

Teknolojinin çok hızlı gelişmesiyle çabuk eskijen elektronik ürünler, kullanım ömürleri bittiğinde atılmakta veya elden çıkarılmaktadır. Bunun sonucunda da yüksek miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Artık kullanıl(a)mayan elektronik ürünlerin geri kazanımının insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden gerçekleştirilmesi çok önemlidir. Yönetmelikler, kurumsal farkındalık ve bilinçli tüketicilerin sayısının artması gibi birçok faktör, elektronik üreticilerini tersine lojistik faaliyetlerine yönlendirmiştir. Dolayısıyla elektronik sektörü, kullanım ömrü biten ürünlerinin yeniden değerlendirilmesi ve uygun bir biçimde geri kazanımı sorumluluğunu WEEE, RoHS (Restriction on Hazardous Substances- Belirli Zararlı Maddelerin Kullanımını Kısıtlama) gibi yönetmelikler ile yerine getirmektedir (Ravi vd., 2008).

Günümüzde sadece ileri lojistik yani üreticiden tüketiciye doğru ilerleyen lojistik değil, ürünün geri kazanımı, yeniden değerlendirilmesi gibi konuları da dikkate alan lojistik kavramı öne çıkmaktadır. Her ne kadar ileri lojistiğin tam tersi olarak düşünülse de tersine lojistik birçok karar noktasında ileri lojistikten farklılık göstermektedir (Tuzkaya ve Gulsun, 2008). Etkin malzeme, bilgi ve para akışını planlayarak, işleterek, yöneterek ve ömrünün sonuna gelen veya artık kullanılmayan ürünlerden değer geri kazanımını, kullanılmayacak durumda olan ürünlerin de uygun bir biçimde atılmasını amaçlayan tersine lojistik, kullanım ömrü sona eren veya artık kullanılmayan ürünlerden değer elde etmek için tercih edilen en etkili çözümlerden biri olup tüketiciden hammadde tedarikçisine doğru ilerleyen bir süreçtir (Yu ve Solvang, 2016).

Çevresel ve atık bertarafı konularına, zorunlu mevzuatlara ve kurumsal sosyal endişelere önemin daha da artması nedeniyle yoğun rekabetin hakim olduğu günümüzde işletmeler tersine lojistik faaliyetlerine odaklanma bilinci ve/veya telaşı içindedir (Prakash ve Barua, 2016). İşte bu nedenle bu çalışmada tersine lojistik kapsamında Antalya’da elektronik sektöründe faaliyet gösteren ve tersine lojistik faaliyetlerine odaklanan işletmelerin farklı nedenlerle geri dönen ürünleri için geri kazanım alternatiflerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle akademisyenlerden ve Antalya’da Organize Sanayi Bölgesi’nde elektronik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin farklı bölümlerinde çalışmanın konusunu oluşturan alan hakkında bilgi sahibi olan uzmanlardan oluşan bir odak grubu oluşturulmuş ve kriterleri ve alt kriterleri belirlemek için Delphi yöntemi uygulanmıştır. Kriterlerin tespitinden sonra Dematel temelli ANP (DANP) yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve son olarak bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak elektronik ürünler için yeniden üretim, yenileştirme, geri dönüşüm, yamyamlaştırma, tamir etme, doğrudan yeniden kullanım ve yakma/gömmeden alternatiflerinin içinden en uygun olanın seçimi gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda hazırlanan çalışma şu şekilde kurgulanmıştır: İkinci bölümde tersine lojistik ve geri kazanım ile ilgili literatürden bazı çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler kısaca anlatılmış, dördüncü bölümde uygulama aşamaları ve bulgular ortaya konmuştur. Son bölümde ise çalışmanın sonuçlarının de yorumlandığı genel bir değerlendirme yapılmıştır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde teknolojik gelişmelerin hızla artması ve ürün ömürlerinin kısalması, müşterilerin sürekli yeni ürün talep etmesi ve tüm bunlara bağlı olarak henüz kullanım ömrün, tamamlanmadan dahi bir çok ürün ve malzemenin atık haline dönüşmesi, işletmeleri etkin bir tersine lojistik yönetimine zorlamaktadır. Tersine lojistik dar anlamda, kullanılan ürünlerin toplanması, geri kazanılması veya elden çıkarılması ile ilgili tüm faaliyetleri ifade ederken, geniş anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmak, sürdürülebilirlik ve döngüsel iktisat konularına katkıda bulunmak amacıyla artık kullanılmayan ürünlerin yeniden kullanımı, yeniden üretimi, geri dönüştürülmesi veya güvenli bir şekilde imha edilmesi yoluyla atık üretimini en aza indirmek amacıyla üretici ile tüketicinin müşterek işbirliği halinde bulunması olarak ifade edilmektedir (Bouzon vd., 2016). Müşteri memnuniyetinin artırılması, malzeme ve hammadde kullanım miktarını düşürmesi gibi birçok faydası bulunan tersine lojistik yönetiminin işletme performansını arttırmada payı büyüktür (Jain ve Khan, 2016).

Üreticilere yüklenen sorumluluklar ve atıklarla ilgili mevzuatlar, üreticilerin ömürlerinin sonuna gelmiş ürünleri geri almaları ve aldıkları bu ürünleri uygun bir şekilde elden çıkarmaları konusunda baskı yapmaktadır. Yapılan çalışmalar özellikle elektronik eşyalar, bilgisayarlar, kameralar, cep telefonları, otomobil, kimyasal ve tıbbi ürünler için geri dönüş oranının yüksek olduğunu göstermektedir (Prakash ve Barua, 2016). İşletmeye geri dönen ürünlerin geri kazanımı için ürünlerin sınıflandırılarak değerlendirilmesi ve en uygun kazanım alternatifinin uygulanması önemlidir.

Demonte derecelerine bağlı olarak ürünlerin geri kazanım alternatifleri; yeniden üretim, yenileştirme, yamyamlaştırma, tamir etme, doğrudan yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yakma/gömme olarak sıralanabilir. Yeniden üretim; kullanılan ürünlerin bileşen seviyelerine göre tamamen sökülerek yeni ürünler için geçerli olan kalite standartlarına getirilmesi, kapsamlı olarak denetlenmesi ve kırık/eski parçaların değiştirilmesidir. Yenileştirme; kullanılmış ürünlerin kalitesini ürünlerin demontaj yapılarak bir üst seviyeye yükseltilmesi, kontrol edilmesi ve kırılan bileşenlerin değiştirilmesidir. Yenileştirme, aynı zamanda modası geçen modül veya bileşenleri teknolojik olarak daha üstün olanlarla değiştirerek de gerçekleştirilebilmektedir. Yamyamlaştırma; yukarıda belirtilen geri kazanım alternatiflerinden herhangi birinde kullanılmak üzere iade edilen ürünlerden az sayıda parçanın yeniden kullanılabilmesi için geri kazanılmasıdır. Tamir etme; geri dönen ürünleri çalışır vaziyete getirilmesidir. Tamir edilmiş ürünlerin kalitesi, yeni ürünlerin kalitesinden daha düşük olabilir. Geri dönüşüm; kullanılan ürün ve parçaların çeşitli ayırma işlemlerine tabi tutulması neticesinde ürün ve parçaların orijinal özellik ve fonksiyonlarının yok edilerek elde edilen malzemenin yeniden kullanılmasıdır (Wadhwa vd., 2009). Doğrudan yeniden kullanım; süreçte geri dönen palet, konteyner gibi malzemelerin üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan veya temizleme vb. küçük işlemler yapılarak doğrudan sürece dahil edilmesidir. Yakma/gömme alternatifi, işletmelerin artık başka seçenekleri kalmadığı zaman uyguladıkları, ürünü yok etme faaliyetidir (Nakıboğlu, 2007). Yukarıda belirtilen geri kazanım alternatiflerinden süreçleri için en uygun olanını belirleyen işletme, geri dönen ürünleri atmak yerine bu ürünlerden değerlendirilen malzemeleri kullanarak yeni malzeme tüketimini azaltmakta ve böylece başta ekonomik olmak üzere birçok ilave değer üretebilmektedir (Feito-Cespon vd., 2017).

Bu çalışmada elektronik ürünler üreten bir işletme için en uygun geri kazanım alternatifi seçimi çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılarak ele alınmıştır. Öncelikle Delphi yöntemi kullanılarak belirlenen ana ve alt kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için Dematel temelli ANP yöntemi kullanılmış, sonraki aşamada ise bulanık VIKOR kullanılarak en uygun geri kazanım alternatifinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kriterler arası bağımlılıkların, geri bildirimlerin belirlenmesinin ve bu ilişkilerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesinin ANP yöntemiyle belirlenmesinin zor olması nedeniyle DANP tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen alternatifler içerisinde en uygun olan alternatifin belirlenmesi için de Bulanık VIKOR yöntemi tercih edilmiştir. Bulanık VIKOR yöntemi, karar alma sürecindeki belirsizlikleri de dikkate alarak çoğunluk için maksimum grup faydası ve rakip için minimum bireysel pişmanlık sağlayan uzlaşmacı bir çözüm belirlemektedir (Tosun, 2017). Literatürde geri kazanım alternatiflerini değerlendirme amaçlı yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır: Kızılkaya-Aydoğan ve Özmen (2016), SMAA-2 ve VIKOR yöntemlerini kullanarak tersine lojistik alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Agrawal vd. (2016) cep telefonları üreten Hintli bir elektronik firma için ürünü elden çıkarmak için en uygun alternatifi belirlemek amacıyla AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmayı tercih etmişlerdir. Jindal ve Sangwan (2016), ürünün geri kazanım süreçlerini değerlendirmek amacıyla bulanık ortamda AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Özmen ve Kızılkaya-Aydoğan (2013), SMAA-2 yöntemiyle geri dönen çift kişilik yataklar için tersine lojistik opsiyonlarını incelemişlerdir. Samantra vd. (2013), ürün için en uygun geri kazanım alternatifini belirlemek için aralık değerli bulanık küme ve VIKOR yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Mahapatra vd. (2013), tersine üretim alternatiflerinin seçimini TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Ravi ve Shankar (2012) otomobil endüstrisinde geri kazanım alternatiflerini değerlendirmek için ANP yönteminden yararlanmışlardır. Wadhwa vd. (2009), geri dönen kahverengi malların geri kazanım alternatiflerini bulanık TOPSIS ile değerlendirmişlerdir. Ravi vd. (2005) ANP ve dengeli karne (Balanced scorecard – BSC) yöntemlerini birlikte kullanarak ömrü biten bilgisayarların geri kazanım alternatiflerinin içinden en uygun olanın seçimini modellemişlerdir.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada elektronik ürünler üreten bir işletme için en uygun geri kazanım alternatifi seçimi çok kriterli karar verme yaklaşımıyla incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında DANP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları bulunmuş, ikinci aşamada ise bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak geri kazanım alternatifleri sıralanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler sırasıyla aşağıda anlatılmıştır.

3.1. Dematel Temelli ANP (DANP)

DANP yöntemi, bu çalışmada geri kazanım alternatiflerini değerlendirmede etkisi olan kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için tercih edilmiştir. Yöntemin adımları şu şekildedir: (Wang ve Tzeng, 2012; Hung vd., 2012; Chiu vd., 2013; Kuo vd., 2015; Hung ve Lee, 2016):

1.adım: Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin oluşturulması: Kriterler arası ilişkileri gösteren T_C matrisi, bulanık Dematel yönteminin uygulanması neticesinde elde edilen T matrisidir. T_C matrisinin normalize edilmesiyle yani her bir satırın toplamının o satırdaki değerlere bölünmesiyle T_C^α of matrisi elde edilir. (1) no'lu matris ile gösterilir.

$$T_C^\alpha = \begin{bmatrix} t_c^{\alpha 11} & \dots & t_c^{\alpha 1j} & \dots & t_c^{\alpha 1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{\alpha i1} & \dots & t_c^{\alpha ij} & \dots & t_c^{\alpha in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{\alpha n1} & \dots & t_c^{\alpha nj} & \dots & t_c^{\alpha nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$t_c^{\alpha i1}$ (2) ve (3) no'lu formüller kullanılarak normalize edilir. $t_c^{\alpha mn}$ elde edilene kadar normalize işlemine devam edilir.

$$t_c^{\alpha i1} d_i^{11} = \sum_{j=1}^{m_1} t_c^{11j}, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (2)$$

$$T_C^{\alpha 11} = \begin{bmatrix} t_c^{11}/d_1^{11} & \dots & t_c^{1j}/d_1^{11} & \dots & t_c^{1m_1}/d_1^{11} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{i1}/d_i^{11} & \dots & t_c^{ij}/d_i^{11} & \dots & t_c^{im_1}/d_i^{11} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{m_11}/d_{m_1}^{11} & \dots & t_c^{m_1j}/d_{m_1}^{11} & \dots & t_c^{m_1m_1}/d_{m_1}^{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_c^{\alpha i1} & \dots & t_c^{\alpha ij} & \dots & t_c^{\alpha im_1} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{\alpha i1} & \dots & t_c^{\alpha ij} & \dots & t_c^{\alpha im_1} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_c^{\alpha m_11} & \dots & t_c^{\alpha m_1j} & \dots & t_c^{\alpha m_1m_1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ağırlıklandırılmamış süpermatris, (4) no'lu matriste gösterilmiştir. Oluşan bu yeni matris, T_C^α matrisinin transpozsesinin alınmasıyla elde edilir.

$$W = (T_C^\alpha)' = \begin{bmatrix} W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.adım: Ağırlıklandırılmış süpermatrisin elde edilmesi: Boyutlar arası ilişkileri gösteren toplam ilişki matrisi (T_D), Dematel yöntemiyle elde edilen bir matris olup bu matrisini normalize edilmesiyle T_D^α matrisine ulaşılır. (6) no'lu matris ile gösterilir.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_D^{11} & \dots & t_D^{1j} & \dots & t_D^{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{i1} & \dots & t_D^{ij} & \dots & t_D^{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{n1} & \dots & t_D^{nj} & \dots & t_D^{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T_D^\alpha = \begin{bmatrix} t_D^{11}/d_1 & \dots & t_D^{1j}/d_1 & \dots & t_D^{1n}/d_1 \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{i1}/d_i & \dots & t_D^{ij}/d_i & \dots & t_D^{in}/d_i \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{n1}/d_n & \dots & t_D^{nj}/d_n & \dots & t_D^{nn}/d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \dots & t_D^{\alpha 1j} & \dots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \dots & t_D^{\alpha ij} & \dots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \dots & t_D^{\alpha nj} & \dots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$\sum_{j=1}^n t_D^{ij} = d_i \quad i = 1, 2, \dots, n$

Ağırlıklandırılmış süpermatrise (7) no'lu denklem kullanılarak hesaplanır.

$$W^\alpha = T_D^\alpha W = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} \times W^{11} & \dots & t_D^{\alpha i1} \times W^{i1} & \dots & t_D^{\alpha n1} \times W^{n1} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha ij} \times W^{ij} & \dots & t_D^{\alpha nj} \times W^{nj} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_D^{\alpha in} \times W^{1n} & \dots & t_D^{\alpha in} \times W^{in} & \dots & t_D^{\alpha nn} \times W^{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.adım: Limit sipermatrisin hesaplanması: Ağırlıklandırılmış süpermatrisin k . kuvveti alınarak yakınsanmasıyla bu matris elde edilir. Elde edilen bu matristeki değerler ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış olur (Chuo vd., 2017).

3.2. Bulanık VIKOR

Karar verme sürecinin çok karmaşık olduğu durumlarda kesin ifadeler kullanmak zor bir hal almaktadır. Fayed (1965) tarafından geliştirilen bulanık küme teorisi kapsamında, kesin olarak ifade edilemeyen değişkenler dilsel değişkenler yardımıyla ifade edilebilmektedir (Yıldız ve Deveci 2003). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olarak kullanılan VIKOR (VlseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, 1998 yılında Opricovic tarafından önerilmiştir (Akyüz, 2012). VIKOR yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olarak, aynı ölçüğe sahip olmayan ve birbiriyle çatışan kriterlerden oluşan problemlerin çözümü için geliştirilmiştir (Opricovic, 1998). Bu yöntem, birbiriyle çelişen kriterler çerçevesinde, alternatiflerin sıralanması ve en uygun alternatifin seçimine odaklanmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2004). Yöntemin amacı, sıralamada ve seçimde uzlaştırıcı çözümü bulabilmektir (Akyüz, 2012). Yöntemin adımları şu şekildedir (Chen ve Wang, 2009; Akyüz, 2012; Yıldız ve Deveci, 2003; Tosun, 2017):

1.Adım: Problemin çözümüne yönelik alternatiflerin, kriterlerin ve değerlendirmeyi yapacak olan karar verici grubunun belirlenmesi gerekmektedir. Çözüm için “ n ” sayıda karar verici, “ m ” tane alternatif ve “ k ” tane kriter belirlenmektedir.

2.Adım: Üçgensel bulanık sayılar halinde dilsel değişkenler ortaya konmalıdır. Dilsel değişkenler, kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve çoklu kriter yapısı çerçevesinde en uygun alternatifin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Tablo 1, kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişkenleri göstermektedir.

Tablo 1: Dilsel Değişkenler ve Bulanık Sayılar

Kriter Ağırlıkları İçin Kullanılan Dilsel Değişkenler		Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Kullanılan Dilsel Değişkenler	
Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar	Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0.00, 0.00, 0.25)	Çok Kötü (ÇK)	(0.00, 0.00, 2.50)
Düşük (D)	(0.00, 0.25, 0.50)	Kötü (K)	(0.00, 2.50, 5.00)
Orta (O)	(0.25, 0.50, 0.75)	Orta (O)	(2.50, 5.00, 7.50)
Yüksek (Y)	(0.50, 0.75, 1.00)	İyi (İ)	(5.00, 7.50, 10.00)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.75, 1.00, 1.00)	Çok İyi (Çİ)	(7.50, 10.00, 10.00)

Kaynak: Tosun, 2017.

3.Adım: Karar vericilerin tercih ve görüşlerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Kararlar, “ n ” adet karar vericinin kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıkları ve alternatiflerin bulanık dereceleri birleştirilerek verilmektedir. Her bir kriterin birleştirilmiş bulanık ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} [\sum_{e=1}^n \tilde{w}_j^e], j = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

i alternatifin j kriterine göre önem ağırlığı ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} [\sum_{e=1}^n \tilde{x}_{ij}^e], i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

4.Adım: Bulanık ortalama ağırlıklar hesaplanır ve bulanık karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_k], j = 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_k \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1k} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mk} \end{bmatrix} \end{matrix}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

Burada \tilde{x}_{ij} , C_j kriterine göre A_i alternatifinin derecesi; w_j , j kriterinin önem ağırlığını ifade etmektedir.

5.Adım: Bulanık en iyi değer (f_j^*) ve en kötü değer (f_j^-) belirlenir:

$$f_j^* = \max_i \tilde{x}_{ij} \quad f_j^- = \min_i \tilde{x}_{ij} \quad (12)$$

6.Adım: S_i ve R_i değerleri hesaplanır. S_i , A_i alternatifinin tüm kriterler açısından bulanık en iyi değere olan uzaklıklarının toplamıdır. R_i ise, j. kritere göre A_i alternatifinin bulanık en iyi değere olan maksimum uzaklığıdır. Başka bir ifade ile S_i ve R_i değerleri, A_i alternatifinin ortalama ve en kötü puan değerlerini ifade etmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^k \tilde{w}_j (f_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (13)$$

$$R_i = \max_j [\tilde{w}_j (f_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)] \quad (14)$$

7.Adım: S^* , S^- , R^* , R^- ve Q_i değerleri hesaplanır.

$$S^* = \min_i S_i, \quad S^- = \max_i S_i \quad (15)$$

$$R^* = \min_i R_i, \quad R^- = \max_i R_i \quad (16)$$

$$Q_i = \nu(S_i - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - \nu)(R_i - R^*) / (R^- - R^*) \quad (17)$$

Yukarıdaki denklemlerde S^* , maksimum grup faydasını, R^* ise karşıt görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını ifade eder. Q_i indisi ise grup faydası ile karşıt görüşün bireysel pişmanlığını bir arada değerlendirilerek elde edilir. ν , maksimum grup faydası stratejisinin ağırlığıdır. $\nu > 0,5$ olduğunda karar maksimum grup faydası yönünde, $\nu < 0,5$ olduğunda ise karar, karşıt görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığı yönünde eğilim gösterir.

8.Adım: Üçgensel bulanık sayı Q_i durulaştırılır ve elde edilen Q_i değerlerine göre alternatifler sıralanır. Bu çalışmada durulaştırma adımı Hsieh vd. (2004) tarafından önerilen BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) yöntemi kullanılmıştır. Burada u_i üçgen bulanık sayının üst değerini, m_i orta değerini, l_i ise alt değerini göstermektedir.

$$BNP_i = [(u_i - l_i) + (m_i - l_i)] / 3 + l_i \quad \forall_i \quad (18)$$

Bu indeksin en küçük değeri en iyi alternatifi ifade etmektedir.

9.Adım: Uzlaşmacı çözüm belirlenir. Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanırsa, Q_i indeksi kullanılarak belirlenen çözüm, uzlaştırıcı çözümdür (\hat{a}).

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj:

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (19)$$

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (\text{eğer } m \leq 4, DQ = 0,25) \quad (20)$$

Burada m alternatif sayısı, a'' değeri, Q değerine göre sıralamada ikinci sırayı alan alternatiftir.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar: a' alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada da en iyi alternatiftir. Bu uzlaştırıcı çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Eğer 1. koşul sağlanamıyorsa ve $Q(a^{(m)}) - Q(a') < DQ$ ise $a^{(m)}$ ve a' aynı uzlaşmacı sonuçlardır. Ancak, uzlaşmacı çözümler a' , a'' , ..., $a^{(m)}$ aynı olduğu için a' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip değildir. Eğer 2. koşul sağlanamazsa, a' karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olsa da karar vermedeki istikrar yetersizdir. Bu nedenle a' ve a'' nün uzlaşmacı çözümleri aynıdır.

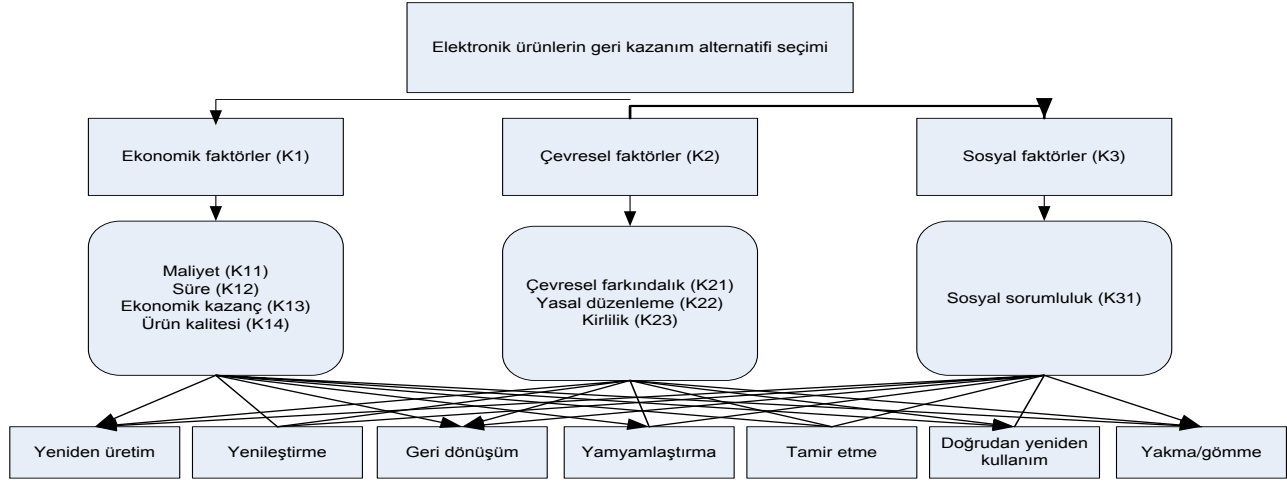
10.Adım: $Q(a')$ minimum Q_i değeri ile en iyi çözüm olarak seçilir.

4. ÇÖZÜM/BULGULAR

Ürünlerin geri kazanım alternatifleri çevresel, sosyal, teknik, ekonomik vb. birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler belirlenirken paydaşların düşünceleri ve menfaatleri de dikkate alınmak durumundadır. Bir paydaş için çok gerekli olan bir faktör, başka bir paydaşın menfaatleri ile çatışabilmektedir. Bu nedenle süreçte yer alan tüm paydaşları kapsayan bir yöntemle ürünün geri kazanım seçeneğinin belirlenmesi gerekmektedir (Ziout vd., 2014). Bu çalışma ömrünü tamamlayan elektronik ürünlerin geri kazanım seçeneği üzerinde karar verme sürecini yönlendiren bir yöntem sunmaktadır.

Tersine lojistik kapsamında Antalya'da faaliyet gösteren elektronik üreticilerinin çeşitli nedenlerle işletmelere geri dönen ürünlerinin değerlendirme seçeneklerinin ele alındığı bu çalışmada, öncelikli olarak akademisyenlerden ve tersine lojistik sürecine hakim sektörde çalışan uzmanlardan oluşan 4 kişilik bir proje grubu oluşturulmuştur. Yapılan görüşmeler ve konuya ilişkin literatür incelemesi sonucu Maliyet (K11), Süre (K12), Ekonomik Kazanç (K13), Ürün Kalitesi (K14), Çevresel Farkındalık (K21), Yasal Düzenlemeler (K22), Kirlilik (K23) ve Sosyal Sorumluluk (K31) kriter grubu olarak belirlenirken; Yeniden Üretim (A1), Yenileştirme (A2), Geri Dönüşüm (A3), Yamyamlaştırma (A4), Tamir Etme (A5), Doğrudan Yeniden Kullanım (A6) ve Yakma/Gömme (A7) ise alternatifleri temsil etmektedir (Sharma, Mahapatra ve Parappagoudar, 2016; Lou ve Wang, 2009; Özdemir, 2010; Özmen ve Aydoğan, 2013).

Çalışmada kullanılması uygun olan kriterler, alt kriterler ve bir nedenden işletmeye geri dönen elektronik ürünlerin geri kazanım alternatiflerinin birarada gösterildiği model Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Alternatif seçim modeli

4.1. DANP Modeli ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Karar vericilerin yaptıkları değerlendirmeler neticesinde DANP modelinin ilk adımında (1)-(2)-(3) ve (4) no'lu eşitlikler kullanılarak ağırlıklandırılmamış süpermatris (W) elde edilmiştir. Devamında ağırlıklandırılmış süpermatris (5), (6) ve (7) no'lu eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlıklandırılmış süpermatris (W^a) Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Ağırlıklandırılmış süpermatris (W^a)

	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K31
K11	0,069	0,096	0,099	0,093	0,114	0,116	0,116	0,110
K12	0,039	0,027	0,040	0,042	0,052	0,055	0,050	0,045
K13	0,092	0,082	0,064	0,084	0,097	0,098	0,095	0,092
K14	0,066	0,061	0,065	0,047	0,077	0,071	0,079	0,068
K21	0,130	0,134	0,140	0,133	0,089	0,115	0,116	0,146
K22	0,094	0,100	0,095	0,094	0,086	0,065	0,091	0,097
K23	0,145	0,135	0,134	0,142	0,125	0,119	0,093	0,149
K31	0,364	0,364	0,364	0,364	0,360	0,360	0,360	0,293

Son olarak kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla ağırlıklandırılmış matrisin 10. kuvveti alınarak limit süpermatris elde edilmiştir. Limit süpermatris neticesinde elde edilen kriterlerin ağırlıkları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: DANP ile elde edilen kriter ağırlıkları

Kriter (i)	Kriter Tanımı	Ağırlık (W_i)
K11	Maliyet	0,105
K12	Süre	0,045
K13	Ekonomik kazanç	0,090
K14	Ürün kalitesi	0,069
K21	Çevresel farkındalık	0,128
K22	Yasal düzenleme	0,091
K23	Kirlilik	0,133
K31	Sosyal sorumluluk	0,339

Kriterlerin ağırlıklarına bakıldığında karar vericiler için % 33,9 ile birinci sırada sosyal faktörler boyutunun altında yer alan *sosyal sorumluluk* kriteri gelmektedir. Bu kriterin birinci sırada çıkmasının altında artık işletmelerin tersine lojistik faaliyetlerini öncelikli sosyal faaliyet olarak görmeleri ve toplumun sosyal sorumluluk beklentilerine verdikleri önemin artması yatmaktadır. İkinci en önemli kriter olarak çevresel faktörler boyutunda %13,3 lük öneme sahip olan *kirlilik* kriteri gelmektedir. Karar vericilere göre ağırlıklarına bakılarak 3. sıraya yerleştirilen kriter yine çevresel faktörler boyutunun altında yer alan *çevresel farkındalık* kriteridir. Kriterler içinde en düşük ağırlığa sahip olan kriter ise ekonomik faktörler boyutunda yer alan *süre* kriteridir. Tüm bu kriter ağırlıklarına bakılarak karar vericilerin tersine lojistik faaliyetleri kapsamında bir nedenden fabrikaya dönen ürünlerin yeniden değerlendirilmesinin temelinde çevresel ve sosyal önceliklerin ekonomiklikten daha önce geldiği söylenebilir.

4.2. Bulanık VIKOR Metodu ile Alternatiflerin Değerlendirilmesi:

Oluşturulan 4 kişilik proje grubu ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda, elektronik atıkların geri kazanımı için belirlenen sekiz alternatif, yedi kriter çerçevesinde uzman grubu tarafından değerlendirilmiştir. Karar vericiler tarafından kriterlerin önem düzeyi ile her bir alternatifin bu kriterlere göre değerlendirmeleri yapılmıştır. (10) ve (11) no'lu eşitlikler yardımıyla elde edilen Bulanık Karar Matrisi Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Bulanık Karar Matrisi

KRİTERLER	ALTERNATİFLER																				
	A1			A2			A3			A4			A5			A6			A7		
Maliyet	1,25	2,50	5,00	2,50	5,00	7,50	0,63	1,88	4,38	5,00	7,50	9,38	2,50	5,00	7,50	4,38	6,88	8,75	3,75	5,63	6,88
Süreç Uzunluğu	1,25	1,88	4,38	1,88	4,38	6,88	2,50	5,00	7,50	4,38	6,88	9,38	1,88	4,38	6,88	5,00	7,50	8,75	5,63	8,13	8,75
Ekonomik Kazanç	5,00	7,50	8,75	5,00	7,50	9,38	5,63	8,13	10,00	5,63	8,13	10,00	5,00	7,50	9,38	6,25	8,75	10,00	0,63	1,88	4,38
Ürün Kalitesi	3,75	6,25	8,75	5,00	7,50	10,00	5,00	7,50	9,38	3,13	5,63	8,13	3,75	6,25	8,75	5,00	7,50	9,38	0,63	1,25	3,75
Çevresel Farkındalık	6,25	8,75	10,0	3,75	6,25	8,75	6,88	9,38	10,00	4,38	6,88	8,75	5,63	8,13	10,00	5,00	7,50	9,38	1,25	1,88	4,38
Yasal Düzenleme	3,75	6,25	8,75	3,75	6,25	8,75	5,63	8,13	8,75	2,50	5,00	7,50	0,00	2,50	5,00	1,88	4,38	6,88	2,50	5,00	7,50
Kirlilik	3,75	6,25	8,13	4,38	6,88	8,75	5,00	7,50	9,38	5,00	7,50	9,38	3,75	6,25	8,13	5,00	7,50	8,75	1,25	1,88	4,38
Sosyal Sorumluluk	6,25	8,75	10,0	5,00	7,50	9,38	7,50	10,0	10,00	5,00	7,50	8,75	5,00	7,50	9,38	5,63	8,13	9,38	3,75	5,00	6,25

(13) ve (14) no'lu eşitlikler yardımıyla elde edilen \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri

ALTERNATİFLER	\tilde{S}_i			\tilde{R}_i		
	l	m	u	l	m	u
Yeniden Üretim (A1)	0,301	0,271	0,146	0,113	0,103	0,100
Yenileştirme (A2)	0,510	0,464	0,303	0,113	0,103	0,100
Geri Dönüşüm (A3)	0,156	0,164	0,172	0,133	0,133	0,133
Yamyamlaştırma (A4)	0,643	0,566	0,482	0,226	0,169	0,133
Tamir Etme (A5)	0,525	0,492	0,363	0,226	0,169	0,100
Doğrudan Yeniden Kullanım (A6)	0,535	0,487	0,377	0,169	0,133	0,116
Yakma/Gömme (A7)	0,797	0,792	0,754	0,339	0,339	0,339

(17) no'lu eşitlik aracılığıyla \bar{Q}_i değeri bulunmuştur. Denklemden yer alan v değeri konsensüsü sağlamak için 0,5 olarak alınmıştır. Elde edilen bulanık sayıları durulaştırmak amacıyla (18) no'lu eşitlikten yararlanılmış ve Q_i, S_i ve R_i indeksleri hesaplanmıştır. Bu indeks değerlerine göre alternatifler Tablo 6 yardımıyla sıralanmıştır.

Tablo 6: Q_i, S_i ve R_i değerleri ve alternatiflerin bu değerlere göre sıralamaları

ALTERNATİFLER	\bar{Q}_i			Q		Si		Ri	
	l	m	u	İndeks	Sıra	İndeks	Sıra	İndeks	Sıra
Yeniden Üretim (A1)	0,113	0,085	0,000	0,0661	2	0,2394	2	0,1053	1
Yenileştirme (A2)	0,276	0,239	0,129	0,2146	3	0,4255	3	0,1053	2
Geri Dönüşüm (A3)	0,044	0,063	0,091	0,0658	1	0,1639	1	0,1329	3
Yamyamlaştırma (A4)	0,630	0,460	0,346	0,4787	6	0,5635	6	0,1760	6
Tamir Etme (A5)	0,538	0,402	0,178	0,3726	5	0,4599	4	0,1650	5
Doğrudan Yeniden Kullanım (A6)	0,421	0,320	0,224	0,3216	4	0,4660	5	0,1395	4
Yakma/Gömme (A7)	1,243	1,261	1,241	1,2484	7	0,7807	7	0,3388	7

Uzlaşmacı çözüm belirleme aşamasında 1. ve 2. koşulların sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır.

1.Koşul: Kabul Edilebilir Avantaj: (19) ve (20) no'lu eşitlikler yardımıyla kabul edilebilir avantaj değerleri belirlenmiştir. $Q(\alpha'') - Q(\alpha') = 0,0661 - 0,0658 = 0,0003 < 0,17$; ($DQ=1/(7-1)=0,17$) Geri dönüşüm alternatifi, kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamamaktadır.

2.Koşul: Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar: Q_i, S_i ve R_i indekslerine göre yapılan sıralamalar Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Q_i	A3>A1>A2>A6>A5>A4>A7
S_i	A3>A1>A2>A5>A6>A4>A7
R_i	A1=A2>A3>A6>A5>A4>A7

Karar: Geri Dönüşüm S_i indeksine göre 1.sıradadır. Dolayısıyla alternatif kabul edilebilir istikrar koşulunu sağlamaktadır. Tek bir alternatif seçilecekse, Geri Dönüşüm alternatifi seçilmelidir. Ancak eğer iki alternatif seçilecekse, Geri Dönüşüm ve Yeniden Üretim alternatifleri aynı uzlaşık çözümlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Faydalı ömrünü tamamlamış ürünlerin yeniden değer yaratılması ve etkin kaynak kullanımı amacıyla geri kazanım faaliyetlerine konu olması günümüzde giderek önem kazanmıştır. Geri kazanım faaliyetleri bir çok ülkenin kalkınma politikası içerisinde üzerinde projeler hazırlanan önemli bir alanı temsil etmektedir. Geri kazanım işlemleri, mikro ölçekte firma, makro ölçekte ülke ekonomisine olan ekonomik katkısının yanı sıra; sosyal sorumluluk bilincinin gelişmesi ve üretim sistemlerinin de daha çevreci bir hal almasına destek olmaktadır. Çalışma kapsamında, ülkemizde yeni yeni gelişmeye başlayan geri kazanım alternatiflerinin seçimi konusunda verilecek olan kararların kesin bir şekilde ortaya konması zor olacağı için, bulanık yaklaşım çerçevesinde DANP yöntemi ile kriterlerin, bulanık VIKOR yöntemi ile de alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında VIKOR'un tercih edilmesinin nedeni, söz konusu yöntemin en iyi alternatifi sunmasının yanı sıra, çoklu alternatif seçimi aşamasında uzlaşık diğer alternatifler hakkında da bilgi vermesi açısından tercih edilmiştir. Karar verici uzman grubuyla yapılan görüşmeler neticesinde geri kazanım alternatiflerinin tercihi hususunda en önemli kriterin sosyal sorumluluk olması ve maliyet kriterinin daha alt sıralarda yer alması; bu konuda oluşan/oluşacak olan bilincin bir yansımasıdır. Alternatifler içerisinde geri dönüşümün ilk sırada çıkması ise hali hazırda ülke çapında bazı büyük illerde ve sanayi merkezlerinde geri dönüşümle ilgili tesislerin kurulması ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2012 yılında yayınlanan "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında, ömrünü tamamlamış elektronik eşyaların öncelikli olarak geri dönüşümünü teşvik edici maddeler oluşturmasıdır. Gelecek çalışmalarda elektronik ürün gruplarının tam olarak belirlenerek, her bir ürün grubu için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılarak, ürün bazında daha özel araştırma sonuçları oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Agrawal, S., Singh, R.K., Murtaza, Q. (2016), "Disposition Decisions in Reverse Logistics by Using AHP-Fuzzy TOPSIS Approach", *Journal of Modelling in Management*, 11(4), pp. 932-948.
- [2] Akyüz, G. (2012), "Bulanık VİKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 26, Sayı: 1, pp.197-215.
- [3] Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M.T., Campos, L.M.S. (2016), "Identification and Analysis of Reverse Logistics Barriers Using Fuzzy Delphi Method and AHP", *Resources, Conservation and Recycling*, 108, pp.182-197.
- [4] Chen, L.Y., Wang, T.C. (2009), "Optimizing Partners' Choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision Of Fuzzy VIKOR", *International Journal of Production Economics*, 120(1), pp.233-242.
- [5] Chuo, Y.C., Yang, C.-H., Lu, C.-H., Dang, V.T., Yang, P.A. (2017), "Building Criteria for Evaluating Green Project Management: An Integrated Approach of Dematel and ANP", *Sustainability*, 9(5), pp.1-17.
- [6] Feito-Cespon, M., Sarache, W., Piedra-Jimenez, F., Cespon-Castro, R. (2017), "Redesign of A Sustainable Reverse Supply Chain under Uncertainty: A Case Study", *Journal of Cleaner Production*, 151, pp. 206-217.
- [7] Hung, C.-H., Lee, W.-Y. (2016), "A Proactive Technology Selection Model for New Technology: The Case of 3D IC TSV", *Technological Forecasting and Social Change*, 103, pp.191-202.
- [8] Jain, V., Khan, S.A. (2016), "Reverse Logistics Service Provider Selection: A TOPSIS-QFD Approach", *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2016 IEEE International Conference on , 4-7 December, Bali.
- [9] Jindal, A., Sangwan, K.S. (2016), "A Fuzzy Based Decision Support Framework for Product Recovery Process Selection in Reverse Logistics", *International Journal of Services and Operations Management* 25(4), pp. 413-439.
- [10] Kızılkaya-Aydoğan, E., Özmen, M. (2016), "The Stochastic VIKOR and Its Use in Reverse Logistic Option Selection Problem", *Rairo-Operations research*, 1(1), pp.1-10.
- [11] Lou, K.H., Wang, Y. (2009), "Reverse Logistics in the Electronic Industry of China: A Case Study", *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(6), pp.447-465.
- [12] Mahapatara, S.S., Sharma, S.K., Parappagoudar, M.B. (2013), "A Novel Multi-Criteria Decision Making Approach for Selection of Reverse Manufacturing Alternatives", *International Journal of Services and Operations Management*, 15(2), pp.176-195.
- [13] Nakıboğlu, G. (2007), "Tersine Lojistik: Önemi ve Dünyada Uygulamaları", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), ss.181-196.
- [14] Opricovic, S. (2011), "Fuzzy VIKOR With An Application To Water Resources Planning", *Expert Systems with Applications*, 38, pp.12983-12990.
- [15] Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2004), "Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156(2), pp.445-455.
- [16] Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2007), "Extended VIKOR Method in Comparison With Outranking Methods", *European Journal of Operational Research*, Vol:178, pp.514-529.
- [17] Özdemir, Ö. (2010), "Product Recovery Systems: A Review Of The Current Literature And Research Opportunities", *ODÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 2, pp.111-134.

- [18] Özmen, M., Kızılkaya-Aydoğan, E. (2013), "Reverse Logistics Options Selection Problem: An Application of SMAA-2", IX. International Logistics Supply Chain Congress, 7-9 November, Nevşehir, ss. 673-680.
- [19] Prakash, C., Barua, M.K. (2016), "An Analysis of Integrated Robust Hybrid Model for Third-Party Reverse Logistics Partner Selection under Fuzzy Environment", Resources, Conservation and Recycling, 108, pp. 63-81.
- [20] Ravi, V., Shankar, R. (2012), "Evaluating Alternatives in Reverse Logistics for Automobile Organisations", International Journal of Logistics Systems and Management, 12(1), pp.32-51.
- [21] Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K. (2005), "Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-of-Life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach", Computers&Industrial Engineering, 48, pp.327-356.
- [22] Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K. (2008), "Selection of A Reverse Logistics Project For End-of-Life Computers: ANP and Goal Programming", International Journal Of Production Research, 46(17), pp. 4849-4870.
- [23] S. K. Sharma, S.S. Mahapatra, M.B. Parappagoudar, (2016), "Benchmarking of Product Recovery Alternatives in Reverse Logistics", Benchmarking: An International Journal, Vol. 23 Issue: 2, pp.406-424,
- [24] Samantra, C., Sahu, N.K., Datta, S., Mahapatara, S.S. (2013), "Decision-making in selecting reverse logistics alternative using interval-valued fuzzy sets combined with VIKOR approach", International Journal of Services and Operations Management, 14(2), pp.175-196.
- [25] Tosun, N., (2017), "Target Market Selection in Fresh Fruit-Vegetable Sector Using Fuzzy Vikor Method". Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML), Volume 4, Issue 4, ss.465-471.
- [26] Tuzkaya,G., Gulsun, B. (2008), "Evaluating Centralized Return Centers in a Reverse Logistics Network: An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach", International Journal of Environmental Science and Technology, 5(3), pp. 339-352.
- [27] Wadhwa, S., Madaan, J., Chan, F.T.S. (2009), "Flexible Decision Modeling of Reverse Logistics System: A Value Adding MCDM Approach for Alternative Selection", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 25(2), pp. 460-469.
- [28] Yıldız, A., Deveci, M. (2013), "Bulanık VIKOR Yöntemine Dayalı Personel Seçim Süreci", Ege Akademik Bakış, Cilt:13, Sayı:4, ss.427-436.
- [29] Yu, H., Solvang, W.D. (2016), "A Stochastic Programming Approach with Improved Multi-Criteria Scenario-Based Solution Method for Sustainable Reverse Logistics Design of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)", Sustainability, 8(12), pp.1-28.
- [30] Ziout, A., Azab, A., Atwan, M. (2014), "A Holistic Approach for Decision on Selection of End-of-Life Products Recovery Options", Journal of Cleaner Production, 65, pp. 497-516.

BİYODİZEL YAKITLAR İÇİN ÇOK ÜRÜNLÜ ÇOK PERİYOTLU TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Melike Sırakaya¹, Berk Ayvaz², Fatih Öztürk³

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34854, İstanbul

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34854, İstanbul

³İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34000,
İstanbul

ÖZET

Dünyadaki enerji ihtiyacını karşılayan en önemli kaynaklardan biri olan fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan sera gazlarının hem çevre kirliliğine hem de küresel ısınmaya sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artış göstermektedir. Ülkemizde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından, 2013 yılından itibaren benzine ve motorine yerli katkı olarak, oranları her yıl arttırılmak üzere biyodizel ve etanol ilave zorunluluğu getirilmiştir. Bu da yenilenebilir enerji kaynakları için etkin ve optimal yeşil tedarik zinciri ağı tasarımı çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, çok ürünlü ve çok periyotlu yenilmeyen hammadde kaynaklarından üretilen ikinci nesil biyodizel için tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, İkinci nesil biyodizel tedarik zinciri, Yeşil enerji

DEVELOPMENT OF A MULTI-PRODUCT MULTI-PERIOD LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR BIODIESEL FUELS

ABSTRACT

The release of greenhouse gases resulting from the burning of these fuels causes both environmental pollution and global warming. Thus, interest in renewable and green energy sources has been gradually increased throughout the last two decades. Following this passionate trend, the Energy Market Regulatory Authority (EMRA) has imposed new regulations on biodiesel and ethanol use as domestic additives to petroleum derivatives starting from 2013. This necessitates an effective and optimal design of a green supply chain network for renewable energy sources. In this study, the problem of supply chain network design for the second generation biodiesel produced from multi-purpose, multi-product and multi-period non-deficient raw material sources is discussed. A multiobjective mixed integer linear programming model has been developed to tackle the problem we address. A mixed integer linear programming model has been developed for the problem addressed.

Keywords: Biodiesel, Second generation biodiesel supply chain, Green energy

1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfus artışına ve gelişen sanayiye bağlı olarak artan enerji ihtiyacının, fosil kaynaklı yakıtlar ile karşılanması nedeniyle oluşan çevresel etkiler göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) verilerine göre dünya üzerindeki artan enerji talebini karşılayabilecek petrol rezervi 1.7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Fosil kaynaklı yakıtların günden güne azalması, artan enerji ihtiyacının karşılanması konusunda sıkıntılara neden olmaya başlamıştır. Tüm bu sorunlara etkin çözümler bulmak alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekle olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, doğaya olan olumsuz etkilerin azaltılması yanında enerji kaynağının sürdürülebilir olması bakımından önem kazanmaktadır.

Son zamanlarda, alternatif yenilenebilir enerji kaynakları elde edebilmek için çevresel etki açısından olumsuzluk içermeyen enerji tarımına yönelmenin önemi anlaşılmalı ve enerji bitkileri olarak adlandırılan yağlı tohumlu yenilenebilir ya da yenilemez bitkilerden enerji elde edilmeye başlanmıştır. Alternatif enerji kaynakları araştırıldığında biyokütle enerjisinin önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Biyokütle enerji sınıfında enerji elde edilebilecek biyoethanol, biyodizel, biyogaz, biyoalkoller vb. yakıt türleri bulunmaktadır. Bir tarım ülkesi olan ülkemizde biyoyakıt kullanımı enerji tüketiminde dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltacaktır. Biyoyakıtlar içerisinde biyodizel öncelikli seçeneğimizdir. Biyodizelin tarım kaynaklarımızla üretilmesiyle kırsal bölgede ekonomik yapı güçlenerek istihdam oranı da artacaktır.

Bu çalışmada biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Önerilen model toplam maliyetin ve çevresel etkinin minimizasyonu amaçlıdır. Biyodizel üretimi için gıda ile rekabeti önlemek ve gıda krizine yol açmamak için yenilemeyen ikinci nesil biyodizel enerji bitkisi olan jatropha tercih edilmiştir. Ayrıca düşük vizkoziteyi sağladığı ve yüksek yağ oranına sahip olduğu için verimlilik oranı da yüksektir.

Çalışmanın giriş bölümünden sonraki kısımlarında aşağıdaki konular işlenmiştir. İkinci bölümde biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ele alınan problemin tanımı yapılmış ve geliştirilen model aktarılmıştır. Son bölümde ise gelecek çalışmalarla ilgili öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

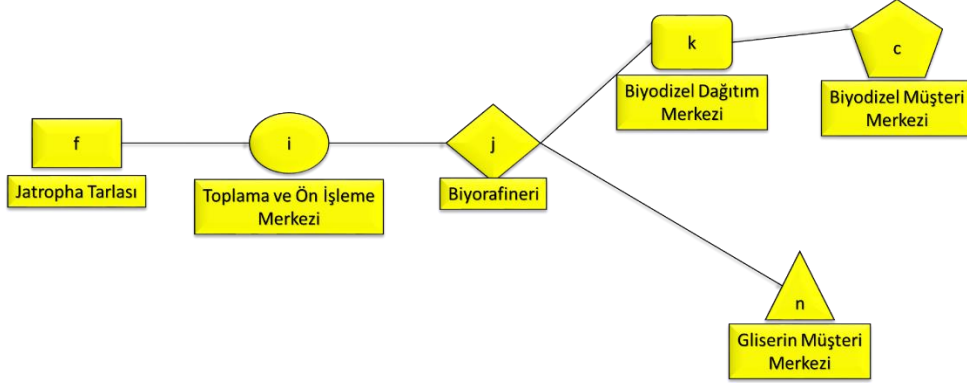
Bu bölümde biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Literatürde bu sahada yeterli çalışma bulunmamaktadır. İncelenen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

(Almansoori ve Shah, 2011), çalışmalarında gelecekteki hidrojen tedarik zinciri ağının tasarımına yönelik erken atılımların çoğunun hidrojen talebindeki belirsizliklerden, matematiksel modelleme yaklaşımı kullanarak tek bir optimizasyon çerçevesine dahil edemediği için başarısız olduğunu savunmuşlardır. Yapılan çalışmada model senaryo bazlı bir yaklaşım kullanarak hidrojen talebindeki uzun vadeli değişimden kaynaklanan belirsizliği hesaba katacak şekilde genişletilmiştir. Modele ayrıca yakıt istasyonları ve hidrojenin yerel dağılımını içeren matrisler de eklenmiştir. (An vd., 2011), çalışmalarında yetiştirme ve bozunma özelliklerine göre bazı ortak noktaları bulunan tarım ürünleriyle ilgili petrol esaslı yakıtlar ve modellemeyi sağlayan tedarik zinciri ağını gözden geçirmişlerdir. (Mata vd., 2013), çalışmalarında sürdürülebilirlik göstergelerine dayalı tedarik zinciri boyunca biyoyakıtlara sürdürülebilirlik değerlendirme metodolojisinin uygulanmasını göstermişlerdir. Ayrıca bu çalışmalarında ortak besleme stoklarından gelen biyodizel ve biyoetanol, başlıca rakipleri olan fosil dizel ve benzin ile hangilerinin sürdürülebilirlik açısından daha iyi olduğunu belirlemek amacıyla bir karşılaştırma yapılmıştır. (Azadeh vd., 2014), çalışmalarında bir biyofineriye biyokütle sağlanması ve talep merkezlerine biyoyakıt nakliyesiyle ilgili zorlukları ele almışlardır. Bu çalışmada beklenen karın azami düzeye çıkarılması için çok önemli bir planlama çerçevesinde bir stokastik doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Model; çok zamanlı, üretim-dağıtım sistemi, tesis yerleri ve kapasiteleri, teknolojiler ve malzeme akışlarını ele almaktadır. Ayrıca çalışmada var olan belirsizlikler nedeniyle karın nasıl değiştiğine ilişkin idari bilgiler edinmek için duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. (Ahi ve Seorcy, 2014), çalışmalarında tedarik zincirinde sürdürülebilirliğin uygulanma performansının, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarda iyileştirmelerin takip edildiği bir üçlü yaklaşıma bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında tedarik zincirindeki sürdürülebilirliği değerlendirmek için matematiksel bir model önererek karşılaşılabilecek bir takım zorlukların üstesinden gelmeye çalışmışlardır. (Sarkis ve Dhovole, 2015), yaptıkları çalışmada sürdürülebilir tedarikçileri seçerken ve değerlendirirken tedarik zincirini üçlü bir yaklaşımla ele almak gerektiğini savunmuşlardır. Tedarikçilerin seçiminde bazılarının kar veya işletme operasyonlarına, diğer bir bölümünün gezegen ve çevreye, geriye kalanlarının ise insana ve sosyal sorumluluğa odaklandığını belirtmişlerdir. (Balaban ve Selim, 2016), yaptıkları çalışmayla biyokütle bazlı yenilenebilir tedarik zincirinin ve bölgesel ısıtma sistemlerinin (DHS) sürdürülebilir tasarımı için kapsamlı bir karar modeli geliştirmişlerdir. Model biyokütle arzı, malzeme akışı, kapasite, talep ve teknik kısıtlamalar için maliyet ve hizmet seviyesi hedeflerini ve hesaplarını birleştirmektedir. Bu çalışmada problem, birden fazla biyokütle türü ve sistem belirsizliği içeren bulanık karmaşık tamsayı doğrusal programlama (MILP) modeli olarak formüle edilmiştir. (Knothe ve Razon, 2016), yaptıkları çalışmada biyodizel üretimini kısaca açıklamış ve bunun ardından biyodizel yakıt özellikleri ve değişen yağ asidi profilleri ile besleme stoklarının etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada biyodizel bileşiminin optimize edilmesi de ele alınmıştır.

3. PROBLEM TANIMI VE MODEL FORMÜLASYONU

Bu çalışmada ele alınan problem, ham madde arz merkezlerinden biyodizel ve yan ürün gliserinin dağıtılmasına kadar tüm aşamaları içeren çok periyotlu bir biyodizel tedarik zinciri ağı tasarlamaktır. Sorun, çok ünlü, çok dönemli, çok modlu ve kapasitif tedarik zinciri ağı tasarım problemidir. Geliştirilecek modelde, jatropha tohumları çiftliklerden hasat edilir daha sonra bu tohumlar jatropha yağ ekstraksiyonu merkezlerine sevk edilir. Biyodizel dağıtım merkezleri aracılığıyla müşterilere ulaştırılmak üzere gönderilir, ancak gliserin doğrudan ilgili müşterilere taşınır. Çalışmada kullanılan hammaddeler, gıda bitkileri ile rekabet etmeyen ve sadece biyodizel üretimi için kullanılan bitkilerdir.

Hammadde merkezlerinden tüketicilere biyodizel tedarik zinciri boyunca stok tutmanın, hammadde arzı ve biyodizel talebinin yeterince karşılandığı düşünülmektedir. Jatropha hammaddesinin her bir şehrin kurak ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirildiği ve diğer verimli toprakların ise gıda yetiştiriciliği için kullandığı varsayılmaktadır. Problemin akış şeması şekil 1 de gösterilmektedir.



Şekil 1: Biyodizel Tedarik Zinciri Akış Şeması

Göz önüne alınan biyodizel tedarik zinciri şebekesi için kurulan modelde temel kümeler ve bunlara ait indisler aşağıda verilmiştir.

İndis

f	jatropha tarlası
i	toplama ve ön işleme merkezi
j	biyorafineri
k	biyodizel dağıtım merkezi
c	biyodizel müşteri merkezi
n	gliserin müşteri merkezi
l	taşıma modu(karayolu veya demiryolu)
t	periyot

Parametreler

Dc_t	: t periyodunda c müşteri merkezi için biyodizel talebi (ton/dönem)
DE_{nt}	: t periyodunda n müşteri merkezi için gliserin talebi (ton/dönem)
n_{jt}	: t periyodunda f bölgesindeki JCL tarlalarındaki verim mik. (ton/hektar)
φ	: jcl tohumlarını JCL yağına dönüştürme faktörü (yüzde)
π	: jcl yağını biyodizele dönüştürme faktörü (yüzde)
LA_f	: f konumunda JCL yetiştiriciliği için ayrılmış minimum arazi (ha)
UA_f	: f konumunda JCL yetiştiriciliği için ayrılan maksimum arazi (ha)
LC_i	: i bölgesinde JCL nin toplama ve yağ çıkartma merkezi için belirlenen alt sınır (ton)
UC_i	: i bölgesinde JCL'nin toplama ve petrol çıkartma merkezi kapasitesinin üst sınırı (ton)
LB_j	: j bölgesindeki biyorafinerinin kapasite alt sınırı (ton)
UB_j	: j bölgesindeki biyorafinerinin kapasite üst sınırı (ton)
LS_k	: k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezinin kapasite alt sınırı (ton)
US_k	: k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezinin kapasite üst sınırı(ton)
Max_f	: jcl ekimi için seçilebilecek maksimum alan sayısı
Max_u	: jcl tohum için toplama ve yağ çıkartma merkezi açılacak maksimum yer sayısı
Max_w	: biyodizel depolama ve dağıtım merkezi açmak için maksimum yer sayısı
$Max_{lm_{it}}$	: t periyodunda i merkezine ithal edilebilecek maksimum JCL miktarı
$DisJT_{f,i,t}$	: l taşıma modunda f merkezi ile i merkezi arasındaki mesafe
$DisOT_{i,t,j}$	: l taşıma modunda i merkezi ile j merkezi arasındaki mesafe

$DisBT_{j,l,k}$: l taşıma modunda j merkezi ile k merkezi arasındaki mesafe
 $DisGT_{j,l,n}$: l taşıma modunda j merkezi ile n merkezi arasındaki mesafe
 $DisMT_{k,l,c}$: l taşıma modunda k merkezi ile c merkezi arasındaki mesafe

Maliyet Parametreleri

$FCJ_{f,t}$: t periyodunda f bölgesindeki JCL yetiştiriminin sabit maliyeti
 $FCC_{i,t}$: t periyodunda i bölgesinde JCL yağ çıkartmanın sabit maliyeti
 $FCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezindeki biyorafineri açmanın sabit maliyeti
 $FCS_{k,t}$: t periyodunda k merkezinde dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti
 VJ_f : f merkezinde JCL yetiştiriminin hektar başına değişken maliyeti
 $VCC_{i,t}$: t periyodunda i merkezi için birim kapasite başına değişken maliyet
 $VCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezi için birim kapasite başına değişen maliyeti
 $VCS_{k,t}$: t periyodunda k merkezi için birim kapasite başına değişen maliyet
 $PCJ_{f,t}$: t periyodunda f merkezindeki JCL çekirdek üretmenin birim maliyeti
 $PCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde biyodizel üretmenin birim maliyeti
 $PCG_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde gliserin üretmenin birim maliyeti
 $PCO_{i,t}$: t periyodunda i merkezinde birim yağ çıkartma maliyeti
 $ICJ_{i,t}$: t periyodunda i merkezinde JCL tohumları için birim stok tutma maliyeti
 $ICB_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde biyodizel için birim stok tutma maliyeti
 $ICG_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde gliserin için birim stok tutma maliyeti
 $ICS_{k,t}$: t periyodunda k merkezinde biyodizel için birim stok tutma maliyeti
 $JCT_{f,l,i,t}$: t periyodunda l moduyla f merkezinden i merkezine taşıma maliyeti
 $OCT_{i,l,j,t}$: t periyodunda l moduyla i merkezinden j merkezine taşıma maliyeti
 $BCT_{j,l,k,t}$: t periyodunda l moduyla j merkezindeki biyodizelin k merkezine taşıma maliyeti
 $GCT_{j,l,n,t}$: t periyodunda l moduyla j merkezindeki gliserinin n merkezine taşıma maliyeti
 $MCT_{k,l,c,t}$: t periyodunda l moduyla k merkezinden c merkezine taşıma maliyeti
 $CIm_{i,t}$: t periyodunda i merkezine JCL tohumları ihtal etme maliyeti

Karar Değişkenleri

x_f : f lokasyonu JCL yetiştirmek için seçilmeli ise 1; değilse 0
 u_i : i lokasyonunda JCL toplama ve yağ çıkartma merkezi açılmalı ise 1; değilse 0
 v_j : j lokasyonu biyorafineri açmak için seçilmeli ise 1; değilse 0
 w_k : k lokasyonu depolama ve dağıtım merkezi için seçilmeli ise 1; değilse 0

Sürekli Karar Değişkenleri

$IJ_{i,t}$: i merkezinde t dönemindeki JCL stok seviyesi
 $\dot{I}m_{i,t}$: i merkezine t döneminde ithal edilebilecek JCL miktarı
 $IB_{j,t}$: j merkezinde t döneminde biyodizel stok seviyesi
 $IG_{j,t}$: j merkezinde t döneminde gliserin stok seviyesi
 $IS_{k,t}$: k merkezinde t döneminde biyodizel stok seviyesi
 $PJ_{f,t}$: f merkezinde t döneminde üretilen JCL miktarı
 $PB_{j,t}$: j merkezinde t döneminde üretilen biyodizel miktarı
 $PG_{j,t}$: j merkezinde t döneminde üretilen gliserin miktarı
 $PO_{i,t}$: i merkezinde t döneminde üretilen JCL yağı miktarı
 $JT_{f,l,i,t}$: l taşıma moduyla f merkezinden i'ye taşınan JCL miktarı
 $OT_{i,l,j,t}$: l taşıma moduyla i merkezinden j merkezine taşınan JCL yağı miktarı

$BT_{j,l,k,t}$: l taşıma moduyla j merkezinden k'ya taşınan biyodizel miktarı
 $GT_{j,l,n,t}$: l taşıma moduyla j merkezinden n'ye taşınan gliserin miktarı
 $MT_{k,l,c,t}$: l taşıma moduyla k merkezinden c'ye taşınan biyodizel miktarı
 CJ_f : f bölgesindeki JCL ekili alan miktarı
 $CC_{i,t}$: i merkezinin t dönemindeki toplam kapasitesi
 $CB_{j,t}$: j biyorafinerisinin t döneminde toplam kapasitesi
 $CS_{k,t}$: k merkezinin t dönemindeki toplam kapasitesi

Amaç Fonksiyonu

$$\sum_f \sum_t FCJ_{f,t} * x_f + \sum_i \sum_t FCC_{i,t} * u_i + \sum_k \sum_t FCS_{k,t} * w_k \quad (1)$$

$$\sum_f VCJ_f * CJ_f + \sum_i \sum_t VCC_{i,t} * CC_{i,t} + \sum_j \sum_t FCB_{j,t} * v_j + \sum_k \sum_t FCS_{k,t} * w_k \quad (2)$$

$$\sum_f \sum_t PCJ_{f,t} * PJ_{f,t} + \sum_i \sum_t PCO_{i,t} * PO_{i,t} + \sum_j \sum_t PCB_{j,t} * PB_{j,t} + \sum_k \sum_t PCG_{k,t} * PG_{k,t} \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_t ICJ_{i,t} * IJ_{i,t} + \sum_j \sum_t ICB_{j,t} * IB_{j,t} + \sum_k \sum_t ICG_{k,t} * IG_{k,t} + \sum_l \sum_t ICS_{l,t} * IS_{l,t} \quad (4)$$

$$\sum_f \sum_l \sum_i \sum_t JCT_{f,l,i,t} * JT_{f,l,i,t} + \sum_i \sum_l \sum_j \sum_t OCT_{i,l,j,t} * OT_{i,l,j,t} + \sum_j \sum_l \sum_k \sum_t BCT_{j,l,k,t} * BT_{j,l,k,t} + \sum_k \sum_l \sum_c \sum_t MCT_{k,l,c,t} * MT_{k,l,c,t} + \sum_j \sum_l \sum_n \sum_t GCT_{j,l,n,t} * GT_{j,l,n,t} \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_t Cim_{i,t} * Im_{i,t} \quad (6)$$

(1)- (6) arasında numaralandırılmış denklemler sırasıyla; sabit açılış maliyetleri, değişken açılış maliyetleri, üretim maliyetleri, stok tutma maliyetleri, taşıma maliyetleri, ithal etme maliyetleri denklemlerinden oluşmaktadır.

Kısıtlar

Arz-talep kısıtları:

$$\sum_k \sum_l MT_{k,l,c,t} \geq Dc_t \quad (7)$$

$$\sum_j \sum_l GT_{j,l,n,t} \geq DE_{n,t} \quad (8)$$

(7) – (8) numaralı kısıtlar her periyoda ait farklı talep noktalarından gelen biyodizel ve gliserin talebinin karşılanmasını garanti etmektedir.

Üretim dengesi kısıtları:

$$\sum_l \sum_i JT_{f,l,i,t} = PJ_{f,t} \quad (9)$$

$$PJ_{f,t} = n_{f,t} * CJ_f \quad (10)$$

$$PO_{i,t} = \varphi \sum_f \sum_l JT_{f,l,i,t} \quad (11)$$

$$PB_{j,t} = \pi \sum_i \sum_l OT_{i,l,j,t} \quad (12)$$

$$PG_{j,t} = (1 - \pi) \sum_i \sum_l OT_{i,l,j,t} \quad (13)$$

(9) numaralı kısıt jatropha tohumlarının toplama ve yağ çıkartma merkezine taşınmasını sağlamaktadır. (10) numaralı kısıt tarladan gelen jatropha tohumunun yağ dönüşüm sürecini ifade eden eşitliktir. (11) numaralı kısıt arıtma işlemi sonrasında ortaya çıkan toplam jatropha yağı miktarını hesaplamaktadır. (12) ve (13) numaralı kısıtlar ise biyorafineride üretilen biyodizel ve gliserine ait miktar kısıtlarıdır.

Stok kısıtları:

$$IJ_{i,t} = IJ_{i,t-1} + \dot{I}m_{i,t} + \left(\sum_f \sum_l JT_{f,l,i,t} - \left(\frac{1}{\phi} \sum_l \sum_j OT_{i,l,j,t} \right) \right) \quad (14)$$

$$IB_{j,t} = IB_{j,t-1} + PB_{j,t} - \sum_l \sum_k BT_{j,l,k,t} \quad (15)$$

$$IG_{j,t} = IG_{j,t-1} + PG_{j,t} - \sum_l \sum_n GT_{j,l,n,t} \quad (16)$$

$$IS_{k,t} = IS_{k,t-1} + \sum_j \sum_l BT_{j,l,k,t} - \sum_l \sum_c MT_{k,l,c,t} \quad (17)$$

(14) numaralı kısıt jatropha tohumlarının yağ çıkartma merkezine taşınması ve buna ait stok dengeleme kısıtlarıdır. (15)-(17) arasındaki kısıtlar ise biyodizel ve gliserin için farklı merkezlere ait stok denge kısıtlarıdır.

Üretim ve stok kapasitesi kısıtları:

$$x_f * LA_f \leq x_f * UA_f \quad (18)$$

$$u_i * LC_i \leq CC_{i,t} \leq u_i * UC_i \quad (19)$$

$$v_j * LB_j \leq CB_{j,t} \leq v_j * UB_j \quad (20)$$

$$w_k * LS_k \leq CS_{k,t} \leq w_k * US_k \quad (21)$$

$$\sum_f x_f \leq Maxf \quad (22)$$

$$\sum_i u_i \leq Maxu \quad (23)$$

$$\sum_k w_k \leq Maxw \quad (24)$$

$$\sum_j v_j \leq Maxv \quad (25)$$

$$\dot{I}m_{i,t} \leq Max\dot{I}m_{i,t} \quad (26)$$

$$\sum_f \sum_l JT_{f,l,i,t} + \dot{I}m_{i,t} \leq CC_{i,t} \quad (27)$$

$$\sum_i \sum_l OT_{i,l,j,t} \leq CB_{j,t} \quad (28)$$

$$\sum_j \sum_l BT_{j,l,k,t} \leq CS_{k,t} \quad (29)$$

$$x_f, u_i, v_j, w_k \in [0,1] \quad (30)$$

(18) numaralı kısıt jatropha ekimi için seçilebilecek maksimum ve minimum bölge sayısını belirlemektedir. Alt sınırın belirlenmesinin amacı ölçek ekonomisi, üst sınırın belirlenmesinin sebebi ise biyoçeşitliliğin korunmasıdır. (19) numaralı kısıt toplama ve yağ çıkartma merkezi kurulumu için kapasite alt ve üst sınırlarını belirtmektedir. (20)-(21) numaralı kısıtlar sırasıyla biyofineri ve dağıtım merkezleri için kapasite alt ve üst sınırlarını belirtir. (22)-(25) arasındaki kısıtlar açılabilir maksimum tesis sayısını belirleyen kısıtlardır. (26) numaralı kısıt ithal edilecek jatropha çekirdeklerinin miktarını sınırlamaktadır. (27)-(29) numaraları arasındaki kısıtlar sırasıyla i, j ve k merkezlerinin kapasite kısıtlarıdır. (30) numaralı kısıt ise karar değişkenlerini ifade eden kısıttır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı tesislerin toplam maliyetini ve çevresel etkiyi en aza indirmeyi hedefleyen yenilemeyen hammaddelerden jatrophanın ikinci nesil biyodizel tedarik zincirinin sürdürülebilir tasarımı için bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, biyodizel tedarik zincirinin yukarı ve aşağı bölümlerini bütünleştirmekte ve konum / tahsis kararları, kurulan tesislerin kapasitesi, stok tutma, üretim ve ithalat planlaması ve gerçek hayat varsayımları altında taşıma modları gibi ilgili stratejik ve taktiksel seviyedeki kararları belirlemektedir. Önerilen modelin Türkiye'deki gerçek bir örneğe uygulanabilirliği risk yönetimi için çözüm yaklaşımlarını ortaya koyacaktır. Ayrıca, biyoyakıt tedarik zincirlerinin sürdürülebilir tasarımı için, tesisin kurulmasından, nihai ürünlerin dağıtılmasına kadar ilgili tüm süreçlerin çevresel etkisinin çevresel değerlendirme sürecinde dikkate alınması gerektiği bilinmektedir. Maliyet ve çevre analizi, dikkate alınan biyodizel tedarik zincirlerinin çevresel yüklerinin daha fazla iyileştirilmesi için daha fazla yatırımın yapılması gerektiğini belirtecektir. Toplam maliyetlerin, risk faktörünün ve çevresel etkinin minimize edilmesi arasındaki karmaşıklık yönetim tercihlerine ve mevzuat sınırlamalarına göre yapılabilir. Ayrıca, lojistik optimizasyon problemindeki kararların optimum değerlerini belirlemek için, tarladan şehirlere kadar olan hammadde taşımacılığı yerel lojistik optimizasyonu, önerilen model ile hiyerarşik olarak entegre edilebilir.

AÇIKLAMA

Bu çalışma 14-2017/19 karar no ile onaylanan 'Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı' projesi ile İstanbul Ticaret Üniversitesi tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Akman, S., 2015, "Türkiye Biyodizel Piyasası İncelemesi, Düzenlemesi ve 2020 Projeksiyonu", Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara.
- [2] Alptekin, E., Çanakçı M., 2014, "Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu", Mühendis ve Makina Dergisi, 47, 561.
- [3] Andersen, F., Iturmendi, F., Espinosa, S., Diaz, M.S., 2012. "Optimal design and planning of biodiesel supply chain with land competition", Comput. Chem. Eng. 47, 170–182. doi:10.1016/j.compchemeng.2012.06.044
- [4] Avami, A., 2012. "A model for biodiesel supply chain : A case study in Iran", Renew. Sustain. Energy Rev. 16, 4196–4203. doi:10.1016/j.rser.2012.03.023
- [5] Aysal, E., Aksoy F., Şahin, A., Aksoy, L., Yıldırım, H., 2014, "Hardal Yağından Biyodizel Üretimine Optimizasyonu ve Motor Performans Testleri", Afyon Kocatepe Üniversitesi ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14, 1-9.
- [6] Azadeh, A., Arani, H.V., 2016. "Biodiesel supply chain optimization via a hybrid system dynamics- mathematical programming approach", Renew. Energy 93, 383–403. doi:10.1016/j.renene.2016.02.070
- [7] Babazadeh, R., 2016. "Optimal design and planning of biodiesel supply chain considering non- edible feedstock", Renew. Sustain. Energy Rev. 1–12. doi:10.1016/j.rser.2016.11.088
- [8] Babazadeh, R., Razmi, J., Rabbani, M., Saman, M., 2015. "An integrated data envelopment analysis e mathematical programming approach to strategic biodiesel supply chain network design problem", J. Clean. Prod. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.038
- [9] Babazadeh, R., Razmi, J., Saman, M., Rabbani, M., 2016. "A sustainable second-generation biodiesel supply chain network design problem under risk", Omega 1–20. doi:10.1016/j.omega.2015.12.010
- [10] Erel, F., 2014, "Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- [11] Hugo, A., Pistikopoulos, E.N., 2005. "Environmentally conscious long-range planning and design of supply chain networks", 13. doi:10.1016/j.jclepro.2005.04.011

- [12] Jiang, Y., Zhang, Y., 2016. "Supply chain optimization of biodiesel produced from waste cooking oil", 12, 938–949. doi:10.1016/j.trpro.2016.02.045
- [13] Kaya, C., 2006, "Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- [14] Marufuzzaman, M., Eksioğlu, S.D., Eric, Y., 2014. "Computers & Operations Research Two-stage stochastic programming supply chain model for biodiesel production via wastewater treatment", Comput. Oper. Res. 49, 1–17. doi:10.1016/j.cor.2014.03.010
- [15] Mohseni, S., Pishvae, M.S., Sahebi, H., 2016. "Robust design and planning of microalgae biomass-to-biodiesel supply chain : A case study in Iran", Energy 111, 736–755. doi:10.1016/j.energy.2016.06.025
- [16] Riemke, R., Cesar, D.C., Hamacher, S., Oliveira, F., 2011. "Bioresource Technology Optimization of biodiesel supply chains based on small farmers: A case study in Brazil", 102, 8958–8963. doi:10.1016/j.biortech.2011.07.002
- [17] Rincón, L.E., Valencia, M.J., Hernández, V., Matallana, L.G., Cardona, C.A., 2015. "Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on techno-economical and environmental criteria", Energy Econ. 47, 154–167. doi:10.1016/j.eneco.2014.10.018
- [18] Şener, B., Çakar A., 2008, "Biyodizel", Alan Eğitiminde Araştırma Projesi, YTÜ, İstanbul.

BİYODİZEL YAKITLAR İÇİN ÇOK AMAÇLI SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI

Enis Barış Karakoç¹, Berk Ayvaz², Ali Osman Kuşakçı³

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, enisbaris1992@gmail.com

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, bayvaz@ticaret.edu.tr

³İbn Haldun Üniversitesi, İşletme Bölümü, İstanbul, aliosmankusakci@gmail.com

ÖZET

Dünyada tüketilmekte olan enerjinin büyük çoğunluğu yenilenemez enerji kaynaklarından olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Araştırmalara göre dünyadaki mevcut petrol rezervleri yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Biyodizel, fosil yakıtlar için olabilecek en iyi ikame yakıt türü olmasından dolayı en çok kullanılan sıvı biyoyakıtlardandır. Biyoyakıtların üretilmesi için maliyet etkin tedarik zinciri tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada sürdürülebilir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı için maliyet minimizasyonu ve çevresel etki optimizasyonu olmak üzere çok amaçlı, sürdürülebilir bir doğrusal programlama modeli geliştirilecektir. Birinci amaç olan maliyet minimizasyonu literatürden yararlanılarak rahatlıkla modellenen ve çözülebilmektedir. Çevresel etki verileri literatürde çok net bir şekilde belirtilmediği için Uluslararası Standart Örgütü'nün (ISO) geliştirdiği ISO14000 serisi genel çerçeve olarak kabul edilmiştir. Çevresel etki optimizasyonunda; insan sağlığı, ekosistem çeşitliliği ve kaynak kullanılabilirliği ağırlıklandırma yönteminin yardımıyla hesaplamalar yapılmaktadır. Önerilen model; optimum yer, biyorafineride kullanılacak uygun teknoloji, malzeme akışı ve farklı dönemlerdeki üretim planlamalarını içeren Türkiye'de yapılacak olan gerçek bir uygulama olma özelliği göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel tedarik zinciri, Çevresel optimizasyon, Maliyet minimizasyonu

MULTI-PURPOSE SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN FOR BIODIESEL FUELS

ABSTRACT

The vast majority of the energy consumed in the world is derived from fossil fuels from non-renewable sources of energy. According to the research, the existing oil reserves in the world can meet the consumption of about 51 years. Biodiesel is the most widely used liquid biofuels because it is the best substitute fuel type for fossil fuels. Cost-effective supply chains must be designed to produce biofuels. In this study, a multi-purpose, sustainable linear programming model will be developed, including cost minimization and environmental impact optimization for sustainable biodiesel supply chain network design. The first objective, cost minimization, can be easily modeled and solved using the literature. The ISO 14000 series developed by the International Organization for Standardization (ISO) has been accepted as a general framework since the environmental impact data are not clearly described in the literature. In the environmental effect optimization, human health, ecosystem diversity and resource usability weighing method. Recommended model; optimal location, appropriate technology will be used in Biorafinery, including material flow and production planning in different periods shows the characteristic of being a real application which will be held in Turkey.

Keywords: Biodiesel supply chain, Environmental optimization, Cost minimization

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki tüketilmekte olan enerjinin büyük çoğunluğu yenilenemez enerji kaynaklarının bir türü olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Son yıllarda otomotiv sektöründe hızla gelişen teknolojiler ve kişi başına düşen milli gelirdeki artış motorlu taşıt sayısındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Motorlu taşıt sayısındaki bu artışlar da fosil yakıtlardan petrole olan talebi arttırmaktadır. Fakat Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) verilerine göre dünya üzerinde artan bu talebi karşılayabilecek azami petrol rezervi 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Ayrıca tüm fosil yakıtlar gibi petrolün de yanma esnasında açığa çıkardığı zararlı gazların etkisiyle çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açtığı bilinen bir gerçektir.

Tüik verilerine göre ülkemizde 2017 Temmuz ayındaki rakamlara göre 21 milyon 763 bin 103 araç trafiktir (TÜİK, 2017). Bu rakamın 2005 yılında sadece 11 milyon civarında olduğu göz önüne alınırsa ülkemizde otomotiv endüstrisinin ne kadar hızlı bir artış eğilimine girdiği gözlemlenebilir. Bunun sonucunda mevcut enerjisinin %70'ini ithal eden ülkemizde petrol talebinin ne denli yükselmekte olduğu aşikardır (Alptekin, 2014). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre ülkemizde petrole olan talep 2016 yılsonu verilerine göre 27,6 milyon tondur. Üretilen petrol miktarı ise 17,9 milyon varildir (2,44 milyon ton). Petrolün büyük bir kısmını yurtdışından ithal eden ülkemiz için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek ekonomik gelişme açısından çok önemlidir.

Biyodizel yakıtlar; yenilenebilir kaynaklardan türetilen, biyolojik olarak parçalanabilen, toksik olmayan ayrıca petrol türevlerine kıyasla daha elverişli bir yanma emisyon profiline sahip olan bitkisel veya hayvansal kaynaklı bir yakıt türüdür. Biyodizel yakıtlar bitkisel ve hayvansal yağlardan meydana gelmektedir. Temizlik, tıp, eczacılık ve kozmetik sektörlerinde kullanılmakta olan gliserin biyodizel üretimi esnasında yan ürün olarak açığa çıkmaktadır.

Bitkisel yağlardan üretilen biyodizel yenilenebilir ve yenilemeyen bitkilerden üretilebilmektedir. Yenilebilen yağlı tohum bitkileri biyodizel yapımında kullanılırsa dünya üzerinde büyük bir gıda krizi oluşur. Bunun yerine yenilenemeyen bitki sınıfına giren; jatropha, karanj tohumu, hint fıstığı ve mahua ile Atık Yağlar (WCO) kullanılarak yapılan biyodizel üretimi dünya nüfusunun herhangi bir gıda krizi ile karşı karşıya gelmemesi açısından çok önemli bir husustur.

Fosil yakıtlara en iyi ikame olan biyodizel yakıtlar için geliştirilecek sürdürülebilir tedarik zinciri ağ tasarımı modeli ile birlikte, ülkemiz biyodizel tedarik zincirinin; optimum yer, biyorafineride kullanılacak uygun teknoloji, malzeme akışı ve farklı dönemlerdeki üretim planlamalarını içerecek gerçek bir uygulama geliştirilmiş olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

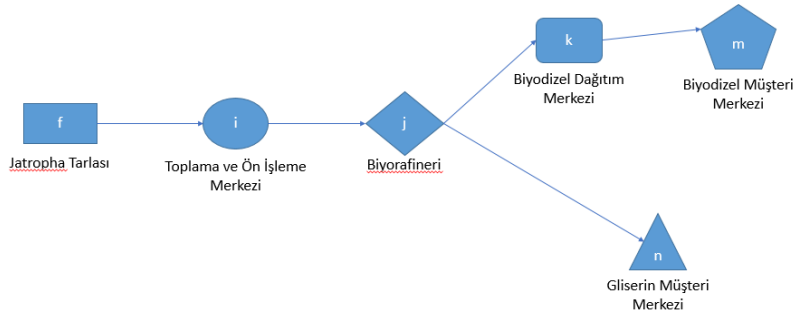
Bu bölümde, biyoyakıt tedarik zinciri optimizasyonundaki en son çalışmalar gözden geçirilmiş ve literatür boşluğunu açıkça ortaya çıkaracak ve pratik gelecekteki araştırma yönergelerini açıkça gösterecek şekilde sistematik olarak kategorize edilmiştir.

(Gold ve Seuring, 2010), çalışmalarında biyoenerji üretimi ile lojistik ve tedarik zinciri yönetimi konularını kapsayan makalelerin literatür taramasını gerçekleştirmişlerdir. (Rincon vd., 2014), çalışmalarında biyodizel tedarik zincirinin en uygun koşullarını tekno-ekonomik ve çevresel analiz yoluyla incelemişlerdir. Lojistik kısıtlamaların kullanımı, çevresel değerlendirme ve maliyet minimizasyonunun tamamı yapılan çalışmada tahmin edilmiştir. (Marufuzzaman vd., 2014), çalışmalarında iki aşamalı stokastik programlama modelini kullanarak biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımının oluşmasını ve yönetilmesini sağlamışlardır. Geliştirilmiş modelin amacı sadece maliyetleri optimize etmek değil, aynı zamanda emisyonları da optimize etmektir. (Li ve Hu, 2014), çalışmalarında gelişmiş bir biyoyakıt tedarik zinciri ağı tasarlamışlardır. Tasarlanan ağda biyokütle küçük ölçekli hızlı piroliz tesisinde biyoyağa dönüşmekte ve biyoyağ gazlaştırmadan sonra merkezi bir biyorafineride ulaşım yakıtlarına dönüştürülmüştür. Modelde iki aşamalı stokastik programlama, biyoyakıt üreticilerinin yıllık karını belirsizlik altında maksimize etmek için formülize edilmiştir. (Ahi ve Searcy, 2014), çalışmalarında tedarik zincirindeki sürdürülebilirliği değerlendirmek için matematiksel bir model önererek, karşılaşılabilecek bir takım zorlukların üstesinden gelmek için literatüre katkıda bulunmaya çalışmışlardır. (Pasandideh vd., 2014), çalışmalarında çok ünlü, çok dönemli ve üç kademeli tedarik zinciri ağı problemini iki amaç ile optimize etmişlerdir. Ağ; üretim tesisleri, dağıtım merkezleri (DC) ve müşteri düğümlerinden oluşmaktadır. Sorunu gerçeğe yaklaştırmak için sabit ve değişken maliyetler, müşteri talebi, mevcut üretim süresi, kurulum ve üretim süreleri dahil olmak üzere bu ağdaki parametrelerin büyük çoğunluğu stokastik olarak kabul edilmektedir. Problemin çözümünde genetik algoritma kullanılmıştır. (Azadeh vd., 2014), çalışmalarında bir biyorafineriye biyokütle sağlanması ve talep merkezlerine biyoyakıt nakliyesiyle ilgili zorlukları analiz etmektedirler. Beklenen karın azami düzeye çıkarılması için çok önemli bir planlama çerçevesinde bir stokastik doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Model çok zamanlı, üretim-dağıtım sistemi, tesis yerleri ve kapasiteleri, teknoloji ve malzeme akışlarını ele almaktadır. Modelde var olan belirsizlikler nedeniyle karın nasıl değiştiğine ilişkin idari bilgiler edinebilmek için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

(Bat vd., 2015), çalışmalarında yerel biyoyakıt üretimini arttırmayı amaçlayan paydaşlar ve tespit edilen belirsizlikleri yönetmek için alınabilecek önlemleri araştırmışlardır. (Jiong ve Zhang, 2015), çalışmalarında biyodizel tedarik zinciri tasarımına, atık yemek yağlarının hammadde olarak kullanılmasına odaklanmakta ve bir karmaşık tamsayılı program kullanarak ekonomik ve çevresel optimizasyonu sağlamaktadırlar. Geliştirilmiş model dört seviyeden oluşmaktadır. Birinci seviye; bulunması gereken dağıtım merkezler ve fabrika sayısı, ikinci seviye; dağıtım merkezleri ve fabrikaların yeri, üçüncü seviye; atık pişirme yağının tedarik zinciri üyelerine tahsisi, dördüncü seviye ise; fabrikaların teknolojik seçim kararlarını vermektedir. (Zhang vd., 2015), çalışmalarında genel maliyeti en aza indireyecek bir biyoyakıt tedarik zinciri ağının tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Modellerinde coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojisini, simülasyon ve optimizasyon modelleme metodlarıyla entegre edilmiş bir metodoloji kullanmışlardır. CBS tabanlı yöntemi biyoyakıt tesis yerlerinin seçimi için öncül olarak kullanmışlardır. Biyoyakıt üretimi için belirlenen aday alanlar, simülasyon ve optimizasyon modellemesi için girdi olarak kullanılmıştır. Simülasyon-optimizasyon modeli ve tanımlanan lokasyonlar, karar vericiler ve aday konumlar için optimum maliyet, enerji tüketimi ve emisyonları belirlemede entegre bir karar destek sistemi sağlamıştır. (Babazadeh vd., 2015), çalışmalarında risk altında 2. Nesil sürdürülebilir biyodizel tedarik zinciri ağının tasarlamak için çok amaçlı olasılıksal programlama modelini geliştirmişlerdir. Önerilen model hammadde tedarik merkezinden müşteri merkezlerine biyodizel tedarik zincirinin toplam maliyetlerini minimize etmeyi, bunun yanında çevresel etkiyi de minimize etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu çalışmada yenilenebilir olmayan hammaddelerin biyodizel üretimi için daha uygun olduğu savunulmuştur. (Azadeh ve Arani, 2016), çalışmalarında hibrit bir sistemin dinamik matematiksel programlama yaklaşımı ile üretim tarlalarından, tüketim pazarlarına biyodizel tedarik zinciri ağı için dizayn ve planlama gerçekleştirmişlerdir. (Mahseni vd., 2016), çalışmalarında mikroalg tabanlı tedarik zincirinin dizaynı ve planlaması için 2 aşamalı model önermişlerdir. Bu modelde makro aşamada biyodizel üretim tesisleri kurulabilmesi için en uygun aday yerleri belirleyebilmek amacıyla CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve AHP (Analitik Hiyerarşik Proses) kullanarak bölgesel filtreleme gerçekleştirilmiştir. Bu potansiyel bölgeler mikro aşamadaki tedarik zinciri modeline tekrar uygulanmıştır. Mikro aşamada ise; optimizasyon modeli stratejik ve taktiksel tedarik zinciri kararlarını belirlemek amacıyla sistem maliyeti ve güvenilirlik arasında bir dengeyi sağlayan, sağlam bir doğrusal programlama modeli, belirsiz parametrelerin hemen hemen tüm gerçekleştirmeleri için optimal kalmaya devam eden stratejik ve taktiksel tedarik zinciri kararlarını belirlemek için gerçekleştirilmiştir.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada Türkiye’de gerçek bir vaka için biyodizel tedarik zinciri ağı tasarımı sorunu ele alınmaktadır. Dikkate alınmış biyodizel tedarik zinciri ağı; hammadde merkezleri, toplama ve ön işleme merkezleri, biyo-rafineriler, dağıtım merkezleri ve müşteri merkezleri olmak üzere beş kısımdan oluşan bir ağıdır. müşteri merkezleri. Geliştirilecek ağ modelinde yenilemeyen jatropha tohumları tedarik merkezlerinden toplanır ve toplama ve ön işleme merkezlerinde ön işleme tabi tutulur. Çıkarılan Jatropha tohum yağı toplama ve ön işleme merkezlerinden biyorafinerilere taşınır. Biyodizel ve gliserin biyorafinerilerden alınan yağlardan üretilmektedir. Biyodizel, dağıtım merkezlerine gönderilir, ancak gliserin ilgili müşterilere gönderilir. Biyodizel için müşteri talepleri dağıtım merkezlerinden sağlanır. Emniyet stokları olarak stok tutma, toplama ve ön işleme merkezleri, biyo-rafineriler ve dağıtım merkezlerinde mümkündür. Göz önüne alınan biyodizel tedarik zinciri ağının altında yatan yapı Şekil 1'de gösterilmektedir .



Şekil 1: Biyodizel Tedarik Zinciri Ağı

3.1. Önerilen Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Formülasyonu

Önerilen biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modelinin sözlü açıklaması aşağıda gösterilmiştir. Bu model maliyet minimizasyonu ve çevresel etki optimizasyonunu içermektedir.

Toplam maliyetin en aza indirgenmesi = min (Sabit açılış masrafları + Değişken açılma masrafları + Üretim masrafları + Stok muhafaza masrafları + Nakliye masrafları)

Çevresel Etki Optimizasyonu = min (Tesis kurmanın ve kapasitesinin CO2 etkisi + üretim süreçlerinin farklı tesislerdeki CO2 etkisi + Stok tutmanın CO2 etkisi + Lokasyonlar arası malzeme taşımanın çevresel etkisi)

İndisler:

- f: Jatropha hammadde merkezi için aday yer
- i: Jatropha toplama ve ön işleme merkezi için aday yer
- j: Biyorafineri için aday yer
- k: Biyodizel dağıtım merkezi için aday yer
- m: Biyodizel müşteri merkezi
- n: Gliserin müşteri merkezi
- r: Biyodizel üretimi için kullanılacak teknoloji türleri
- t: Zaman periyodu

Parametre ve Değişkenler:

- Dm_t : t. Dönemde m. Biyodizel müşteri merkezi talebi
- DEn_t : t. Dönemde n. Gliserin müşteri merkezinin talebi
- LA_f : f konumundaki JCL hammadde merkezi için min. arazi alanı
- UA_f : f konumundaki JCL hammadde merkezi için max. arazi alanı
- LC_i : i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezi kapasite alt sınırı
- UC_i : i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezi kapasite üst sınırı
- LB_j : j konumundaki biyorafinerinin kapasite alt sınırı
- UB_j : j konumundaki biyorafinerinin kapasite üst sınırı
- LS_k : k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite alt sınırı
- US_k : k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite üst sınırı
- $\lambda_{f,t}$: t döneminde f konumundaki jatropha hammadde merkezinin hektar başına verim faktörü
- α : Jatropha tohumunun yağa dönüşüm faktörü
- γ : Jatropha yağının biyodizele dönüşüm faktörü
- FCJ_f : f konumunda jatropha yetiştirme merkezi açmanın sabit maliyeti
- FCC_i : i konumunda jatropha toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti
- FCB_j^r : j konumunda r teknoloji biyorafineri açmanın sabit maliyeti
- FCS_k : k konumunda biyodizel dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti
- VCJ_f : f konumunda hektar başına jatropha ekiminin değişken maliyeti
- $VCC_{i,t}$: t döneminde i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin kurulumunun birim kapasite başına değişken maliyeti

- $VCB_{j,t}^r$: t döneminde j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin kurulumunun birim kapasite başına değişken maliyeti
- $VCS_{k,t}$: t döneminde k konumundaki biyodizel dağıtım merkezi kurulumunun birim kapasite başına değişken maliyeti
- $PCJ_{f,t}$: t döneminde f konumunda jatropha birim üretim maliyeti
- $PCB_{j,t}$: t döneminde j konumunda biyorafineriden biyodizel birim üretim maliyeti
- $PCG_{j,t}$: t döneminde j konumundaki biyorafineriden birim gliserin üretim maliyeti
- $PCO_{i,t}$: t döneminde i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin birim yağ çıkarma maliyeti
- $ICJ_{i,t}$: t döneminde i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin JCL birim stok tutma maliyeti
- $ICB_{j,t}$: t döneminde j konumundaki biyorafinerinin biyodizel birim stok tutma maliyeti
- $ICG_{j,t}$: t döneminde j konumundaki biyorafinerinin gliserin birim stok tutma maliyeti
- $ICS_{k,t}$: t döneminde k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin biyodizel birim stok tutma maliyeti
- $JCT_{f,i,t}$: t döneminde f tarlasındaki JCL tohumlarının i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezine taşıma maliyeti
- $OCT_{i,j,t}$: t döneminde i konumundaki JCL yağının j konumundaki biyorafineriye taşıma maliyeti
- $BCT_{j,k,t}$: t döneminde j konumundaki biyorafineriden k konumundaki biyodizel dağıtım merkezine biyodizel taşıma maliyeti
- $GCT_{j,n,t}$: t döneminde j konumundaki biyorafineriden n. gliserin müşterisine gliserin taşıma maliyeti
- $MCT_{k,m,t}$: t döneminde k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinden m. biyodizel müşterisine biyodizel taşıma maliyeti
- ex_f : f konumundaki JCL tarlalarına 1 ton tohum ekmenin çevreye saldıgı CO₂'nin zararlı etkisi
- eu_i : i konumunda 1 ton kapasiteli toplama ve ön işleme mer. kurulumuyla çevreye salınan CO₂'nin etkisi
- ev_j : j konumunda 1 ton kapasiteli biyorafineri kurulumuyla açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- ew_k : k konumundaki 1 ton kapasiteli biyodizel dağıtım merkezinin kurulumuyla açığa çıkan CO₂'nin etkisi
- EB_j^r : j konumundaki biyorafinerinin 1 ton biyodizel üretmesiyle açığa çıkan CO₂'nin etkisi
- EG_j^r : j konumundaki biyorafinerinin 1 ton gliserin üretmesiyle açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- EO_i : i konumundaki top. ve ön işl. merkezinin 1 ton yağ üretmesiyle açığa çıkan CO₂'nin etkisi
- EIJ_i : i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin JCL stoğu tutmasıyla açığa çıkan CO₂ etkisi
- EIB_j^r : j konumundaki biyorafineride biyodizel stoğu tutulmasıyla açığa çıkan CO₂ etkisi
- EIG_j^r : j konumundaki biyorafineride gliserin stoğu tutulmasıyla açığa çıkan CO₂ etkisi
- EIS_k : k dağıtım merkezinde biyodizel stoku tutmanın açığa çıkardığı CO₂ etkisi
- $EJT_{f,i}$: f tarlasından, i toplama ve ön işl. Merkezine 1 ton JCL taşımanın km başına açığa çıkardığı CO₂ etkisi

$EOT_{i,j}$: i toplama ve ön işl. Merkezinden, j biyorafineriye 1 ton JCL yağı taşımının km başına açığa çıkardığı CO2 etkisi

$EBT_{j,k}$: j biyorafineriden, k dağıtım merkezine 1 ton biyodizel taşımının km başına açığa çıkardığı CO2 etkisi

$EGT_{j,n}$: j biyorafineriden n gliserin müşterisine 1 ton gliserin taşımının km başına açığa çıkardığı CO2 etkisi

$EMT_{j,m}$: j biyorafineriden, m biyodizel müşterisine 1 ton biyodizel taşımının km başına açığa çıkardığı CO2 etkisi

x_f : f konumunda JCL ekim merkezi açılma durumu

u_i : i konumunda JCL toplama ve ön işleme merkezi açılma durumu

v_j^r : j konumunda r teknoloji biyorafineri açılma durumu

w_k : k konumunda biyodizel dağıtım merkezi açılma durumu

$IJ_{i,t}$: i konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin JCL stok düzeyi

$IB_{j,t}^r$: j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin biyodizel stok düzeyi

$IG_{j,t}^r$: j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gliserin stok düzeyi

$IS_{k,t}$: k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin biyodizel stok düzeyi

$PJ_{f,t}$: f konumundaki üretim merkezinde üretilebilen JCL miktarı

$PB_{j,t}^r$: j konumunda r teknolojiyle üretilebilen biyodizel miktarı

$PG_{j,t}^r$: j konumunda r teknolojiyle üretilebilen gliserin miktarı

$PO_{i,t}$: i konumundaki toplama ve ön işleme merkezinde üretilebilen JCL yağ miktarı

$JT_{f,i,t}$: t döneminde f konumundan i konumundaki toplama merkezine taşınan JCL tohumu miktarı

$OT_{i,j,t}^r$: t döneminde i konumundaki toplama merkezinden j konumundaki r teknoloji biyorafineriye taşınan JCL yağı miktarı

$BT_{j,k,t}^r$: t döneminde j konumundaki r teknoloji biyorafineriden k konumundaki dağıtım merkezine taşınan biyodizel miktarı

$GT_{j,n,t}^r$: t döneminde j konumundaki r teknoloji biyorafineriden n konumundaki dağıtım merkezine taşınan gliserin miktarı

$MT_{k,m,t}$: t döneminde k konumundaki dağıtım merkezinden m. Biyodizel müşterisine taşınan biyodizel miktarı

CJ_f : f konumundaki JCL ekili alan miktarı(hektar)

$CC_{i,t}$: t döneminde i konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin gerekli kapasitesi

$CB_{j,t}^r$: t döneminde j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gerekli kapasitesi

$CS_{k,t}$: t döneminde k konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin gerekli kapasitesi

3.2. Denklemler:

Maliyet Minimizasyonu:

$$\sum_f FCJ_f * x_f + \sum_i FCC_i * u_i + \sum_j FCB_j^r * v_j^r + \sum_k FCS_k * w_k \quad (1)$$

$$+ \sum_f VCJ_f * CJ_f + \sum_i \sum_t VCC_{i,t} * CC_{i,t} + \sum_j \sum_t VCB_{j,t}^r * CB_{j,t}^r + \sum_k \sum_t VCS_{k,t} * CS_{k,t} \quad (2)$$

$$+ \sum_f \sum_t PCJ_{f,t} * PJ_{f,t} + \sum_i \sum_t PCO_{i,t} * PO_{i,t} + \sum_j \sum_t PCB_{j,t} * PB_{j,t} + \sum_k \sum_t PCG_{j,t} * PG_{j,t} \quad (3)$$

$$+ \sum_i \sum_t ICJ_{i,t} * IJ_{i,t} + \sum_j \sum_t ICB_{j,t} * IB_{j,t} + \sum_j \sum_t ICG_{j,t} * IG_{j,t} + \sum_k \sum_t ICS_{k,t} * IS_{k,t} \quad (4)$$

$$+ \sum_f \sum_i \sum_t JCT_{f,i,t} * JT_{f,i,t} + \sum_i \sum_j \sum_r \sum_t OCT_{i,j,t} * OT_{i,j,t}^r + \sum_j \sum_r \sum_k \sum_t BCT_{j,k,t} * BT_{j,k,t}^r \quad (5)$$

$$+ \sum_k \sum_m \sum_t MCT_{k,m,t} * MT_{k,m,t} + \sum_j \sum_r \sum_n \sum_t GCT_{j,n,t} * GT_{j,n,t}^r \quad (6)$$

(1)-(6) arasında numaralandırılmış denklemler sırasıyla; sabit açılış maliyetleri, değişken açılış maliyetleri, üretim maliyetleri, stok tutma maliyetleri ve taşıma maliyetleri denklemlerinden oluşmaktadır.

Çevresel Etki Optimizasyonu:

$$\sum_f ex_f * x_f * CJ_f + \sum_i \sum_t eu_i * u_i * CC_{i,t} + \sum_j \sum_t \sum_r ev_j * v_j * CB_{j,t}^r + \sum_k \sum_t ew_k * w_k * CS_{k,t} \quad (7)$$

$$+ \sum_i \sum_t EO_i * PO_{i,t} + \sum_j \sum_t \sum_r EB_j^r * PB_{j,t}^r + \sum_j \sum_t \sum_r EG_j^r * PG_{j,t}^r \quad (8)$$

(7)-(8) denklemleri sırasıyla; tesis kurmanın ve kapasitenin CO2 etkisiyle, üretim süreçlerinin farklı tesislerdeki çevresel etkisi denklemlerinden oluşmaktadır.

Kısıtlar:

$$\sum_k MT_{k,m,t} = D_{m,t} \quad (9)$$

$$\sum_j \sum_r GT_{j,n,t}^r = DE_{n,t} \quad (10)$$

$$\sum_i JT_{f,i,t} = PJ_{f,t} \quad (11)$$

(9)-(10)-(11) numaralı denklemler biyodizel ve gliserin için arz ve talep kısıtlarını ifade etmektedir.

$$PJ_{f,t} = \lambda_{f,t} * CJ_f \quad (12)$$

$$PO_{i,t} = \alpha * \sum_f JT_{f,i,t} \quad (13)$$

$$PB_{j,t}^r = \gamma * \sum_i OT_{i,j,t}^r \quad (14)$$

$$PG_{j,t}^r = (1-\gamma) * \sum_i OT_{i,j,t}^r \quad (15)$$

(12)-(15) arasında numaralandırılmış denklemler sırasıyla; jatropha tohumları, jatropha yağı, biyodizel ve gliserin için üretim dengesi kısıtlarını ifade etmektedir.

$$IJ_{i,t} = IJ_{i,(t-1)} + \sum_f JT_{f,i,t} - \left(\frac{1}{\alpha}\right) * \sum_j \sum_r OT_{i,j,t}^r \quad (16)$$

$$IB_{j,t}^r = IB_{j,(t-1)}^r + PB_{j,t}^r - \sum_k BT_{j,k,t}^r \quad (17)$$

$$IG_{j,t}^r = IG_{j,(t-1)}^r + PG_{j,t}^r - \sum_k GT_{j,n,t}^r \quad (18)$$

$$IS_{k,t} = IS_{k,(t-1)} + \sum_j \sum_r BT_{j,k,t}^r - \sum_m MT_{k,m,t} \quad (19)$$

(16)-(19) arasında numaralandırılmış denklemler sırasıyla; jatropha tarlası stoğu, biyorafineriye ait biyodizel stoğu, biyorafineriye ait gliserin stoğu ve biyodizel dağıtım merkezi stoğu kısıtlarını ifade etmektedir.

$$x_f * LA_f \leq CJ_f \leq x_f * UA_f \quad (20)$$

$$u_i * LC_i \leq CC_{i,t} \leq u_i * UC_i \quad (21)$$

$$CB_{j,t}^r = CB_{j,(t-1)}^r \quad (22)$$

$$v_j^r * LB_j \leq CB_{j,t}^r \leq v_j^r * UB_j \quad (23)$$

$$\sum_r v_j^r \leq 1 \quad (24)$$

$$w_k * LS_k \leq CS_{k,t} \leq w_k * US_k \quad (25)$$

(20) numaralı kısıt jatropha ekimi için seçilebilecek maksimum ve minimum bölge sayısını belirlemektedir. Alt sınırın belirlenmesinin amacı ölçek ekonomisi, üst sınırın belirlenmesinin sebebi ise biyoçeşitliliğin korunmasıdır. (21) numaralı kısıt toplama ve yağ çıkartma merkezi kurulumu için kapasite alt ve üst sınırlarını belirtmektedir. (22)-(23)-(24) numaralı kısıtlar biyorafineri için kapasite alt ve üst sınırları ile bir bölgede açılacak biyorafineri kısıtlarını belirtir. (25) numaralı kısıt dağıtım merkezi için kapasite alt ve üst sınırlarını belirtir.

$$\sum_f JT_{f,i,t} \leq CC_{i,t} \quad (26)$$

$$\sum_i OT_{i,j,t}^r \leq CB_{j,t}^r \quad (27)$$

$$\sum_j BT_{j,k,t}^r \leq CS_{k,t} \quad (28)$$

$$IJ_{i,t} \leq CC_{i,t} \quad (29)$$

$$IB_{j,t}^r \leq CB_{j,t}^r \quad (30)$$

$$IS_{k,t} \leq CS_{k,t} \quad (31)$$

(26)-(31) arasındaki denklemler; üretim miktarı ve stok kapasitesi kısıtlarını ifade etmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda krizi, enerji güvenliği, çevre ve yoksulluğun azaltılması gibi sorunlara sürdürülebilir ve uygulanabilir bir çözüm bulmak için araştırmacılar ve geliştirme uygulayıcıları, yenilenebilir hammaddelerden ikinci nesil biyoyakıt üretimini umut verici çözümlerden biri olarak sunmuşlardır. Biyoyakıt tedarik zinciri ağının entegre bir şekilde tasarlanması, biyoyakıtların ticari olarak yaşanabilirliğini önemli derecede etkilemektedir. Bu yazıda öncelikle biyoyakıt tedarik zinciri ağının tasarımı için sunulan son çalışmalar gözden geçirildi ve sistematik olarak kategorize edildi. Ardından, literatürdeki boşluklardan hareketle, ülkemiz için dinamik koşullar altında entegre bir biyodizel tedarik zinciri ağı tasarım modeli geliştirildi. Önerilen model, çok optimal olmayan çözümlerden kaçınmak için en önemli stratejik ve taktiksel seviyedeki kararları birleştiren çok-dönemli ve MILP bir modeldir. Önerilen model tarafından ele alınması gereken kararlar arasında, farklı kademelerdeki tesislerin sayıları, yerleri ve kapasiteleri, biyofaunalarında uygun teknoloji, ağ içindeki malzeme akışı ve optimal üretim planlamasının belirlenmesi yer almaktadır. *Jatropha* tohumlarını, ikinci nesil biyodizel üretimi için yenmeyen hammaddeler olarak düşünülmüştür.

Gelecek modeller birinci nesil biyoyakıt tedarik zinciri optimizasyonundan ikinci nesil biyoyakıt tedarik zinciri optimizasyonuna geçmelidir. Bu bağlamda, ham madde arz merkezlerinden uç müşteri bölgelerine kadar tüm ilgili kademeler optimizasyonda dikkate alınmalıdır. Buna ek olarak, tüm önemli taktik ve stratejik kararlar dinamik koşullar altında optimum bir şekilde tespit edilecek şekilde dikkate alınmalıdır. Yukarıdaki hususlar büyük ölçekli tedarik zincirlerine yol açsa da, sonuçta ortaya çıkan modeller gerçek dünya varsayımlarıyla o kadar uyumlu hale gelecektir. Etkili sezgisel ve kesin çözüm algoritmalarının geliştirilmesi bu alandaki temel bir gereksinimdir. İncelememiz, biyoyakıt tedarik zinciri modellerini büyük ölçeklerde çözmek için geliştirilmiş kapsamlı bir çözüm algoritması sunmaktadır. Çalışmada bir diğer önemli konu da biyoyakıt tedarik zinciri modelindeki belirsizliği gidermektir. Hammadde verimi, biyoyakıt talepleri, farklı maliyetler ve teknik parametreler, belirsizliğe tabi olan en yaygın parametrelerdir. Çalışmada sürdürülebilirlik meseleleri, çevresel ve ekonomik yönden ele alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Akman, S., 2015, “Türkiye Biyodizel Piyasası İncelemesi, Düzenlemesi ve 2020 Projeksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara.
- [2] Alptekin, E., Çanakçı M., 2014, “Biyodizel ve Türkiye’deki Durumu”, Mühendis ve Makina Dergisi, 47, 561.
- [3] Andersen, F., Iturmendi, F., Espinosa, S., Diaz, M.S., 2012. “Optimal design and planning of biodiesel supply chain with land competition”, *Comput. Chem. Eng.* 47, 170–182. doi:10.1016/j.compchemeng.2012.06.044
- [4] Avami, A., 2012. “A model for biodiesel supply chain : A case study in Iran”, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 4196–4203. doi:10.1016/j.rser.2012.03.023
- [5] Aysal, E., Aksoy F., Şahin, A., Aksoy, L., Yıldırım, H., 2014, “Hardal Yağından Biyodizel Üretiminin Optimizasyonu ve Motor Performans Testleri”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14, 1-9.
- [6] Azadeh, A., Arani, H.V., 2016.” Biodiesel supply chain optimization via a hybrid system dynamics- mathematical programming approach”, *Renew. Energy* 93, 383–403. doi:10.1016/j.renene.2016.02.070
- [7] Babazadeh, R., 2016. “Optimal design and planning of biodiesel supply chain considering non- edible feedstock”, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 1–12. doi:10.1016/j.rser.2016.11.088
- [8] Babazadeh, R., Razmi, J., Rabbani, M., Saman, M., 2015. “An integrated data envelopment analysis e mathematical programming approach to strategic biodiesel supply chain network design problem”, *J. Clean. Prod.* doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.038
- [9] Babazadeh, R., Razmi, J., Saman, M., Rabbani, M., 2016. “A sustainable second-generation biodiesel supply chain network design problem under risk”, *Omega* 1–20. doi:10.1016/j.omega.2015.12.010

ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLAR İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Özlem Karadeniz Alver¹, Berk Ayvaz², Bülent Çatay³

¹Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, okaradeniz@sabanciuniv.edu

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, bayvaz@ticaret.edu.tr

³Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, catay@sabanciuniv.edu

ÖZET

Bu çalışmada, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı AEEE Kontrolü Yönetmeliği'ne göre İstanbul ilinde toplanması gereken Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE) için çok amaçlı karma tamsayı programlama modeli oluşturulmuştur. Model, sürdürülebilirlik kavramının üç temel hedefinden (ekonomik, çevresel ve sosyal) yola çıkarak, yönetmeliğin gerektirdikleri ve sorumlu paydaşların yükümlülükleri baz alınarak tasarlanmıştır. Fakat yönetmeliğe rağmen yasa dışı olarak AEEE toplayan ve ayrıştıran hurdacılar mevcuttur. Bu tip atıklar insan sağlığına oldukça zararlı olabildiğinden, gerekli ekipmanları olmayan hurdacılar için risk oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak modelde sosyal amaç, AEEE toplayan hurdacıların, yapılacak devlet yatırımı ile istihdam edilerek sağlıklarının garanti altına alınması ve sosyal statülerinin artırılmasıdır. Modelin diğer amacı da tersine lojistik aktivitelerin çevresel etkilerinin ve maliyetinin enküçüklenmesidir. Önerilen model epsilon kısıt yöntemi ile çözülmüş ve açılacak elektronik atık işleme tesislerine ve yatırım yapılarak AEEE geri kazanım sistemine dahil edilecek hurda depolarına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersine lojistik, Ağ tasarımı, AEEE, Sosyal amaç

REVERSE LOGISTICS NETWORK DESIGN FOR WASTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENTS: THE CASE OF ISTANBUL

ABSTRACT

In this study, a multi-objective mix integer programming model is proposed for the collection of Waste of Electric and Electronic Equipments (WEEE) for Istanbul, based on the requirement set by Ministry of Environment and Urbanization WEEE Directive. This model is derived from both WEEE Directive of Turkey and three aspects of sustainability (economic, environmental and social). Even though responsibilities of related authorities are stated, illegal WEEE collectors still exist. These illegal collectors do not usually have necessary equipments and valid conditions for the treatment of WEEE which may cause significant health issues. Considering this fact, we chose the employment of illegal WEEE scrap dealers as the social objective of the model. Furthermore, the second objective of the model is to minimize the cost and environmental effects of reverse logistics activities. The proposed mode has been solved using epsilon constraint method and it is decided to open WEEE treatment facilities and subsidise the scrap dealer junkyards which will be included in WEEE recovery system.

Keywords: Reverse logistics, Network design, WEEE, Social objective

1. GİRİŞ

Hızla artmakta olan nüfusla beraber tüketim seviyesi de yükselmektedir ve bunun sonucu olarak da doğal kaynakların sürdürülebilirliği konusu endüstrileşmiş toplumlar için hayati önem taşımaya başlamıştır. Bir taraftan dünya üzerindeki doğal kaynaklar azalırken insanoğlunun ürettiği atık miktarı da artmaktadır (Kılıç vd., 2015). Açığa çıkan tehlikeli atık kategorilerinden biri de çoğalan nüfus ve teknolojik gelişmelere paralel olarak atış gösteren atık elektrikli ve elektronik eşyalardır (AEEE). Bu atıklar hem geri kazanılabilir materyaller barındırırken hem de uygun şekilde bertaraf edilmediğinde insan sağlığını ve yaşadığımız çevreyi tehdit edebilecek materyaller içermektedir (Achillas vd., 2010). Belirtilen sebeplerden ötürü bir çok ülkede AEEE yönetimi için çevre mevzuatları uygulanmaya başlanmıştır. Uygulamaya konulan yönetmeliklerde, üreticiler, lojistik hizmeti sağlayıcılar ve belediyeler gibi AEEE'nin ilgili olduğu paydaşların sorumluluk alanları tüm elektrikli ve elektronik atık türleri gözetilerek belirtilmiştir. Bu yönetmeliklerden en önemlilerinden ikisi Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Belirli Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılmasına İlişkin Yönetmeliği (2002/95/AT) ve Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalara İlişkin Yönetmeliğidir (Temur, Bolat, 2017). Bahsi geçen yönetmeliklerin temel hedefi, açığa çıkan AEEE miktarını azaltmak, geri kazanım uygulamalarını arttırmak ve tüm paydaşların çevresel performanslarını arttırmaktır (REC, 2012). Ülkemizde uygulanan güncel yönetmelik ise Mayıs 2012 tarihinde yayımlanan "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği"dir. Bu yönetmelikte dünyadaki diğer örneklerine benzer şekilde paydaşların yükümlülükleri belirtilmiştir. Fakat yasa dışı olarak AEEE toplayan ve işleyen hurdacılar da mevcuttur. Söz konusu işlemler olması gereken standartların çok altında kaldığından başta hurdacılar olmak üzere insan sağlığı ve çevre için ciddi bir tehdit unsuru olmaktadır. Ayrıca elektrikli ve elektronik eşyaların içerisindeki ekonomik değeri yüksek bileşenler de geri dönüştürülemediğinden sistemin ekonomik performansı da düşmektedir. Dolayısıyla kayıt dışı olan bu hurdacıların yapılacak yatırımlar ile standartlarının artırılması ve yasal hale getirilmesi oldukça önemlidir (REC, 2016). Bu çalışmada devlet desteği ile kayıt dışı çalışan hurdacıların fiziki imkanlarını arttırılıp ön sınıflandırma tesisi olarak atık geri kazanım ve bertaraf sistemine dahil edilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda çok amaçlı karma tamsayı programlama modeli tasarlanmış ve problem İstanbul ili için epsilon kısıt yöntemi ile çözülmüştür. Böylelikle İstanbul için açılması gereken atık işleme tesislerine ve yatırım yapılabilecek hurdacılar karar verilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki kısımları şu şekilde ilerlemektedir: İkinci bölümde literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde model ve metodoloji incelenmiştir. Yine bu bölümde modelin İstanbul ili için uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar dördüncü bölümde sunulmuştur. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılarak, gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tersine lojistik, ürünlerin ve materyallerin tekrar kullanılabilmesine ilişkin tüm operasyonları içeren geniş bir alandır. En genel ifadesiyle, tersine lojistiğin amacı tedarik zincirindeki tersine akışın etkin bir yönetimidir. Bu amaçla kaynak tasarrufu, geri dönüşüm, materyallerin yeniden kullanımı ve atıkla mücadeleye ilişkin lojistik operasyonları tersine lojistiğin kapsamındadır (Govindan, vd., 2016). Tersine lojistik alanında yapılan araştırmalar 1970'lerden beri hızla artmaktadır. 1980'li yıllarla beraber bu alandaki araştırmaların çoğu tersine lojistik ağ tasarımı ve stratejileri üzerine yoğunlaşmıştır. Son yıllarda da tersine lojistik ağ tasarımı ve optimizasyonu odak noktası olma özelliğini korumaktadır (Ye, Zhenhua, 2014).

Tersine lojistik ağ tasarımı üzerine olan araştırmaların en önemli hedeflerinden birisi maliyet enküçüklemesi ya da kâr enbüyüklemesidir. Alshamsi ve Diabat (2017) farklı taşıma ve yatırım seçeneklerinin göz önüne alındığı bir karma tam sayılı lineer programlama modeli geliştirmiştir ve bu model Körfez Arap Ülkeleri Bölgesinde açığa çıkan ev aletleri için uygulanmıştır. Problem Genetik Algoritma ile çözülmüş, kârı enbüyükleyecek şekilde açılacak ya da kapasitesi arttırılacak muayene istasyonu ve yeniden üretim tesislerine karar verilmiştir. Kılıç vd. (2015) Türkiye'de açığa çıkan AEEE için bir ağ tasarımı modeli oluşturmuştur. Farklı tip depolama alanları ve geri dönüşüm tesislerine bağlı olarak oluşturulan 10 farklı senaryo Avrupa Birliği Yönetmeliğinin belirtmiş olduğu minimum geri dönüşüm oranları dikkate alınarak çözümlenmiştir.

Tersine lojistik ağ tasarımı problemleri geleneksel tedarik zinciri problemlerine oranla daha fazla belirsizlik içermektedir (Lieckens, Vandaele, 2007). Ayvaz vd. (2015) miktar, kalite ve taşıma maliyeti belirsizlikleri altında iki aşamalı stokastik programlama modeli önermişlerdir. Model Türkiye'de faaliyet gösteren elektrikli ve elektronik atık geri dönüşümü yapan bir firma için örneklem ortalama yaklaşımı yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Salema vd. (2007) talep ve geri dönen ürün miktarı belirsizliklerini dikkate alan kapasite kısıtlı genel bir ağ tasarımı modeli geliştirmişlerdir. Ortaya konan karma tamsayı formülasyon dal-sınır yöntemi ile çözümlenmiştir.

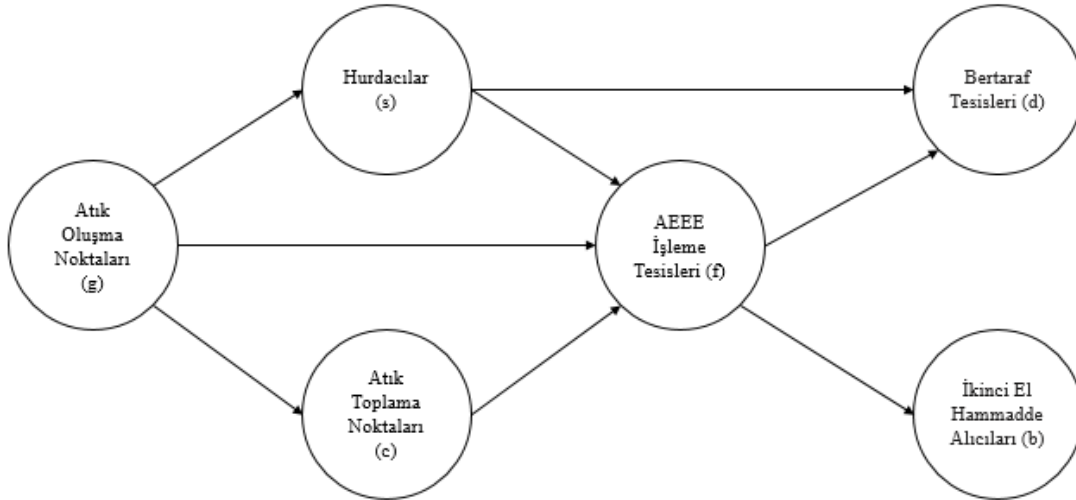
Ekonomik amaca ek olarak, ağ tasarımı problemleri, artan çevresel bilinç ve yürürlüğe giren yönetmeliklere bağlı olarak farklı hedefleri içerebilir. Bu durum araştırmacıların da çok amaçlı modeller geliştirmesinin önünü açmıştır (Pishvaei vd., 2010). Govindan vd. (2016) sürdürülebilirliğin üç boyutunu (ekonomik, sosyal ve çevresel) hesaba katarak bulanık matematiksel programlama modeli kullanmış ve çok amaçlı parçaçık sürü algoritması uygulanmıştır.

Kannan vd. (2012) karbon ayak izi odaklı tersine lojistik ağ tasarımı için karma tamsayıli lineer programlama modeli oluşturmuştur. Modelin amaç fonksiyonu, toplama, bertaraf, ulaştırma ve tesis açma maliyetine ek olarak karbon emisyon maliyetini de hesaba katmaktadır. El Korchi ve Millet (2011) farklı tersine lojistik kanal yapılarını değerlendiren bir çalışma ortaya koymuşlardır. Kullanımda olan kanal yapıları analiz edilmiş ve hem ekonomik olarak daha verimli, hem de çevreye etkisi daha az olan bir kanal önerisi sunulmuştur.

Govindan vd. (2017) belirsizlikler altında geleneksel tedarik zinciri tasarımı ve tersine lojistik ağ tasarımı modellerini incelemiştir. Çalışma, tersine lojistik ağ tasarımı modellerinin çok az bir kısmının çok amaçlı olarak tasarlandığını ortaya koymaktadır. Bu çalışma ise maliyete ek olarak çevresel etki ve sosyal faydayı da hesaba katan çok amaçlı bir model niteliği taşımaktadır.

3. ÖNERİLEN MODEL

Bu çalışmada, 4 farklı tip atık elektrikli ve elektronik eşya için çok periyotlu tersine lojistik ağ tasarım problemi ele alınmıştır ve İstanbul ili için uygulanmıştır. Problemin bileşenleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi atık oluşma noktaları, atık toplama noktaları, atık işleme tesisleri, hurdacılar, atık bertaraf noktaları, zararlı atık bertaraf tesisleri ve 2. el hammadde alıcılarıdır. Atıkların oluşma noktaları, ilçe merkezleri olarak kabul edilmiştir. Bu noktalarda oluşan atık miktarları, AEEE Kontrolü Yönetmeliği Belediye Uygulama Rehberi'nde belirtilen toplama hedefleri olarak kabul edilmiştir. Yönetmeliğe uygun olacak şekilde, belediyelerin birer getirme merkezi olduğu ve EEE dağıtıcılarının satış yerlerinin bir bölümünü AEEE depolamak için kullandıkları varsayılmıştır. AEEE işleme tesisleri için aday noktalar belirlenmiştir ve sistemin ihtiyacına ve belirlenen kısıtlara göre açılma kararları alınmıştır. İlçeler için muhtemel hurdacı depo noktaları belirlenmiştir. Atık oluşma noktalarında oluşan atıklar 3 şekilde yollarına devam etmektedirler: (1) Vatandaşlar atıklarını direkt olarak toplama noktalarına götürebilirler. (2) AEEE işleyen firmalar bu atıkları oluştukları noktalardan alabilirler ya da atıklar yasa dışı olarak çalışan hurdacılar tarafından alınabilir (3). Toplama noktalarında oluşan atıklar da yine işlenmek üzere lisanslı tesislere ulaştırılabilir. Bu modelde, hurdacılar devlet desteği ile yatırım alıp ön ayrıştırma deposu olarak değerlendirilebilir olarak düşünülmüştür. Hurda noktalarına gelen atıklar faydalı materyalleri ayrıştırılmak üzere daha donanımlı olan elektronik atık tesislerine taşınmaktadır. Tesislerde ayrıştırılan geri dönüştürülebilir materyaller 2. el hammadde alıcılarına, zararlı materyaller ise bertaraf tesislerine gönderilmektedir.



Şekil 1: Tersine Lojistik Ağ Modeli

Bu çalışmada ele alınan problem karma tamsayıli matematiksel programlama ile modellenmiştir. Modelin matematiksel detayları aşağıdaki gibidir.

Tanımlanan kümeler

- $g \in G$ Atık oluşma noktaları kümesi
- $p \in P$ Atık türleri kümesi
- $c \in C$ Atık toplanma merkezi kümesi,
- $f \in F$ Atık işleme tesisleri kümesi
- $d \in D$ Bertaraf merkezi kümesi
- $t \in T$ Periyotlar kümesi
- $m \in M$ Malzeme türü kümesi
- $s \in S$ Yasa dışı atık toplayıcılar kümesi
- $b \in B$ İkinci el hammadde alıcıları kümesi

Parametreler

R_{gpt}	t döneminde g noktasında ortaya çıkan p tipi atık miktarı (kg)
C_i	Atık işleme tesisi $i \in F$ ve hurda toplama noktası $i \in S$ atık işleme kapasitesi
tc_{ijt}	t döneminde i noktasından j noktasına, $(i,j) \in K \forall (i,j) \in L$, kg başına atık taşıma maliyeti
ec_{ijt}	t döneminde i noktasından j noktasına, $(i,j) \in K \forall (i,j) \in L$, taşınan atığın kg başına çıkardığı CO ₂ 'nin maliyeti
dc_{dt}	t döneminde bertaraf tesisi d de atık bertaraf maliyeti
fc_{ft}	t döneminde f atık işleme merkezi açmanın maliyeti
rv_{mt}	t döneminde m materyalinin mali değeri
inv_{st}	t döneminde s hurda noktasını yasallaştırmak ve yetkinleştirmek için gerekli olan yatırım miktarı
q_{pm}	p ürünü içerisinde geri dönüştürülebilir m materyalin miktarı
bm_t	t döneminde hurda toplama noktalarına yapılabilecek toplam yatırım miktarı
$w1_f$	f tesisinin açılması durumunda istihdam edilecek işçi sayısı
$w2_s$	s hurda toplama noktasında çalışan hurdacı sayısı
α, β, γ	Atık dağılım oranları

p tipi atığın ağ üzerinde geçtiği kanallar:

$$K = \{(i,j): (i \in G \wedge j \in C) \cup (i \in G \wedge j \in F) \cup (i \in C \wedge j \in F) \cup (i \in G \wedge j \in S) \cup (i \in S \wedge j \in F) \cup (i \in S \wedge j \in D)\}$$

meM tipi malzemenin ağ üzerinde geçtiği kanallar:

$$L = \{(i,j): (i \in F \wedge j \in F) \cup (i \in F \wedge j \in B)\}$$

Karar Değişkenleri

x_{ijpt}	t döneminde i noktasından j noktasına, $(i,j) \in K$, taşınan p ürünü miktarı
y_{ijmt}	t döneminde i noktasından j noktasına, $(i,j) \in L$, taşınan m materyali miktarı
v_{ft}	$\begin{cases} 1, \text{Eğer atık işleme merkezi } f \text{ } t \text{ döneminde açılırsa} \\ 0, \text{Aksi halde} \end{cases}$
z_{st}	$\begin{cases} 1, \text{Eğer hurda merkezine } s \text{'ye } t \text{ döneminde yatırım yapılırsa} \\ 0, \text{Aksi halde} \end{cases}$

Amaç Fonksiyonları

$$\begin{aligned} \text{Enk W1} = & \sum_{(i,j) \in K} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} (tc_{ijt} + ec_{ijt}) * x_{ijpt} + \sum_{(i,j) \in L} \sum_{m \in M} \sum_{t \in T} (tc_{ijmt} + ec_{ijmt}) * y_{ijmt} + \sum_{i \in S} \sum_{j \in D} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} dc_{jt} * x_{ijpt} + \\ & + \sum_{i \in F} \sum_{j \in D} \sum_{m \in M} \sum_{t \in T} dc_{jt} * x_{ijpt} + \sum_{f \in F} \sum_{t \in T} fc_{ft} * v_{ft} + \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} inv_{st} * z_{st} + \\ & - \sum_{i \in F} \sum_{j \in B} \sum_{m \in M} \sum_{t \in T} rv_{mt} * y_{ijmt} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Enb W2} = \sum_{f \in F} \sum_{t \in T} w1_f * v_{ft} + \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} w2_s * z_{st} \quad (2)$$

Öyle ki;

$$\sum_{j \in S} x_{ijpt} + \sum_{j \in F} x_{ijpt} + \sum_{j \in G} x_{ijpt} = R_{gpt}, \quad \forall p \in P, \forall g \in G, \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{c \in C} x_{gcpt} \geq R_{gpt} * \alpha \quad \forall g \in G, \forall p \in P, \forall t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{f \in F} x_{gftp} \geq R_{gpt} * \beta \quad \forall g \in G, \forall p \in P, \forall t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{i \in G} x_{ispt} * \gamma = \sum_{j \in D} x_{sjpt}, \quad \forall p \in P, \forall s \in S, \forall t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{i \in G} x_{ispt} * (1 - \gamma) = \sum_{j \in F} x_{sjpt}, \quad \forall p \in P, \forall s \in S, \forall t \in T \quad (7)$$

$$\sum_{i \in G} x_{icpt} = \sum_{j \in F} x_{cjpt}, \quad \forall p \in P, \forall c \in C, \forall t \in T \quad (8)$$

$$\sum_{p \in P} \left(\sum_{i \in G} x_{ijpt} + \sum_{i \in C} x_{ijpt} + \sum_{i \in S} x_{ijpt} \right) * q_{pm} = \sum_{b \in B} y_{jbmt}, \quad \forall j \in F, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (9)$$

$$\sum_{p \in P} \left(\sum_{i \in G} x_{ijpt} + \sum_{i \in C} x_{ijpt} + \sum_{i \in S} x_{ijpt} \right) * (1 - q_{pm}) = \sum_{d \in D} y_{jdmt}, \quad \forall j \in F, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{i \in G} \sum_{p \in P} x_{ispt} \leq z_{st} * c_s, \quad \forall s \in S, \forall t \in T \quad (11)$$

$$\sum_{p \in P} \left(\sum_{i \in G} x_{ijpt} + \sum_{i \in C} x_{ijpt} + \sum_{i \in S} x_{ijpt} \right) \leq v_{ft} * c_f, \quad \forall j \in F, \forall t \in T \quad (12)$$

$$\sum_{i \in G} \sum_{p \in P} x_{icpt} \leq c_c, \quad \forall c \in C, \forall t \in T \quad (13)$$

$$\sum_{s \in S} inv_{st} * z_{st} \leq bm_t, \quad \forall t \in T \quad (14)$$

$$\sum_{t \in T} v_{ft} \leq 1, \quad \forall f \in F \quad (15)$$

$$\sum_{t \in T} z_{st} \leq 1, \quad \forall s \in S \quad (16)$$

$$v_{ft}, z_{st} \in \{0,1\}, \quad \forall s \in S, \forall f \in F, \forall t \in T \quad (17)$$

$$x_{ijpt} \geq 0, \quad \forall (i,j) \in K, \forall p \in P, \forall t \in T, \quad y_{ijmt} \geq 0, \quad \forall (i,j) \in L, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (18)$$

$$f_1(\mathbf{x}), \dots, f_p(\mathbf{x})$$

Modelin birinci amacı sistem maliyetlerinden ve elde edilen gelirlerden oluşmaktadır ve toplam maliyetin enküçüklenmesi hedeflenmektedir. Amaç fonksiyonundaki birinci ve ikinci ifade taşıma maliyetini ve taşıma sırasında açığa çıkan CO₂'nin maliyeti göstermektedir. Üçüncü ve dördüncü ifadeler toplam atık bertaraf maliyetleridir. Beşinci terim toplam tesis açma maliyetiyken, altıncı terim hurdacılara yapılan yatırımın toplam miktarını ifade etmektedir. Son terim ise geri kazanılan materyallerin getirdiği geliri ifade etmektedir. Modelin ikinci amacı da elektronik atık işleme tesisi açıldığında ve hurda tesislerine devlet yatırımı yapıldığında istihdam edilecek kişi sayısını enbüyüklemektir. (3) numaralı kısıt ile her bir ilçe merkezinde oluşan atık miktarlarının ağa katılması sağlanmıştır. (4) ve (5) numaralı kısıtlar ile ilçe merkezlerinden toplama noktalarına ve atık işleme tesislerine gidecek atık miktarı için alt limit belirlenmiştir. (6) numaralı kısıt ile yasallaşan hurda deposunda ön değerlendirmeden geçen ve bertaraf edilmesi gereken atıklar belirlenirken, (7) numaralı kısıt ile kalan atıkların işlenmek üzere atık işleme tesislerine gönderilmesi sağlanmıştır. (8) numaralı kısıt toplama noktaları için akış dengesi kısıtıdır. (9) numaralı kısıt ile atık işleme merkezine gelen ürünlerin içerisindeki faydalı materyaller ikinci el hammadde alıcılarına gönderilirken, geri kalan materyallerin bertaraf için bertaraf tesislerine gönderilmesi (10) numaralı kısıt ile sağlanmaktadır. (11), (12) ve (13) nolu kısıtlar sırasıyla hurdacı depoları, atık işleme tesisleri ve atık toplama noktaları için kapasite kısıtlarıdır. Hurdacı depolarına yapılacak yatırımlar için bütçe kısıtı (14) numaralı kısıttır. (15) numaralı kısıt ile bir tesisin sadece bir periyotta açılacağı ifade edilmiştir, (16) numaralı kısıt ile bir hurda deposunun sadece bir periyotta devlet yatırımı alabileceği garanti edilmiştir. Karar değişkenlerinin matematiksel tipleri (17) ve (18) nolu kısıtlarla tanımlanmıştır.

4. ÇÖZÜM

Önerilen model hem maliyet enküçüklemesini hem de işçi istihdamı ile sosyal faydayı enbüyüklemeyi hedeflemektedir. Bu çalışmada, çözüm metodu olarak epsilon kısıtı yöntemi seçilmiştir. Epsilon kısıtı yönteminde modelin amaçlarından birisi kriter amaç fonksiyonu seçilirken, diğer amaçlar sınır koyan kısıtlar olarak modele eklenir (Lokman, 2017; Mavrotas, 2009). (19) ve (20) numaralı ifadeler çok amaçlı matematiksel programlama problemini tasvir etmektedir. amaç fonksiyonlarının karar değişkenlerini temsil eden vektör \mathbf{x} iken, olurlu bölge S 'dir.

$$\text{Enb } (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_p(\mathbf{x})) \quad (19)$$

$$\text{Öyle ki; } \mathbf{x} \in S \quad (20)$$

Epsilon kısıtı yönteminin uygulanması ile problem, (21) ve (22) numaralı ifadelerde gösterildiği gibi yeniden modellenmektedir.

$$\text{Enb } f_1(\mathbf{x}) \quad (21)$$

$$f_2(\mathbf{x}) \geq e_2, f_3(\mathbf{x}) \geq e_3, \dots, f_p(\mathbf{x}) \geq e_p, \mathbf{x} \in S \quad (22)$$

Yukarıda paylaşılan genel gösterime uymak adına çalışmanın birinci amaç fonksiyonu eksi ile çarpılarak kâr enbüyüklenmesi hedeflenmiştir. Önerilen model için kriter amaç fonksiyonu sosyal fayda odaklı olan ikinci amaç fonksiyonu olarak seçilmiştir. Birinci amaç ise sınır koyan kısıt olarak tanımlanmıştır. Önerilen model İstanbul iline uygulanmıştır. Adalar ilçesinde ortaya çıkan atık miktarı Tuzla Belediyesine eklenmiştir, toplam atık oluşma noktası sayısı 38 adettir. Yatırım yapılabilecek hurdacı depoları İstanbul'un farklı ilçelerinden seçilmiştir ve bu çalışma için sayısı 40 olarak belirlenmiştir. Atık işleme tesisleri de İstanbul Organize Sanayi Bölgelerini de içerecek şekilde 18 adet olarak belirlenmiştir. Farklı epsilon değerleri için senaryolaştırılan model, i5 işlemcili ve 4 GB RAM'e sahip bir bilgisayarda IBM ILOG CPLEX Optimizasyon Studio 12.6.3 optimizasyon yazılımı kullanılarak çözdürülmüştür.

Bu çalışmada 3 farklı epsilon değeri belirlemiştir. Ayrıca iki farklı β değeri için toplamda 6 farklı senaryo seçilmiştir. 1-3 numaralı senaryolar ve 4-6 numaralı senaryolar için farklı β değerleri tanımlanmıştır. Bu sayede açığa çıkan atıkların direk olarak işleme tesislerine gitmesi durumunda sistemin kârlılık seviyesinin ne şekilde değişeceği incelenmiştir, fakat bahsi geçen senaryolar için belirgin bir ilişkiye rastlanmamıştır. Tablo 1'de gösterilen epsilon değerleri elektronik atıkların geri kazanımı sonucunda elde edilmek istenen asgari kârı ifade etmektedir. İstihdam Edilecek Kişi Sayısı AEEE işleme tesisi açılması ve hurdacıların yasallaştırılması sonucu sigortalı olarak göreve başlayan toplam çalışan sayısını göstermektedir. Elde Edilen Gelir sütünü atıkların içindeki geri dönüştürülebilir materyallerin hammadde olarak geri kazanılması sonucu elde edilecek geliri gösterirken, toplam maliyet sütünü tüm tersine lojistik aktiviteleri sırasında ortaya çıkan maliyetlerin tümünü yansıtmaktadır.

Tablo 1 : Senaryolara göre istihdam ve maliyet analizi

Senaryo Numarası	Epsilon Değeri	İstihdam Edilecek Kişi Sayısı	Elde Edilen Gelir	Toplam Maliyet
1	430.000.000,00	730,00	682.561.149,00	252.561.149,00
2	425.000.000,00	820,00	682.561.149,00	257.561.149,00
3	420.000.000,00	820,00	682.561.149,00	262.561.149,00
4	430.000.000,00	660,00	682.446.620,00	252.446.620,00
5	425.000.000,00	820,00	682.561.149,00	257.561.149,00
6	420.000.000,00	820,00	682.561.149,00	262.561.149,00

Tablo 2'de ise senaryolara göre açılması gereken AEEE işleme tesisleri ve belirlenen yatırım kapasitesine göre AEEE sistemine dahil edilebilecek hurdacılar belirtilmiştir. Çözülen modele göre AEEE toplama hedeflerinin artmasıyla beraber, varolan işleme tesislerinin sayılarının yetersiz kalabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, devlet desteği ile geri dönüşüm ağına kazandırılması gereken hurdacı probleminin çözülebilmemesinin de önemli yatırımlar ile olabileceği çıkarımı yapılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atık elektrikli ve elektronik eşyalar yükselmekte olan nüfus ve teknoloji kullanım oranlarıyla beraber son yıllarda hızla artmaktadır. Bu atıklar hem değerli materyaller içerirken hem de çevre ve insan sağlığını ciddi oranda tehdit eden materyaller barındırmaktadırlar. Bu sebeple doğru şekilde toplanması, depolanması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu atıkların uygun şekilde yönetilebilmesi için dünyanın değişik ülkelerinde yönetmelikler yayınlanmaktadır. Fakat yasa dışı olarak AEEE toplayan hurdacılar vardır. Özellikle İstanbul ili gibi göç alan ve gelir eşitsizliğinin fazla olduğu kentlerde bu durum daha da yaygındır. O yüzden devlet desteği ile bu hurdacıların atık geri kazanım sistemine dahil edilmeleri oldukça önemlidir.

Gelecek çalışmalarda devlet desteği ile sisteme kazandırılan hurdacıların gayri safi milli hasılaya olan katkıları incelenebilir. Ayrıca sisteme kazandırılmayan hurdacıların çalıştıkları uygunsuz koşullardan etkilenme durumlarını yansıtan bir parametre geliştirilebilir.

Tablo 2: Senaryolar için ikili değişkenleri aldıkları değerler

Senaryo Numarası	Açılacak Tesisler	Sisteme Dahil Edilecek Hurdacılar
1	1 ve 12 numaralı tesisler hariç tüm tesisler	2,5,13,16,17,18,24,25,30
2	Tüm tesisler	31,32,33,34,35,36,37,38,39,40
3	Tüm tesisler	31,32,33,34,35,36,37,38,39,40
4	4,9,12,17 numaralı tesisler hariç tüm tesisler	2,7,13,16,17,18,20,25,30,38
5	Tüm tesisler	31,32,33,34,35,36,37,38,39,40
6	Tüm tesisler	31,32,33,34,35,36,37,38,39,40

KAYNAKLAR

- [1] Achillas, C., Vlachokostas, C., Aidonis, D., Moussiopoulos, N., Iakovou, E., & Banias, G. (2010). Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of electrical and electronic equipment. *Waste Management*, 30(12), 2592-2600.
- [2] Alshamsi, A., & Diabat, A. (2017). A Genetic Algorithm for Reverse Logistics network design: A case study from the GCC. *Journal of Cleaner Production*, 151, 652-669.
- [3] Ayvaz, B., Bolat, B., & Aydın, N. (2015). Stochastic reverse logistics network design for waste of electrical and electronic equipment. *Resources, conservation and recycling*, 104, 391-404.
- [4] El Korchi, A., Millet, D. (2011). Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures framework. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 588-597.
- [5] Govindan, K., Paam, P., & Abtahi, A. R. (2016). A fuzzy multi-objective optimization model for sustainable reverse logistics network design. *Ecological indicators*, 67, 753-768.
- [6] Govindan, K., Fattahi, M., & Keyvanshokoh, E. (2017). Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions. *European Journal of Operational Research*, 263(1), 108-141.
- [7] Kannan, D., Diabat, A., Alrefaei, M., Govindan, K., & Yong, G. (2012). A carbon footprint based reverse logistics network design model. *Resources, conservation and recycling*, 67, 75-79.
- [8] Kilic, H. S., Cebeci, U., & Ayhan, M. B. (2015). Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 120-132.
- [9] Lieckens, K., & Vandaele, N. (2007). Reverse logistics network design with stochastic lead times. *Computers & Operations Research*, 34(2), 395-416.
- [10] Lokman, B. (2017). Çok Amaçlı Tamsayı Programlama Problemleri için Temsili Çözüm Üreten Yaklaşımların ve Kalite Ölçülerinin İncelenmesi. *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 28(1).
- [11] Mavrotas, G. (2009). Effective implementation of the ϵ -constraint method in multi-objective mathematical programming problems. *Applied mathematics and computation*, 213(2), 455-465.
- [12] Pishvae, M. S., Farahani, R. Z., & Dullaert, W. (2010). A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. *Computers & operations research*, 37(6), 1100-1112.
- [13] REC (Regional Environment Center-Turkey) 2012. Regulatory Impact Assessment of EU Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive (2002/96/EC).
- [14] REC (Regional Environment Center-Turkey) 2016. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği Belediye Uygulama Rehberi.
- [15] Salema, M. I. G., Barbosa-Povoa, A. P., & Novais, A. Q. (2007). An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1063-1077.

- [16] Ye, T., & Zhenhua, Y. (2014). Reverse logistics network: A literature review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 1916-1921.
- [17] Temur, G. T., & Bolat, B. (2017). Evaluating efforts to build sustainable WEEE reverse logistics network design: comparison of regulatory and non-regulatory approaches. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(6), 358-383.

AFET OPERASYONLARI YÖNETİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIMI: LİTERATÜR TARAMASI

Merve Cömertoğlu¹, Fatih Çavdur², Merve Köse-Küçük³, Sema Değirmen⁴

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, mervecmertoglu@gmail.com

²Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, fatihcavdur@uludag.edu.tr

³Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, mervekose@uludag.edu.tr

⁴Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, degirmensema@gmail.com

ÖZET

İnsansız hava araçlarının (İHA'ların) uygulama alanları, başta askeri operasyonlarla sınırlı olsa da; bilgi ve iletişim teknolojilerinde son gelişmeler, İHA'ların çeşitli alanlardaki kullanım potansiyellerini arttırmıştır. İHA'ların hız, emniyet ve esneklik gibi avantajları; afet-öncesi ve afet-sonrası operasyonlarında tercih edilmelerine neden olmuştur. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, afet operasyonları yönetiminde İHA'ların kullanımına ilişkin bir literatür taraması sunulmaktadır. Bu alandaki temel uygulamalar, afetlerin tespit edilmesi, afet sonrasında etkilenen bölgelerin haritalandırılması, afet bölgeleri görüntülerinin toplanması ve toplanan görüntülerin analiz edilmesi, İHA ağlarının koordine edilmesi ve İHA'ların diğer araçlarla entegre edilmesi ile ilgilidir. Çalışma kapsamında afet türü, afet aşaması, İHA operasyon tipi ve örnek uygulamanın olup olmamasına göre sınıflandırmalar yapılarak, konu ile ilgili çalışmaların temel özelliklerinin analiz edilmesi ve gelecekteki araştırmalara kolaylık sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afet Operasyonları Yönetimi, İnsansız Hava Aracı (İHA), İnsani Yardım Lojistiği

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN DISASTER OPERATIONS MANAGEMENT: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Although earlier uses of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are limited to military operations, recent developments in information and communication technologies increased their use potential in various areas. UAVs have some advantages for their preferences in various pre- and post-disaster operations such as being fast, safe and flexible. In this study, a literature review on the use of UAVs in disaster operations management is presented. Basic uses of UAVs in this area are basically about disaster detection, affected area mapping in post-disaster phase, retrieval and processing of images from the affected area, coordination UAV networks and integration of UAVs to other vehicles. By classifying the reviewed studies with respect to disaster type and phase, UAV operation type and existence of case studies, it is aimed at analyzing the basic issues about the topic and providing guidance for future studies.

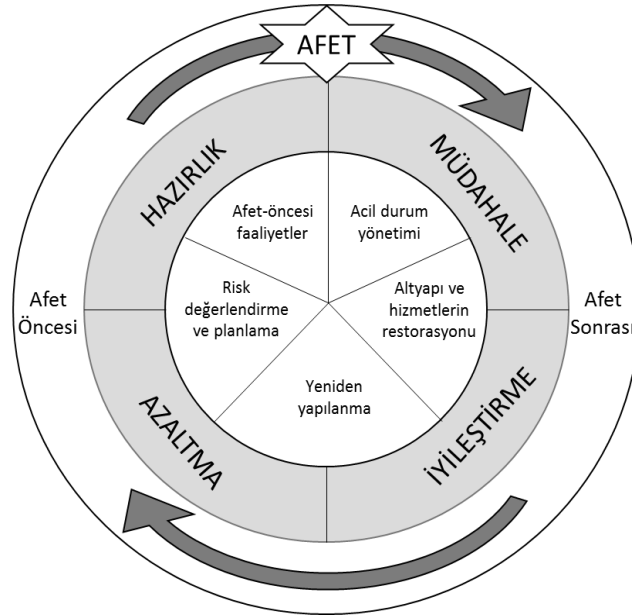
Keywords: Disaster Operations Management, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Humanitarian Relief Logistics

1. GİRİŞ

Bir İnsansız Hava Sistemi (İHS); insansız hava aracı, araç fırlatma (bazı durumlarda), kontrol istasyonu (karasal, deniz veya hava) ve sensör yükünü içeren alt sistemlerden oluşmaktadır (Gertler, 2012). Birçok diğer uzaktan algılama sistemi gibi İHS'lerin yetenekleri, başlangıçta silah platformları geliştirmek, taktik ve stratejik uygulamalar için veri toplamak gibi farklı amaçlarla askeri kuruluşlar tarafından araştırılmıştır (Shahbazi vd., 2014). Uzaktan algılama uygulamalarının çoğunda güncellenmiş verilere; sıklıkla, hızlı ve/veya anında erişilmesi zorunludur. Bununla birlikte bazı uygulamaların doğası gereği güvenlik, erişilebilirlik ve esneklik kriterleri dikkate alınarak insansız araçların kullanımı gerekmektedir (Watts vd., 2012; Austin, 2010). İnsansız hava araçları da güvenli, hafif, esnek ve otomatikleştirilmiş platformlar olduğundan bu tür uygulamalar için tercih edilmektedirler.

İnsansız Hava Aracı (İHA); içinde insan olmayan, otonom, yarı-otonom, uzaktan komutayla veya bu özelliklerin bir kombinasyonuyla çalışabilen, çeşitli yük türlerini taşıyabilen kendi kendine hareket yeteneğine sahip bir araçtır. Uzun zamandan beri askeri kullanım alanıyla sınırlı olan İHA'lar; günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak sivil alanda da yoğunlukla kullanılmaktadırlar. İHA'lar; jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, uluslararası sınır devriyesi, keşif ve gözetleme, arama-kurtarma, bilimsel araştırmalar gibi birçok farklı kullanım amacına hizmet etmektedirler. Bunlara ek olarak, İHA'ların birçoğu otonom olarak hareket edebildiği için zor erişilebilir alanlara erişebilmekte ve insanlar için güvensiz veya imkansız olan veri toplama görevlerini yerine getirebilmektedirler. Dolayısıyla, İHA'lar; çok büyük maddi kayıplara, insanların hayatını kaybetmesine ve ciddi çevresel zararlara neden olan afetlerin, olası etkilerini azaltmak amacıyla yapılan çalışmaları içeren afet operasyonları yönetimi alanında da kullanılmakta olup; yapılan çalışmada da bu alandaki kullanımlarına odaklanılmıştır.

Bir afet veya acil durum operasyonunda, müdahale edenlerin ve yöneticilerin öncelikleri; hayatı, mülkiyeti ve çevreyi koruma ve mümkün olan kısa sürede iyileştirmeyi sağlamaktır. Afetlerin fiziksel kapsamı, bazı durumlarda insanların zamanında tepki vermesini zorlaştırmaktadır. Bir afetın meydana gelme olasılığını tahmin etmek, meydana gelen bir afete etkin bir şekilde müdahale etmek, hasarı hızlı bir şekilde değerlendirmek, afet-sonrası meydana gelen durumu düzeltmek ve eski durumuna geri getirmek vb. için çalışmalar yapılmaktadır. Bununla birlikte, afetlerin öngörülmesi, önlenmesi ve etkin bir şekilde tepki verme sistemlerinin geliştirilmesi için önemli araştırmalar ve geliştirme çabaları sarf edilmektedir. Özellikle afet-sonrası mevcut durumun görüntülerini ve/veya videolarını kolayca alabilme ve afet bölgelerine hızlı ulaşabilme imkanı nedeniyle, en verimli ve en hızlı durumsal farkındalık, havadan değerlendirme yoluyla elde edilebilmektedir (Erdelj vd., 2017). Bu doğrultuda, İHA'ların esneklik, güvenlik ve kullanım kolaylığı gibi avantajlarının bulunması afet operasyonları yönetiminde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca İHA'lar, insanlı uçuş sistemleri kadar maliyetli olmadığından, müdahale ekiplerine önemli bir katkı sağlamaktadırlar. Bu nedenle, afetin olası etkilerinin azaltılması amacıyla, afet-öncesi ve afet-sonrası operasyonlarda, İHA'ların kullanımına yönelik çalışmalara olan ilgi her geçen gün artış göstermektedir. İHA'ların afet operasyonları yönetimindeki uygulama alanlarına; olası afet alanlarını izleme, doğal ve insan kaynaklı afetlerdeki hasar tespiti, arama-kurtarma operasyonları, afet yönetimi operasyonları için gerçek-zamanlı desteğin sağlanması, insani lojistik operasyonları (ilaç, gıda vb.) gibi örnekler verilebilir.



Şekil 1: Afet Operasyonları Yönetimi Çevrimi (Erdelj vd., 2017)

Afet operasyonları yönetimi, literatürde yapılan en genel sınıflandırmaya göre azaltma (mitigation), hazırlık (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Galindo ve Batta, 2013). Afet-öncesi yapılan faaliyetler arasında azaltma ve hazırlık aşamaları yer alırken; afet-sonrasında yapılan faaliyetler, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 1'de, bu dört aşama arasındaki geçişler gösterilmektedir. Bahsedilen aşamaların tanımları ile İHA'ların bu aşamalarındaki kullanım alanlarına yönelik bazı örnekler aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Azaltma: Afet meydana gelmeden önce, olası can ve mal kayıplarına karşı korunma ve afet riskini ve etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan çalışmaları kapsamaktadır. Örneğin; kara hareketleri, kaymalar ve çöküntülerin

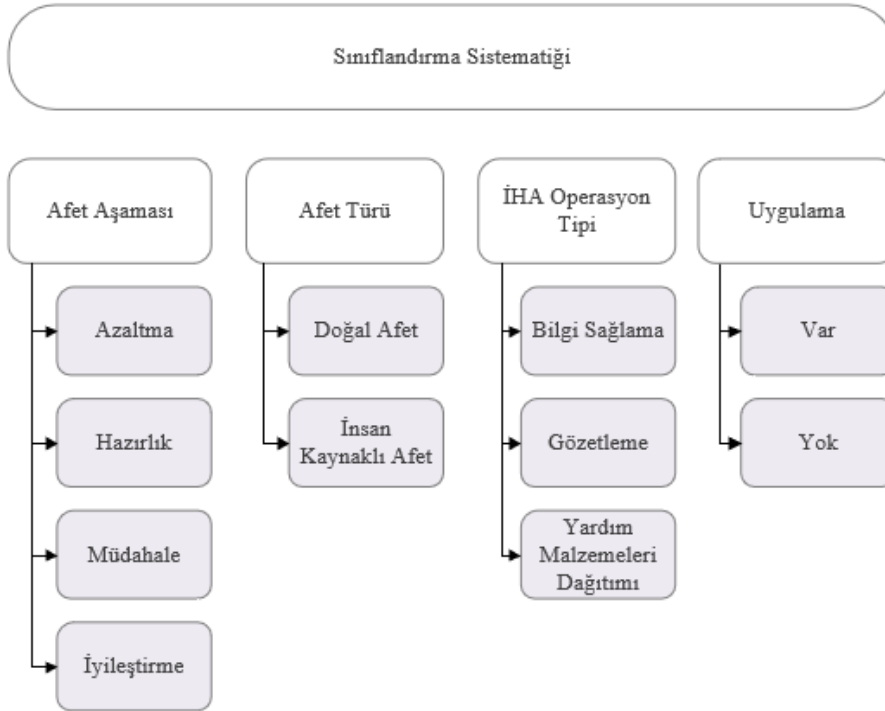
izlenmesi, ulaşım yollarının durumunun belirlenmesi, afet-öncesi durumların haritalandırılması, sellerin önlenmesi için kar erimesinin ve fırtına akışının izlenmesi vb. azaltma faaliyetleri arasında gösterilebilir.

- Hazırlık: Afet-sırasında veya sonrasında yapılacak olan müdahale ve tahliye işlemlerinin, afet-öncesinde planlanması ve eksikliklerinin giderilmesi için gereken çalışmaların yapıldığı aşama olarak tanımlanmaktadır. Tehlike alanlarının, tahliye rotalarının ve güvenli bölgelerin belirlenmesi, taktiksel ve stratejik müdahaleler için ön hazırlık yapılması, tehlike alanlarının tespit edilip sorumlulara erken uyarının yapılması hazırlık faaliyetlerine örnek olarak verilebilir.
- Müdahale: Afet-sonrası, afetten etkilenen kişilere arama-kurtarma ve müdahale hizmeti verebilmek için gereken faaliyetleri kapsamaktadır. Erişilemeyen, tehlikeli veya riskli alanlarının hasarının araştırılması, yolların ve kritik altyapının durumunun belirlenmesi, kişilerin, araçların ve kaynakların hareketlerinin izlenmesi ve güvenliğinin sağlanması, arama-kurtarma operasyonlarının desteklenmesi gibi çalışmalar bu aşamaya dahil edilebilir.
- İyileştirme: Afet-sonrası kişilerin normal hayatlarına geri dönebilmelerini sağlamak amacıyla gerçekleştirilen rehabilitasyon sürecidir. Hasar gören alanların ve yapıların incelenmesi, iletişimin desteklenmesi veya iyileştirilmesi, hava koşullarının izlenmesi, kamu hizmetlerinin incelenmesi, iyileştirme operasyonları ve etkinliğinin izlenmesi vb. iyileştirme faaliyetlerindedir.

Bu çalışmada, İHA'ların afet operasyonları yönetiminde mevcut kullanım alanlarının belirlenmesi amaçlanarak, sistematik bir literatür taraması sunulmaktadır. Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalar çeşitli başlıklar altında sınıflandırılmış ve çalışmalarda öne çıkan konular belirlenmiştir. Ayrıca, mevcut literatürde İHA'ların afet operasyonları yönetimi alanında yapılan çalışmaların temel özelliklerinin analiz edilmesi ve gelecekteki araştırmalara kolaylık sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: ikinci bölümde literatür taramasında kullanılan araştırma yöntemi açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde bulgular ve tartışmaya yer verilirken; dördüncü bölümde genel sonuç ve öneriler yer almaktadır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Yapılan çalışmada, İHA'ların afet operasyonları yönetiminde kullanım alanlarının belirlenmesi için bir literatür taraması sunulmaktadır. Literatür taraması yapılırken Google Scholar veritabanı kullanılmış olup, makale metninde geçen "Humanitarian Logistics (İnsani Lojistik)", "Unmanned Air Vehicle (İnsansız Hava Aracı)", "Unmanned Vehicle System (İnsansız Araç Sistemi)", "Drone (Dron)", "Disaster Management (Afet Yönetimi)", "Disaster Management Applications (Afet Yönetimi Uygulamaları)", "Networked UAVs (İHA Ağı)", "Disaster Detection (Afet Tespiti)" anahtar kelimeleri ve bunların kombinasyonları dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, 2005-2017 yılları arasında yapılan 56 adet çalışma incelenmiştir.

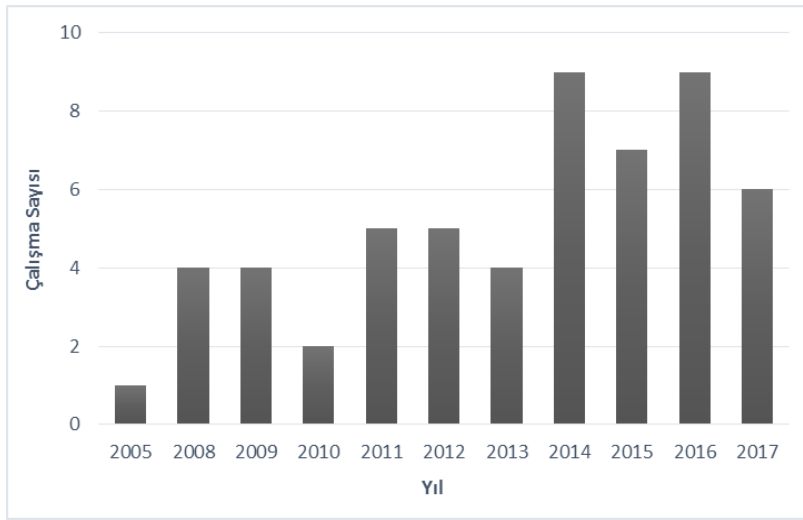


Şekil 2: Sınıflandırma Sistematığı

Literatür taraması sonucu incelenen çalışmalar; “Afet Türü”, “Afet Aşaması”, “İHA Operasyon Tipi” ve “Uygulama” başlıkları altında sınıflandırılmış olup, sınıflandırma sistematığı Şekil 2’de verilmiştir. Yapılan sınıflandırmada, doğal ve insan kaynaklı afetler, afet türü başlığı altında yer almaktayken; azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme faaliyetleri afet aşaması başlığı altında yer almaktadır. Ayrıca, dikkate alınan çalışmalarda örnek uygulamanın olup olmaması ise uygulama başlığı altında incelenmiştir. Bununla birlikte, İHA operasyon tipi başlığı altında, İHA’ların gerçekleştirdiği bilgi sağlama, gözetleme ve yardım malzemeleri dağıtım operasyonları dikkate alınarak, incelenen çalışmalar sınıflandırılmıştır. Burada, İHA’ların sensörler aracılığıyla gerçekleştirdiği radyasyon ve gaz algılama, uzaktan algılama, radyasyon yoğunluğunun ölçülmesi, İHA’lara yönelik iletişim sisteminin kurulması gibi faaliyetler bilgi sağlama; video ve görüntü elde etme, görüntü işleme, haritalama gibi faaliyetler ise gözetleme alt başlığı altında toplanmıştır. Yardım malzemeleri dağıtım alt başlığı ise afet-sonrasında afetzedelere yardım malzemelerinin taşınması ve dağıtım operasyonları ile ilgili olan çalışmaları içermektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatür taraması kapsamında 2005-2017 yılları arasında yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Yıllara göre yapılan çalışma sayısını gösteren grafik Şekil 3’te verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi konuyla ilgili çalışma sayısı son yıllara doğru artan bir eğilim göstermektedir.



Şekil 3: Yıllara göre Yapılan Çalışma Sayısı

Çalışmalar incelendiğinde genel olarak kullanılan anahtar kelimelerin; “Unmanned Aerial Vehicles (İnsansız Hava Araçları)”, “Photogrammetry (Fotogrametri)”, “Disaster Management (Afet Yönetimi)”, “Drones (Dronlar)”, “Remote Sensing (Uzaktan Algılama)”, “Disaster Monitoring (Afet İzleme)”, “Earthquake (Deprem)” ve “Emergency Response (Acil Müdahale)” olduğu görülmektedir.

Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmaların çoğunluğunun çeşitli konferanslarda sunulmuş olduğu geri kalanların da farklı dergilerde yayınlanmış olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar yayınlanma sıklığı açısından değerlendirildiğinde öne çıkan konferansların genellikle IEEE tarafından düzenlenmiş olan çeşitli konferanslar olduğu; dergilerin ise “The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences”, “Journal of Field Robotics” dergileri olduğu gözlenmiştir.

Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalar, Tablo 1’de görüldüğü gibi dört farklı başlık altında sınıflandırılmıştır. Burada, afet türü başlığı altında, afetin doğal veya insan kaynaklı olmasıyla ilgili herhangi bir ayrımın yapılmadığı çalışmalar, “Doğal, İnsan kaynaklı” afet olarak belirtilmiştir. Çalışmalarda yaygın olarak deprem, yangın, kasırga gibi afetlerin ele alındığı görülmektedir. Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalar, afet aşaması başlığı altında sınıflandırıldığında ise çalışmaların çoğunda müdahale ve/veya iyileştirme faaliyetleri ön plana çıkmaktadır. Bu da yapılan çalışmalarda, İHA’ların kullanımına genellikle afet-sonrası operasyonlar için odaklanıldığını göstermektedir. Afet-öncesi uygulamaları konu edinen çalışmalarda ise daha çok riskli yapıların ortaya çıkarılması, afet-öncesi durumların haritalandırılması gibi faaliyetler ön plana çıkmaktadır.

İHA operasyon tipine göre yapılan sınıflandırma (gözetleme, bilgi sağlama, yardım malzemeleri dağıtım) sonucuna göre ise İHA’ların genellikle gözetleme ve bilgi sağlama operasyonlarının her ikisinde de kullanıldığı görülmektedir. Gözetleme operasyonları, İHA’ların havadan fotoğraflar veya videolar elde ederek, afet-öncesi veya afet-sonrasında haritalamaların yapılması, görüntü toplama işlemleri gibi görevleri içermektedir. İHA’ların gözetleme amacıyla

kullanıldığı çalışmalar, daha yoğun olarak müdahale aşamasında yer almaktadır. Bilgi sağlama amacıyla yapılan operasyonlar ise İHA'ların sensörler aracılığıyla etkilenen bölgeden bilgi sağlanması görevini içermektedir. Bununla birlikte, yardım malzemeleri dağıtım operasyonları ile ilgili çalışmalar nispeten daha az da olsa afet-sonrasında bu amaçla kullanılan İHA uygulama örnekleri de bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda, İHA'lar efektif bir şekilde gözetleme, bilgi sağlama ve yardım malzemelerinin dağıtım operasyonlarının hepsinde görev almaktadır.

Afet türü, afet aşaması ve İHA operasyon tipine ek olarak, incelenen çalışmalar örnek uygulama içerip içermemesine göre de sınıflandırılmış olup, çalışmaların çoğunun örnek uygulama içerdiği Tablo 1'de görülmektedir. Yapılan sınıflandırma sonucunda, örnek uygulama içeren çalışmalarda daha çok deprem, yangın gibi geçmişte yaşanan ve çok sayıda kişinin etkilenmesine neden olan afetler dikkate alınmıştır.

Tablo 1: Çalışmaların sınıflandırılması

Yazar	Afet Türü	Afet Aşaması	İHA Operasyon Tipi	Uygulama
Merino vd. (2005)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Var
Bendea vd. (2008)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Var
Murphy vd. (2008)	Doğal	İyileştirme	Gözetleme	Var
Suzuki vd. (2008)	Doğal	Müdahale	Gözetleme, Bilgi Sağlama	Yok
Quaritsch vd. (2008)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Daniel vd. (2009)	İnsan kaynaklı	Müdahale	Bilgi Sağlama	Yok
Marenchino (2009)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Yok
Tatham (2009)	Doğal	Müdahale	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Zeng vd. (2009)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Chou vd. (2010)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Var
Quaritsch vd. (2010)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Choi ve Lee (2011)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme ve Bilgi Sağlama	Var
Li vd. (2011)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Maza vd. (2011)	İnsan kaynaklı	Azaltma, Hazırlık	Gözetleme	Yok
Naidoo vd. (2011)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Yok
Quaritsch vd. (2011)	İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Var
Delle vd. (2012)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Mersheeva ve Friedrich (2012)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Yok
Neto vd. (2012)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Towler vd. (2012)	İnsan kaynaklı	Müdahale	Bilgi Sağlama	Var
Tuna vd. (2012)	Doğal, İnsan kaynaklı	İyileştirme	Gözetleme	Yok
Baiocchi vd. (2013)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Baiocchi vd. (2013)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Remy vd. (2013)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Schweig (2013)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Bilgi Sağlama	Var
Adams vd. (2014)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Aicardi vd. (2014)	Doğal, İnsan kaynaklı	İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Camara (2014)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Ezequiel vd. (2014)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Kochersberger vd. (2014)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Yok
Li vd. (2014)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Yok
Mukherjee vd. (2014)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Tuna vd. (2014)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Bilgi Sağlama	Var
Xu vd. (2014)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Var
Boccardo vd. (2015)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Bupe vd. (2015)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Bilgi Sağlama	Yok
Chen vd. (2015)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Bilgi Sağlama	Var
Luo vd. (2015)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Yok
Nugroho vd. (2015)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme, Bilgi sağlama	Var
Meyer vd. (2015)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
Saha vd. (2015)	Doğal	İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama, Yardım malzemeleri dağıtımı	Var

Tablo 1: Çalışmaların sınıflandırılması (devam)

Yazar	Afet Türü	Afet Aşaması	İHA Operasyon Tipi	Uygulama
Alex ve Vijaychandra (2016)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama, Yardım malzemeleri dağıtımı	Yok
Fikar vd. (2016)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Yardım malzemeleri dağıtımı	Var
Longo vd. (2016)	Doğal, İnsan kaynaklı	İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Kobayashi vd. (2016)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Var
Nedjati vd. (2016)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Yok
Nedjati vd. (2016)	Doğal	Müdahale	Yardım malzemeleri dağıtımı	Var
Recchiuto ve Sgorbissa (2016)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Yok
Spranger vd. (2016)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme, Bilgi sağlama	Yok
Qi vd. (2016)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var
de Oliveira Silva vd. (2017)	Doğal	Hazırlık, Müdahale	Yardım malzemeleri dağıtımı	Var
Hein vd. (2017)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Gözetleme	Var
Kakooei ve Baleghi (2017)	Doğal	Müdahale, İyileştirme	Gözetleme	Var
Lee vd. (2017)	Doğal, İnsan kaynaklı	Azaltma, Hazırlık	Gözetleme	Yok
Scott ve Scott (2017)	Doğal, İnsan kaynaklı	Müdahale	Yardım malzemeleri dağıtımı	Yok
Yim vd. (2017)	Doğal	Müdahale	Gözetleme	Var

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Afetler, insanların hayatını kaybetmesine, çok büyük maddi kayıplara ve ciddi çevresel zararlara neden olduğundan, afetlerin olası etkilerini azaltabilmek için gerçekleştirilen faaliyetler önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, afet-öncesi ve afet-sonrası faaliyetleri içeren afet operasyonları yönetimine olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Afetlerin olası etkilerinin, afet-öncesinde önlenmesi ve azaltılması; afet-sonrasında ise müdahale ve iyileştirme operasyonlarının daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla, son yıllarda İHA'ların afet operasyonları yönetimindeki kullanım alanlarına odaklanılmıştır. Bu çalışmada, afet operasyonları yönetiminde İHA'ların kullanımına ilişkin sistematik bir literatür taraması sunulmaktadır. Bu alandaki temel uygulamalar, afetlerin tespit edilmesi, afet sonrasında etkilenen bölgelerin haritalandırılması, afet bölgeleri görüntülerinin toplanması ve toplanan görüntülerin analiz edilmesi, İHA ağlarının koordine edilmesi, toplanan bilgilerin iletiminin hız ve kalitesini artırmak için İHA'ların diğer araçlarla entegre edilmesi üzerine tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında afet türü, afet aşaması, İHA operasyon tipi ve incelenen çalışmanın örnek uygulama içerip içermemesine göre çeşitli sınıflandırmalar yapılarak, konu ile ilgili çalışmaların temel özelliklerinin analiz edilmesi ve gelecekteki araştırmalara kolaylık sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan literatür taramasında, 2005-2017 yılları arasında yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalara olan ilginin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca incelenen çalışmalarda genel olarak doğal ve insan kaynaklı olan her iki afet türü de dikkate alınmıştır. İHA'ların daha çok müdahale ve iyileştirme aşamaları olmak üzere afet-sonrasında kullanıldığı çalışmalar öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, İHA operasyonlarının genel olarak gözetleme ve bilgi sağlama alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca, çalışmaların çoğunda İHA kullanımının örnek bir afet uygulaması üzerinde test edilebilirliğinin araştırıldığı görülmektedir.

Gelecek çalışmalarda, afet operasyonları yönetiminde İHA'ların kullanımına yönelik çalışmaların Yöneylem Araştırması/Yönetim Bilimleri alanında artması beklenmektedir. Örneğin, insani yardım lojistiği alanında İHA'ların kullanımına yönelik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu gözlemlenmiş olup, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmaların sayısının artacağı öngörülmektedir. Buna ek olarak, çoklu-İHA kullanımının dikkate alındığı çalışmalarda, İHA'ların birbirleriyle iletişimini ve koordinasyonunu sağlayacak ağ tasarımlarını ve bu ağların etkin şekilde yönetilmesini sağlayacak matematiksel modeller ve çözüm yaklaşımlarını içeren çalışmaların eksikliği söz konusudur. Ayrıca, İHA'ların afet-öncesi operasyonlarda kullanımının afet-sonrası operasyonlarda kullanımına göre daha az sayıda olduğu görülmekte olup, ilerleyen yıllarda bu sayının artma potansiyelinin bulunduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 115M020 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Adams, S. M., Levitan, M. L., Friedland, C. J. (2014), "High Resolution Imagery Collection for Post-Disaster Studies Utilizing Unmanned Aircraft Systems (UAS)", *Photogrammetric Engineering&Remote Sensing*, 80(12), pp.1161-1168.
- [2] Alex, C., Vijaychandra, A. (2016), "Autonomous Cloud Based Drone System for Disaster Response and Mitigation", *International Conference on Robotics and Automation for Humanitarian Applications (RAHA)*, 18-20 December, Kollam, India, pp.1-4.
- [3] Aicardi, I., Chiabrande, F., Lingua, A. M., Noardo, F., Piras, M. (2014), "Unmanned Aerial Systems for Data Acquisitions in Disaster Management Applications", *Journal of Universities and International Development Cooperation University of Turin*, pp.164-171.
- [4] Austin, R. (2010), "Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment", John Wiley&Sons, 54.
- [5] Baiocchi, V., Dominici, D., Milone, M. V., Mormile, M. (2013), "Development of a Software to Plan UAVs Stereoscopic Flight: An Application on Post Earthquake Scenario in L'Aquila City", *Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications*, pp. 150-165.
- [6] Baiocchi, V., Dominici, D., Mormile, M. (2013), "UAV Application in Post-Seismic Environment". *International Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41(W2), 4-6 September, Rostock, Germany, pp.21-25.
- [7] Bendea, H., Boccardo, P., Dequal, S., Giulio Tonolo, F., Marenchino, D., Piras, M. (2008), "Low Cost UAV for Post-Disaster Assessment", *International Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B8), 3-11 July, Beijing, China, pp.1373-1379.
- [8] Boccardo, P., Chiabrande, F., Dutto, F., Tonolo, F. G., Lingua, A. (2015), "UAV Deployment Exercise for Mapping Purposes: Evaluation of Emergency Response Applications", *Sensors*, 15(7), pp.15717-15737.
- [9] Bupe, P., Haddad, R., Rios-Gutierrez, F. (2015), "Relief and Emergency Communication Network Based on an Autonomous Decentralized UAV Clustering Network". *Southeast Con*, 9-12 April, Florida, USA, pp. 1-8.
- [10] Camara, D. (2014), "Cavalry to the Rescue: Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios", *IEEE Conference on Antenna Measurements&Applications (CAMA)*, 16-19 November, Antibes Juan-les-Pins, France, pp. 1-4.
- [11] Chen, M. C., Chen, C. H., Huang, M. S., Ciou, J. Y., Zhang, G. T. (2015), "Design of Unmanned Vehicle System for Disaster Detection", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11(4).
- [12] Choi, K., Lee, I. (2011), "A UAV-Based Close-Range Rapid Aerial Monitoring System for Emergency Responses". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(C22), 14-16 September, Zurich, Switzerland, pp.247-252.
- [13] Chou, T. Y., Yeh, M. L., Chen, Y. C., Chen, Y. H. (2010), "Disaster Monitoring and Management by the Unmanned Aerial Vehicle Technology". *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Commission VII Symposium*, 38(7A), 5-7 July, Vienna, Austria, pp.137-142.
- [14] Daniel, K., Dusza, B., Lewandowski, A., Wietfeld, C. (2009), "AirShield: A System-of-Systems MUAV Remote Sensing Architecture for Disaster Response", *3rd Annual IEEE Systems Conference*, 23-26 March, Vancouver, Canada, pp.196-200.
- [15] de Oliveira Silva, L., de Mello Bandeira, R. A., Campos, V. B. G. (2017), "The Use of UAV and Geographic Information Systems for Facility Location in a Post-Disaster Scenario", *Transportation Research Procedia*, 27, pp.1137-1145.
- [16] Delle Fave, F. M., Farinelli, A., Rogers, A., Jennings, N. (2012), "A Methodology for Deploying the Max-Sum Algorithm and a Case Study on Unmanned Aerial Vehicles". *Proceedings of the Twenty-Fourth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference*, pp.2275-2280.

- [17] Erdelj, M., Krol, M., Natalizio, E. (2017), "Wireless Sensor Networks and Multi-UAV Systems for Natural Disaster Management". *Computer Networks*, pp.72-86.
- [18] Ezequiel C. A. F., Cua M., Libatique N. C., Tangonan G. L., Alampay R., Labuguen R. T., Favila C. M., Honrado J. L. E., Canos V., Devaney C., Loreto A. B., Bacusmo J., Palma B. (2014), "UAV Aerial Imaging Applications for Post-Disaster Assessment, Environmental Management and Infrastructure Development". *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, May 27-30, Orlando, FL, USA, pp.274-283.
- [19] Fikar, C., Gronalt, M., Hirsch, P. (2016), "A Decision Support System for Coordinated Disaster Relief Distribution", *Expert Systems with Applications*, 57, pp.104-116.
- [20] Galindo, G., Batta, R. (2013), "Review of Recent Developments in OR/MS Research in Disaster Operations Management", *European Journal of Operational Research*, 230(2), pp.201-211.
- [21] Gertler, J. (2012), "US Unmanned Aerial Systems", *Library of Congress Washington DC Congressional Research Service*, Report R42136.
- [22] Hein, D., Bayer, S., Berger, R., Kraft, T., Lesmeister, D. (2017), "An Integrated Rapid Mapping System for Disaster Management", *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(W1), 6-9 June, Hannover, Germany, pp.499-504.
- [23] Kakooei, M., Baleghi, Y. (2017), "Fusion of Satellite, Aircraft, and UAV Data for Automatic Disaster Damage Assessment", *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10), pp.2511-2534.
- [24] Kobayashi, T., Matsuoka, H., Betsumiya, S. (2016), "Flying Communication Server in case of a Largescale Disaster", *IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, 10-14 June, Atlanta, USA, pp.571-576.
- [25] Kochersberger, K., Kroeger, K., Krawiec, B., Brewer, E., Weber, T. (2014), "Post-Disaster Remote Sensing and Sampling via an Autonomous Helicopter", *Journal of Field Robotics*, 31(4), pp.510-521.
- [26] Lee, W., Kim, S., Lee, Y. T., Lee, H. W., Choi, M. (2017), "Deep Neural Networks for Wild Fire Detection with Unmanned Aerial Vehicle", *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 8-11 January, Las Vegas, USA, pp.252-253.
- [27] Li, C. C., Zhang, G. S., Lei, T. J., Gong, A. D. (2011), "Quick Image-Processing Method of UAV without Control Points Data in Earthquake Disaster Area", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21, pp.523-528.
- [28] Li, G. Q., Zhou, X. G., Yin, J., Xiao, Q. Y. (2014), "An UAV Scheduling and Planning Method for Post-Disaster Survey", *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(2), 6-8 October, Toronto, Canada, pp.169-172.
- [29] Longo, F., Bruzzone, A., Padovano, A., Vetrano, M. (2016), "Drones Based Relief on Moon Disaster Simulation", *Proceedings of the Modeling and Simulation of Complexity in Intelligent, Adaptive and Autonomous Systems 2016 (MSCIAAS 2016) and Space Simulation for Planetary Space Exploration (SPACE 2016)*.
- [30] Luo, C., Nightingale, J., Asemota, E., Grecos, C. (2015), "A UAV-Cloud System for Disaster Sensing Applications", *IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 11-14 May, Glasgow, Scotland, pp.1-5.
- [31] Marenchino, D. (2009), "Low-Cost UAV for the Environmental Emergency Management". *Photogrammetric Procedures for Rapid Mapping Activities*.
- [32] Maza, I., Caballero, F., Capitan, J., Martinez-de-Dios, J. R., Ollero, A. (2011), "Experimental Results in Multi-UAV Coordination for Disaster Management and Civil Security Applications", *Journal of Intelligent & Robotic systems*, 61(1), pp.563-585.
- [33] Merino, L., Caballero, F., Martinez-de Dios, J. R., Ollero, A. (2005), "Cooperative Fire Detection Using Unmanned Aerial Vehicles", *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.1884-1889.
- [34] Mersheeva, V., Friedrich, G. (2012), "Routing for Continuous Monitoring by Multiple Micro UAVs in Disaster Scenarios", *Proceedings of the 20th European Conference on Artificial Intelligence*, pp.588-593.
- [35] Meyer, D., Hess, M., Lo, E., Wittich, C. E., Hutchinson, T. C., Kuester, F. (2015), "UAV-Based Post Disaster Assessment of Cultural Heritage Sites Following the 2014 South Napa Earthquake", *Digital Heritage*, 2, pp.421-424.
- [36] Mukherjee, A., Chakraborty, S., Azar, A. T., Bhattacharyay, S. K., Chatterjee, B., Dey, N. (2014), "Unmanned aerial system for post disaster identification", *International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing (I4C)*, 21-22 November, pp.247-252.
- [37] Murphy, R. R., Steimle, E., Griffin, C., Cullins, C., Hall, M., Pratt, K. (2008), "Cooperative Use of Unmanned Sea Surface and Micro Aerial Vehicles at Hurricane Wilma", *Journal of Field Robotics*, 25(3), pp.164-180.

- [38] Naidoo, Y., Stopforth, R., Bright, G. (2011), "Development of an UAV for Search&Rescue Applications", IEEE Africon Conference, 13-15 September, Livingstone, Zambia, pp.1-6.
- [39] Nedjati, A., Izbirak, G., Vizvari, B., Arkat, J. (2016), "Complete Coverage Path Planning for a Multi-UAV Response System in Post-Earthquake Assessment", *Robotics*, 5(4).
- [40] Nedjati, A., Vizvari, B., Izbirak, G. (2016), "Post-Earthquake Response by Small UAV Helicopters", *Natural Hazards*, 80(3), pp.1669-1688.
- [41] Neto, J. M. M., da Paixao, R. A., Rodrigues, L. R. L., Moreira, E. M., dos Santos, J. C. J., Rosa, P. F. F. (2012), "A Surveillance Task for a UAV in a Natural Disaster Scenario", IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 28-31 May, Hangzhou, China, pp.1516-1522.
- [42] Nugroho, G., Taha, Z., Nugraha, T. S., Hadsanggeni, H. (2015), "Development of a Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Disaster Area Monitoring and Mapping", *Mechatronics, Electrical Power & Vehicular Technology*, 6(2), pp.83-88.
- [43] Recchiuto, C. T., Sgorbissa, A. (2016), "The Project PRISMA: Post-Disaster Assessment with UAVs", International Conference on Intelligent Autonomous Systems, 3-7 July, Springer, Cham, pp. 199-211.
- [44] Remy, G., Senouci, S. M., Jan, F., Gourhant, Y. (2013), "SAR Drones: Drones for Advanced Search and Rescue Missions", *Journées Nationales des Communications dans les Transports*, 1, pp.1-3.
- [45] Saha, S., Nandi, S., Paul, P. S., Shah, V. K., Roy, A., Das, S. K. (2015), "Designing Delay Constrained Hybrid Ad Hoc Network Infrastructure for Post-Disaster Communication", *Ad Hoc Networks*, 25, pp.406-429.
- [46] Schweig, A. (2013), "Automated Threat Detection for Disaster Response Teams Using UAV Platforms", Tufts University, Department of Electrical and Computer Engineering, Senior Honors Thesis, Medford, USA, pp.1-7.
- [47] Scott J. E., Sott C., H (2017), "Drone Delivery Models for Healthcare", 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 4-7 January, Hawaii, USA.
- [48] Shahbazi, M., Theau, J., Menard, P. (2014), "Recent Applications of Unmanned Aerial Imagery in Natural Resource Management", *GIScience&Remote Sensing*, 51(4), pp.339-365.
- [49] Spranger, M., Heinke, F., Becker, S., Labudde, D. (2016), "Towards Drone-Assisted Large-Scale Disaster Response and Recovery", The First International Conference on Advances in Computation, Communications and Services, 22-26 May, Valencia, Spain, pp.5-10.
- [50] Suzuki, T., Miyoshi, D., Meguro, J. I., Amano, Y., Hashizume, T., Sato, K., Takiguchi, J. I. (2008), "Real-Time Hazard Map Generation Using Small Unmanned Aerial Vehicle", SICE Annual Conference, 20-22 August, Chofu, Tokyo, Japan, pp.443-446.
- [51] Tatham, P. (2009), "An Investigation into the Suitability of the Use of Unmanned Aerial Vehicle Systems (UAVS) to Support the Initial Needs Assessment Process in Rapid Onset Humanitarian Disasters", *International Journal of Risk Assessment and Management*, 13(1), pp.60-78.
- [52] Towler, J., Krawiec, B., Kochersberger, K. (2012), "Radiation Mapping in Post-Disaster Environments Using an Autonomous Helicopter", *Remote Sensing*, 4(7), pp.1995-2015.
- [53] Tuna, G., Mumcu, T. V., Gulez, K. (2012), "Design Strategies of Unmanned Aerial Vehicle-Aided Communication for Disaster Recovery", 9th International Conference on High Capacity Optical Networks and Enabling Technologies (HONET), 12-14 December, Istanbul, Turkey, pp.115-119.
- [54] Tuna, G., Nefzi, B., Conte, G. (2014), "Unmanned Aerial Vehicle-Aided Communications System for Disaster Recovery", *Journal of Network and Computer Applications*, 41, pp.27-36.
- [55] Yim, J., Bang, J., Kim, S., Jeong, S., Lee, Y. T. (2017), "UAV Planning to Optimize Efficiency of Image Stitching in Disaster Monitoring Using Smart-Eye Platform", International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon), 13-15 February, Busan, Korea, pp.1-4.
- [56] Zeng, T., Yang, W., Wu, H. (2009), "UAV Remote Sensing Image Processing and Classification in Wenchuan Earthquake District", *MIPPR 2009: Remote Sensing and GIS Data Processing and Other Applications*, 7498.
- [57] Qi, J., Song, D., Shang, H., Wang, N., Hua, C., Wu, C., Qi, X. & Han, J. (2016), "Search and Rescue Rotary-Wing UAV and Its Application to the Lushan Ms 7.0 Earthquake", *Journal of Field Robotics*, 33(3), pp.290-321.
- [58] Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Struel, D., Bhattacharya, S., Shah, M., Rinner, B. (2010), "Networked UAVs as Aerial Sensor Network for Disaster Management Applications", *Elektrotechnik&Informationstechnik* 127(3), pp.56-63.

- [59] Quaritsch, M., Kuschnig, R., Hellwagner, H., Rinner, B., Adria, A., Klagenfurt, U. (2011), "Fast Aerial Image Acquisition and Mosaicking for Emergency Response Operations by Collaborative UAVs", Proceedings for the International ISCRAM Conference, pp.1-5.
- [60] Quaritsch, M., Stojanovski, E., Bettstetter, C., Friedrich, G., Hellwagner, H., Rinner, B., Hofbaur, M. & Shah, M. (2008), "Collaborative Microdrones: Applications and Research Challenges", Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems.
- [61] Watts, A. C., Ambrosia, V. G., Hinkley, E. A. (2012), "Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use", Remote Sensing, 4(6), pp.1671-1692.
- [62] Xu Z., Yang J., Peng C., Wu Y., Jiang X., Li R., Zheng Y., Gao Y., Liu S., Tian B. (2014). "Development of an UAS for Post-Earthquake Disaster Surveying and Its Application in Ms.7.0 Lushan Earthquake, Sichuan, China", Computers&Geosciences, 68, pp.22-30.

AFET SONRASI İÇİN ACIL TIP MERKEZLERİNİN YERLEŞİM PLANLAMASI VE ENVANTER YÖNETİMİ: LİTERATÜR ANALİZİ

Mehmet Kürşat Öksüz¹, Şule İtir Satoğlu¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul
mkoksuz@itu.edu.tr, onbaslis@itu.edu.tr

ÖZET

Afetlerin ve küresel krizlerin insanlar üzerindeki yıkıcı etkisi, afet öncesi ve sonrası lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Afet lojistiği; hazırlık, tedarik, ulaşım, yerleşim, dağıtım, izleme ve depolama gibi farklı faaliyetlerden oluşmaktadır. Literatürde afet lojistiği ile ilgili tesis yerleşimi çalışmaları genel olarak üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar; acil tıp merkezi yerleşimi, yardım malzemeleri depo yerleşimi ve sığınak bölgesi yerleşimidir. Envanter yönetimi ise tedarik zincirindeki çeşitli noktalarda ne kadar malzeme talep edileceğinin tahmini, satın alınacak malzeme miktarının, güvenlik stoklarının, sipariş sıklığının belirlenmesi gibi konuları kapsamaktadır. Afet sonrası çalışmalar genellikle yardım malzemesi stoklarının sürekliliğinin sağlanmasına yönelik stok yenileme politikalarını kapsar. Bu iki problem türü için literatürde çok sayıda stokastik ve deterministik model önerilmiştir. Bu çalışmada, afet sonrasında kurulacak olan acil tıp merkezlerinin yerleşim planlaması ve envanter yönetimi problemi için literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Acil tıp merkezlerinin yanı sıra yardım malzemeleri depo yerleşimi ve afet yönetimi kapsamındaki diğer tesis yerleşimi çalışmaları da ele alınmıştır. Bu çalışmalar çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmış ve bazı analizler yapılmıştır. Ayrıca, analiz sonucuna göre literatürdeki mevcut boşluklar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Acil Tıp Merkezi, Envanter Yönetimi, İnsani Yardım Lojistiği, Tesis Yerleşimi

LOCATION PLANNING AND INVENTORY MANAGEMENT OF EMERGENCY MEDICAL CENTERS FOR DISASTER RESPONSE: LITERATURE ANALYSIS

ABSTRACT

The devastating effects of disasters and global crises on people increasingly emphasize the importance of activities related to the improvement and development of logistics activities before and after a disaster. Disaster logistics consist of different activities such as preparation, supply, transportation, location, distribution, tracking and storage. In the literature, facility location studies related to disaster logistics can generally be divided into three categories. These are; emergency medical center location, relief supplies warehouse location and shelter site location problem. Inventory management includes topics such as estimating how much material will be required at various points in the supply chain, the amount of materials to be purchased, safety stocks, and determining the frequency of ordering. Post-disaster studies generally includes stock replacement policies to ensure continuity of relief supplies. A large number of stochastic and deterministic models are proposed in the literature for these two types of problems. In this study, studies in the literature for the location planning and inventory management problem of the emergency medical centers to be established after the disaster were examined. In addition to the emergency medical centers, relief supplies warehouse location and other facility location studies related with the disaster management were also discussed. These studies were classified according to various criteria and some analyzes were made. Besides, present gaps in the literature and future research directions are presented according to the analysis result.

Keywords: Emergency Medical Center, Inventory Management, Humanitarian Logistics, Facility Location.

1. GİRİŞ

Afet, insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşamı ve toplum faaliyetlerini kesintiye uğratan ve yerel imkanlar ile baş edilemeyen her türlü doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay olarak tanımlanabilir. Afetler çoğunlukla doğal olaylar olsa da insan kaynaklı da olabilmektedir. Doğal afetler her yıl milyonlarca insanı etkilemektedir. EM-DAT (Emergency Event Database) uluslararası afet veri tabanına göre, son 20 yılda (1997-2017) dünyada 8223 doğal afet meydana gelmiş ve milyonlarca insanı etkilemiştir. Dünyada her yıl tahminen 500'den fazla doğal afet meydana gelmekte, yaklaşık 70.000 kişinin ölümüne neden olmakta ve 200 milyondan fazla insanı etkilemektedir (Duran vd., 2011). 17 Ağustos 1999 Marmara depremi Richter ölçeğinde 7.6 büyüklüğünde meydana geldi ve yaklaşık 17.000 kişi hayatını kaybetti, 50.000 kişi yaralandı ve 500.000 kişi evsiz kaldı. 1,4 milyona yakın kişi bu depremden etkilendi ve yaklaşık 20 milyar dolar zarar ortaya çıktı (URL1). Bu veriler, doğal afetlerin insan hayatını son derece büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Afetler, büyük miktarda kaynak ihtiyacı doğurmakta (yiyecek, içecek, ilaç, çadır vs.) ve bu ihtiyaçların dağıtımını gerektirmektedir. Bu ihtiyaçların afetten etkilenen insanlara zamanında ulaştırılmasının sağlanması, bu sürecin doğru bir şekilde planlanması, yönetimi ve kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, İnsani Yardım Lojistiği (Afet Yönetimi) faaliyetlerinin etkin ve sistematik bir şekilde gerçekleştirilmesi, afet öncesi veya sonrası meydana gelen zararların en aza indirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

İnsani yardım lojistiği; afetlerden etkilenen kişilerin zararlarını hafifletmek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gerekli gıda, malzeme, bilgi ve hizmetin kaynak noktasından tüketim noktasına kadar verimli ve maliyet etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir. Bu süreç; hazırlık, planlama, tedarik, ulaşım, yerleşim, dağıtım, izleme ve depolama gibi farklı faaliyetlerden oluşmaktadır. Afetlerin ve küresel krizlerin insanlar üzerindeki yıkıcı etkisi, afet öncesi, sırası ve sonrası lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Tüm yardım faaliyetlerinin temel amacı, ihtiyaç sahiplerine yardımı zamanında ve ihtiyacı miktarı kadar ulaştırmaktır. Geleneksel Tedarik Zinciri'nde olduğu gibi İnsani Yardım Tedarik Zinciri de; afetzedeye doğru ürünü, doğru kalitede, doğru zamanda ve doğru yerde ulaştırmayı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Tedarik, depolama, envanter yönetimi, ulaştırma ve dağıtım fonksiyonlarını içeren İnsani Yardım Lojistiği, afet yönetiminin en önemli unsurudur. Son yıllarda, İnsani Yardım Lojistiğinin etkili bir şekilde yönetiminin önemi kavranmış, ulusal ve uluslararası yardım kuruluşlarının ve yerel yönetimlerin bu konuya ilgisi artmıştır. Son 10 yılda, bu konudaki akademik çalışmaların sayısı da hızla artış göstermektedir. Hem dünyada hem de ülkemizde meydana gelen afetlerin insanlara verdiği zararın boyutu ve etkisi düşünüldüğünde, İnsani Yardım Lojistiği alanında yapılacak çalışmaların ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Son yıllarda, 2004 yılında Hint Okyanusunda meydana gelen tsunami felaketi ve 2010 yılındaki Haiti depremi insani yardım lojistiği faaliyetlerinin karmaşıklığını ve zorluğunu göstermiştir. Bu felaketlerde yüz binlerce kişi hayatını kaybetti, milyonlarca kişi evsiz kaldı. Haiti depreminde, yardım malzemeleri depremden 2 gün sonra ülkeye ulaşmaya başladı (URL2). Bu ve buna benzer trajik olaylar, akademisyenleri ve insani yardım lojistiği uygulayıcılarını afetlerin etkisini azaltmak için yardım faaliyetlerini geliştirmeye yöneltmiştir.

İnsani yardım lojistiği ilgili akademik literatür üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; tesis yerleşimi, envanter yönetimi ve ağ tasarımı/akış problemleridir. Tesis yerleşimi ile ilgili çalışmalar, operasyonların konumsal yönlerine odaklanır ve tesis yerinin, insani yardım lojistiği kapsamındaki maliyet, hizmet ve müdahale süresi gibi unsurlar üzerindeki etkilerini araştırır. Genel olarak iki temel varsayım bulunmaktadır (Duran vd., 2011):

1. Her afete bir depodan müdahale gerekir (en yakın depodan).
2. Depolar talebi karşılamak için her zaman yeterli envantere sahiptir.

Literatürdeki afet lojistiği ile ilgili tesis yerleşimi çalışmaları üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar; yardım malzemeleri depo yerleşimi, acil tıp merkezi yerleşimi ve sığınak bölgesi yerleşimidir. Bu üç tesis türünün farklı kullanımları olmasına rağmen, bu problemlerin ulaşılan toplam kişi sayısını maksimize etmek, tesisler ile afetten etkilenenler arasındaki mesafeyi minimize etmek ve en uygun tesis yerinin seçilmesini sağlamak gibi benzer amaçları vardır (Kılıcı vd., 2015).

Envanter yönetimi çalışmaları, bir tedarik zinciri boyunca çeşitli düğümlerde gerekli olan malzeme miktarlarını tahmin etme, malzemeleri satın alma, sipariş frekansı ve emniyet stok seviyelerinin sürdürülmesi üzerine odaklanmaktadır. Tesis yerleşimi ve ikmal ile ilgili kararlar göz önüne alındığında, bir sonraki adım, ağ akışı olarak modellenen malzemelerin veya yaralıların taşınması problemdir.

Bu çalışmada, afet sonrasında kurulacak olan acil tıp merkezlerinin yerleşim planlaması ve envanter yönetimi problemi için literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Acil tıp merkezlerinin yanı sıra yardım malzemeleri depo yerleşimi ve afet yönetimi kapsamındaki diğer tesis yerleşimi çalışmaları da ele alınmıştır.

Bu çalışmalar çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmış ve bazı analizler yapılmıştır. Ayrıca, analiz sonucuna göre literatürdeki mevcut boşluklar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar sunulmuştur.

2. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Web of Science ve Google Scholar veritabanlarında bazı anahtar kelimeler kullanılarak ilgili çalışmalar derlenmiş ve incelenmiştir. Kullanılan anahtar kelimeler şunlardır:

- Humanitarian Logistics,
- Disaster Management,
- Disaster Logistics,
- Emergency Logistics,
- Facility Location,
- Inventory Management.

Ayrıca, bazı çalışmalarda KAYNAKLAR da incelenmiş ve veritabanlarından elde edilemeyen önemli görülen çalışmalar da literatür araştırmasına eklenmiştir. Daha sonra, bu çalışmada odaklanılan Tesis Yerleşimi ve Envanter Yönetimi problemini ele alan çalışmalar belirlenmiş ve toplam 40 makale incelenmiştir. İncelenen makaleler tesis yerleşimi, envanter yönetimi ve bu iki problemi birlikte ele alan çalışmalar olmak üzere üç ana başlıkta ele alınmıştır. Her bir problem türünde yapılan çalışmalar ortak ve farklı yönleriyle birlikte ele alınmıştır. Problemlerde kullanılan amaç fonksiyonları, kısıtlar ve varsayımlar belirtilmiştir. Makaleler, kullanılan yöntem, ele alınan afet türü ve belirsizlik (stokastik/deterministik) gibi faktörlere göre sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir.

3. TESİS YERLEŞİMİ PROBLEMİ

Karar düzeyi bakımından tesis yerleşimi çalışmaları stratejik; envanter yönetimi çalışmaları taktik; ağ akışı tasarımı ve rotalama çalışmaları ise operasyonel seviyedeki kararları kapsamaktadır. Tesis yerleşimi çalışmaları, tesisin konumunu belirlerken taşıma maliyetleri, talebe yanıt verme süresi, karşılanan talep oranı gibi amaçları dikkate alır.

Tesis yerleşimi problemleri, insani yardım lojistiği kapsamında üç grupta toplanabilir:

- 1) İnsani yardım malzeme deposu için tesis yeri belirleme
- 2) Acil tıp merkezi yeri belirleme
- 3) Geçici sığınma yeri belirleme

Literatürde tesis yerleşimi probleminin diğer problem türlerine kıyasla daha fazla çalışıldığı görülmüştür. Geçmiş çalışmalarda bu problem türü, stokastik veya deterministik olarak ele alınmıştır. Deterministik tesis yerleşimi çalışmalarında p-medyan, p-merkez, küme kapsama modelleri çözülerek tesislerin sayısına ve konumuna karar verilmektedir (Jia vd., 2007; Ablanedo-Rosas vd., 2009; Lu vd., 2009; Görmez vd., 2011; Kılıcı vd., 2015). Ayrıca toplam tesis kurulum, elde bulundurma-bulundurmama ve taşıma maliyetlerinin minimizasyonu da bazı deterministik çalışmalarda amaçlanmıştır (Barbarosoğlu ve Arda, 2004; Campell ve Jones, 2011; Hu vd., 2017).

Stokastik tesis yerleşimi çalışmalarında, talep ve talebe yanıt verme süreleri ile yolların, tesislerin ve tesislerde tutulan malzemelerin zarar görme durumu belirsizlik içermektedir. Bu ve benzeri belirsizlikler nedeniyle karşılanan talebin beklenen değerinin maksimizasyonu (Balçık ve Beamon, 2008; Lu vd., 2009; Salman ve Yücel, 2015), beklenen toplam taşıma mesafesinin minimizasyonu (Chang vd., 2007), talebe ortalama yanıt verme süresinin en küçüklenmesi (Duran vd., 2011; Toro-Díaz vd., 2013) ve talebi karşılama oranının (İng: coverage) beklenen değerinin maksimizasyonu (Toro-Díaz vd., 2013) tesislerin yerleşimine karar verilirken amaçlanmıştır. Ayrıca, acil yardımın adil biçimde tüm talep noktalarına ulaştırılması da bazı çalışmalarda dikkate alınmıştır. Diğer bir deyişle, talep noktaları ile tesisler arasındaki maksimum mesafenin minimizasyonu (Jia vd., 2007; Huang vd., 2010), herhangi bir talep noktasına maksimum yanıt verme süresinin minimizasyonu (Lu, 2013) gibi amaç fonksiyonları adilliği (eşitlik) sağlamak için kullanılmıştır.

Tesis yerleşimi çalışmalarında sıklıkla tesis olarak acil yardım malzemelerinin tutulduğu ve ihtiyaç halinde dağıtıldığı depolar dikkate alınmıştır. Görece daha az sayıda geçmiş çalışmada ise acil tıp merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Aydın (2016), İstanbul'da meydana gelmesi beklenen depremde, acil tıp merkezlerinin ve kurulacak geçici tıp merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi için iki aşamalı stokastik p-medyan modelinin çözümünü

önermiştir. Modelde mevcut hastanelerin zarar görme olasılığı da dikkate alınmıştır. Zeytinburnu ilçesi verileri için önerilen modelin deterministik eşdeğeri CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Ahmadi-Javid vd. (2016), tıp merkezlerinin yerleşimine ilişkin literatür taramasında, belirsizliği dikkate alan çok aşamalı stokastik programlama, stokastik dinamik programlama ve robust optimizasyon çalışmalarının çok az sayıda olduğunu ifade etmiştir. Jia vd. (2007) ise büyük çaplı afet olaylarında tıp merkezlerinin yerlerinin belirlenmesinde mevcut p-medyan modelinin, talebin belirsizliğini, tesisin zarar görme olasılığını ve dolayısıyla kapasitesindeki dalgalanmaları dikkate alınarak modellenmesine dair önerilerde bulunmuştur. Çeşitli afet türleri dikkate alınarak Seattle şehri için ilgili model çözülmüştür.

İnsani yardım lojistiği kapsamında yapılan tesis yerleşimi çalışmaları Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Tesis Yerleşimi Problemi çalışmaları

Yazar	Yıl	Yöntem	Afet türü	Rassallık
Gunnec ve Salman	2007	İki aşamalı stokastik programlama, Hedef programlama modeli	Deprem	Stokastik
Jia vd.	2007	Küme kapsama, P-medyan ve P-merkez modeli	Terörist saldırısı	Deterministik
Chang vd.	2007	İki aşamalı stokastik programlama, Örnek ortalama yaklaşımı	Sel	Stokastik
Ablanedo-Rosas vd.	2009	Küme kapsama modeli	Deprem	Deterministik
Lu vd.	2009	Maksimum kapsama modeli, Karınca kolonisi optimizasyonu	Genel	Deterministik
Huang vd.	2010	P-merkez modeli, Sezgisel algoritma	Genel	Stokastik
Görmez vd.	2011	Tamsayılı programlama	Deprem	Deterministik
Döyen vd.	2012	İki aşamalı stokastik programlama, Lagrange gevşetmesi temelli sezgisel algoritma	Deprem	Stokastik
Galindo ve Batta	2013	Stokastik programlama, Toplama sezgiseli	Kasırga	Stokastik
Toro-Díaz vd.	2013	Doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama modeli, Genetik Algoritma	Genel	Stokastik
Lu	2013	P-merkez modeli, Tavlama Benzetimi	Deprem	Stokastik
Salman ve Gül	2014	Çok periyotlu matematiksel model	Deprem	Deterministik
Kılıcı vd.	2015	Karma tamsayılı programlama, Duyarlılık analizi	Deprem	Deterministik
Salman ve Yücel	2015	Stokastik programlama, Tabu arama	Deprem	Stokastik
Aydın	2016	İki aşamalı stokastik programlama	Deprem	Stokastik

4. ENVANTER YÖNETİMİ PROBLEMİ

Envanter yönetimi çalışmaları, tedarik zincirindeki çeşitli noktalarda ne kadar malzeme talep edileceğinin tahmini, satın alınacak malzeme miktarının, güvenlik stoklarının, sipariş sıklığının belirlenmesi gibi konuları kapsamaktadır (Balçık vd., 2016). Afet öncesi envanter yönetimi çalışmaları, stokun tutulacağı noktaların ve miktarlarının belirlenmesi gibi uzun dönemli konum belirleme kararlarını içerir. Diğer bir deyişle, yardım malzemelerinin stratejik noktalarda afet öncesinde tutulmasını sağlayarak afet sonrası hızlı yanıt verebilmeyi sağlamaya yönelik çalışmaları kapsar. Afet sonrası veya afet uyarısı sonrası envanter yönetimi çalışmalarında ise kısa dönemli stok noktaları belirlenir ve sipariş verme kararları verilir (Balçık vd., 2016). Afet sonrası çalışmalar genellikle yardım malzemesi stoklarının sürekliliğinin sağlanmasına yönelik stok yenileme politikalarını kapsar. Bu çalışmalarda malzemelerin, dış tedarikçi tarafından tek bir depoya beslendiği durumlar ya da bir insani yardım organizasyonunun merkezi deposundan farklı geçici barınma noktalarına dağıtıldığı durumlar incelenmektedir.

Balçık vd. (2016) tarafından insani yardım lojistiğinde envanter yönetimine ilişkin bir literatür taraması çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaya göre afet öncesi envanter yönetiminde, malzemelerin uzun dönemli olarak nerede ve ne kadar stoklanacağına karar verilmesi sayesinde afet gerçekleşikten sonra oluşacak talebe daha hızlı yanıt vermek

hedeflenmektedir. Bazı afet öncesi çalışmalarda eldeki stokun bozulması (Rawls ve Turnquist, 2010) veya tesislerin zarar görmesi de (Paul ve MacDonald, 2016) dikkate alınmaktadır.

Afet öncesi envanter yönetimi çalışmalarında, oluşacak talep miktarı afet henüz meydana gelmediği için belirsizdir. Sadece geçmiş verilere dayanılarak kestirim yapılır. Afet sonrasında ise oluşan ihtiyaç hakkında daha fazla bilgi elde edilebilir.

Afet öncesi envanter yönetimi çalışmalarında, stokastik programlama ve iki aşamalı stokastik programlama sıklıkla kullanılmıştır. Çok az sayıda çalışma problemi deterministik olarak ele almıştır (Manopiniwes vd., 2014; Renkli ve Duran, 2015). Stokastik modellerde, amaç fonksiyonları toplam elde bulundurma, sipariş, taşıma maliyetlerinin beklenen değerinin minimizasyonu, ortalama talebi karşılama süresinin beklenen değerinin minimizasyonu (Duran vd., 2011; Chakravarty, 2014), yaralılara müdahale süresinde eşitliğin (adaletin) sağlanması (Tofighi ve Torabi, 2016), verimliliğin maksimizasyonu (Rennemo vd., 2014), toplam karşılanan talebin (Balçık ve Beamon, 2008) ya da beklenen toplam talep karşılama oranının maksimizasyonu (Mohammadi vd., 2016) şeklinde olabilir. Maliyetin beklenen değerinin minimizasyonu çok sık kullanılmıştır. Robust optimizasyon yapan çok amaçlı bir çalışmada ise toplam maliyetin değişkenliği, maksimum elde bulundurulmayan stokun ve toplam maliyetin beklenen değerinin minimizasyonu amaçlanmıştır (Bozorgi-Amiri vd., 2013). Sınırlı sayıda çalışmada ise farklı talep noktalarının ihtiyacının karşılanma oranlarında eşitlik amaçlanmıştır (Hong vd., 2015; Mohammadi vd., 2016).

Envanter yönetimi çalışmalarında bazı özel kısıt tanımlamaları da yapılmıştır. Örneğin talebin karşılanma olasılığının belli bir olasılık değerinden yüksek olması kısıtları (İng.: chance-constraints) birkaç çalışmada kullanılmıştır (Garrido vd., 2015; Hong vd., 2015; Rawls ve Turnquist, 2011; Renkli ve Duran, 2015). Buna ek olarak, sadece bir çalışmada öncekilerin aksine risk karşıtı bir yaklaşım kullanılmıştır (Noyan, 2012).

İnsani yardım lojistiği kapsamında yapılan Envanter Yönetimi çalışmaları Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Envanter Yönetimi Problemi çalışmaları

Yazar	Yıl	Yöntem	Afet türü	Rassallık
Beamon ve Kotleba	2006	Stokastik Programlama, Simülasyon	Genel	Stokastik
Lee vd.	2009	Kesikli olay simülasyonu	Kasırga	Stokastik
Rawls ve Turnquist	2010	İki aşamalı stokastik programlama, L-shaped yöntemi	Kasırga	Stokastik
Campell ve Jones	2011	Maliyet modeli, Duyarlılık analizi	Genel	Stokastik
Noyan	2012	İki aşamalı stokastik programlama	Kasırga	Stokastik
Manopiniwes vd.	2014	Karma tamsayı programlama modeli	Sel	Deterministik
Garrido vd.	2015	Stokastik Programlama, Örnek ortalama yaklaşımı sezgiseli	Sel	Stokastik
Hong vd.	2015	İki aşamalı stokastik programlama	Kasırga	Stokastik
Renkli ve Duran	2015	Karma tamsayı programlama modeli	Deprem	Deterministik
Paul ve MacDonald	2016	Stokastik Programlama, Sezgisel Algoritma	Deprem	Stokastik
Mohammadi vd.	2016	Stokastik Programlama, Parçacık sürüsü optimizasyonu	Deprem	Stokastik
Hu vd.	2017	Stokastik Programlama	Genel	Stokastik

5. TESİS YERLEŞİMİ VE ENVANTER YÖNETİMİ PROBLEMİ

Literatürde sınırlı sayıda çalışmada tesis yerleşimi ve envanter yönetimi (Balçık ve Beamon, 2008; Duran vd., 2011), tesis yerleşimi ve ağ akışı-rotalama problemleri (Salman ve Yücel, 2015), tesis yerleşimi-envanter yönetimi-ağ akışı ve rotalama problemlerinin her üçü (Fereiduni ve Shahanaghi, 2017; Manopiniwes ve Irohara 2017) aynı çalışmada ele alınmıştır. Dolayısıyla, birbirlerini etkileyen tesis yerleşimi, envanter yönetimi ve ağ akışı-rotalama problemlerini bir arada ele alan çok sınırlı sayıda geçmiş çalışma bulunmaktadır.

Fereiduni ve Shahanaghi (2017), İnsani Yardım Lojistiği için bir ağ tasarım modeli önermiştir. İlk olarak, yerleşim, dağıtım ve tahliye probleminin eş zamanlı olarak dikkate alındığı tek amaçlı bir matematiksel model geliştirilmiştir. Ulaşım, stok elde bulundurma-bulundurmama maliyetleri ile sabit tesis kurulumu maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanmıştır. Önerilen modelde, hastanelerin yanı sıra geçici acil tıp merkezlerinin kurulması da önerilmiştir. Yazarlar, çoğu çalışmada yalnızca sabit tesisler ve tıp merkezlerinin dikkate alındığını fakat gerçek afetlerde yaralıların çoğunluğunun geçici tıp merkezlerinde tedavi edildiğini vurgulamışlardır. Yaralıların taşınması ise sadece hastaneler için dikkate alınmıştır. Daha sonra, ulaşım yollarında ve yardım merkezlerinde meydana gelebilecek hasarlar için Monte Carlo Simülasyonu kullanılarak robust bir model geliştirilmiş ve çeşitli senaryolar üretilmiştir.

Tahran şehrinin bir bölgesinde küçük bir problem boyutu için olası bir deprem senaryosu dikkate alınarak, model test edilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Bu çalışmada, önerilen matematiksel model, birçok faktörü dikkate alsa da son

derece karmaşık olduğu için sadece küçük problem boyutları için çözüm elde edilebilmektedir. Bu nedenle, gerçek vakalar için daha sade ve uygulanabilir modeller geliştirilmelidir.

Manopiniwes ve Irohara (2017), afet öncesi ve sonrası için üç farklı problemi entegre eden çok amaçlı, stokastik bir karma tam sayılı programlama modeli önermiştir. Bu üç problem tesis ve stok yerleşimi, tahliye planlama ve yardım dağıtımını içermektedir. Tesisler, yardım malzemesi içeren depolar olarak düşünülmüştür. Yazarlar, daha önce bu üç problemi birlikte ele alan bir çalışmaya rastlamadıklarını belirtmiş ve etkili bir afet yönetimi için bu problemlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, önerilen modelde maliyetin yanı sıra afetzedelere yardımda eşitlik (adalet) faktörü de dikkate alınmış ve bu ikisi arasında ödünleşme önerilmiştir. Eşitliği maksimize etmek için, p-merkez yaklaşımı kullanılarak tesisler ve talep noktaları arasındaki maksimum müdahale süresinin minimizasyonu amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Daha sonra, çok amaçlı model, ağırlıklı toplam yöntemi kullanılarak tek amaçlı hale dönüştürülmüş ve model Tayland'ın Chiang Mai şehrindeki farklı sel felaketi senaryoları için test edilmiştir. Bu çalışma, her üç problemi dikkate almasına rağmen acil tıp merkezlerinin yerleşimi, otoyolların veya tesislerin zarar görme olasılığı bu makalede dikkate alınmamıştır. Tesisler, acil yardım malzemelerinin saklandığı depolar olarak düşünülmüştür.

Mete ve Zabinsky (2010), tıbbi depo yerleşimi ve malzeme dağıtımı için iki aşamalı stokastik programlama modeli önermiştir. İlk aşamada, depoların yerleşimi ve her bir tıbbi malzeme türünden ne kadar gerektiğine karar verilmektedir. İkinci aşamada ise, depolardan hastanelere malzemelerin dağıtımı ve talebin karşılanması sağlanmaktadır. Önerilen model, Seattle bölgesinde olası deprem senaryoları için test edilmiştir. Benzer şekilde, Salmerón ve Apte (2010), yerleşim ve dağıtım problemi için iki aşamalı stokastik programlama modeli önermiştir. Yerleşim probleminde, depolar, tıp merkezleri, rampa alanları ve sığınaklar dikkate alınmıştır. Dağıtım probleminde ise, malzemelerin dağıtımı ve afetzedelerin taşınması problemi ele alınmıştır. Kasırga felaketi için çeşitli senaryolar üretilerek model test edilmiştir.

İnsani yardım lojistiği kapsamında yapılan Tesis Yerleşimi ve Envanter Yönetimi çalışmaları Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Tesis Yerleşimi ve Envanter Yönetimi Problemi çalışmaları

Yazar	Yıl	Yöntem	Afet türü	Rassallık
Balcık ve Beamon	2008	Karma tamsayı programlama	Deprem	Stokastik
Mete ve Zabinsky	2010	İki aşamalı stokastik programlama	Deprem	Stokastik
Salmerón ve Apte	2010	İki aşamalı stokastik programlama	Kasırga	Stokastik
Duran vd.	2011	Stokastik programlama, Simülasyon	Genel	Stokastik
Fereiduni ve Shahanaghi	2017	Robust Model, Monte Carlo Simülasyonu	Deprem	Stokastik
Manopiniwes ve Irohara	2017	Stokastik Programlama	Sel	Stokastik

6. SONUÇLAR VE GELECEK ARAŞTIRMALAR

İnsani yardım lojistiği kapsamında tesis yerleşimi ve envanter yönetimi problemleri sıklıkla çalışılmaktadır. Afet olaylarında afetin şiddeti, etkisi, yaralı sayısı, yardım talebinin miktarı gibi belirsizlikler olduğu için çoğunlukla stokastik modeller geliştirilmiştir. Buna rağmen, literatürde bu değişkenlerin bazı varsayımlarla deterministik olarak ele alındığı az sayıda çalışma da vardır. Tesis yerleşimi çalışmalarında sıklıkla tesis olarak acil yardım malzemelerinin tutulduğu ve ihtiyaç halinde dağıtıldığı depolar dikkate alınmıştır. Acil tıp merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi çalışmaları ise az sayıda çalışılmıştır. Afet durumunda yaralıların en kısa sürede uygun tıp merkezlerine veya hastanelere ulaştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, acil tıp merkezlerinin yerleşim planlaması bir çok yönüyle ele alınmalıdır.

Tesis yerleşimi ve envanter yönetimi birbirini etkileyen problemlerdir. Bu iki problemin entegre bir şekilde ele alındığı çalışmalar var olmakla birlikte görece az sayıdadır. Bu nedenle, hem tesis yerleşimi hem de envanter yönetimi problemini birlikte ele alan çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca, bu iki problemin yanısıra yaralı taşıma problemi, ağ akış problemi, enkaz kaldırma problemi ile ilgili ve birbiriyle entegre çalışmalar ele alınmalıdır.

Bu çalışmada, afet sonrasında kurulacak olan acil tıp merkezlerinin yerleşim planlaması ve envanter yönetimi problemi için literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Acil tıp merkezlerinin yanı sıra yardım malzemeleri depo yerleşimi ve afet yönetimi kapsamındaki diğer tesis yerleşimi çalışmaları da ele alınmıştır. Bu çalışmalar çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmış ve bazı analizler yapılmıştır. Makale incelemeleri sonucunda, farklı literatür taraması çalışmalarından derlenen ve önerilen gelecek araştırma alanları aşağıda listelenmiştir. (Leiras vd., 2013; Balcık vd., 2016; Hoyos vd., 2015; Overstreet vd., 2011; Özdamar ve Ertem, 2015):

- Normal koşullara geri dönüşü sağlamak için *iyileştirme (recovery)* aşamasının planlanmasına ihtiyaç vardır.
- Risk azaltma (mitigation) çalışmaları halen yeterli değildir.
- İnsan kaynaklı afetler (man-made disasters) nadiren çalışılmıştır.
- Vaka çalışmaları az sayıdadır.
- İnsani yardım lojistiği çalışmalarında ülke veya bölgelerin yerel karakteristikleri de dikkate alınmalıdır.
- Lojistik faaliyetlerinde maliyet minimizasyonuna da odaklanılmalı.
- İnsan gücü kapasite planlama (manpower capacity planning) ve afetzedelerin taşınması (casualty transportation) konularında çalışmaya ihtiyaç vardır.
- İnsani yardım lojistiğine yerel politikaların etkisi araştırılmalı.
- Koordinasyon ve işbirliği dikkate alınmalı, bilgi teknolojileri sistemi geliştirilmeli.
- Çoğu çalışmada yalnızca bir aktör dikkate alınmakta (genellikle hükümet). Çoklu aktörler eşzamanlı olarak ele alınmalı.
- Taktiksel ve operasyonel çalışmalara daha fazla ihtiyaç var.
- Personel ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç var.
- Altyapı ile ilgili çalışmalara daha fazla ihtiyaç var.
- Gerçek sistemin modellenmesi ve performansının değerlendirilebilmesi için Simülasyon yöntemi iyi sonuçlar sağlayabilir.
- Literatürde, çok amaçlı ve çok kriterli modeller sınırlı sayıdadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ablanedo-Rosas, J. H., Gao, H., Alidaee, B., Teng, W. Y. (2009), "Allocation of emergency and recovery centres in Hidalgo, Mexico", *International Journal of Services Sciences*, 2(2), 206-218.
- [2] Ahmadi-Javid, A., Seyedi, P., Syam, S. S. (2017), "A survey of healthcare facility location", *Computers & Operations Research*, 79, 223-263.
- [3] Anaya-Arenas, A. M., Renaud, J., Ruiz, A. (2014), "Relief distribution networks: a systematic review", *Annals of Operations Research*, 223(1), 53.
- [4] Aydın, N. (2016), "A stochastic mathematical model to locate field hospitals under disruption uncertainty for large-scale disaster preparedness", *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 6(2), 85-102.
- [5] Balcik, B., Bozkir, C. D. C., Kundakcioglu, O. E. (2016), "A literature review on inventory management in humanitarian supply chains", *Surveys in Operations Research and Management Science*.
- [6] Balcik, B., Beamon, B. M. (2008), "Facility location in humanitarian relief", *International Journal of Logistics*, 11(2), 101-121.
- [7] Beamon, B. M., Kotleba, S. A. (2006), "Inventory management support systems for emergency humanitarian relief operations in South Sudan", *The International Journal of Logistics Management*, 17(2), 187-212.
- [8] Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., Al-e-Hashem, S. M. (2013), "A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty", *OR spectrum*, 35(4), 905-933.
- [9] Campbell, A. M., Jones, P. C. (2011), "Prepositioning supplies in preparation for disasters", *European Journal of Operational Research*, 209(2), 156-165.
- [10] Chang, M. S., Tseng, Y. L., Chen, J. W. (2007), "A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737-754.
- [11] Döyen, A., Aras, N., Barbarosoğlu, G. (2012), "A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics", *Optimization Letters*, 6(6), 1123-1145.
- [12] Duran, S., Gutierrez, M. A., Keskinocak, P. (2011), "Pre-positioning of emergency items for CARE international", *Interfaces*, 41(3), 223-237.
- [13] Fereiduni, M., Shahanaghi, K. (2017), "A robust optimization model for distribution and evacuation in the disaster response phase", *Journal of Industrial Engineering International*, 13(1), 117-141.
- [14] Garrido, R. A., Lamas, P., Pino, F. J. (2015), "A stochastic programming approach for floods emergency logistics", *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 75, 18-31.
- [15] Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F. S. (2011), "Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*", 62(7), 1239-1252.

- [16] Gunneç, D., Salman, F. S. (2007), "A two-stage multi-criteria stochastic programming model for location of emergency response and distribution centers", Proceedings of the International Network Optimization Conference (INOC), Spa, Belgium, April 22-25.
- [17] Hoyos, M. C., Morales, R. S., Akhavan-Tabatabaei, R. (2015), "OR models with stochastic components in disaster operations management: A literature survey", Computers & Industrial Engineering, 82, 183-197.
- [18] Hu, S. L., Han, C. F., Meng, L. P. (2017), "Stochastic optimization for joint decision making of inventory and procurement in humanitarian relief", Computers & Industrial Engineering, 111, 39-49.
- [19] Huang, R., Kim, S., Menezes, M. B. (2010), "Facility location for large-scale emergencies", Annals of Operations Research, 181(1), 271-286.
- [20] Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M. (2007), "A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies", IIE transactions, 39(1), 41-55.
- [21] Kılıcı, F., Kara, B. Y., Bozkaya, B. (2015), "Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey", European Journal of Operational Research, 243(1), 323-332.
- [22] Leiras, A., de Brito Jr, I., Queiroz Peres, E., Rejane Bertazzo, T., Tsugunobu Yoshida Yoshizaki, H. (2014), "Literature review of humanitarian logistics research: trends and challenges", Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 4(1), 95-130.
- [23] Lu, C. C. (2013), "Robust weighted vertex p-center model considering uncertain data: An application to emergency management", European Journal of Operational Research, 230(1), 113-121.
- [24] Lu, X. L., Hou, Y. X. (2009), "Ant colony optimization for facility location for large-scale emergencies", In Management and Service Science, 2009. MASS'09. International Conference on (pp. 1-4). IEEE.
- [25] Manopiniwes, W., Irohara, T. (2017), "Stochastic optimisation model for integrated decisions on relief supply chains: preparedness for disaster response", International Journal of Production Research, 55(4), 979-996.
- [26] Manopiniwes, W., Nagasawa, K., Irohara, T. (2014), "Humanitarian relief logistics with time restriction: thai flooding case study", Industrial Engineering & Management Systems, 13(4), 398-407.
- [27] Mete, H. O., Zabinsky, Z. B. (2010), "Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management", International Journal of Production Economics, 126(1), 76-84.
- [28] Mohammadi, R., Ghomi, S. F., Jolai, F. (2016), "Prepositioning emergency earthquake response supplies: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm", Applied Mathematical Modelling, 40(9), 5183-5199.
- [29] Noyan, N. (2012), "Risk-averse two-stage stochastic programming with an application to disaster management", Computers & Operations Research, 39(3), 541-559.
- [30] Overstreet, R. E., Hall, D., Hanna, J. B., Kelly Rainer Jr, R. (2011), "Research in humanitarian logistics", Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 1(2), 114-131.
- [31] Özdamar, L., Ertem, M. A., (2015), "Models, Solutions and enabling technologies in humanitarian logistics", European Journal of Operational Research, 244, 55-65.
- [32] Paul, J. A., MacDonald, L. (2016), "Location and capacity allocations decisions to mitigate the impacts of unexpected disasters", European Journal of Operational Research, 251(1), 252-263.
- [33] Rawls, C. G., Turnquist, M. A. (2010), "Pre-positioning of emergency supplies for disaster response", Transportation research part B: Methodological, 44(4), 521-534.
- [34] Rawls, C. G., Turnquist, M. A. (2011), "Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints", OR spectrum, 33(3), 481-498.
- [35] Renkli, Ç., Duran, S. (2015), "Pre-positioning disaster response facilities and relief items", Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 21(5), 1169-1185.
- [36] Rennemo, S. J., Rø, K. F., Hvattum, L. M., Tirado, G. (2014), "A three-stage stochastic facility routing model for disaster response planning", Transportation research part E: logistics and transportation review, 62, 116-135.
- [37] Salman, F. S., Gül, S. (2014), "Deployment of field hospitals in mass casualty incidents", Computers & Industrial Engineering, 74, 37-51.
- [38] Salman, F. S., Yücel, E. (2015), "Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case", Computers & Operations Research, 62, 266-281.
- [39] Salmerón, J., Apte, A. (2010), "Stochastic optimization for natural disaster asset prepositioning", Production and operations management, 19(5), 561-574.

- [40] Tofghi, S., Torabi, S. A., Mansouri, S. A. (2016), "Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty", *European Journal of Operational Research*, 250(1), 239-250.
- [41] URL1, EM-DAT, The International Disaster Database. URL <http://www.emdat.be/> Retrieved: 18/06/2017.
- [42] URL2, BBC, Haiti Depremi, http://www.bbc.com/turkce/haberler/2010/01/100113_pictureshaiti.shtml.

AFET LOJİSTİĞİ RİSKLERİNİN ANALİZİ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Aylin Ofluoğlu¹, Birdoğan Baki², İlker Murat Ar³

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Beşikdüzü MYO, Pazarlama ve Reklamcılık, Trabzon, aylinofluoglu@ktu.edu.tr

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, İİBF, İşletme, Trabzon, bbaki@ktu.edu.tr

³ Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme, Trabzon, ilkerar@ybu.edu.tr

ÖZET

Afet lojistiği, afetlerden sonra etkilenen alanlara gerekli yardımın zamanında ve doğru bir şekilde ulaştırılabilmesidir. Bu kapsamda doğal ya da insan kaynaklı afetlerin sonucunda oluşabilecek risklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi, kurumlara afet lojistiği kapsamında oluşturacakları planlar ve alacakları önlemler açısından yol gösterici olmaktadır. Bu önemine dayalı olarak özellikle son dönemde afet lojistiği alanında yapılan çalışmaların arttığı bilinmektedir. Bununla birlikte afet lojistiği kapsamında yapılacak planlamalar ve alınacak önlemler için risklerin gözönünde bulundurulması ile ortaya konmasıdır. Bu kapsamda Ocak 2011 - Şubat 2018 arasında afet lojistiği riskleri üzerine yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Literatür araştırması; EmeraldInsight, ScienceDirect, Scopus ve Taylor&Francis Online veri tabanları üzerinden “disaster logistics risk”, “humanitarian logistics risk” ve “emergency logistics risk” anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda literatürde en fazla dikkate alınan afet lojistiği riskinin “talep riski” olduğu tespit edilmiştir. Çalışma, afet lojistiği kapsamında ele alınan risk türlerinin ve bu kapsamda kullanılan yöntemlerin gösterilmesi açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Afet lojistiği, Risk, Literatür Araştırması

THE ANALYSING OF DISASTER LOGISTICS RISKS: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Disaster logistics is the timely and accurate delivery of the necessary humanitarian relief to the affected areas after disasters. Within this scope, identifying and analysing of disaster logistics risks is a guide to the organizations according to the disaster logistics plans and actions to be taken. Consequently, it is known that the researches on disaster logistics recently have been growing. Besides, it is very important to consider the risks for the plans and actions to be taken in context of disaster logistics. The main objective of this study is to reveal the disaster logistics risks with a literature review. The researches on disaster logistics risks were reviewed between January 2011-February 2018. The literature review was made on the databases EmeraldInsight, ScienceDirect, Scopus and Taylor&Francis Online by using the keywords “disaster logistics risk”, “humanitarian logistics risk” ve “emergency logistics risk”. The survey results show that demand risk is the most considered disaster logistics risk. This study is important for revealing the disaster logistics risks and used methods.

Keywords: Disaster, Disaster logistics, Risk, Literature review

1. GİRİŞ

Afet yönetimi, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yayınlanan Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü'nde “afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için toplumca yapılması gereken topyekûn mücadele süreci” (URL1) olarak ifade edilmiştir. Bu tanım kapsamında afet yönetimi; zarar azaltma, afete hazırlık, müdahale ve yeniden inşa olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır (Afşar ve Haghani, 2012:327). Zarar azaltma aşaması, afetin oluşumunu önlemek veya etkilerini azaltmak amacıyla uzun dönemli çalışmaları; afete hazırlık aşaması, afet öncesi dağıtım merkezlerinin sayısı ve kuruluş yerleri ile ilgili kararlar gibi stratejik kararları; müdahale aşaması, afet sonrası araç rotalama, personel ve ekipman ile etkilenen alanlara yardım malzemelerinin dağıtımı gibi operasyonel kararları ve yeniden inşa aşaması ise hükümet ve

sivil toplum kuruluşları tarafından etkilenen alanların yeniden eski haline getirilmesi sürecini içermektedir (Ahmadi vd., 2015:145).

Afetin yıkıcı etkilerinden dolayı, afet yönetiminde, ilk 72 saatlik süreçte etkilenen alanlara erişimin mümkün olmadığı varsayılmaktadır (Sebatli vd., 2017:246). Bu kritik süreçte afet yardımının zamanında gerçekleştirilebilmesinde afet lojistiği son derece önemli rol oynamaktadır (Charles vd., 2016:58). Bu kapsamda afet yönetimi aşamalarında alınacak kararlarda etkin bir afet lojistiği planlaması gerekmektedir. Son yıllarda ilginin giderek arttığı afet lojistiği, ihtiyacı olanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, başlangıç noktasından acil durum noktasına, mal, malzeme ve bilginin akış ve depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden süreç olarak ifade edilmektedir (Van der Laan vd., 2009:365).

Acil yardım malzemelerinin afetzedelere ve etkilenen alanlara zamanında dağıtılmasını amaçlayan etkin afet lojistiği yönetimi, afetlerin etkilerini ve risklerini azaltmaktadır (Jeong vd., 2014:1). Doğal afetlerin yıkıcı ve beklenmeyen özellikleri, afet lojistiği faaliyetlerinde tahmin edilemeyen riskleri beraberinde getirmektedir (Cheng ve Yu, 2010:173). Afet lojistiği kapsamında doğru risklerin belirlenmesi, tedarik zincirinin esnekliğini artırmakta, afetten zarar görme olasılığını ve kayıpları azaltmaktadır (Iakovou vd., 2014:250; Chen vd., 2010:59). Bu sebeple afet lojistiği risk yönetimini güçlendirmek en önemli öncelik olmalıdır (Chen vd., 2010:59). Afet lojistiği kapsamındaki risk unsurlarını belirlemek, afet lojistiği uygulamalarının etkinliğini artıracak ve afetin olumsuz etkilerini azaltacaktır.

Afet lojistiği risklerinin belirlenmesinin önemine dayalı olarak konu hakkında pek çok araştırma yapıldığı görülmektedir. Bu kapsamda incelenen bazı çalışmalarda afet lojistiği risk yönetimi kapsamında kritik başarı faktörleri (Pettit ve Beresford, 2009; Celik vd., 2014; Yadav ve Barve, 2015; Celik ve Gumus, 2016) ve afet lojistiğinin karşılaştığı güçlükler (Kovacs ve Spens, 2009; Kabra vd., 2015; Sahebi vd., 2017) ele alınmıştır. Kritik başarı faktörleri genellikle; yönetim ve planlama, organizasyon, depolama, ulaştırma ve dağıtım ile bilgi sistemleri ana kriterleri olarak ele alınmıştır. Ayrıca, bazı çalışmalarda karar destek sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri, erken uyarı sistemleri, sezgisel yöntemler gibi afet lojistiği risk yönetiminin etkinliğini arttıracak yöntemler önerilmiştir (Rodríguez vd., 2012; Díaz-Delgado ve Iniestra, 2014; Jahre, 2017).

Yukarıdaki uygulamalı çalışmalarla birlikte afet lojistiği risklerini bütüncül bir bakış açısıyla inceleyen ve riskleri özetleyen çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalardan birinde Cheng ve Yu (2010), afet lojistiği risklerini, karar verme riski, dağıtım ve hakim olma riski, organize ve koordine etme riski, yürütme ve kontrol etme riski ile kaynakları destekleme riski olmak üzere beş başlıkta incelemiştir. Chen vd. (2010) ise afet lojistiği risklerini; teknoloji, çevre, yönetim, esneklik ve yürütme olarak sınıflandırmıştır.

Bu çalışma kapsamında, afet lojistiği faaliyetlerinde risk türlerinin göz önünde bulundurulup bu risklerin azaltılmasına yönelik farklı yöntemlerin önerildiği çalışmaların literatür araştırması ile ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın bundan sonraki bölümünde ilk olarak çalışmanın yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Ardından afet lojistiği kapsamındaki risk unsurları ile ilgili önceki çalışmaların incelenmesi suretiyle elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Son bölümde ise araştırma bulgularına dayalı olarak oluşturulan sonuç ve öneriler listelenmiştir.

2. YÖNTEM

Tedarik zinciri riskleri günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bununla birlikte ilgili literatür incelendiğinde afet lojistiği kapsamında risk unsurlarının ele alındığı çalışmaların sayısının az olduğu görülmüştür. Bu çalışmaları belirlemek amacıyla Ocak 2011-Şubat 2018 dönemini kapsayan bir literatür araştırması çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Karadeniz Teknik Üniversitesi veri tabanı arama sisteminde¹ yer alan EmeraldInsight, ScienceDirect, Scopus ve Taylor&Francis Online veri tabanları kullanılmıştır. Bu veri tabanları esas alınarak yapılan taramada; “disaster logistics risk”, “humanitarian logistics risk” ve “emergency logistics risk” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Kitaplar, tezler ve konferans metinleri taramaya dahil edilmemiştir. Tüm bu süreç sonunda afet lojistiği kapsamındaki risk unsurlarına odaklanan 21 adet çalışma tespit edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Genel Bilgiler

Literatür taraması sonucunda belirlenen 21 çalışma ilk olarak yayın yılı, yayın yeri (dergi), uygulama yeri ve çalışma türü açısından incelenmiştir. Bu kapsamda oluşturulan Tablo 1 incelendiğinde afet lojistiği risklerinin dikkate alındığı çalışmaların son yıllarda daha fazla önem kazandığı görülmüştür. Çalışmaların yıllara göre dağılımına bakıldığında 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 yıllarına ait 2’şer, 2016 yılında 5, 2017 yılında 2, 2018 yılında 4 adet çalışmaya rastlanmıştır.

¹ <http://www.ktu.edu.tr/library-aboneveritabanlari>

Çalışmalar yayın yeri (dergi) açısından incelendiğinde ise üçünün Transportation Research Part B dergisinde yayınlandığı görülmüştür. Ayrıca Annals of Operations Research (2 adet), International Journal of Disaster Risk Reduction (2 adet), OR Spectrum (2 adet), Transportation Research Part E (2 adet), Computers & Industrial Engineering (1 adet), Computers & Operations Research (1 adet), European Journal of Operational Research (1 adet), International Journal of Logistics Research and Applications (1 adet), Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management (1 adet), Omega (1 adet), Operational Research (1 adet), Risk Analysis (1 adet), Socio-Economic Planning Sciences (1 adet), Springer Proceedings in Mathematics and Statistics (1 adet) isimli dergilerde de afet lojistiği riskleri ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır.

Tablo 1: Çalışmalara Ait Bilgiler

Yıl	Dergi Adı	Uygulanan Yer	Çalışma Türü
2011	Transportation Research Part B	Cape May Eyaleti, New Jersey	Vaka analizi
2011	OR Spectrum	Manabí, Ekvador	Vaka analizi
2012	Socio-Economic Planning Sciences	Kuzey Carolina	Vaka analizi
2012	Computers & Operations Research	Güneydoğu Amerika	Vaka analizi
2013	OR Spectrum	İran	Vaka analizi
2013	Transportation Research Part B	Wenchuan Bölgesi, Çin	Vaka analizi
2014	Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management	-	Nümerik örnek
2014	International Journal of Logistics Research and Applications	Güney Carolina, Amerika	Vaka analizi
2015	Omega	Türkiye	Vaka analizi
2015	Risk Analysis	Tahran, İran	Vaka analizi
2016	European Journal of Operational Research	Rio De Janeiro, Brezilya	Vaka analizi
2016	Transportation Research Part E	-	Nümerik örnek
2016	Transportation Research Part E	Sichuan Eyaleti, Çin	Vaka analizi
2016	Springer Proceedings in Mathematics and Statistics	Meksika	Vaka analizi
2016	Computers & Industrial Engineering	Kuzey Tahran, İran	Vaka analizi
2017	International Journal of Disaster Risk Reduction	Nepal	Ampirik çalışma
2017	International Journal of Disaster Risk Reduction	São Paulo, Brezilya	Vaka analizi
2018	Annals of Operations Research	Amerika	Vaka analizi
2018	Transportation Research Part B	Güneydoğu Amerika	Vaka analizi
2018	Operational Research	Mazandaran, İran	Vaka analizi
2018	Annals of Operations Research	Tahran, İran	Vaka analizi

Çalışmaların uygulandığı yerlere bakıldığında ise afet riskinin ve afet yaşanma sıklığının yüksek olduğu yerler olduğu gözlenmektedir. Bu kapsamda özellikle Amerika, Çin ve İran başta olmak üzere çeşitli ülkelerde araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Ele alınan çalışmalar genellikle farklı afet lojistiği risk türlerinin modellere dahil edildiği, bu risklerin azaltılmasına yönelik modellerin önerildiği ve modellerin geçerliliğini göstermek amacıyla vaka analizlerinin yapıldığı çalışmalardır.

3.2. Kapsam ve Yöntem

Afet lojistiği risk türlerinin ele alındığı çalışmalarda genel olarak kuruluş yeri seçimi, atama, dağıtım ve rotalama problemleri ele alınmıştır. Risk kaynaklı belirsizliğin dikkate alınabilmesi için nicel yöntem olarak en fazla iki aşamalı Stokastik Programlama ve Robust Optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bunun yanında çok amaçlı Doğrusal Programlama, Sezgisel Yöntemler, Simülasyon ve nitel yöntemlerin de kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır. Çalışmalarda genel olarak toplam operasyonel maliyetlerin, müdahale sürelerinin, karşılanamayan taleplerin ve risklerden kaynaklanan beklenen maliyetlerin azaltılması amaçlanmaktadır. Tablo 2’de afet lojistiği kapsamında yer alan risklerle ilgili yapılmış çalışmalar kapsam ve kullanılan yöntemler açısından gösterilmiştir.

3.3. Afet Lojistiği Riskleri

İlgili literatür incelendiğinde çalışmalarda en fazla afet lojistiği risklerinden talep riskinin göz önünde bulundurulduğu görülmüştür. Talep riskinin yanı sıra tedarik riski, ulaştırma riski, kesintiye uğrama riski, altyapı riski, satın alma maliyeti riski, çevresel risk, operasyonel risk, bütçe riski, depoda bozulma riski, afet ağ hasar derecesi riski, yardım malzemesi için kayıp maliyet riski, eşitsizlik riski, can kaybı riski, hasar riski, mülk riski ele alınmıştır. Tablo 3’de farklı afet lojistiği risk türlerinin yer aldığı çalışmalar verilmiştir.

Tablo 2: Afet Lojistiği Riskleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yazar(Yıl)	Çalışmanın İçeriği	Kullanılan Yöntem
Ben-Tal vd. (2011)	Dinamik (çok dönemli) acil durum yardım ve tahliye atama problemi	Robust optimizasyon (AARC: Affinely Adjustable Robust Counterpart)
Nolz vd. (2011)	Yardım malzemelerinin uygun dağıtılması amacıyla çok amaçlı lojistik tasarım problemi	Çok amaçlı tamsayılı programlama, memetic algoritma
Noyan (2012)	Müdahale tesis kuruluş yerleri ve her tesisteki yardım tedariklerinin stok seviyelerinin belirlenmesi problemi	İki aşamalı stokastik programlama, koşullu riske maruz değer (CVaR: Conditional-Value-at-Risk) ölçüsü, genelleyici Benders ayrıştırma (decomposition) algoritması
Rawls ve Turnquist (2012)	Geçici çadırlardaki kısa dönemli taleplerin karşılanması için gerekli ön planlamanın optimize edilmesi	İki aşamalı stokastik programlama
Bozorgi-Amiri vd. (2013)	İran'da deprem senaryoları için tesis yerleşim ve tedarik için önceden konumlandırma probleminin modellenmesi	Çok amaçlı, stokastik, karma tamsayılı, doğrusal olmayan programlama, uzlaşık programlama
Hu ve Sheu (2013)	Psikolojik maliyetlerin en aza indirilmesi amacıyla afet sonrası enkaz için tersine lojistik sisteminin önerilmesi	Çok amaçlı doğrusal programlama
Iakovou vd. (2014)	Afet tedarik zincirinde riski azaltmak için acil kaynak bulma stratejisinin önerilmesi	Simülasyon yöntemi
Jeong vd. (2014)	Beklenen risk maliyeti olarak ifade edilen tesis kapanmasının beklenen maliyeti göz önünde bulundurularak stratejik ve operasyonel düzeyde insani yardım tedarik zinciri ağ tasarımı	Karma tamsayılı doğrusal programlama
Akgün vd. (2015)	Afet öncesi afet yönetimi faaliyetlerinden tesis kuruluş yeri problemi	Hata ağacı analizi, doğrusal tamsayılı programlama
Zolfaghari ve Peyghaleh (2015)	Bölgesel deprem risk azaltma stratejileri için finansal kaynak tahsisinde eşitlik sağlanması	İki aşamalı stokastik programlama
Alem vd. (2016)	Talepleri karşılama politikasının iyileştirilmesi amacıyla, ilk aşamada acil yardımların önceden konumlandırılması ve her aracın toplam kapasitesi planlaması, ikinci aşamada araçların rotalara atanması, stok eksiklikleri ve satın alma ile ilgili operasyonel kararların ele alınması	İki aşamalı karma tamsayılı stokastik programlama, koşullu riske maruz değer (CVaR) ölçüsü, iki aşamalı sezgisel yöntem

Tablo 2: Afet Lojistiği Riskleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar (Devamı)

Yazar(Yıl)	Çalışmanın İçeriği	Kullanılan Yöntem
Caunhye vd. (2016)	İlk aşamada toplam hazırlık maliyetlerinin, ikinci aşamada ise müdahale süresinin minimize edilmesi amaçlanan iki aşamalı konumlandırma-rotalama problemi	Karma tamsayılı programlama
Hu vd. (2016)	Bütçe ve risk kaynaklı cezaların en aza indirilmesinin amaçlandığı, binaların güçlendirilmesi, ulaşım ağlarının güçlendirilmesi ve yardım tedariklerinin tesislere yerleştirilmesi ölçülerinin entegre edildiği model geliştirilmesi	Koşullu riske maruz değer (CVaR) ölçüsü, iki aşamalı stokastik programlama
Nagurney ve Nagurney (2016)	Riski azaltmak amacıyla, bağlantı maliyetlerinin, yardım tedarikleri için belirsiz taleplerin ve talep noktaları ile ilgili hedeflerin stokastik olarak ele alındığı afet yardım tedarik zinciri ağ modeli önerilmesi	Euler yöntemi
Rezaei-Malek vd. (2016)	Ortalama ağırlıklandırılmış müdahale süreleri, afet öncesi süreçteki toplam operasyonel maliyet ve afet sonrası süreçteki karşılanmayan talep ve kullanılmayan mallar için ceza maliyetlerinin en aza indirilmesini amaçlayan optimum kuruluş yeri, atama ve dağıtım planı önerilmesi	Çok amaçlı karma tamsayılı programlama, robust stokastik programlama
Baharmand vd. (2017)	Nepal depremi sonrası müdahale aşamasında şehir içi ulaştırma risklerinin belirlenip, uzmanlardan oluşan risk değerlendirme sistemi tarafından değerlendirme yapılması	Nitel yöntem
Condeixa vd. (2017)	Maliyet minimizasyonunun amaçlandığı önceden konumlandırma, kurulum ve dağılım problemi	Koşullu riske maruz değer (CVaR) ölçüsü, iki aşamalı stokastik optimizasyon yöntemi
Chapman ve Mitchell (2018)	Potansiyel eşitsizlikleri minimize etmek amacıyla dağıtım merkezleri kuruluş yeri seçim ve nüfusun her bir üyesinin dağıtım merkezine atanması problemi	Koşullu riske maruz değer (CVaR) ölçüsü, karmaşık tamsayılı doğrusal programlama
Elçi ve Noyan (2018)	Yardım merkezlerinin kapasite, kuruluş yerleri ve stok seviyelerini belirleyen stokastik afet öncesi yardım ağı tasarımı problemi	Stokastik programlama
Safaei vd. (2018)	Üst seviyede yardım tedariklerinin dağıtım yerleri göz önünde bulundurularak toplam operasyonel maliyet ve toplam karşılanmayan talebin en aza indirilmesinin amaçlandığı, alt seviyede düşük tedarik riskli tedarikçilerin önerildiği yardım lojistiği faaliyetleri için iki amaçlı iki aşamalı optimizasyon modeli oluşturulması	Doğrusal programlama, hedef programlama
Yahyaei ve Bozorgi-Amiri (2018)	Kesintiye uğrayan dağıtım merkezinin başka bir dağıtım merkezi ile desteklenmesinin, tedarik ve tahliye ile ilgili konuların göz önünde bulundurulmasının ve kesintiye uğrama etkisinin yatırımla azaltılmasının amaçlanması	Karma tamsayılı doğrusal programlama, robust optimizasyon

Tablo 3: Afet Lojistiği Riskleri

Risk Türü	Yazar (Yıl)
Talep riski	Ben-Tal vd. (2011); Noyan (2012); Rawls ve Turnquist (2012); Bozorgi-Amiri vd. (2013); Akgün vd. (2015); Alem vd. (2016); Caunhye vd. (2016); Nagurney ve Nagurney (2016); Rezaei-Malek vd. (2016); Elçi ve Noyan (2018)
Ulaştırma riski	Nolz vd. (2011); Bozorgi-Amiri vd. (2013); Jeong vd. (2014); Alem vd. (2016); Rezaei-Malek vd. (2016); Baharmand vd. (2017); Elçi ve Noyan (2018);
Tedarik riski	Bozorgi-Amiri vd. (2013); Alem vd. (2016); Condeixa vd. (2017); Safaei vd. (2018)
Çevresel risk	Hu ve Sheu (2013); Yahyaei ve Bozorgi-Amiri (2018)
Kesintiye uğrama riski	Iakovou vd. (2014); Yahyaei ve Bozorgi-Amiri (2018)
Eşitsizlik riski	Zolfaghari ve Peyghaleh (2015); Chapman ve Mitchell (2018)
Operasyonel risk	Hu ve Sheu (2013)
Satın alma maliyeti riski	Bozorgi-Amiri vd. (2013)
Kayıp maliyet riski	Jeong vd. (2014)
Alt yapı riski	Caunhye vd. (2016)
Bozulma riski	Rezaei-Malek vd. (2016)
Bütçe riski	Alem vd. (2016)
Can kaybı riski	Hu vd. (2016)
Hasar riski	Hu vd. (2016)
Mülk riski	Hu vd. (2016)

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Afet lojistiği kapsamında yapılacak planlamalar ve alınacak önlemler için risklerin dikkate alınması önemli bir husustur. İlgili literatür incelendiğinde afet lojistiği risklerini bütüncül bir bakış açısıyla inceleyen ve riskleri özetleyen çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, afet lojistiği kapsamındaki risk unsurlarının ve bu kapsamda kullanılan yöntemlerin literatür araştırması ile ortaya konması amaçlanmıştır. Afet lojistiği risklerine yönelik olarak yapılan literatür çalışmasında elde edilen bulgulara dayalı olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılabılır:

- Son yıllarda afet lojistiği kapsamında ele alınan çalışmaların farklı belirsizliklerden dolayı optimizasyon temelli olduğu ve birden fazla stokastik unsuru bulundurduğu görülmüştür. Çalışmalarda en fazla talep riski göz önünde bulundurulmuş olup çok amaçlı çok aşamalı çalışmaların fazlalığı dikkat çekmektedir. Afet öncesi aşamadaki kararlar afet sonrası müdahale aşaması kararlarını etkilediğinden modellerin çok aşamalı olarak kurulması, problemlere doğru çözümler sunulmasını sağlamaktadır (Condeixa vd., 2017:239).
- Afetin etkisinin, kaynak ihtiyacının, altyapıdaki hasarın deterministik olarak belirlenmesi zor olduğundan belirsizliğin olduğu durumlarda problemler genellikle stokastik olarak ele alınmaktadır (Ivgin, 2013:108). Afet lojistiği risklerinin göz önünde bulundurulduğu çalışmalarda en fazla stokastik programlama ve robust optimizasyon kullanılmıştır.
- Son yıllarda doğal afetlerden kaynaklanan olumsuz sonuçları ve kayıpları azaltmak amacıyla afet yönetimi kapsamında tasarım iyileştirme, bina ve altyapı güçlendirmesi, afet bilincinin artırılması, afet öncesi hazırlık planı, müdahale aşaması için erken uyarı sistemi gibi faaliyetleri içeren ölçüler kullanılmaktadır (Zolfaghari ve Peyghaleh, 2015:435). Çalışmalarda en fazla Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR) ölçüsünün kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında, risklerden kaynaklanabilecek ceza maliyetleri de modellere entegre edilmiştir.
- Afet lojistiği risklerinin azaltılması için daha çok nicel yöntemler tercih edilmiş olup, eşitlik teorisi, yatırımlar ve lojistik hizmet sağlayıcılarının çözüm önerisi olarak önerildiği görülmüştür.
- Çalışmalar ele alınan riskler açısından incelendiğinde afet lojistiği faaliyetlerin etkin biçimde yürütülmesinde önemli rol oynayan bilgi akışı riskinin ele alınmadığı görülmüştür.
- Çalışmalarda; genellikle toplam operasyonel maliyetlerin, müdahale sürelerinin, karşılanmayan taleplerin ve risklerden kaynaklanan beklenen maliyetlerin azaltılmasına yönelik hedefler belirlenmiştir.

Yapılan literatür araştırması çalışması, EmeraldInsight, ScienceDirect, Scopus ve Taylor&Francis Online veri tabanları kullanılarak oluşturulmuş olup Ocak 2011-Şubat 2018 dönemini kapsamaktadır. İleriki çalışmalarda veri tabanı kısıtı olmadan belirlenmiş yıllar arasında yapılmış tüm çalışmalara ulaşılarak daha derinlemesine çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Afshar, A., Haghani, A. (2012), "Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations", *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, pp.327-338.
- [2] Ahmadi, M., Seifi, A., Tootooni, B. (2015), "A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district", *Transportation Research Part E*, 75, pp.145-163.
- [3] Akgün, A., Gümüşbuğa, F., Tansel, B. (2015), "Risk based facility location by using fault tree analysis in disaster management", *Omega*, 52, pp.168-179.
- [4] Alem, D., Clark, A., Moreno, A. (2016), "Stochastic network models for logistics planning in disaster relief", *European Journal of Operational Research*, 255, pp.187-206.
- [5] Baharmand, H., Comes, T., Luras, M. (2017), "Managing in-country transportation risks in humanitarian supply chains by logistics service providers: Insights from the 2015 Nepal earthquake", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, pp.549-559.
- [6] Ben-Tal, A., Chung, B.D., Mandala, S.R., Yao, T. (2011), "Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains", *Transportation Research Part B*, 45, pp.1177-1189.
- [7] Bozorgi-Amiri, B., Jabalameli, M.S., Mirzapour Al-e-Hashem, S.M.J. (2013), "A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty", *OR Spectrum*, 35, pp.905-933.
- [8] Caunhye, A.M., Zhang, Y., Li, M., Nie, X. (2016), "A location-routing model for prepositioning and distributing emergency supplies", *Transportation Research Part E*, 90, pp.161-176.
- [9] Celik, E., Gumus, A.T. (2016), "An outranking approach based on interval type-2 fuzzy sets to evaluate preparedness and response ability of non-governmental humanitarian relief organizations", *Computers & Industrial Engineering*, 101, pp.21-34.
- [10] Celik, E., Gumus, A.T. ve Alegoz, M. (2014), "A trapezoidal type-2 fuzzy MCDM method to identify and evaluate critical success factors for humanitarian relief logistics management", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27, pp.2847-2855.
- [11] Chapman, A.G., Mitchell, J.E. (2018), "A fair division approach to humanitarian logistics inspired by conditional value-at-risk", *Annals of Operations Research*, 262, pp.133-151.
- [12] Charles, A., Luras, M., Van Wassenhove, L.N., Dupont, L. (2016), "Designing an efficient humanitarian supply network", *Journal of Operations Management*, 47-48, pp.58-70.
- [13] Chen, W., Feng, Q., Xu, Q. (2010), "Emergency logistics risk assessment based on AHM", *Proceedings of the International Conference of Information Science and Management Engineering (ISME 2010)*, pp.59-61.
- [14] Cheng, Q., Yu, L. (2010), "Early warning index system for natural disasters emergency logistics risks", *Proceedings of the International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems (LEITS2010)*, pp.173-176.
- [15] Condeixa, L.D., Leiras, A., Oliveira, F., De Brito Jr, I. (2017), "Disaster relief supply pre-positioning optimization: A risk analysis via shortage mitigation", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, pp.238-247.
- [16] Díaz-Delgado, C., Iniestra, J.G. (2014), "Flood risk assessment in humanitarian logistics process design", *Journal of Applied Research and Technology*, 12, pp.976-984.
- [17] Elçi, Ö., Noyan, N. (2018), "A chance-constrained two-stage stochastic programming model for humanitarian relief network design", *Transportation Research Part B*, 108, pp.55-83.
- [18] Hu, Z.H., Sheu, J.B. (2013), "Post-disaster debris reverse logistics management under psychological cost minimization", *Transportation Research Part B*, 55, pp.118-141.

- [19] Hu, S.L., Han, C.F., Meng, L.P. (2016), “Stochastic optimization for investment in facilities in emergency prevention”, *Transportation Research Part E*, 89, pp.14–31.
- [20] Iakovou, E., Vlachos, D., Keramydas, C., Partsch, D. (2014), “Dual sourcing for mitigating humanitarian supply chain disruptions”, *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4(2), pp.245-264.
- [21] Ivgin, M. (2013), “The decision-making models for relief asset management and interaction with disaster mitigation”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 5, pp.107–116.
- [22] Jahre, M. (2017), “Humanitarian supply chain strategies - A review of how actors mitigate supply chain risks”, *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 7(2), pp.82-101.
- [23] Jeong, K.Y., Hong, J.D., Xie, Y. (2014), “Design of emergency logistics networks, taking efficiency, risk and robustness into consideration”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 17(1), pp.1-22.
- [24] Kabra, G., Ramesh, A., Arshinder, K. (2015), “Identification and prioritization of coordination barriers in humanitarian supply chain management”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, pp.128–138.
- [25] Kovacs, G., Spens, K. (2009), “Identifying challenges in humanitarian logistics”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(6), pp.506-528.
- [26] Nagurney, A., Nagurney, L.S. (2016) “A mean-variance disaster relief supply chain network model for risk reduction with stochastic link costs, time targets, and demand uncertainty”, *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 185, pp.231-255.
- [27] Nolz, P.C., Semet, F., Doerner, K.F. (2011), “Risk approaches for delivering disaster relief supplies”, *OR Spectrum*, 33, pp.543–569.
- [28] Noyan, N. (2012), “Risk-averse two-stage stochastic programming with an application to disaster management”, *Computers & Operations Research*, 39, pp. 541–559.
- [29] Pettit, S., Beresford, A. (2009), “Critical success factors in the context of humanitarian aid supply chains”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(6), pp.450-468.
- [30] Rawls, C.G., Turnquist, M.A. (2012), “Pre-positioning and dynamic delivery planning for short-term response following a natural disaster”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, pp.46-54.
- [31] Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., Bozorgi-Amiri, A. (2016), “An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities”, *Computers & Industrial Engineering*, 94, pp.201–215.
- [32] Rodríguez, J.T., Vitoriano, B., Montero, J. (2012), “A general methodology for data-based rule building and its application to natural disaster management”, *Computers & Operations Research*, 39, pp.863–873.
- [33] Safaei, A.S., Farsad, S., Paydar, M.M. (2018), “Emergency logistics planning under supply risk and demand uncertainty”, *Operational Research*, pp.1-24.
- [34] Sahebi, I.G., Arab, A., Moghadam, M.R.S. (2017), “Analyzing the barriers to humanitarian supply chain management: A case study of the Tehran Red Crescent Societies”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, pp.232–241.
- [35] Sebatli, A., Cavdur, F., Kose-Kucuk, M. (2017), “Determination of relief supplies demands and allocation of temporary disaster response facilities”, *Transportation Research Procedia*, 22, pp.245–254.
- [36] URL1, AFAD (2014), “Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü”, <https://www.afad.gov.tr/upload/Node/3495/xfiles/sozluk.pdf>, 27.11.2017.
- [37] Van der Laan, E.A., De Brito, M.P., Van Fenema, P.C., Vermaesen, S.C. (2009), “Managing information cycles for intra-organisational coordination of humanitarian logistics”, *International Journal of Services Technology and Management*, 12 (4), pp.362-390.

- [38] Yadav, D.K., Barve, A. (2015), “Analysis of critical success factors of humanitarian supply chain: An application of Interpretive Structural Modeling”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, pp.213–225.
- [39] Yahyaei, M., Bozorgi-Amiri, A. (2018), “Robust reliable humanitarian relief network design: an integration of shelter and supply facility location”, *Annals of Operations Research*, In Press, pp.1-20.
- [40] Zolfaghari, M.R., Peyghaleh, E. (2015), “Implementation of equity in resource allocation for regional earthquake risk mitigation using two-stage stochastic programming”, *Risk Analysis*, 35(3), pp.434-458.

İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI'NIN GELECEĞİ İÇİN ÖNERİLER

Hakan Emanet¹

¹Dr.Öğr.Üyesi, Beykent Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü
hakanemanet@beykent.edu.tr

ÖZET

Havayolu taşımacılığında yaşanan artış nedeni ile İstanbul'da üçüncü bir havalimanı yapılması ihtiyacı ortaya çıkmış ve 2014 yılında inşasına başlanmıştır. Üçüncü Havalimanı (ÜHL) yakın gelecekte kademeli olarak faaliyete geçecektir. ÜHL'nin faaliyete geçişinden sonra İstanbul Atatürk Havalimanı(AHL)'nin akıbetinin ne olacağı ise belirsizliğini korumaktadır. Bu çalışma, AHL'nin geleceğiyle ilgili olarak karar alıcılara yardımcı olmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, ÜHL'nin faaliyete geçmesinden sonra kısa ve orta vadede AHL'nin başta doğal afetlerde kullanılmak amacı olmak üzere, fiziksel yapısının korunarak hizmet vermeye devam etmesinin zorunluluğu, gerekçeleri ile birlikte açıklanacaktır. Çünkü, havalimanları ekonomik ve stratejik önemi yüksek altyapı tesisleridir. Ayrıca, uzun vadede başka ne tür hizmetlere uygun olabileceği dünyadaki örnekleri ile ortaya konulacak ve öneriler sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Doğal afet, hava kargo, insani yardım lojistiği, İstanbul Atatürk Havalimanı.

SUGGESTIONS FOR THE FUTURE OF ISTANBUL ATATÜRK AIRPORT

ABSTRACT

Increased air traffic created the need to build a third airport in Istanbul, and the construction started in 2014. In the coming years, the third airport will be gradually operational. The fate of the Ataturk Airport still remains uncertain, after the third airport becomes fully operational. This study aims to help the decision makers in deciding the future of Ataturk Airport. The study explains with justifications the need to keep the Ataturk Airport in its current physical structure and in operation in short to medium term, to be utilized especially during natural disasters. Because, airports are infrastructure facilities with high economic and strategic importance. In addition, appropriate long term uses and proposals will be presented with international examples.

Keywords: Natural disaster, air cargo, humanitarian aid logistics, Istanbul Atatürk Airport.

1. GİRİŞ ve ANA BÖLÜMLER

Atatürk Havalimanı (AHL), İstanbul'un iki havalimanından birisi ve büyük olanıdır. AHL, kentin Avrupa yakasının güneyinde ve nüfusun yoğun olarak yaşadığı bölgelerin hemen yanında, hatta ortasında bulunmaktadır. 2017 Aralık ayı sonu verilerine göre Türkiye'deki toplam havayolu yolcu trafiğinin yüzde 33'üne, hava kargo trafiğinin ise yüzde 80'den fazlasına ev sahipliği yapmaktadır. Ancak, kentin Avrupa yakasının kuzeyinde yapımı devam eden ÜHL'nin 2018 yılının son aylarında işletmeye açılması ile birlikte akıbetinin ne olacağı konusu belirsizliğini korumaktadır.

Diğer yandan, İstanbul'un yakın gelecekte yıkıcı bir depreme maruz kalacağı bilimsel bir gerçektir. Böyle bir depremin özellikle şehrin güney kısımlarında daha fazla hasara ve ölümlere neden olacağı tahmin edilmektedir. Muhtemel hasar bölgelerine yakınlığı ile mevcut ulaşım ağları birlikte değerlendirildiğinde, AHL'nin bir doğal afette yurt içinden ve yurt dışından gönderilecek insani yardım malzemelerinin afetzedelere ivedi olarak ulaştırılması konusunda yaşamsal öneme sahip olduğu kolaylıkla ifade edilebilir.

Bu çalışma, AHL'nin geleceğiyle ilgili olarak karar alıcılara yardımcı olmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, ÜHL'nin tam kapasite ile çalışacağı zamana kadar, başta doğal afetlerde kullanılmak amacı olmak üzere, AHL'nin fiziksel yapısının korunarak hizmet vermeye devam etmesinin zorunluluğu, gerekçeleri ile birlikte açıklanacaktır. Ayrıca, uzun vadede ne tür hizmetlere uygun olabileceği dünyadaki örnekleri ile ortaya konulacak ve öneriler sunulacaktır.

2. YÖNTEM

Çalışmada keşifsel araştırma yöntemi benimsenmiştir. Öncelikle, resmi istatistiki kaynaklardan yararlanılarak İstanbul'daki ve dünyadaki havalimanlarının halihazır durumları ile olası İstanbul depremi gerçeği ortaya konulacaktır. Söz konusu bulgular değerlendirilecek ve sonuç bölümünde de öneriler sunulacaktır.

3. BUGÜNKÜ DURUM

3.1. İstanbul Havalimanlarının Bugünkü Durumu

Havalimanları, hava taşımacılığı olarak tanımlanan sürecin temel elemanlarından biridir. Hava taşımacılığı, insanların, diğer canlıların ve eşyanın emniyetli ve etkin bir şekilde havadan taşınabilmesi için hava aracı işleticileri, havalimanları ve hava seyrüseferiyle ilgili her türlü altyapı, destek ve tamamlayıcı hizmeti sunan birimlerden oluşan bir sistemdir. Bu sistemin işleyişi içerisinde havalimanlarının rolü ise, tüm sistem elemanlarını fiziksel olarak bir araya getirmek ve sürecin kesintisiz akışını sağlamaktır. Diğer bir deyişle havalimanları, hava taşımacılığının kalbidir (Kuyucak Şengür, 2017). Hava taşımacılık süreci ve havalimanları diğer taşımacılık türlerinden hem daha fazla teknoloji gerektirir hem de daha yüksek maliyetlidir.

İstanbul'da ilk hava meydanı, askeri amaçla 1912 yılında, Yeşilköy'de açılmıştır. 1944 yılında Chicago'da imzalanan Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşmasından sonra, Yeşilköy'de uluslararası bir havalimanı yapılmasına karar verilmiş ve 1953 yılında Yeşilköy Havalimanı adı ile uluslararası hava trafiğine açılmıştır. Havalimanının adı 1985 yılında Atatürk Havalimanı olarak değiştirilmiştir. Başlangıçta bir pisti olan havalimanı, zamanla ihtiyaca cevap verebilmek için üç piste çıkarılmış ve yeni terminal binaları yapılarak bugünkü durumunu almıştır (URL1). Daha sonraki yıllarda İstanbul'un Anadolu Yakasında ikinci bir havalimanı olarak 2001 yılında Pendik Kurtköy mevkinde Sabiha Gökçen Havalimanı hizmete açılmıştır. Bu havalimanlarına ait yolcu istatistikleri Tablo 1'de (URL2), hava kargo istatistikleri ise Tablo 2'de verilmiştir (URL3). Sabiha Gökçen Havalimanı 2001 yılında faaliyete başladığından daha önceki yıllara ait hücreler boş bırakılmıştır.

Her iki tablo incelendiğinde AHL'nın yolcu trafiği yıllar içinde artış göstermesine rağmen diğer havalimanlarının faaliyete geçmesi nedeniyle Türkiye toplamı içindeki payının düşüş gösterdiği, kargo trafiğinin ise hem tonaj olarak hem de oran olarak artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Hava kargolarında ürünlerin yükte hafif ekonomik değerinde yüksek olduğu dikkate alındığında; Türkiye'de katma değeri yüksek ve pahalı yüklerin diğer bölgeler oranla İstanbul ve yakın bölgelerde işlem gördüğü sonucuna ulaşılabilir.

Tablo 1: Türkiye Havayolu Yolcu İstatistikleri

Yıllar	Atatürk Havalimanı		Sabiha Gökçen Havalimanı		Türkiye Toplamı
	Yolcu (bin)	Yüzdesi	Yolcu (bin)	Yüzdesi	Yolcu (bin)
1960	359	50,4	--	--	713
1970	1.562	58,3	--	--	2.679
1980	1.938	56,0	--	--	3.458
1990	6.233	45,7	--	--	13.630
2000	14.650	41,9	--	--	34.973
2010	32.144	31,3	11.190	10,9	102.800
2017	63.727	33,0	31.386	16,2	193.319

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu, 2018 (URL2).

Tablo 2: Türkiye Hava Kargo Taşımacılığı İstatistikleri

Yıllar	Atatürk Havalimanı		Sabiha Gökçen Havalimanı		Türkiye Toplamı
	Kargo (bin ton)	Yüzdesi	Kargo (bin ton)	Yüzdesi	Kargo (bin ton)
2010	452	83,5	29	5,4	541
2017	*1.045	89,0	*66	5,6	*1.174

Kaynak: Devlet Hava Meydanları İşletmeleri, 2018 (URL3). * Kesinleşmemiş veri.

İlk fazı 2018 yılının son aylarında açılması planlanan ÜHL ise başlangıçta üç pist ile hizmet verecek ve yıllık 90 milyon yolcu kapasitesinde olacak (URL4) ki; bu kapasite AHL'nın 2017 yılı yolcu trafiğinin yüzde elli fazlasını ifade etmektedir. İlerleyen yıllarda ÜHL'nin diğer pistlerinin de hizmete alınması ile yıllık yolcu trafiği kapasitesinin 150 milyon olacağı ifade edilmektedir (Düzgün ve Tanyaş, 2014). Ayrıca, ÜHL'nin şehir merkezine uzaklığı 35 km'dir (URL4). ÜHL ile AHL arasındaki kuşuçuşu mesafe ise 33 km'dir.

Bu üç havalimanına ulaşım olanakları karşılaştırıldığında ise AHL'na karayolu ve raylı sistemlerle ulaşmak mümkün iken, Sabiha Gökçen Havalimanına sadece karayolu ulaşımı mevcuttur ve yapımı devam eden bir raylı sistem hattı vardır. ÜHL'na ulaşım başlangıçta sadece karayolu ile mümkün olacaktır ve raylı sistemler planlanmıştır.

3.2. Dünya Havalimanlarının Bugünkü Durumu

Havayolu yolcu ve kargo taşımacılığında dünyada işlem hacmi en yüksek ilk 15 havalimanına ait veriler Tablo 3'de verilmiştir. Tabloda havalimanlarının 2010 ve 2016 yılı dünya sıralamaları yolcu ve kargo miktarlarının yanı sıra pist sayıları ile en yakın havalimanları ve bu havalimanları ile aralarındaki kuş uçuşu masafeler de verilmiştir. Tablo 3'deki veriler ışığında şunlar ifade edilebilir:

- Havayolu yolcu ve kargo taşımacılığı sürekli bir artış gözlenmektedir. Bu artış gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere oranla daha fazladır ve yıllar içerisinde gelişmekte olan ülke havalimanları daha üst sıralara çıkmaktadır. Örneğin; Dubai Havalimanı yolcu trafiğinde 2010 yılında 13. sırada iken 2016 yılında 3. sıraya yükselmiştir. Benzer bir durum Shanghai Havalimanı ve AHL'ın da söz konusudur. Kargo trafiği için de aynı şekildedir ve sıralamada en fazla yükseliş AHL'dedir.

- Yolcu taşımacılığında ve kargo taşımacılığında üst sıralarda yer alan havalimanları ayrılmaktadır. Örneğin; Atlanta Havalimanı ve Pekin Havalimanı yolcu trafiğinde sürekli olarak ilk iki sırayı paylaşmalarına rağmen kargo trafiğinde 2016 yılında sırasıyla 41. ve 15. sıralarda yer almaktadırlar. Oysa kargo taşımacılığında sürekli olarak 2. sırada yer alan Memphis Havalimanı yolcu taşımacılığında ilk 50 sıra içine bile girememektedir.

- Hem yolcu hem de kargo trafiğinde yüksek miktarlara çıkılabilmesi için pist sayısının birden fazla olması gerekir.

Tablo 3: Seçilmiş Havalimanlarına Ait Bilgiler

Havalimanının			En Yakın Havalimanı ve Mesafesi (km)	Yolcu Trafiği (bin)			Kargo Trafiği (bin metrik ton)		
Adı	Ülkesi	Pist Sayısı		2010	2016	Dünya Sıralaması 2010-2016	2010	2016	Dünya Sıralaması 2010-2016
Atlanta (ATL)	ABD	5	PDK - 30	89.332	104.172	1 - 1	659	649	30 - 41
Pekin (PEK)	Çin	3	NAY - 39	73.948	94.393	2 - 2	1.549	1.943	16 - 15
Dubai (DXB)	BAE	2	SHJ - 20	47.181	83.654	13 - 3	2.270	2.592	8 - 5
Los Angeles(LAX)	ABD	4	BUR - 29	59.070	80.922	6 - 4	1.810	1.993	13 - 14
Tokyo (HND)	Japonya	4	NRT - 56	65.211	79.670	5 - 5	805	1.224	25 - 23
Şikago (OHD)	ABD	8	PWK - 18	66.775	77.961	3 - 6	1.424	1.528	18 - 20
Londra (LHR)	İngiltere	2	LGW - 39	65.884	75.715	4 - 7	1.551	1.640	15 - 19
Hong Kong (HKG)	Çin	2	MFM - 37	50.349	70.306	11 - 8	4.168	4.615	1 - 1
Shanghai (PVG)	Çin	5	SHA - 46	40.579	66.002	20 - 9	3.228	3.440	3 - 3
Paris (CDG)	Fransa	4	ORY - 32	58.167	65.933	7 - 10	2.399	2.135	7 - 9
Dallas (DFW)	ABD	7	DAL - 20	56.907	65.671	8 - 11	651	752	31 - 35
Amsterdam (AMS)	Hollanda	6	RTM - 46	45.212	63.626	15 - 12	1.538	1.695	17 - 17
Frankfurt (FRA)	Almanya	4	MHG - 64	53.009	60.787	9 - 13	2.475	2.114	6 - 10
İstanbul (IST)	Türkiye	3	SAW - 43	32.166	60.120	37 - 14	452	945	41 - 27
Guangzhou (CAN)	Çin	3	SZX - 100	40.976	59.732	19 - 15	1.144	1.652	21 - 18
Memphis (MEM)	ABD	4	MKL - 109	10.003	4.001	?? - ??	3.916	4.322	2 - 2
Incheon (ICN)	G. Kore	3	GMP - 31	33.606	57.850	33 - 19	2.684	2.714	4 - 4
Anchorage (ANC)	ABD	2	CDV - 250	2.342	*	* - *	2.578	2.543	5 - 6
Louisville (SDF)	ABD	3	LEX - 100	3.344	3.347	?? - ??	2.166	2.437	10 - 7
Tokyo (NRT)	Japonya	2	HND - 56	33.816	39.001	32 - 48	2.168	2.165	9 - 8
Taipei (TPE)	Tayvan	3	TSA - 30	25.114	42.296	?? - 36	1.767	2.097	14 - 11
Miami (MIA)	ABD	4	FLL - 33	35.698	44.585	28 - 30	1.836	2.014	12 - 12
Singapur (SIN)	Singapur	2	JHB - 47	42.039	58.698	18 - 17	1.841	2.006	11 - 13

Kaynak: Airports Council International, Business Insider ve Air Cargo World verilerinden derlenmiştir (URL5), (URL6) (URL7). * Veri bulunamamıştır.

Ayrıca, metropol olarak adlandırılacak bir çok şehirde üç ve daha fazla havalimanı aktif olarak hizmet vermektedir. Bunlara örnek olarak New York, Los Angeles, Londra, Tokyo, Milano, Barselona gibi şehirler gösterilebilir.

3.3. Doğal Afetler Açısından İstanbul'un Bugünkü Durumu

İstanbul jeopolitik konumu, sahip olduğu stratejik önemi, tarihi dokusu ve ekonomik potansiyeliyle dünyanın en önemli metropollerinde yer almaktadır. Yüzyıllardır çok sayıda devlete başkentlik yapmış olan İstanbul'un tarihinde çok sayıda doğal afete maruz kaldığı görülmektedir. Bu doğal afetlerden en fazla görüleni depremlerdir. İstanbul şehri Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alması nedeniyle defalarca deprem yaşamış ve bu depremler sonucunda çok sayıda can ve mal kaybı yaşanmıştır (Bayram ve Bilir Güler, 2016) ve yakın bir gelecekte de büyük bir depreme maruz kalma olasılığının (Uslu ve Uzun, 2014) yüksek olduğu uzmanlar tarafından ifade edilmektedir.

Doğal afetlerden, özellikle kitlesel zararlara yol açan afetlerden sonra acil yardım açısından ilk 24 saat yaşamsal derecede önemlidir (Ali vd., 2015). Bu maksatla daha önceden belirlenmiş afet istasyonlarının oluşturulması ve afet istasyonları ile afetzedelerin toplanması için uygun merkezlerin belirlenmesi, müdahale edeceklerin acil yardım hizmetlerine daha hızlı bir şekilde başlayabilmeleri ve gerekli arama kurtarma çalışmalarının yönlendirilmesi için çok gereklidir (Aslan vd., 2015). Bu tür toplanma merkezlerinin afetzedelerin kolaylıkla ve ivedi olarak ulaşmasına olanak sağlayan yerler olmasında fayda vardır. Üstelik yoğun nüfusun yaşadığı yerleşim merkezlerinde erişimin kolay olması yanında mekanın da geniş olması önem arz etmektedir. Diğer yandan, afet sonrasında afetzedelere ulaştırılacak insani yardım malzemelerinin depolanması ve arama kurtarma ekiplerinin organize olması için afet bölgesine mümkün olan en yakın alanlarda tespit edilmesi afetzedelere ulaşımı hem kolaylaştıracak hem de çabuklaştıracaktır.

AHL'nın konumu ile ÜHL'nin konumu karşılaştırıldığında AHL'nın doğal afet sonrasında afete müdahale ve afetzedelere yardım açısından daha uygun olduğu, hatta AHL'nın mükemmel bir doğal afet toplanma merkezi olabileceği ifade edilebilir.

3.4. Havalimanlarının Doğal Afetlerde Kullanımına Dünyadan Örnekler

Doğal afet sonrasında insani yardım operasyonlarının başarısı birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan bir kaçısı şunlardır; etkin bir doğal afete müdahale planı ve hazırlığı, altyapı tesisleri olarak depolama tesisleri, karayolları, limanlar ve havalimanları (Agostinho, 2013). Bu faktörlerin herbiri önemlidir ve bir zincirin halkaları niteğindedir. Ancak havalimanlarının ilk müdahale esnasındaki öneminin daha fazla olduğu ifade edilebilir. Bir felakette, fonksiyonlarını yerine getirebilen bir havalimanının yerini hiçbir şey tutamaz (Smith vd., 2007).

Doğal afetlere maruz kalmış ve maruz kalması muhtemel olan bölgelerdeki idari birimler tarafından çeşitli büyüklükte ve ayrıntıda planlar ve hazırlıklar yapılmaktadır. İstanbul için deprem üretmesi muhtemel olan Kuzey Anadolu fay hattının bir benzeri de Kuzey Amerika'daki San Francisco şehri için deprem üreten San Andreas fay hattıdır (Licciardia vd., 2018). San Francisco Körfezi ve şehri için yerel idari makamlar tarafından yapılan plan ve hazırlıklarda bölgenin üç büyük havalimanının (Oakland, San Francisco, and San Jose) afet sonrası planlamalarda aktif olarak kullanılması planlanmaktadır (Logistics Response Plan, 2014).

Diğer yandan; doğal afetlerde havalimanlarının faal tutulması ve aktif olarak kullanılmasının önemi konusunda bir inisiyatif olarak, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile Deutsche Post-DHL ortaklığı "Get Airports Ready for Disaster (GARD) – Havalimanlarının Afetlere Hazırlanması" eğitimini hayata geçirmiş ve bu kapsamda Dünyada 29 havalimanında eğitimler verilmiştir. AHL ve Sabiha Gökçen Havalimanı da 2012 yılı içinde bu eğitimlere dahil olmuştur (URL8).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, havalimanlarının pahalı ve stratejik altyapı tesisleri olduğu, aynı zamanda doğal afetlerde hayati derecede öneme sahip olduğu ve İstanbul'u yakın zamanda bir depremin beklediği gerçekleri ışığında AHL'nın geleceği için şunlar önerilebilir:

- Havalimanının seyrüsefer yetenekleri dahil olmak üzere havacılık yetenekleri aktif tutulmalıdır.
- Havalimanının mevcut altyapısı korunmalıdır.
- Havalimanının doğal afetlerde bir lojistik merkez (hub) olarak kullanılabilmesi için mevcut depolama tesisleri gerekir ise elden geçirilmelidir.
- Açık alanları için doğal afetlerde çadırkent veya konteynerkent olarak kullanılmak üzere planlar yapılmalıdır.
- Havalimanının mevcut yetenekleri kullanılarak Memphis, Tokyo gibi dünyadaki örneklerine benzer şekilde hava kargo taşımacılığına uzmanlaşarak devam edilebilir. Böylece, ÜHL çoğunlukla yolcu taşımacılığına odaklanarak hizmet kalitesini arttıracaktır.

Konu ile ilgili olarak araştırmacıların; havalimanlarının uzmanlaşması, doğal afetlerde havalimanlarının kullanımı gibi konular üzerinde çalışmalarını önerilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Agostinho, C.F. (2013), "Humanitarian Logistics: How to help even more?", 6th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics, The International Federation of Automatic Control September 11-13, 2013. Fortaleza, Brazil, pp.206-210.
- [2] Ali, K., X. Nguyen, H., Vien, Q., Shah, P. (2015), "Disaster Management Communication Networks: Challenges and Architecture Design", The Fifth International Workshop on Pervasive Networks for Emergency Management, 1/15, pp.537-542.
- [3] Aslan, H.M., Yıldız, M.S., Uysal, H.T. (2015), "Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması: Düzce'de Bir Lokasyon Analizi", Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, Yıl:3, C:3, S:2, ss.111-128.
- [4] Bayram, A., Bilir Güler, S. (2016), "Doğal Afetlerin Önlenmesinde Kuruluşların Önem ve Sorumluluk Düzeylerine Göre İncelenmesi: İstanbul Örneği", Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl 9, S:2, ss.665-686.
- [5] Düzgün, M., Tanyaş, M. (2014), "The Importance of Istanbul Grand Airport (IGA) for Turkey and Its Influence on Widely Regional Air Traffic Around", XII. International Logistics and Supply Chain Congress, October 30-31, Istanbul, TURKIYE.
- [6] Uslu, G., Uzun, B. (2014), "Kentsel Dönüşüm Projelerinde Deprem Etkisi", Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, C:6, No:2, ss.1-11.
- [7] Kuyucak Şengür, F. (2017), "Havaalanı İşletmeciliğinde Yeni Eğilimler: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme", Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt 13, Sayı 4, ss.751-766.
- [8] Licciardia, A., Eken, T., Taymaz, T., Piana Agostinetti, N., Yolsal-Çevikbilen, S. (2018), "Seismic Anisotropy in Central North Anatolian Fault Zone and Its Implications on Crustal Deformation", Physics of the Earth and Planetary Interiors, 277, pp.99-112.
- [9] Regional Catastrophic Earthquake Logistics Response Plan (2014), Annex to the San Francisco Bay Area Regional Emergency Coordination Plan, California Governor's Office of Emergency Services.
- [10] Smith, J.F., Waggoner, S. S., Hall, G. (2007), "Memphis Airport as a Model for Disaster Response", Crisis Response Journal, 3(3), pp.30-32
- [11] URL1, Devlet Hava Meydanları İşletmeleri (2018), İstanbul Atatürk Havalimanı Tarihçesi, <http://www.ataturk.dhmi.gov.tr/havaalanlari/sayfa.aspx?hv=1&mnu=684#.WpO8Urx182w>, 26.02.2018.
- [12] URL2, Türkiye İstatistik Kurumu (2018), <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 28.02.2018.
- [13] URL3, Devlet Hava Meydanları İşletmeleri (2018), <http://www.ataturk.dhmi.gov.tr/havaalanlari/istatistik.aspx?hv=1#.WpeLXh3FI2w>, 28.02.2018.
- [14] URL4, İstanbul Yeni Havalimanı Ekonomik Etki Analizi (2016), http://www.igairport.com/docs/default-source/default-document-library/iga_etki_analizi_mtb_uyg_6_.pdf?Status=Master&sfvrsn=0, 28.02.2018.
- [15] URL5, Airports Council International, <http://www.aci.aero/Data-Centre/Annual-Traffic-Data/Passengers/2010-final-summary>, 27.02.2018.
- [16] URL6, Business Insider, <http://www.businessinsider.com/20-busiest-airports-in-the-world-2017-5#no-2-beijing-capital-international-airport-pek-94393454-passengers-in-2016-19>, 27.02.2018.
- [17] URL7, Air Cargo World, <https://aircargoworld.com/allposts/top-50-cargo-airports-total-domestic-and-international-charts/>, 27.02.2018.
- [18] URL8, United Nations Development Programme, <https://www.undp.org/content/undp/en/home/programmes-and-initiatives/gard.html>, 19.03.2018.

AFET YÖNETİMİNDE BÜYÜK VERİ VE VERİ ANALİTİĞİ UYGULAMALARI: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Nadide Çağlayan¹, Şule İtir Satoğlu², Emine Nisa Kapukaya³

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, caglayan16@itu.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, onbaslis@itu.edu.tr

³İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, canc15@itu.edu.tr

ÖZET

İnsan ve diğer canlıların günlük yaşamını sekteye uğratan büyük hasarlara sebep olan afetler ve acil durumlarda, hızlı planlama, karar verme, tek seferde en doğruyu uygulayabilme hayati öneme sahiptir. Bu gibi durumlarda tüm süreçler düşünüldüğünde karmaşık ve dinamik bir yapı ile karşılaşmaktadır. Yönetim süreçlerinin hızlıca ilerleyebilmesi için her aşamada veri elde etmek ve gelen veriyi analiz etmek, afet etkilerinin hafifletilebilmesi ve müdahale süreçlerinin kolaylaştırılabilmesi için gereklidir. Afet yönetim süreçlerinde büyük veri ve veri analitiği uygulamaları araştırmacıların dikkatini yeni çekmiş bir alandır. Çalışmanın amacı literatürdeki bu çalışmalarını inceleyerek çıkarımlarda bulunmaktadır. Bu çalışma konularındaki boşlukların neler olduğunun, yeni araştırma konularının, veri kaynaklarının belirlenmesi ve yapılmış araştırmalara yeni yorumlar getirilmesi hedefleri için literatür araştırması hazırlanmıştır. "Afet yönetimi", "büyük veri" ve "veri analitiği" ana başlıklarını temel alan araştırmada afet ve acil durumlarda toplanabilecek veriler, bu verilerin analizinin nasıl olacağı ve nasıl kullanılacağı sorularının yanıtları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda konuyla ilgili olarak araştırmacıların karşılaşabileceği kısıtlamalara yer verilmiş ve yeni araştırma konuları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Acil durum yönetimi, Afet yönetimi, Büyük veri, Veri analitiği

BIG DATA AND DATA ANALYTICS APPLICATIONS IN DISASTER MANAGEMENT: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

In disasters and emergency situations that cause great damage to the daily lives of people and other living things, it is crucial to plan, make decisions, apply the right one at a time. When all processes are considered in such situations, a complex and dynamic structure is encountered. In order for management processes to progress rapidly, it is necessary to acquire data at every stage, analyze incoming data, mitigate disaster impacts, and facilitate intervention processes. Big data and data analytics applications in disaster management processes have attracted the attention of researchers. The aim of the study is to examine these studies in the literature and make inferences. A literature search has been prepared for the goals of the gaps in these study areas, the identification of new research topics, the identification of data sources and the introduction of new interpretations. Based on the main headings of "disaster management", "big data" and "data analytics", the answers to the questions that can be taken in disaster and emergency situations and how to use the analysis of these data have been researched. As a result of the study, there are some limitations that can be raised against the related researchers and new research topics are proposed.

Keywords: Emergency management, Disaster management, Big data, Data analytics

1. GİRİŞ

Acil durum yönetimi, önceden kestirilebilen veya ani meydana gelen acil durumların gelişmesinden önce başlayan ve durumun eski haline döndürülebilmesi için yapılan çalışmalar ile bunların organizasyonunu kapsayan yönetim sürecidir.

Büyük ölçekte acil durum yönetimi doğal afetler, terör saldırıları ve birçok insanı maddi manevi yönden etkileyen olayları içine almaktadır. Dinamik süreç olan acil durum yönetiminde birçok farklı açıdan olası durumlar planlanmış olmalıdır. Önceden yapılmış çalışmalarla aciliyet durumunda etkilenenlerin paniğe kapılmadan yönlendirmeleri, ilgili alanının hızlıca düzenlenebilmesi ve iyi işleyen bir sistemin tasarlanmış olması gerekir. Hayati önem taşıyan konularda araştırma yapılmalı, uygun ve güvenli yollar önerilmelidir. Bunun için acil durum yönetimi başlığı altında birbirinden çok farklı alanlarda çalışmalara rastlanmaktadır. Tüm mühendislik alanları, sosyal alanlar ve genel olarak toplumu ilgilendiren her alandan düzenlemeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Acil durum yönetiminde kaynak kullanımının koordine edilmesi ve bilgi paylaşımı büyük önem taşır. Bu çalışmada her alana hızla girmiş olan bilgi teknolojilerinin afet yönetiminde kullanımı ile ilgilenilmiştir. Günlük hayatta artık giyilebilir dahi olan teknolojinin, organizasyonunun hayati olduğu afet yönetim süreçlerinde uygulanması önemlidir. Afet veya acil durumda ve bunun sonrasında en kısa sürede, etkilenen kişilerin güvenli bölgelere yönlendirilmesi ve onlara hizmetlerin ulaştırılabilmesi istenir. Burada zaman, konum belirleme, kaynak atama ve gerekli olan her faaliyetin koordinasyonu sağlanmalıdır. İnsan yaşamını dikkate alan bu konuda teknolojiden faydalanılmalıdır. Acil durum yönetiminde teknoloji kullanımı önemlidir. Acil durum yönetiminde modern teknolojiler, yönetimi etkin bir şekilde izlemek, yanıtlamak, kontrol etmek için kullanılmalıdır. Bu araçlarla çeşitli sosyal kaynakları biraraya getirip sebepleri bilimsel olarak analiz ederek, gelişme süreci ve olayların olumsuz etkileri incelenebilir, hızlı çözümler üretmek için bilgi sağlanır. Afetler büyük boyutlu acil durumlar olarak değerlendirilebilir. Çalışmada afet yönetiminde yapılan uygulamalara, kullanılan araçlara ve veri ile çalışmalara ait literatür araştırması yapılmıştır.

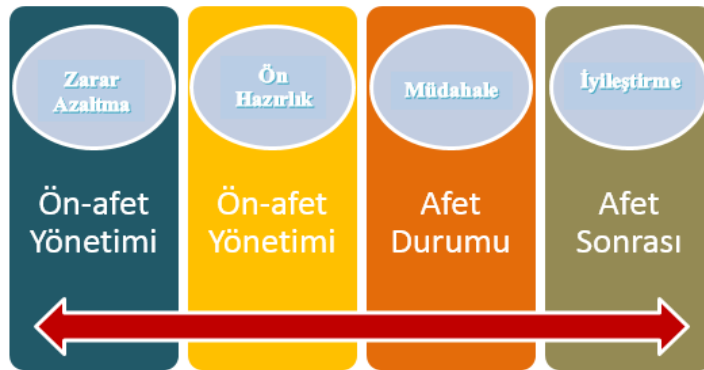
1.1. Afet Yönetimi

EM-DAT (Birleşmiş milletler uluslararası afet veri tabanı) raporlarına göre acil bir durumun afet olarak değerlendirilebilmesi için;

- 10 veya daha fazla kişinin ölmüş
- 100 veya daha fazla kişinin durumdan etkilenmiş
- İlgili devletlerin olağanüstü hal bildirisinde veya uluslararası yardım çağrısında bulunmuş olması kriterlerinden en az birinin gerçekleşmiş olması gerekir.

Birçok farklı kaynaklı gerçekleşen afetler incelendiğinde 1966-2015 yılları arasında dünya çapında 4,5 milyon ölüme sebep olan 20,533 afet meydana gelmiştir ve bu afetlerin %62' si doğal afet %38' i ise insan kaynaklı afetlerdir. 2016 yılında 342 afet meydana gelmiştir. Bu sayı 2006 yılından beri en düşük üçüncü sıradadır. Buna rağmen yine 2006 yılından bu yana etkilenen 569 milyon kişi sayısı ile en üst sırada yer almaktadır (URL1).

Afet yönetimi; belirleme, hazırlık, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme uygulamaları ile afet olaylarını kontrol altında tutar. Literatürde farklı tanımlamalar olsa da genel olarak afet yönetim süreci dört grupta değerlendirilirken afet yönetimi bu süreçleri kapsayan 3 temel fazda ele alınmaktadır. Afet yönetiminin üç temelini ön-afet (pre-disaster) , afet durumu (disaster) ve afet sonrası (post-disaster) oluşturur. Ön-afet yönetimi afet oluşmadan önceki, afet durumu, afetin meydana geldiği hemen sonraki, afet sonrası ise afetin meydana geldiği ile normal şartlara geri dönüş evreleri arasındaki süreç olarak değerlendirilir (Lettieri vd., 2009). Bazı çalışmalarda afet öncesi ve sonrası olarak iki bölümde çalışılsa da sonuç olarak benzer bir sınıflandırma yapılmaktadır. Bahsi geçen afet yönetimi döngüsündeki dört süreç; zarar azaltma (mitigation), ön hazırlık (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) süreçleridir. Zarar azaltma ve ön hazırlık süreçleri ön afet yönetimine dahil olan süreçlerdir. Müdahale aşaması afet durumunda değerlendirilirken, iyileştirme aşaması afet sonrası yönetim sürecidir. Afet yönetim yapısı Şekil 1' de sunulmuştur.



Şekil 1: Aşamalarına Göre Afet Yönetimi Yapısı

Çok eski yıllardan günümüze kadar dünyada büyük maddi manevi zararlara sebep olan afetler yaşanmıştır ve devam etmektedir. Afetlerin birçoğu çok kısa bir zaman dilimi içerisinde ortaya çıkar ve can, mal kaybına neden olur.

İnsan ve diğer canlıların günlük yaşamını sekteye uğratan büyük hasarlara sebep olan afetlerde, hızlı planlama, karar verme, tek seferde en doğruyu uygulama hayati bir öneme sahiptir. Afet yönetimi ise daha önce ifade edildiği gibi afet öncesi, afet durumu ve sonrası yapılacak faaliyetleri kapsar. Afet önleme, gerçekleştiğinde zararını azaltma ve doğal akışa geri dönme süreçlerinin bütünü ele almaktadır. Tüm bu süreçler düşünüldüğünde afet yönetimi karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Kontrolü zor olan bu yapı için sistemlerden gelen hacmi büyük verilerin analizi büyük veri uygulamalarıyla yapılabilir. Afet öncesinde, afet durumuna göre bulundurulması gereken malzeme, ekipman, kaynak verileri önceden bilinip analiz edilebilmesi gerekirken, afet sürecinde veri akışı ayrı boyutlar kazanarak daha da hızlanacaktır. Gelen veriyi analiz etmek, afet etkilerini hafifletebilmek veya müdahale süreçlerini kolaylaştırabilmek için önemlidir.

1.2. Büyük Veri ve Veri Analitiği

Büyük veri (big data) teknolojiadaki ilerlemenin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Büyük veri; üretilen, yakalanan veya yüksek hızla işlenen çok çeşitli verilerin büyük hacimli hali olarak tanımlanabilir (Laney, 2001). Bir başka tanım ise sürekli değer dağıtımı, performans değerlendirmesi ve rekabetçi avantajların saptamasında, bilgi aktarmak için yönetim süreci ve 5V' ye bütünsel bir yaklaşımdır (White, 2012). Burada 5V, verinin hacmi (volume), çeşitliliği (variety), hızı (velocity), geçerliliği (veracity) ve değerini (value) ifade eder.

Büyük veri bilgi akışı, sosyal medya verileri veya büyük veri tabanlarından gerçekleşir. Chen vd. (2017), acil durum yönetimi için verinin alınışından analizine olan süreci; veri tabakası, özel ağ yazılımı, uygulama tabakası ve etkileşim tabakası olarak ayırmıştır. Veri tabakası çeşitli bölgelerde kurulan aygıtlardan verinin elde edilip depolanması aşamasıdır. Özel ağ yazılımı veri akışının sağlanması için gereken protokolleri, iletişimi içermektedir. Uygulama aşaması acil durum bilgilerinin elde edilmesi, analiz etme ve karar verme uygulamalarını içermektedir. Son olarak etkileşim tabakası ise gerçek zamanlı verilerle web tabanlı platformlar arasında iletişim sağlar ve acil durum yetkililerinin alternatif kararlar verebilmelerini sağlar (Chen vd., 2017). Acil durumlarda büyük veri elde edilmesine göre üç guruba ayrılabilir. Direkt veriler, bir kullanıcının özel olarak bir kişi veya yer üzerine odaklanarak teknolojik aygıtlar sayesinde topladığı verilerdir. Otomatik veriler, bir sistem üzerinden pasif olarak toplanan verilerdir. Gönüllü verileri ise orada bulunan kişilerce aktif veya pasif olarak sosyal medya platformları üzerinden toplanan verilerdir.

Büyük verilerin işlenmesi ve bu verilerden değer oluşturmak için istatistik ve sayısal hesaplama yöntemleri arasında entegrasyonu sağlayacak araçlara, yöntemlere ihtiyaç vardır. Çalışma kapsamında ele alınan büyük veri analitiğidir. Elde edilen verilerden değer elde etmek için kullanılan analiz yöntemlerinin genel ifadesidir. Büyük verilerin hacmi, hızı ve çeşitliliği analizi zorlaştırmaktadır. Bu verilerin anlamlı bilgi haline gelebilmesi için analiz edilmesi gerekir. Bu amaçla kullanılan yöntemler arasında veri madenciliği, makine öğrenmesi, görselleştirme ve istatistiksel analiz yöntemleri ilk akla gelenler arasındadır (Çil, 2002). Veri analitiğinin üç temel çeşidi vardır: tanımlayıcı (descriptive), tahminleyici (predictive), yapısal (prescriptive) analitiktir. Tanımlayıcı analitikte; istatistik, veri madenciliği, iş zekâsı, tahminleyici analitikte; zaman serisi analizi, regresyon, çok değişkenli istatistik teknikleri, yapısal analitikte ise graf teorisi, simülasyon, sinir ağları, sezgisel yöntemler, makine öğrenmesi teknikleri uygulanmaktadır(URL2).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Afet yönetimi konusunda birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak bu konuda büyük veri ve veri analitiği uygulamaları çok daha az çalışılmakla beraber araştırmaya açık bir konudur. Çalışmanın amacı literatürde bulunan bu çalışmaları inceleyerek çıkarımlarda bulunmaktır. Bu alanda araştırma boşluklarının neler olduğu, yapılabilecek araştırma konularının belirlenmesi, veri kaynaklarının belirlenmesi ve yapılmış araştırmalara yeni yorumlar getirilmesi hedeflenir. Bunun için de literatür taraması yapılmıştır. “Afet yönetimi”, “büyük veri” ve “ veri analitiği” ana başlıklarını temel alarak yapılan araştırmada afet yönetiminde elde edilebilecek verilerin neler olduğu, bu verilerin analiz edilerek nasıl kullanılacağı sorularının yanıtları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda konuyla ilgili araştırmacıların karşısına çıkabilecek kısıtlamalara yer verilmiş ve yeni araştırma konuları önerilmiştir. Çalışmaların araştırılmasında Scopus, Web of Science ve Google Scholar akademik veri tabanlarından yararlanılmıştır. Makale taramalarında;

- Disaster Management-Afet yönetimi
- Emergency Management-Acil durum yönetimi
- Humanitarian Logistics- İnsani yardım lojistiği
- Big Data- Büyük veri
- Data analytics- Veri Analitiği, anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

İlk olarak makaleler “ emergency management” OR “disaster management” OR “humanitarian logistics” AND “ Big Data” OR “Data Analytics” anahtar kelimeleri ile Scopus veri tabanında taranmıştır. 158 yayın içinde ingilizce yazılmış olan makalelerle sınırlama yapıldığında 42 makaleye inmiştir.

Web of Science veri tabanında yapılan taramada ise 35 makaleye ulaşılmıştır. Veri tabanı dikkate alındığında yıllara göre çalışma sayıları Tablo 1’ de verilmiştir. Taramaya yıl sınırı eklenmemiştir, yeni çalışılan bir konu olduğu için çalışma geçmişleri eskiye gitmemektedir. Taranan makaleler incelendiğinde bir kısmının çalışmamızın amacı ötesinde teknik bilgiler gerektiren makaleler olduğu görülmüştür ve bu yayınlar çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca bilgi sistemleri ile ilgili birkaç makaleye ayrıca yer verilmiştir. Tabloda tarama sonucu ulaşılan makale sayıları ve oransal değerleri sunulmuştur.

Tablo 1: Yıllara Göre Yapılan Çalışma Sayısı

Yayın Yılı	Yıllara Göre Makale Sayısı	Yüzdelerik değeri (Yaklaşık olarak)
2018	6	16 %
2017	10	29 %
2016	16	46 %
2015	3	9 %

2.1. Afet Yönetiminde Bilgi Sistemleri

Dikkate alınan konularda yapılmış çalışmaların bilgi sistemlerinin kullanımı ile yakından ilgili olduğu görülmüştür. Verilerin elde edilebilmesi için nesnelere interneti(IoT-Internet of Things), uzaktan algılama (remote sensing), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), sensörler, radyo frekans tanımlama sistemleri(RFID-Radio Frequency Identification) gibi birçok sistem kullanılmaktadır.

Peña-Mora vd. (2008), çalışmalarında afet yönetiminde response ve recovery aşamalarını dikkate alarak bina değerlendirme çalışmaları üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında ‘collaboration for preparedness, response and recovery (CP2R)’ sistemi ile belirledikleri ihtiyaçları karşılayacak ve bina değerlendirme çalışmalarını destekleyecek bir bilgi sistemi önerisinde bulunmuşlardır.

Alamdar vd. (2016) çalışmalarında sensörlerin ve onların verilerinin afet yönetiminde farklı organizasyonlara nasıl karar desteği sağlayabileceğini incelemektedir. Çalışma Avusturya’da sel felaketini dikkate alan örnek bir çalışma üzerinden işlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında gerçek zamanlı acil durum verileri ve sensör verileri ile ilgili iki anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada ilgili organizasyonların sensörlerin kullanımları açısından değerlendirmeleri sunulmuştur. Afet yönetiminde karşılaşılan zorlukları üç maddeye ayıran çalışmada sensör web tipine dayalı yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada afet yönetiminde sensörlerle veri akış süreci üzerinde durulurken, farklı sensör ve sistemler ele alınarak karşılaştırmalara yer verilmiştir.

Gill vd. (2016) ileri yaştaki insanları acil durumlarda bilgilendirebilecek IoT özellikli, yönlendirmeli bilgi sistemi yaklaşımı önerisinde bulunmaktadır. Çalışmanın amacı, acil durumların sıkça rastlandığı Avusturya’ da araştırmacılar tarafından ileri yaştaki insanlar için bu gibi bilgilendiricilerin dikkate alınmasını sağlamaktır. Çalışmada farklı mimari yapılar önerilmiştir ve bir örnekle beraber prototip çalışması yapılmıştır.

Ray vd. (2017) çalışmalarında afet yönetiminde IoT’nin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Afet türleri yönetim, izleme, analiz ve tahmin açılarından değerlendirilmiştir. Afet yönetiminde IoT destekli protokollerle ilgili geniş bilgi verilen çalışmada birçok afet türünü incelemiş ve var olan uygulamalardan örnekler vererek karşılaştırmalar yapmışlardır. Afet türüne göre sistem tasarımıyla ilgili bilgilerin de verildiği çalışmada karşılaştırmalı olarak hazırlanmış literatür araştırması mevcuttur. Çalışma sonucunda afet yönetiminde IoT kullanımının zorlukları ve gelecek yönelimleri başlıklarına genişçe yer verilmiştir.

Ray ve Turuk (2017), afet durumunda zamanın önemini vurguladıkları çalışmalarında afet sonrası iletişim için bir öneride bulunmuşlardır. Ağın afet durumunda karşılaşılabileceği zorluklar, kısıtlamalar açıklanarak önerilen sistemin var olanlara göre karşılaştırması yapılmıştır. Lv vd. (2017), çalışmalarında elektronik hükümet bulut hizmet modeli önerisinde bulunmuşlardır. Afet yönetimi için kapsamlı olarak tüm aşamalar üzerinde geliştirilmiş karar destek sistemi önermişlerdir. Önerilen sistem teknolojik yapılar ve uygulamalar olarak farklı katmanlar halinde ele alınıp her katmanın ayrıntılı açıklamasına yer verilmiştir.

Landwehr vd. (2016) ve Ai vd. (2016) karar destek sistemi önerdikleri çalışmalarında Tsunami durumu için zarar azaltma aşamasını dikkate almıştır. Çalışma CBS ve sosyal medya üzerinde yoğunlaşmıştır. Chung ve Park (2016), afet olduğu durumda hızlı ve güvenli olarak veri elde edip depolayabilecekleri bir IoT tabanlı ‘Peer to Peer (P2P)’ bulut sistemi önermişlerdir. Deak vd.(2013), Yang vd.(2013) ve Wang vd.(2015) müdahale aşamasını dikkate almışlardır.

Bu çalışmalarda IoT, sensör ve CBS sistemlerinden yararlanılarak karar destek ve iletişim ağı sistemi önerisinde bulunulmuştur.

Tablo 2’de afet yönetimi aşamalarına ait faaliyetler ve bu amaçlara yönelik yapılan uygulamalara yer verilmiştir. Faaliyetlerin belirlenmesinde Altay ve Green (2006)’ in çalışmalarından yararlanılmıştır. Bir kısım faaliyetler genel afet yönetim faaliyetlerini ve bir kısmı ise önerdiğimiz, yapılabilecek çalışmaları içermektedir.

Tablo 2: Afet Yönetim Aşamalarına Göre Faaliyet Ve İlgili Uygulamalar

İlgili Aşama Faaliyetleri	Kullanılabilecek Sistemler ve Uygulamaları
Zarar Azaltma	
Afet senaryolarının oluşturulması	Uzaktan algılama teknolojisi ile hasarlı veya yeterli dayanıklılığa sahip olmayan yapılar belirlenebilmektedir (Qi ve Altınakar, 2011). Nesnelerin interneti kullanımı ve sosyal medya verileri ile afet öncesinde erken uyarı sistemi kurulabilir ve bu da kayıpların azaltılması için önemli katkılar sağlar (Gill vd., 2016; Landwehr vd.,2016)
Afet durumunda etkilenecek kişilerin, bölgelerin belirlenmesi	
İlgili bölgeler ve bu bölgelerdeki binaların, yapıların risk analizinin yapılması	
Afet senaryolarının üretilmesi ve çözüm yollarının geliştirilmesi	
Olası bir afet durumu için gerekebilecek bütçenin belirlenmesi	
Erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi	
Bina, yol, yapıların güçlendirilmesi	
Ön Hazırlık	
Acil durum planlarının oluşturulması	RFID etiketleme ile mevcut malzeme bilgilerine kolayca ulaşılabilir, malzeme yönetimi yapılabilir. Görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı ile yol ağları kontrol edilebilir. Özel geliştirilmiş karar destek sistemleri ile İlgili kamu kurum, kuruluşları, sivil toplum örgütlerini biraraya getiren, bilgi paylaşımını sağlayan platform sayesinde koordinasyon sağlanır (Karataş vd., 2015). Sosyal medya veri işleme sistemi kurularak; • Erken uyarı • Yer belirleme yapılabilir (Ai vd., 2016; Landwehr vd., 2016; Neppallia vd., 2017; Papadopulos vd., 2017).
Acil tıp merkezleri için yer tespitlerini yapılması	
Geçici acil yardım merkezlerinin yer belirlemelerinin yapılması	
Afet senaryolarına göre gerekebilecek malzeme ihtiyaçlarının belirlenmesi	
Afet senaryolarına göre gerekebilecek insan kaynaklarının planlanması	
Yaralı taşıma, kurtarma operasyonlarının planlanması	
Afet durumları için gereken iletişim ağı alt yapılarının geliştirilmesi	
Gereken araç, ekipman, teknoloji seçimlerinin yapılması	
Personel eğitimleri, toplum bilinçlendirme çalışmalarının yapılması	
Gerekli bütçeleme çalışmalarının yapılması	
Sığınak yerlerinin belirlenmesi, ulaşım ağlarının oluşturulması	
Devlet, kurum, kuruluş koordinasyon sistemi oluşturmak	

Tablo 2(devam): Afet Yönetim Aşamalarına Göre Faaliyet Ve İlgili Uygulamalar

İlgili Aşama Faaliyetleri	Kullanılabilecek Sistemler ve Uygulamaları
Müdahale	
Acil eylem merkezlerinin çalışır hale getirilmesi	<p>CBS, uzaktan algılama, trafik sensör sistemlerinden elde edilen bilgilerin işlenmesi ile acil müdahale ekipleri uygun yollara yönlendirilebilir (Chatrapathi vd., 2015)</p> <p>IoT ve RFID ile;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afettede giriş-çıkış, sağlık ve kimlik bilgileri kayıtları • Acil müdahale merkezi yoğunluğunun gerçek zamanlı görülebilmesi ve buna göre yönlendirmeleri • Yaralı durum takibi • Sığınak yoğunlukları ve yaşam koşulları ile ilgili bilgilerin kayıt ve takibinin yapılması • Malzeme ve ekipman kullanımı, ihtiyaç belirlenmeleri • Afet kurbanlarının etiketlemeleri yapılabilir.
Acil durum planlarının uygulamaya koyulması	
Yaralı tahliyelerinin yapılması	
Sığınakların, çadırların kurulması	
Geçici belirlenen noktaların hizmete hazır hale getirilmesi	
Geçici acil tıp merkezlerine malzeme, ekipman tedarikinin yapılması	
Hasar tespit çalışmalarının yapılması	
Kullanılabilecek yolların belirlenmesi	
Afet kurbanlarının belirlenmesi ve işlemlerin gerçekleştirilmesi	
İlgili kurumların iletişimlerinin sağlanması	
İyileştirme	
Detaylı hasar tespitlerinin yapılması	<p>Farklı bilgi sistemlerinin(CBS, uzaktan algılama vb.) entegrasyonu ile çalışan karar destek sistemleri (AYDES vb.) ile;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasarlarının tespiti • Enkaz kaldırma çalışmalarının takibi • Raporlamaların sistematik hale getirilmesi • Süreçler arası tutarlılığın sağlanması gibi çalışmalar yapılabilmektedir (URL3).
Enkaz kaldırma çalışmalarının yapılması	
Etkilenen kurum, kuruluşların yenileme ve düzenlemelerinin yapılması	
Finansal değerlendirmelerin yapılması	
Geçici merkezlerin kaldırılması ve malzeme değerlendirmelerinin yapılması	
Geri dönen malzeme, kaynak tespitlerinin yapılması, depolanması veya değerlendirmelerinin yapılması	
Sığınak durum tespitlerinin yapılması, tekrar eski haline getirilmesi	
Afet döneminde karşılaşılan eksikliklerin değerlendirilmesi ve işleme koyulması	

2.2. Afet Yönetiminde Büyük Veri ve Veri Analitiği

Büyük veri ve veri analitiği afet yönetimi için araştırıldığı zaman çalışmaların büyük çoğunluğunun karar destek sistem tasarımı ve sosyal ağ verilerinin analizi ile ilgilendiği görülmüştür. Sosyal ağlardan kişilerin paylaşım yaptığı videolar, görüntüler ve metin mesajları acil müdahale merkezlerince toplanıp incelenerek olayın genel durumu ile ilgili çıkarımlar yapıp sürecin akışına katkıda bulunacak bilgiler elde edilebilmektedir. Bu çalışmalarda esas amaç, edinilen bilgilerle karar vericilere doğru bilgi sağlamaktır (Onorati ve Diaz, 2016). Sosyal medya aracılığı ile yani Twitter, Facebook gibi kanallar ile gönüllülerden gelen veriler analiz edilmektedir. Yao vd. (2017), çalışmada gönüllü verilerinden yararlanılarak şehir nüfusunun binalara göre nasıl dağıldığı farklı algoritmalar uygulanarak belirlenmiştir. Çalışmanın temel amacı nüfus

dağılımlarının belirlenmesi ile kaynak atama faaliyetlerinin optimizasyonunu sağlamaktır. Afet öncesi, afet durumu ve sonrası için yapılan çalışmalarda erken uyarı, afet durumunda bölgelerdeki şiddetin büyüklüğü hakkında bilgi, afet sonrasında kişilerin güvenliği, ihtiyaçları bilgilerinin edinilmesinde sosyal medya verileri kullanılabilir. Elde edilen veriler veri analitiği çalışmaları ile analiz edilmektedir (Linardi, 2016; Ai vd., 2016; Neppallia vd., 2017; Papadopulos vd., 2017). Landwehr vd. (2016), atılan metin mesajlarının (tweet) analizi ile Tsunami için planlama ve erken uyarı üzerine çalışmışlardır. Bu mesajlardan anahtar kelimeleri yakalayarak sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma sonrasında istatistik ve makine öğrenmesi yöntemlerini uygulamışlardır.

Ma ve Zhang (2017), büyük verileri kullanarak işbirliği, koordinasyon, haberleşme için karar destek sistem önerisinde bulunmuşlardır. Yeuma vd.(2018), çalışmalarında geçmiş afet görüntülerinden yararlanılarak afet sonrası araştırma çalışmalarından elde edilen görüntülerin işlenmesi ve sınıflandırılması için çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında görüntü sınıflandırma ve hasar belirleme çalışmasında yapay sinir ağları yöntemini uygulamışlardır. Reznik vd. (2017) üç farklı bilgi sisteminden alınan verilerin tarım alanlarında acil durumlarda nasıl kullanılabilmesine dair bir çalışma yapmışlardır. Hazırlık ve müdahale aşamalarında edinilen verilerin kullanımına dair değerlendirmede bulunmuşlardır. Tak ve Soo (2017), farklı sensörlerden alınan bilgilerin değerlendirmesi ve coğrafi bilgi sistemlerinin buna entegrasyonu ile gaz hattı üzerinde değerlendirmeyi mümkün kılan gerçek zamanlı bir sistem önermişlerdir. Afet hazırlık aşamasını dikkate alan sistem için risk değerlendirme faaliyetleri üzerinde durulmuştur.

Griffith vd. (2017), çalışmalarında insani yardım lojistiği faaliyetleri için öneriler sunmuşlardır. İnternet üzerinde istenilen konumları dikkate alan harita oluşturma ve karar ağaçları yöntemleri ile karar çevrim sürelerini düşüren sistem önerisinde bulunulmuştur. Çalışmada ayrıca verilerin elde edilebileceği kaynaklar özellikle belirtilmiştir. Lele ve Lhua (2016) kimya endüstrisi alanında oluşabilecek acil durumlar için önleyici, tüm süreç içerisinde erken uyarı sistemini inceleyecek karar destek sistemi önermişlerdir.

Leiras vd. (2014), afet durumunda insani yardım lojistiği faaliyetlerini içeren literatür çalışmasında afet operasyonları yönetimindeki trendler ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunmuşlardır. Özdamar ve Ertem (2015) müdahale ve iyileştirme aşamaları, Jain vd.(2017) zarar azaltma aşaması için literatür çalışması yapmışlardır. Bu çalışmalarda sistematik yaklaşımlar izlenmiştir ve geleceğe yönelik olarak çalışılabilir alanlarla ilgili önerilerle bulunulmuştur. Chen vd. (2017) afet yönetim sürecinin tamamının dikkate alındığı çalışmada acil durum yönetiminde akıllı sistemler üzerine literatür çalışması yapmışlardır. Fosso vd. (2015) afet yönetiminde büyük veri uygulamalarını içeren sistematik bir literatür araştırması yapmış ve konuyla ilgili önerilerde bulunmuşlardır. Goswami vd.(2016) doğal afetlerde veri madenciliği ve veri analitiği yöntemlerini dikkate alan bir literatür çalışması hazırlamışlardır. Çalışmada istatistiksel yöntemler, yapay sinir ağları, kümeleme, metin madenciliği (text mining), zaman serileri gibi yöntemlerin kullanıldığını göstermiştir. Bu çalışmada diğer literatür araştırması çalışmalarından farklı olarak, kullanılan bilgi sistemleri üzerinde durulmuştur. Çalışmalarda afet yönetimi aşamalarına göre verilerin hangi bilgi sistemi ile elde edildiğinden bahsedilmiştir. Tablo 3' de afet yönetim aşamalarına göre kullanılan bilgi sistemleri sunulmuştur.

Tablo 3: Afet Yönetim Aşamalarına Göre Kullanılan Sistemler

Afet Yönetimi Aşaması	Kullanılan Bilgi Sistemi	Afet Yönetimi Aşaması	Kullanılan Bilgi Sistemi
Zarar azaltma-Hazırlık-Müdahale-İyileştirme	<ul style="list-style-type: none">➤ IoT Tabanlı Sistemler(Ray vd.,2017; Ma ve Zhang, 2017)➤ İşlemsel Zeka (Chen vd., 2017)➤ Bilgi Teknolojileri (Horita vd., 2017; Cinnamon vd., 2016)➤ Sosyal Medya/Ağlar (Ma ve Zhang, 2017, Wang vd., 2017)➤ CBS (Grifith vd.,2017; Lv vd., 2017)➤ Uzaktan Algılama (Lv vd., 2017)	Afet Sonrası	<ul style="list-style-type: none">➤ CBS (Yeuma vd., 2018; Crooks ve Wise, 2013)➤ Ajan Temelli Simulasyon (Crooks ve Wise, 2013)➤ IoT (Ray ve Turuk, 2017)
Zarar Azaltma	<ul style="list-style-type: none">➤ CBS (Ai vd., 2016)➤ Sosyal Medya(Landwehr vd., 2016; Ai vd., 2016)	Müdahale	<ul style="list-style-type: none">➤ IoT (Deak vd., 2013; Yang vd., 2013; Chung ve Park, 2016; Rathore vd., 2016)➤ CBS (Qi ve Altınakar, 2011; (Crooks ve Wise, 2013; Alamdar vd., 2016)➤ Uzaktan Algılama Teknolojileri(Qi ve Altınakar, 2011)➤ Sosyal Ağlar(Onorati ve Diaz, 2016)➤ Bilgi ve iletişim Teknolojileri(Kuo vd., 2015)➤ Sensörler (Yang vd., 2013; Wang vd., 2015;Alamdar vd., 2016)➤ Bulut Sistemler(Rathore vd., 2016)➤ RFID(Jain vd., 2017)
Müdahale-İyileştirme	<ul style="list-style-type: none">➤ Bilgi Sistemleri(Özdamar ve Ertem, 2015)		

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı iki konu arasında bir köprü oluşturarak bütünleştirmek, yeni yaklaşım olan büyük veri konusunun bu hayati önem taşıyan afet yönetimi problemlerine uygulanması ile ilgili çalışmalarını derleyerek yeni çalışılabilir alanları belirleyebilmektir. İncelenen çalışmaların karar destek sistemi önerisine yoğunlaştığı görülmüştür. Çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan bir diğer konu ise sosyal medya verilerinin analizidir. Risk değerlendirme, erken uyarı sistemleri, nüfus haritalama gibi konulara da özel olarak çalışılmıştır.

Afet ve acil durum yönetiminde büyük veri ve veri analitiğini içeren çalışmalarda veri elde etme zorlukları ile karşılaşmaktadır. Çalışmaların büyük bir kısmı veri elde etmeye yönelik çalışmalar sunmaktadır. Bu çalışmalara bilgi sistemi seçimi, farklı koşul ve acil durum tipleri için teknoloji ve yer seçimi çalışmalarına da yer verilebilir.

Çalışmalarda sıklıkla hazırlık ve müdahale aşamalarının çalışıldığı görülmektedir. İyileştirme aşamasında çalışma sayısı daha azdır. Konunun doğası gereği insan hayatı öncelikle dikkate alınmaktadır ancak insan hayatı öncelikli olarak maliyetleri de dikkate alan çalışmalar yapılabilir.

Bu alanda yönetim aşamaları, insani yardım faaliyetleri uygulamaları ile büyük veri ve veri analitiği uygulamaları arasında bir boşluk olduğu anlaşılmaktadır. Operasyonel faaliyetleri dikkate alan iki konu arasında köprü olacak çalışma sayısı oldukça azdır. Gelecek çalışmalarda gerçek zamanlı verilerin elde edilmesine ek olarak bu verilerin kullanımına da ağırlık verilmelidir. Bu verilerle çalışılarak;

- Mevcut malzeme bilgilerine gerçek zamanlı ulaşılabilir, malzeme yönetimi yapılabilir.
- Görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı ile yol ağları anlık olarak kontrol edilebilir ve gerekli yönlendirmeler yapılabilir.
- Tıp merkezleri için dinamik kapasite, ihtiyaç çalışmaları yapılabilir.
- Senaryolar geliştirilerek kaynak atama çalışmaları hazırlanabilir.
- Yaralı durum takibi yapılarak hasta yönlendirmeleri ile ilgilenilebilir.
- Yeni kısıtlar dahil edilerek ve gerçek zamanlı görüntü işlemeyle dinamik araç rotalama çalışmaları yapılabilir.
- Afetin hemen sonrasında sığınak durumları anlık takip edilerek ihtiyaç planlaması yapılabilir.
- Afet ve acil durumlarda kaosu önleyecek dinamik trafik sistemleri kurulabilir.
- İlgili merkezler arası ulaşımı kolaylaştıracak yerleşimler tasarlanabilir.
- Yol, tıp merkezi verileri ile büyük veri analitiği çalışmaları yapılabilir.
- Sistem önerileri uygulamalı olarak çalışılabilir.

- Önerilen sistem fayda maliyet analizleri yapılabilir.
- Büyük veri analitiği yöntemleri ile senaryolar üretilerek planlamalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ai, F., Comfort, L. K., Dong, Y., Znati, T. (2016), “A dynamic decision support system based on geographical information and mobile social networks: A model for tsunami risk mitigation in Padang, Indonesia”, *Safety Science*, 90, pp. 62–74.
- [2] Alamdar, F., Kalantari, M., Rajabifard, A., (2016), “Towards multi-agency sensor information integration for disaster management”, *Comput. Environ. Urban Syst.* 56, pp. 68–85.
- [3] Altay, N. and Green, W. G. (2006), “OR/MS research in disaster operations management”, *European Journal of Operational Research*, 175(1), pp. 475–493.
- [4] Chatrpathi, C., Rajkumar, M. N., Venkatesakumar, V. , (2015), "VANET based integrated framework for smart accident management system", *Proc. IEEE Int. Conf. Soft-Comput. Netw. Secur. (ICSNS)*,25-27 Feb., pp. 1-7.
- [5] Chen, N., Liu, W., Bai, R., Chen, A. (2017), “Application of computational intelligence technologies in emergency management: a literature review”, *Artificial Intelligence Review*, pp. 1–38.
- [6] Chung, K., Park, R. C. (2016), “P2P cloud network services for IoT based disaster situations information. *Peer-to-Peer Networking and Applications*”, 9(3), pp. 566–577.
- [7] Çil, I., (2002), “Bilgi Tabanlı İmalat Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama”, *Endüstri Mühendisliği* 1, ss.15-27
- [8] Cinnamon, J., Jones, S. K., Adger, W. N. (2016). “Evidence and future potential of mobile phone data for disease disaster management”, *Geoforum*, 75, pp. 253–264.
- [9] Crooks, A.T. and Wise, S. (2013). “GIS and agent-based models for humanitarian assistance”, *Computers, Environment and Urban Systems*, 41,pp. 100–111.
- [10] Deak, G., Curran, K., Condell, J., Asimakopoulou, E., Bessis, N. (2013), “IoTs (Internet of Things) and DfPL (Device-free Passive Localisation) in a disaster management scenario”, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 35, pp. 86–96.
- [11] Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., Gnanzou, D. (2015), “How “big data” can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study”, *International Journal of Production Economics*, 165,pp. 234–246.
- [12] Gill, A. Q., Phennel, N., Lane, D., Phung, V. L. (2016), “IoT-enabled emergency information supply chain architecture for elderly people: The Australian context. *Information Systems*”, 58,pp. 75–86.
- [13] Goswami, S., Chakraborty, S., Ghosh, S., Chakrabarti, A., Chakraborty, B., (2016) "A review on application of data mining techniques to combat natural disasters", *Ain Shams Engineering Journal*, In press.
- [14] Griffith, D. A., Boehmke, B., Bradley, R. V., Hazen, B. T., Johnson, A. W. (2017), “Embedded analytics: improving decision support for humanitarian logistics operations”, *Annals of Operations Research*,pp. 1–19.
- [15] Horita, F. E. A., de Albuquerque, J. P., Marchezini, V., Mendiondo, E. M. (2017), “Bridging the gap between decision-making and emerging big data sources: An application of a model-based framework to disaster management in Brazil”, *Decision Support Systems*, 97(Supplement C),pp. 12–22.
- [16] Jain, G., Kulshrestha, A., Vyas, N.L. (2017), “Radio Frequency Identification Technology application for disaster and rescue: a review”, *International Archive of Applied Sciences and Technology*, 8,pp. 64-73.
- [17] Jong Tak, P., Chang Soo, K. (2017), “A Study on the Construction of City-Gas Smart Disaster Prevention System Based on GIS”, *International Journal of Control and Automation*, 10, pp. 43–52.
- [18] Karataş, İ., Işık, A.İ., Yüksel, M.E.,(2015), “Afet Yönetimi Ve Karar Destek Mekanizması Yazılımı”, *International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)*, 7-9 May, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye
- [19] Kuo, Y. H., Leung, J. M. Y., Meng, H. M., Tsoi, K. K. F. (2015), “A Real-Time Decision Support Tool for Disaster Response: A Mathematical Programming Approach”, *2015 IEEE International Congress on Big Data*, pp. 639–642.
- [20] Landwehr, P. M., Wei, W., Kowalchuck, M., Carley, K. M. (2016), “Using tweets to support disaster planning, warning and response”, *Safety Science*, 90,pp. 33–47.
- [21] Laney, D. (2001), “3D Data management: Controlling data volume, velocity and variety”. Meta Group.

- [22] Leiras, A., De Brito, I., Queiroz, E., Bertazzo, T., Yoshida, H. (2014), "Literature review of humanitarian logistics research: trends and challenges", *J. Humanitarian Logist. Supply Chain Manage.*, 4, pp. 95-130.
- [23] Lele, Q., Lihua, K. (2016), "Technical Framework Design of Safety Production Information Management Platform for Chemical Industrial Parks Based on Cloud Computing and the Internet of Things", *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 9(6),pp. 299–314.
- [24] Lettieri, E., Masella, C., Radaelli, G. (2009), "Disaster management: findings from a systematic review" *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 18(2),pp. 117–136.
- [25] Linardi, S. (2016), "Peer coordination and communication following disaster warnings: An experimental framework", *Safety Science*, 90(Supplement C),pp. 24–32.
- [26] Lv, Z., Li, X., Choo, K.-K. R. (2017), "E-government multimedia big data platform for disaster management", *Multimedia Tools and Applications*,pp. 1–13.
- [27] Ma, Y., Zhang, H. (2017), "Enhancing Knowledge Management and Decision-Making Capability of China's Emergency Operations Center Using Big Data", *Intelligent Automation & Soft Computing*, 0(0),pp. 1–8.
- [28] Neppalli, V. K., Caragea, C., Squicciarini, A., Tapia, A., Stehle, S. (2017), "Sentiment analysis during Hurricane Sandy in emergency response", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21(Supplement C),pp. 213–222.
- [29] Onorati, T., Díaz, P. (2016), "Giving meaning to tweets in emergency situations: a semantic approach for filtering and visualizing social data", *SpringerPlus*, 5(1), 1782.
- [30] Özdamar, L., Ertem, M. A. (2015), "Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics", *European Journal of Operational Research*, 244(1),pp. 55–65.
- [31] Papadopoulos, T., Gunasekaran, A., Dubey, R., Altay, N., Childe, S. J., Fosso-Wamba, S. (2017), "The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability", *Journal of Cleaner Production*, 142(Part 2),pp. 1108–1118.
- [32] Peña-Mora, F., Aziz, Z. U. H., Chen, A., Plans, A., Foltz, S. (2008), "Building assessment during disaster response and recovery", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 161(4),pp. 183–195.
- [33] Qi, H., Altınakar M.S., (2011), "A GIS-based decision support system for integrated flood management under uncertainty with two dimensional numerical simulations", *Environmental Modelling & Software*, 26 (6), pp. 817-821.
- [34] Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., Wan, J., Zhang, D. (2016), "Real-time Medical Emergency Response System: Exploiting IoT and Big Data for Public Health", *Journal of Medical Systems*, 40(12), 283.
- [35] Ray, N. K., Turuk, A. K. (2017), "A framework for post-disaster communication using wireless ad hoc networks", *Integration, the VLSI Journal*, 58(Supplement C),pp. 274–285.
- [36] Ray, P. P., Mukherjee, M., Shu, L. (2017), "Internet of Things for Disaster Management: State-of-the-Art and Prospects", *IEEE Access*, 5,pp. 18818–18835.
- [37] Řezník, T., Lukas, V., Charvát, K., Charvát, K., Křivánek, Z., Kepka, M., Herman, L., Řezníková, H. (2017), "Disaster Risk Reduction in Agriculture through Geospatial (Big) Data Processing", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(8),p. 238.
- [38] Wang, W., Hu, C., Chen, N., Xiao, C., Wang, C., Chen, Z. (2015), "Spatio-temporal enabled urban decision-making process modeling and visualization under the cyber-physical environment", *Science China Information Sciences*, 58(10),pp. 1–17.
- [39] Wang, X., Liu, Y., Zhang, H., Ma, Q., Cao, Z. (2017), "Public Health Emergency Management and Multi-Source Data Technology in China", *Intelligent Automation & Soft Computing*, 0(0),pp. 1–8.
- [40] White, M. (2012), "Digital workplaces: Vision and reality", *Business Information Review*, 29(4), pp.205–214.
- [41] Yang, L., Yang, S. H., Plotnick, L. (2013), "How the internet of things technology enhances emergency response operations", *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9),pp. 1854–1867.
- [42] Yao, Y., Liu, X., Li, X., Zhang, J., Liang, Z., Mai, K., Zhang, Y. (2017), "Mapping fine-scale population distributions at the building level by integrating multisource geospatial big data", *International Journal of Geographical Information Science*, 31(6), pp. 1220–1244.
- [43] Yeum, C. M., Dyke, S. J., Ramirez, J. (2018), "Visual data classification in post-event building reconnaissance", *Engineering Structures*, 155,pp. 16–24.
- [44] URL1, EM-DAT (2016), http://emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf.

[45] URL2, <http://kod5.org/veri-biliminde-veri-analitigi-tipleri/>

[46] URL3, AFAD (2017) , <https://www.afad.gov.tr/tr/3639/Afet-Yonetim-ve-Karar-Destek-Sistemi-Projesi-AYDES>

DOĞAL AFETLERE KARŞI HAZIRLIK VE DOĞAL AFET LOJİSTİĞİ

Yrd.Doç.Dr. Ayhan Demirci¹, Elif Bilgiç², Öğr.Gör. Didem Demir³

¹ Toros Üniversitesi İİSBF UTL Bölüm, Mersin, ayhan.demirci@toros.edu.tr

² Toros Üniversitesi İİSBF UTL Bölümü, Mersin, ug.elif.bilgic@toros.edu.tr

³ Toros Üniversitesi İİSBF UTL Bölümü, Mersin, didem.demir@toros.edu.tr

ÖZET

Doğal afetin en önemli özelliği doğal olması, can ve mal kaybına neden olması, çok kısa zamanda meydana gelmesi ve başladıktan sonra insanlar tarafından engellenememesidir. Engellenememe özelliği nedeniyle, günümüzde yapılabilecek en uygun hareket tarzının “doğal afetlerle iç içe yaşamayı öğrenmek” olduğu açıktır. İnsani ve ekonomik faaliyetlerin büyük bir bölümünü etkileyen lojistik, günlük yaşamımızın bütünleyici bir parçasıdır. Bu kapsamda; doğal afet lojistiği, olası bir doğal afet durumunda, bölgede duyulan ihtiyaca göre, her türlü malzemenin ne miktarda temin ve tedarik edileceğinden itibaren ne şekilde depolanacağı, hangi tür vasıtalarla ve hangi eğitime sahip personel tarafından bölgeye ulaştırılacağı, dağıtım, kullanım ve sonrasında hangi yöntemlerle bertaraf edileceği gibi konular özel olarak planlama ve çalışma gerektirmektedir. Bu çalışmada; lojistik ve doğal afetin tanımı ile birlikte, mevzuat boyutuyla ülkemizde ve dünyadaki olası doğal afet durumlarında destek olması tasarlanan kurum ve kuruluşların faaliyetleri ele alınmıştır. Bu kurumların yasal dayanakları ile farklı doğal afet türlerine karşı hazırlıkları incelenerek karşılaştırmalar yapılmış ve hazırlık safhasındaki faaliyetler ile mevcut uygulamalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Doğal Afet, Lojistik, Doğal Afet Lojistiği.

NATURAL DISASTER PREPAREDNESS AND NATURAL DISASTER LOGISTICS

ABSTRACT

The most important characteristic of natural disasters is that it is natural, it causes loss of life and property, it takes place in a very short time and finally it can not be prevented by people after starting. Due to its non-blocking nature, it is clear that the most appropriate course of action nowadays is to "learn how to live with natural disasters". Logistics is an integral part of our everyday life. It affects a large part of human and economic activities. In this scope; natural disaster logistics, how to dispose of all kinds of materials according to what needs to be procured and supplied, in what kind of ways and with which trainees will be transported to the region by distribution, use and after as well as the planning and operation of the subjects. In this study; logistics and natural disasters, as well as the activities of the institutions and organizations that are designed to support the potential natural disasters in our country and the world in terms of legislation. The legal basis of these institutions and their preparations against different types of natural disasters were examined and comparisons were carried out, and proposals were made for preparatory activities and existing practices.

Keywords: Natural Disaster, Logistics, Natural Disaster Logistics.

1. DOĞAL AFETLER

Arapça kökenli bir kelime olan afet bela, yıkım, felaket anlamlarına gelmektedir (Yılmaz, 2005). Ergünay'ın (1996) tanımına göre ise afet fiziksel, sosyal ve ekonomik yıkımlara sebep olan insan topluluklarının faaliyetlerini kesintiye uğratan ve bu insan topluluğunun kendi imkânları doğrultusunda sorunun üstesinden gelemediği insan kökenli olan ya da insan kökenli olmayan sonuçlardır. Bu bağlamda afetler birçok maddi ve manevi kayıplar yaratabilmekte, meydana geldiği bölge ya da bu bölgeye yakın yerler içinde ciddi tehditlere neden olabilmektedir.

Afetin benzer bir tanımının yer aldığı John Hopkins Üniversitesi'nin Kızıl Haç Örgütüyle birlikte hazırladıkları ortak Rapora göre, afetler öngörülemeyen ve yıkıcı sonuçlara neden olan olaylardır. Bireyler bağlamında salgın hastalıklar,

ölümler, sosyal ve ekonomik felaketler de bir afet nedeniyle, toplumsal bazda yangınlar, seller, depremler sonucunda insan topluluklarının barınaksız kalması ve yaşam düzenlerinin yıkıma uğraması da bir afet nedenidir.

Diğer bir tanım itibarıyla de, afet sosyal dokunun bozulması ve bu bozulmadan sonra mevcut gidişatin daha kötüye evrilmesidir (Alexander, 2005). Bir başka tanım da afeti savaşın kopyası olarak nitelendirmekte ve bu bağlamda katastrofik bir olay olarak savunmasızlığı ve belirsizliği afetin bileşenleri olarak tasvir etmektedir (Jigyasu, 2005).

Doğal afetler ile afet arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Bu iki kavram arasında net sınırlar olmamakla birlikte afet ve doğal afet arasında yapılan bu yapay ayrımın, afetin oluşum sürecinin kaynağıyla ilişkili olduğu yukarıda vurgulanmıştır. Bu bağlamda doğal afetler, meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik olayların neden olduğu insan toplulukları üzerinde büyük yıkımlara yol açan olaylar olarak tanımlanabilir (Yavaş, 2005).

Doğal afetler; fiziksel ve sosyal ortamda büyük yıkımlara yol açma kapasitesine sahip, uzun dönem tahriplere neden olabilecek olaylardır. Scheidegger (1994) ise doğal afetleri anlık, ani doğal değişimlerin uzun soluklu sorunlara ve toplumsal yıkımlara neden olduğu olaylar olarak tanımlamıştır.

Doğal afetlerin yarattığı etkilerin de tartışılması gerekmektedir. Yavaş'ın yaptığı tanımlamaya göre doğal afetlerin olası yıkıcı etkileri birkaç başlık altında toplanabilir (Yavaş, 2005):

- Doğal afetin yıkıcı sonuçlarının iktisadi, toplumsal, bireysel birçok alanda olumsuz etkisi bulunmaktadır.
- Doğal afetlerin yol açtığı yıkıcı etkiler piyasa temelli bir bakış açısıyla, hem doğrudan zararlar (doğal kaynaklar, binalar, ürünler) üretmekte, hem de yıkımın etkisiyle birlikte dolaylı (işsizlik gibi) zararlar getirmektedir.
- Doğal afetin neden olduğu mali zararlar ve kayıplar da fiziki göstergeler yoluyla tespit edilip değerlendirilmektedir.

Belirtildiği üzere, doğal afetlerin mevcut düzene birçok zararı olduğu görülmektedir. Özellikle doğal afetin etkilerinin en yüksek düzeyde hissedildiği akut anından itibaren birçok olumsuzluğa neden olmaktadır. Her ne kadar doğal afet yıkımları ve kayıpları açısından afetin öncelikle neden olduğu doğrudan zararlar öncelik verilse de, afet sonrası meydana gelen hem fiziksel hem de sosyal birçok yıkımın sosyal ve iktisadi maliyetini hesaplamak pek mümkün değildir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin doğal afetlerin yıkıcı etkilerine maruz kalmaları uzun dönemde dahi aşamayacak sayısız probleme yol açmıştır.

Aşağıda insanlık tarihiyle birlikte büyük yıkımlara neden olduğu bilinen önemli bazı doğal afetler hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

1.1. Depremler

Depremler, tahmin edilmesi pek mümkün olmayan, gerçekleşmesi uzun süreçlere dayanmayan, yıkım oranının yüksek olduğu çok sayıda can ve mal kaybına neden olan bir doğal afet türüdür (Yavaş, 2005). Bir başka teknik tanıma göre de, deprem yer kabuğunda meydana gelen titreşimler ve bu titreşimlerin yarattığı sismik dalgaların yeryüzüne ulaşarak onu sarsması olayıdır. Bu teknik boyutundan hareketle depremin büyüklüğü sayısal bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Depremin süresi ve şiddeti de yıkıcı etkileri üzerinde rol oynar. Bu bağlamda, her deprem yıkıma ve felakete neden olmamaktadır. Genel karakteristikleri bakımından depremler kestirilemeyen, aniden gerçekleşen, kontrol edilmesi güç, kuvvetli, anlaşılabilir, umulmayan doğa olayları şeklinde de tanımlanabilecektir (Yılmaz, 2005).

Tahmin edilmesi diğer afet türlerine göre çok güç olan depremler, yıkıcı etkilerinin büyüklüğü sebebiyle de birçok afet türüne göre insan toplulukları tarafından daha şiddetli hissedilmiştir. Tarihsel bağlamda da ülkelerin konumlandıkları alanlar, kentleşme, bilinçlilik ve eğitim düzeyleri de depremlerin yaratacağı olası etkinin boyutlarını da değiştirmiştir. Depremin teknik tanımları yanında sosyal olarak yaratacağı etkilerin tanımına da bakmak faydalı olacaktır.

İnsanların alışageldikleri düzeninin bozulması, yaşamsallıklarını devam ettirdikleri düzenin sekteye uğraması ve depremden zarar gören insanların yardım bekleme yoluyla çevreleriyle tekrardan ilişki kurmaları, bu toplulukların kendilerine ve çevrelerine yabancılaşmalarına sebep olmaktadır (Kasapoğlu ve Ecevit, 2001).

1.2. Seller

Tahmin edilenden daha fazla yağış olması, sel baskınlarını önlemede büyük payı olan ormanların yok edilmesi, yağışlara paralel olarak akarsu akış düzeninin kontrolsüz olması, yer altında biriken suların yeryüzüne çıkarak taşkınlarla sebep olması sonucunda oluşan seller Geray (1974) tarafından insan ve diğer canlı türlerini etkileyen bir doğal afet türü olarak nitelendirilmiştir.

Bir başka tanıma göre de, seller bir alana gereğinden fazla yağmurun düşmesi sonucu oluşmakta ve dünyanın her bölgesinde aynı sonuçları getirmektedir (Carnegie vd., 2008). Bu bağlamda, bir bölgede meydana gelen yağış; tarımın ve

diğer ihtiyaçların karşılanması için bir gereklilik sayılabilecekken, başka bir bölgede su taşkınlarına neden olabilecektir. Sonuçları itibariyle seller birçok insanın ölümüne ve evsiz kalmasına, tarımsal ürünlerin zarar görmesine, toprak kirliliği oluşmasına, haberleşme ve ulaşım sistemlerinin sekteye uğramasına neden olmaktadır (Yavaş, 2005).

Oluşum süreçlerine bakıldığında, zaman sel felaketinin nedenleri de tamamen doğal süreçlerle şekillenmeyebilir. Akarsuların taşmasını engelleyen ve bir bakıma doğal set görevi gören ormanların insan toplulukları tarafından yok edilmesi su taşkınlarına neden olabilmektedir (Yılmaz, 2005). Her ne kadar sellerin oluşum ani yağışlar ve orman bölgelerinde meydana gelen kayıplar sebebiyle önceden kestirilebilir olmasa da, risk altında tanımlanabilecek nehir yatakları, deltalar önceden belirlenerek sel baskınlarının oluşumu engellenebilir (Yavaş, 2005).

1.3. Çığlar

Kar ve buz kütlelerinin birlikte ya da ayrı ayrı olarak aniden hareket etmesi ve dağın yamacından aşağı doğru büyük bir kütle halinde kayması olayına çığ adı verilmektedir (Carnegie vd., 2008). Özellikle karasal iklim türünün hâkim olduğu ve kar yağışlarının sık görüldüğü yerlerde görülen çığların, dünyanın pek çok ülkesinde görülmesine rağmen, bir afet olarak adlandırılması için, insanları ve yapıları yıkıcı bir etki göstermesi gerekmektedir (Yılmaz, 2005).

Dağlık bölgelerde görülen çığların tahmin edilebilirliği, risk haritası çıkarılarak tahmin edilebilmektedir (Yavaş, 2005). Ormanlar, çığ düşmelerini engelleyen yapılar olarak karşımıza çıkmakta ve bu nedenle de ormanların korunması için bölge halkı özen göstermektedir (Geray, 1974). Oluşumları itibariyle çığlar da yapay ve doğal süreçlerle meydana gelmektedir. Kar kütlelerinin yerinde durmasını sağlayan yapının ortadan kalkması, deprem sonucunda oluşan titreşimlerin kütleli hareketi geçirmesi, ısı değişimlerine paralel olarak kar kütlelerinde meydana gelen değişimler çığ felaketinin sebepleri arasında sayılabilir (Akyel, 2007; Carnegie vd., 2008).

Çığ felaketinin neden olduğu sonuçlarda afet yönetimin kapsamında çığ felaketine ne şekilde yaklaşılması gerektiği bakımından da önem taşımaktadır. Öncelikle çığ felaketinin tahmin edilebilir olması yukarıda sayılan nedenler dâhilinde görece mümkün olsa bile, felaket gerçekleşikten sonra bölgeye ulaşım ve ilk yardım faaliyetlerinin yürütülmesi de bölgeye ulaşım kolaylığına bağlı olarak değişecektir.

1.4. Tsunamiler

Uzun dalga boylarının ya da seri dalgaların yol açtığı devasa dalgaların yol açtığı tsunamiler, önemli bir afet türü olarak görülmektedir. Tsunami dalgaları okyanusta hızla hareket etmekte ve özellikle su kütlelerinin derin olduğu bölgelerde tahmin edilebilmeleri pek mümkün olmamaktadır (Carnegie vd., 2008).

Çok yüksek dalga büyüklüklerine ulaşan tsunamilerin yıkıcı etkileri de aynı oranda şekillenmektedir. Tsunamiye neden olan temel olaylar, yer kürede meydana gelen volkanik ve kütleli hareketler, deprem hareketine nedeniyle su kütlelerinin yer değiştirmesi, deniz tabanında meydana gelen hareketlenmeler olarak sıralanabilir (Akyel, 2007).

Yer kürede meydana gelen volkanik ve kütleli hareketlerin tsunami oluşumuna sebep olması, tsunaminin tahmin edilebilir olmasını da güçleştirmektedir. Bir başka ifadeyle, dakikalar içerisinde dev dalga boyuna ulaşan tsunami kıyı sahillerini yerle bir edebilme gücüne sahiptir. Fakat öte yandan, tsunami afetine maruz kalma potansiyeline sahip bölgeler önceden tespit edilebilmekte ve hazırlık süreçleri bu yönde şekillenebilmektedir.

1.5. Kasırgalar

Kasırga kelime anlamı itibariyle tropikal siklon anlamına gelmekte ve tropikal sular üzerinde meydana gelen hava sistemine işaret etmektedir (Carnegie vd., 2008). Büyük hızla hareket eden kasırgalar, özellikle kıyı bölgelerini etkilemekte ve bazı durumlarda da tahmin edilebilmektedir. Bangladeş, Filipinler ve özellikle Amerika kıtasında gerçekleşen Katrina Kasırgası gibi çok yıkıcı kasırgalarda binlerce insanın ölümüne ve büyük maddi kayıplara neden olmuştur. Kasırga felaketi bu sebeple dünyanın her bölgesinde görülen bir afet türü değildir. Yavaş'a göre kasırgaların sel baskınları ve fırtınalar olarak iki şekilde etkisi görülmekte ve erken uyarı sistemlerinin varlığı söz konusu afetin zararlarını en aza indirecektir (Yavaş, 2005).

1.6. Yangınlar

Özellikle hava sıcaklığının arttığı yaz aylarında görülen yangınlar, sık meydana gelen bir doğal afet türüdür. Her yangın türü bir afete neden olmamakta birlikte Yavaş'ın yaptığı tanımlamaya göre üç başlık altında toplanabilir (Yavaş, 2005):

- Sadece küçük bir bölgeyi etkileyen büyük yangınlar %85
- Büyük yangınlar %13
- Felakete neden olan yangınlar %2

Yangınlarda oluşum nedenlerine göre ikiye ayrılmakta ve doğa olaylarının sebep olduğu yangınlara doğal yangınlar adı verilmektedir (Akyel, 2007). Rüzgâr alan yamaçlarda, çarpık kentleşmenin sebebiyle doğal ortamın tahrip edildiği bölgelerde yangınların etkisi daha çok görülmektedir. Her ne kadar yangının önceden tahmin edilmesi zor olsa da, yaz ayları itibarıyla yangın tehlikesi altında bulunan, yeşil alanların fazla olduğu bölgelerde bazı önlemler alınabilir. Ormanların yok eden yangınlar, hayvanların yaşam alanlarına da büyük zararlar vermekte ve insan toplulukları içinde büyük yıkıma neden olmaktadır. Türkiye’de bulunduğu coğrafya itibarıyla yangınlardan büyük zararlar görmüştür.

2. DOĞAL AFETLERE HAZIRLIK

Modern afet yönetimi kavramında kayıp ve zararların azaltılması, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalar “Risk Yönetimi”; etki analizi, müdahale, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası çalışmalar ise “Kriz Yönetimi” olarak kabul edilmektedir (Kadioğlu, 2008). Bu bağlamda etkin bir afet yönetimi çalışması, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası ihtiyaç duyulan tüm çalışmaları kapsamaktadır (Demirci ve Karakuyu, 2004).

Ancak afet sırasında yapılacaklar da en az afet öncesi ve afet sonrası işler kadar önemlidir. Bu durum göz önüne alındığında kapsamlı bir afet yönetiminin amacını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Afet öncesinde;

- Meydana gelebilecek olaylardan toplumun en az zararlı ve fiziksel kayıplarla kurtulabilmesi için gereken teknik, idari ve yasal tüm önlemleri olaylar olmadan önce almak,
- Mümkün olan hallerde olayları önlemek, mümkün olmayan hallerde ise kurtarma, ilk yardım ve iyileştirme çalışmalarının zamanında, hızlı, verimli ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlamak,
- Afet zararlarının azaltılması çalışmalarını kalkınmanın her aşamasına dahil etmek; böylelikle mevcut riskin artmasını önlemek ve sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak,
- Toplumun her kesiminin olayların etkilerinden en az zararlı kurtulabilmesi için gerekli bilgilerle donatılmasını sağlayacak eğitim programları uygulamak ve toplumda bir zarar azaltma kültürü oluşturmak.

Afet sırasında;

- Haber alma ve ulaşım olanaklarını tekrar sağlamak,
- Arama - kurtarma ve ilk yardım çalışmalarının başlatmak,
- Her türlü boşaltma ve tahliye işlerinin yapılması, insanların hasarlı konutlardan uzaklaştırılması ve bu konutların insanlara daha fazla zarar vermesini önlemek,
- Geçici iskân alanları oluşturarak insanların yiyecek, içecek, giyecek, yakacak teminini sağlamak,
- Her türlü güvenlik önlemini almak,
- Çevre sağlığı ile ilgili önlemler almak,
- Hasar tespiti çalışmalarını başlatmak,
- Yangınlar, patlamalar, bulaşıcı hastalıklar vb. ikincil afetleri önlemektir (Özmen vd., 2005’den düzenlenerek listelenmiştir).

Bu safhada yapılacak bütün faaliyetler, devletin tüm güç ve kaynaklarının en hızlı şekilde ve etkili yöntemlerle afet bölgesinde kullanılmasını amaçladığından çok iyi bir koordinasyonu gerektirmekte ve olağanüstü koşullarda uygulanması zorunluluğu, olağanüstü hazırlık, yetki ve sorumluluklara ihtiyaç duyulmaktadır (Özmen vd., 2005).

Afet sonrasında;

- Mümkün olan en fazla sayıdaki insanı kurtarmak ve sağlıklarına kavuşmalarını sağlamak,
- Afetlerin doğurabileceği ek tehlike ve risklerinden insan canını ve malını korumak,
- Afetten etkilenen toplulukların yaşamsal gereksinimlerini mümkün olan en kısa zamanda ve en akıcı yöntemlerle karşılamak ve hayatın bir an önce normal hale getirilmesini sağlamak,
- Afetin doğurabileceği ekonomik ve sosyal kayıpların en düşük düzeyde kalmasını veya yaraların bir an önce sarılmasını sağlamak,
- Afetten etkilenen topluluklar için güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturmak.

Başka bir deyişle, “Çağdaş Afet Yönetimi” afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılabilmesi için, afete yol açabilecek tehlike ve risklerin iyi bilinmesini, bu tehlike ve risklerin olaylar olmadan önce önlemlerinin alınması, en akılcı yol ve yöntemlerle ortadan kaldırılmasını veya yol açabilecekleri olumsuz etkilerin azaltılmasını gerektiren topyekûn bir mücadeledir.

Bu mücadele içerisinde, en sade bireyden en yetkili makamlara kadar, herkese görev ve sorumluluk düşmektedir. Yapılan her türlü çalışma, her şeyden önce insan hayatını kurtarmak içindir. Bu amaçla afet yönetimine dair yapılan çalışmaların bu üç aşamayı içine alan bütüncül bir yaklaşım içinde düşünülmesi ve ona göre önlemlerin alınması gerekmektedir.

3. DOĞAL AFET LOJİSTİĞİ

Afet lojistiği, zarar görmüş insanların ihtiyaçlarını giderebilmek amacıyla malların, eşyaların ve ilgili bilginin ilk üretim noktasından son tüketim noktasına kadar verimli ve maliyet etkin bir şekilde akışının ve depolanması, planlanma ve uygulanması ile kontrolü olarak tarif edilmektedir (Thomas, ve Kopczak, 2005). Afetlerde günlük kullanılanın çok üzerinde malzeme ihtiyacı oluşabilir. Bu ihtiyaçlar günlük kullanım nedenlerinin dışında da kullanılabilir. Örneğin doğal işleyişte toplanı ya da endoskopi amacıyla kullanılan bir mekan afetten etkilenen kişilere tıbbi bakım vermek amacıyla kullanılabilir. İhtiyaç duyulan malzemelerin temini ve ihtiyaç duyulan yere nakli lojistik biriminin sorumluluk alanını oluşturur (Ciottono, 2006).

Afet lojistiğinin aşamaları, kendi içerisinde çeşitli aşamalara ayrılabilmeyle birlikte, üç kısımda değerlendirilebilir:

- Afet öncesi hazırlık
- Afet müdahale süreci
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler.

3.1. Afet Öncesi Hazırlık Lojistik Faaliyetleri

Bu aşamada yürütülen lojistik faaliyetler, normal koşullarda yürütülen lojistik faaliyetlerle aynı içerikte olmakla birlikte, doğal afet durumuna özel bazı özellikleri de sağlamak zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Aşağıda bu faaliyetlere ilişkin konular yer almaktadır;

Planlama; afet öncesi hazırlık kapsamında doğru nitelikteki malzemelerin, doğru zamanda, doğru yere, en uygun maliyetle ulaştırılmasını sağlamaya yönelik çalışmaları içermektedir.

Satın alma; afet malzemelerinin temini esnasında, tedarikçi (mal ve hizmet sağlayıcı) firmaların seçiminde; firmaların güvenilirliği, referansları, deneyimi, kapasiteleri ve mali gücü gibi kriterler dikkate alınmalıdır. İhtiyaç malzemeleri, ekonomik olması ve bakım kolaylığı açısından minimum seviyede bulundurulmalı, dolayısıyla sadece gerekli olan malzemeler temin edilerek stoklanmalıdır.

Nakliye yönetimi; talep edilen, satın alınan malzemelerin doğru yere, doğru zamanda minimum maliyetle ve güvenli şekilde ulaştırılması için nakliye yönetim sistemi işletilmelidir.

Depo yönetimi; depolama en temel anlamda malzemelerin kullanılmak ya da sevk edilmek üzere belirlenen koşullara uygun olarak stoklanması işlemidir. Lojistik kavramı içerisinde depoculuk ya da depolama en temel lojistik fonksiyon olarak ele alınmaktadır. Acil durumlarda ve olası afetlere hazır bulunabilmek için temel ihtiyaç malzemelerinin stoklanması ve hazır halde bekletilmesi kaçınılmazdır. Uygun bir depolama hizmetinin yapılabilmesi için;

- Ulaşımın kolay yapılabileceği
- Doğru seçilmiş arazide
- Uygun binalarda
- Uygun çalışma alanlarının sağlandığı, depo alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

3.2. Afet Müdahale Süreci Lojistik Faaliyetleri

Bu aşamada yürütülen faaliyetler aşağıdaki gibidir;

Ön değerlendirme ve ihtiyaç tespiti; Pektaş (2012) ve Tanyaş (2012) afet anında bölgeden ve afet öncü ekiplerinden alınan bilgiler doğrultusunda ön değerlendirme yapılması gerektiğini belirtmiştir. Afet öncesinde yapılan planlar ve hazırlıklar ile afet anındaki ön değerlendirme neticesinde, afet müdahale ve yardımlar sürecinde talep edilen malzemelerin afet bölgesine en uygun zamanda ve doğru miktarda ulaştırılması, insan kaynaklarının bölgeye sevkıyatı, düzenli ve doğru bilgi akışı sağlanır. Ön değerlendirme yapılırken şu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Havayolları, limanlar, demiryolları ve karayollarının durumları ve kapasiteleri
- Organizasyonların kendi imkânları haricinde depolama imkânları ve kapasiteleri
- Depoların ulaşım imkânları
- İhtiyaç duyulabilecek malzemelerin yerel pazarda bulunabilirliği
- Afetin büyüklüğüne bağlı olarak yurt dışından gelebilecek malzemelerin gümrük işlemleri için en yakın gümrük noktalarının belirlenmesi.

Lojistik eylem planı yapılması ve uygulanması; afet öncesi hazırlık safhasında yapılan planlar, yapılacak bir ön değerlendirme ile mevcut durum kriterleri dikkate alınarak değerlendirilir. Elde edilen bilgiler ışığında lojistik operasyon planı yapılarak hareket tarzı belirlenir. Hazırlanacak olan lojistik eylem planında;

- Afet müdahale sürecinde ortaya çıkabilecek yardım ekiplerine maksimum desteğin sağlanması
- Yardım sürecinde ortaya çıkabilecek yardım malzemesi ihtiyacı önceden belirlenmiş tedarikçi firmalarla temasa geçilip en uygun şekilde malzemelerin temini
- Afetin meydana geldiği bölge göz önüne alınarak malzeme ve insan kaynaklarının bölgeye en uygun ulaşım şeklinin belirlenmesi
- Kurumun araç filosu ile nakliyenin sağlanması, yeterli değilse kurum dışı imkânların devreye sokulması
- Yapılan her sevkiyatın en hızlı ve güvenli bir şekilde sağlanması, her aşamada malzemeyi bekleyen ekip görevlilerine ve Kriz Yönetim Merkezine bilgi verilmesi
- Depolamanın bölgesel mi yoksa yerel mi yapılacağına karar verilmesi. Afete hazırlık döneminde yapılan planlar, ön değerlendirmede elde edilen bilgiler ışığında yapılan lojistik operasyon planı uygulamaya konulur ve afet müdahalesi gerçekleştirilir. Belirlenen hareket tarzı doğrultusunda mevcut malzeme, personel ve donanım afet bölgesine sevk edilir. Alanda yerel depolar kurulur ve genel sisteme uygun olarak sevk ve idare edilir.

Afetle müdahale sürecinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlanması; tüm bu süreçte yapılan faaliyetlerin izlenip, değerlendirilmesi ve en sonunda kapsamlı bir şekilde raporlanmasını içerir.

3.3. Afet Müdahalesinin Ardından Lojistik Faaliyetler

Doğal afetin meydana geldiği bölgede yürütülen tüm faaliyetlerin ardından, lojistik faaliyetler kapsamında tamamlanması gereken bir dizi faaliyet de aşağıdaki şekilde belirtilebilir;

Planlama; afet müdahale faaliyetlerinin sona ermesiyle alanda müdahale ekiplerinin yerini, afet malzeme toplama ve bakım ekipleri almaktadır. Söz konusu ekipler alanda bulunan afet malzemelerinin toplanması, bakımlarının yapılması ve depolara sevk edilmesinden sorumlu olup, alanda yerlerini aldıktan sonra öncelikle malzeme toplama ve bakım faaliyetlerini planlamalıdır.

Malzeme toplama ve bakım faaliyetleri; toplama ve bakım işlemlerinin en kısa sürede ve ekonomik olarak yapılmasını sağlamak amacı ile lojistik birimince oluşturulan afet malzeme toplama ve bakım ekibi tarafından yapılan planlama uygulamaya konulmalıdır.

İzleme, Değerlendirme ve Raporlama; afet müdahale sürecinde, müdahaleciler ile "Afet Malzeme Toplama ve Bakım Ekibi"nin faaliyetleri de izlenmeli, değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır. Bu işlemler, dışarıdan bağımsız bir grup gözlemci tarafından yapılmalıdır. Faaliyetlerde doğru yapılanlar, yaşanan aksaklıklar ve olumsuzluklarla başa çıkma yolları ve ihtiyaçlar tespit edilir. Bu şekilde daha sonraki faaliyetlere de yönlendirilir. Yapılan bu raporlama ve değerlendirme neticesinde yeni stratejiler geliştirilir. Basit ve anlaşılır şekilde özetlemek gerekirse afet lojistiğinin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için;

- Doğru malzemeyi
- Doğru kişiye
- Doğru miktarda
- Doğru nitelikte
- Doğru zamanda
- Doğru yerde ulaştırabilmek gerekir. Bunlar planlı ve programlı bir şekilde yapılabilecek kavramlardır (Pektaş, 2012; Tanyaş, 2012).

4. TÜRKİYE'DEKİ DOĞAL AFET YARDIM KURUM VE KURULUŞLARI

Ülkemizde doğal afetlere ilişkin politikalar ilk olarak 1939 Erzincan Depremi sonrası geliştirilmeye başlanmış; 1959 yılında çıkarılan 7269 sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" ile konuyla ilgili yasal boşluk giderilmeye çalışılmıştır. Afetlerle ilgili yasal düzenlemeler 1988 yılında devletin tüm imkanlarının afet bölgesine en hızlı şekilde ulaşmasını ve afetlerde vatandaşlara en etkin ilk müdahalenin yapılmasını sağlamak amacıyla çıkarılan "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik" ile devam etmiştir. Türkiye'de afet yönetimi ve koordinasyonu alanında dönüm noktası ise 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'dir.

Doğal afetlerde yardım ve müdahale kapsamında gerek kanunla ve gerekse gönüllü olarak faaliyette bulunan çeşitli kurum ve kuruluşlar bulunmaktadır. Çalışmanın hacmi dikkate alınarak, sadece devlet eliyle yürütülen doğal afet destek kuruluşlarına yer verilmiş, gönüllü sivil toplum kuruluşları ile ilgili bilgilere yer verilmemiştir. Bu kuruluşlar arasında

yıllardır bu konu için organize olan ve önemli destek faaliyetlerinde kritik roller alarak, afet sonrası toplum düzeninin normalleşmesine katkıda bulunan başlıca üç önemli kuruluş ön plana çıkmaktadır. Bu kuruluşlar; Türk Kızılayı ve onun bünyesinde faaliyet gösteren Afet Operasyon Merkezi (AFOM), özellikle son yıllarda meydana gelen önemli doğal afetler neticesinde hazırlıklı olmak gereği üzerine teşkilatlanan Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) ile yurdun her köşesinde zaten varlığını gösteren ve kanunlarla üzerine tevdi edilen görevler gereği konu hakkında özel olarak teşkilatlanan Türk Silahlı Kuvvetleri şeklinde sıralanabilir. Aşağıda söz konusu kuruluşlar hakkında derlenen bilgiler kısaca aşağıdaki gibidir.

4.1. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD)

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afetlere müdahale edilmesi ve afet sonrasındaki iyileştirme çalışmalarının süratle tamamlanması amacıyla gereken faaliyetlerin planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi ve etkin uygulanması için ülkenin tüm kurum ve kuruluşları arasında işbirliğini sağlayan, çok yönlü, çok aktörlü, bu alanda kaynakların rasyonel kullanılmasını gözeten, faaliyetlerinde disiplinler arası çalışmayı esas alan iş odaklı, esnek ve dinamik yapıda teşkil edilmiş bir kurumdur (URL 1).

Bu kapsamda kurulan ve afet ve acil durum hallerinde bilgileri değerlendirmek, alınacak önlemleri belirlemek, uygulanmasını sağlamak ve denetlemek, kurum ve kuruluşlar ile sivil toplum kuruluşları arasındaki koordinasyonu sağlamak amacıyla, Başbakanlık Müsteşarının başkanlığında, Milli Savunma, İçişleri, Dışişleri, Maliye, Milli Eğitim, Çevre ve Şehircilik, Sağlık, Ulaştırma, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Orman ve Su İşleri bakanlıkları ve Devlet Planlama Teşkilatı müsteşarları, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanı, Türkiye Kızılay Derneği Genel Başkanı ile afet veya acil durumun türüne göre Kurul Başkanınca görevlendirilecek diğer bakanlık ve kuruluşların üst yöneticilerinden oluşan Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu kurulmuştur.

4.2. Türk Kızılayı ve Afet ve Afet Operasyon Merkezi (AFOM)

AFOM, 2001 yılında afetlere hızlı ve etkin müdahale edebilmek amacıyla kurulmuş, 7/24 saat faaliyet gösteren, yurtiçi ve yurtdışı afetlerde Türk Kızılayı'nın kriz yönetim merkezidir.

“Ulusal ve uluslararası afet ve yardım sorumluluklarını başarıyla yerine getiren, başarısını sürdürmek için sürekli kendini yenileyen bir yapıyla, uluslararası toplumun ve Türk Halkının gücünü kullanarak, dünyanın herhangi bir yerinde, doğal ve insan kaynaklı afetlerin etkilerinden, savunmasız insanların etkilenme derecelerini azaltarak ve afetlerden sonra ortaya çıkacak ızdırabı dindirerek, insan onurunu korumak” vizyonu ile faaliyetlerine başlayan AFOM; afet sırasında ilgili tüm Kızılay bölümlerinin bir araya gelerek afete doğru, hızlı ve etkin müdahale edebilmelerini sağlamak amacıyla oluşturulmuş Kızılay Afet Yönetim Merkezi'dir (URL 2).

4.3. Türk Silahlı Kuvvetleri

Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından icra edilen ve savaş dışı hareket kapsamında değerlendirilen doğal afet yardım hareketinde; daha fazla can ve mal kaybını önlemek, kurtarılan ve hayatta kalanların emniyetini ve hayatlarını idame ettirmelerini sağlamak, bölgedeki hayatın kısa sürede normale dönmesi için diğer kamu kurum ve kuruluşlarına yardım etmek amacıyla;

- Afetle ilgili ilk tespitleri yapmak, acil haberleşmeyi sağlamak, arama ve kurtarma faaliyetini icra etmek,
- Acil ilk yardım, tahliye, trafik düzenlemesi ve emniyeti sağlamak,
- Afetzedelerin yemek, giyim, geçici barınma ve sıhhi tahliye/tedavi ihtiyaçlarının karşılanmasına yardımcı olmak,
- Ölülerin defnedilmesi, salgın hastalıkların önlenmesi, enkaz kaldırma, temizleme ve temel alt yapı hizmetleri ile devlet otoritesinin yeniden tesis edilmesi için diğer kamu kurum ve kuruluşlarına yardımda bulunmaktadır.

TSK, doğal afetlere yönelik yardım görevini; 211 Sayılı TSK İç Hizmet Kanunu, TSK İç Hizmet Yönetmeliği, 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler İle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun, 19808 Sayılı Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik yasal dayanağından almaktadır (URL 3).

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ülkemizde doğal afetlere yönelik tedbirler, dünya üzerinde yaşanan her yeni tecrübe sonrasında yeniden güncellenerek, uyumlandırma çabaları ile sürekli artırılmaktadır.

Yukarıda kısaca bahsedilen resmi kamu tedbirlerinin yanı sıra, özellikle ülkemizde 17 Ağustos 1999 tarihinde yaşanan Marmara Depremi sonrasında güçlenerek ortaya çıkan gönüllü yardım kuruluşları ve doğal afetlere karşı örgütlenen bazı sivil toplum kuruluşları da mevcuttur.

Resmî kuruluşların teşkilatlanmaları genellikle birbirlerinin destekleyecek ve tamamlayacak niteliktedir. Ayrıca bu kuruluşlar olası afetin niteliğine ve meydana geldiği bölgeye göre süratle reaksiyon gösterebilecek ve otorite oluşturarak hayatın normale dönmesinde yönetsel katkı sağlayacak nitelikte teşkil ve teçhiz edilmişlerdir. Bunun en yakın tarihteki örneği 23 Ekim 2011 tarihinde Erciş/Van bölgesinde yaşanan deprem trajedisidir. Bu afet döneminde devlet eliyle yapılan destek faaliyetleri son derece senkronize olmuş ve çok kısa sürede hayatın normale dönmesi sağlanmıştır. Burada özellikle kamu kuruluşlarının tek başkanlık bünyesinde oluşturulan kriz merkezine tabi olarak hareket etmelerinin önemi büyüktür. Nitekim müstakil olarak ve ayrı birimlerin bünyelerinde yer almakla birlikte, afet döneminde ortak paydada buluşmuş olması ve aynı amaç doğrultusunda örgütlü hareket edilebilmiş olması, konu hakkında önemli mesafeler katedildiğinin göstergesidir.

Yine de Türkiye’de afet planlamasının, gelişmiş ülkeler düzeyinde olduğunu söylemek henüz mümkün değildir. Bunda en önemli neden toplum olarak başımıza gelen olumsuzluklardan yeterli dersin çıkarılamamış olması yatmaktadır. Ülkemizde ister doğal, ister teknolojik veya insan kaynaklı olsun, büyük afetlerin zararlarının önceden yapılacak planlama ile azaltılmasına yönelik önlem alınmasından çok acil durumlara ortaya çıktıktan sonra uygulanacak müdahale ve afet zararlarını azaltmaya yönelik önlemler alınması uygulamaları ağırlıktadır (İTÜ, 2002). Bir başka deyişle afet yönetiminde gelişmiş ülkelerdeki gibi risk yönetimine ve adaptasyon çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir (Özden vd., 2008; Sever, 2008). Türkiye’de yapılacak afet planlamalarının başarılı olabilmesi için öncelikle aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

1. Etkin bir afet planlamasında en önemli unsur afet gelmeden önce hayat kurtarıcı önlemleri almaktır. Afet geldikten sonra yapılan çalışmaların hayat kurtarma özelliği öncesine göre çok sınırlı olmaktadır. Türkiye’nin mevcut afet yönetim planlarının yeniden gözden geçirilerek afet gelmeden önce yapılması gerekenlerle ilgili çalışmalara daha fazla ağırlık verilmesi gerekmektedir.
2. Diğer bir sorun da çok başlılık yani yetki karmaşasıdır. Yukarıda verilen Afetler Merkez Koordinasyon Kurulu’nda neredeyse tüm bakanlıkların temsilcilerinin bulunması bunun bir göstergesidir. Etkili bir afet yönetim sistemi için siyasi erkin gölgesi dışında doğrudan devletin zirvesine bağlı ve Türkiye’nin her yerindeki afet planlamalarını kontrol eden bir mekanizma oluşturulmalı ve bu mekanizmanın ülke geneline çok iyi örgütlenmesi gerekmektedir. Bu örgütlenme içerisinde insanların görev, yetki ve sorumluluk alanları son derece net olmalı ve herhangi bir boşluk bırakılmamalıdır.
3. Her ilde gönüllüler grubu oluşturulmalı ve bu gruplar çok iyi bir eğitimden geçirilmelidir. Bu gruplar da kendi içlerinde birimler halinde uzmanlaşmalıdır.
4. Afet yönetiminde mesafe almış ülkelerdeki afetlerle mücadele modelleri ve birimleri araştırılmalı, bu ülkelerin yapmış olduğu en iyi uygulamalar (müdahale, koordinasyon, uyum ve yönetim mekanizması, eğitim vs.) örnek alınarak Türkiye koşullarına uyarlanmalıdır. Bazı ülkelerin bazı uygulamalarda ön plana çıktığı açıktır (Japonya’nın depremde, Finlandiya’nın afet eğitiminde olduğu gibi). Gerektiğinde bu ülkelere eğitimci statüsünde personel getirilerek kalifiye birim oluşturulmalıdır. Türkiye’de bir “afet eğitim okulu” açılmalı ve Türkiye gerektiğinde diğer ülkelere yardım elini uzatacak kapasitede acil durum eğitimi verecek personeli yetiştirmelidir.
5. Her bölge veya ilin afet geçmişi araştırılmalı, bunların gerçekleşme yerleri, sıklığı ve şiddetleri belirlenmelidir. Bu şekilde oluşturulan afet kimliği üzerinde yoğunlaşarak ve diğer olasılıkları da hiçe saymadan önlemler alınmalıdır.
6. Afet yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin (GIS) kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Her kentin bir bilgi bankası oluşturulmalıdır. Özellikle en son yapılan adrese dayalı nüfus sayımı, bu bilgi bankasının oluşturulması için iyi bir fırsattır. Gelişmiş ülkelerde zaten uygulanan bu sistemde bir afet esnasında çöken bir binada kaç kişi olduğu, bu kişilerin her türlü kimlik bilgilerinin anında elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Bu bilgiler her türlü kurtarma çalışmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır.
7. Toplumda bir afet bilinci oluşturulmalı ve bu bilinç toplumun her kademesine benimsetilmelidir. İnsanlara sembolik çalışmalarla değil gerçeğe yakın tatbikatlarla birebir afet eğitimleri verilmelidir. Afetlere karşı oluşturulacak ulusal bilinç, ilköğretim çağındaki çocuklardan toplumun bütün yaş kademelerine kadar aşılanmalıdır. Zira afetten korkmak onun zararını azaltmamaktadır.

Diğer taraftan afet yönetiminin lojistik fonksiyonu en az operasyon kadar önemlidir. Afet lojistiği, günümüzde üzerinde sürekli çalışılan bir alan olup, yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Özellikle karşı karşıya kalınan afetlere olay bazlı bakılmalıdır. Çünkü her afet, türü, şiddeti, meydana geldiği zaman ve coğrafya ile o yerin hassasiyetine bağlı olarak çok farklı özelliklere sahip olacaktır. Bu nedenler söz konusu ölçütler dikkate alınarak riskin sürekli ölçümü ve afet yönetim planlarının revizyonu gerekmektedir. Dolayısıyla afet yönetiminin olay bazlı ve dinamik olması gerekmektedir.

Ayrıca afetin şiddetine göre birey, aile, bina/tesis, muhtarlık, bölge, ilçe, il ve ülke bazında müdahale gerekebilmektedir. Bu nedenle afet yönetiminin bir diğer özelliği de hiyerarşik bazda olması zorunluluğudur. Afet yönetimi afet öncesi, afet

sırası ve afet sonrası çalışmalarının belirlenmiş hedefler doğrultusunda mevcut kaynakların en etkin ve verimli bir şekilde kullanılarak yönetimidir.

KAYNAKLAR

- [1] Akyel, Recai (2007), “Afet Yönetim Sistemi: Türk Afet Yönetiminde Karşılaşılan Sorunların Tespit ve Çözümüne İlişkin Bir Araştırma”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adana.
- [2] Alexander, David (2005), An Interpretation of Disaster in Terms of Changes in Culture, Society and International Relations, Ronald W. Perry and E.L. Quarantelli (Eds.), “What is a Disaster? New Answers to Old Questions”, Xlibris Corporation, Philadelphia, pp. 25-39.
- [3] Carnegie, Julie, Lewon, Paul and Shomali, Lemma (2008), U_X_L Encyclopedia of Weather and Natural Disasters, The Gale Group, Farmington Hills, Michigan.
- [4] Ciottone, G.R. (2006), “Disaster Medicine”, Elsevier Health Sciences, Philadelphia.
- [5] Demirci, A. ve Karakuyu, M. (2004), “Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü”, Doğu Coğrafya Dergisi 9 (12), 67-101.
- [6] Ergünay, Oktay (1996), “Afet Yönetimi Nedir? Nasıl Olmalıdır? Erzincan ve Dinar Depremleri Işığında Türkiye'nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları” TÜBİTAK Deprem Sempozyumu Bildirileri Kitabı, 15-16 Şubat 1996, ss. 98-102.
- [7] Geray, Cevat (1974), “Türkiye’de Yıkım (Afet) Olayları Karşısında Önlemler ve Örgütlenmeler”, Amme İdaresi Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, ss. 91-114.
- [8] İTÜ İstanbul Teknik Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, 2002, İTÜ Ulusal Afet Yönetim Modeli Geliştirme Projesi, İstanbul.
- [9] Jigyasu, Rohit (2005). Disaster: A Reality of a Construct?: Perspective From the East, Ronald W. Perry and E. L. Quarantelli (Editors), “What is a Disaster? New Answers to Old Questions”, Xlibris Corporation, Philadelphia, pp. 49-60.
- [10] Kadioğlu, M., (2008), “Küresel İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri”, Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27-28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 69-94.
- [11] Özden, Ş., Tetik, Ç., Yavaş, Ö.M., İlgen, H.G. ve Çiftçi, A., (2008), “Avrupa’daki İklim Değişikliği Adaptasyon Çalışmaları ve Türkiye’de İklim Değişikliğine Bağlı Afet Zararlarının Azaltılması İçin Yapılması Gerekenler”, Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27- 28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 95-103.
- [12] Özmen, B., Nurlu, M., Kuterdem, K. ve Temiz, A., (2005), “Afet Yönetimi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü”, Deprem Sempozyumu 2005, 23-25 Mart 2005, Grand Yükseliş Hotel, İzmit.
- [13] Pektaş, P. (2012), “İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Scheidegger, Arian E. (1994), “Hazards: Singularities in Geomorphic Systems”, Geomorphology, Vol. 10, pp.19-25.
- [15] Tanyaş, M. (2012), “Lojistik Yönetimi Ders Notları”, İstanbul.
- [16] Thomas, A., Kopczak, L. (2005), “From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector”, White Paper. San Francisco.
- [17] URL 1: <https://www.afad.gov.tr>, Erişim Tarihi: 01 Şubat 2018.
- [18] URL 2: <https://www.afetyoneti.kizilay.org.tr>, Erişim Tarihi: 01 Şubat 2018.
- [19] URL 3: <https://www.tsk.tr>, Erişim Tarihi: 01 Şubat 2018.
- [20] Yavaş, Hikmet (2005), “Doğal Afetler Yönüyle Türkiye’de Belediyelerde Kriz Yönetimi”, Orion Yayınevi, Ankara.
- [21] Yılmaz, Abdullah (2005), “Türk Kamu Yönetiminin Sorun Alanlarından Biri Olarak Afet Yönetimi”, Pegem Yayıncılık, Ankara.

LOJİSTİK EĞİTİMİNDE ÖĞRENCİLERİN BEKLENTİLERİ VE KARIYER PLANLARI

¹Arzum Büyükkelik, ²Buket Özoğlu, ³Gül Senir

¹Dr. Öğretim Üyesi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, abuyukkeklik@ohu.edu.tr

²Dr. Öğretim Üyesi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, buketozoglu@ohu.edu.tr

³Arş. Gör. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, gul.senir@ohu.edu.tr

ÖZET

Özellikle 2000'li yıllarla birlikte Türkiye'de lojistik sektöründeki büyüme ivme kazanmış ve dünya ülkeleriyle yarışır konuma gelmiştir. Sektörün büyümesi ve gelişmesiyle paralel olarak gün geçtikçe eğitilmiş çalışana olan ihtiyaç da artmaktadır. Türkiye'de sektörün artan bu ihtiyacını karşılamak amacıyla üniversitelerde lojistikle ilgili bölümlerin sayısı her geçen gün artmaktadır.

Lojistik sektörünün ihtiyacı olan uzman elemanların yetiştirilmesi sürecinde sektörün ihtiyaçları, sektöre yetiştirilen elemanların niteliği ve eğitimin kalitesi ile ilgili sektör temsilcileri ve eğitimcilerden sıklıkla görüşler alınmaktadır. Bununla birlikte ileride sektörde yer alacak olan lojistik bölümü öğrencilerinin lojistik eğitiminden beklentilerine yönelik literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu araştırmanın amacı, lisans düzeyinde eğitim gören öğrencilerin lojistik eğitimiyle ilgili algıları ve beklentilerini belirlemek, lojistik sektöründeki kariyer planlarına yönelik tespitler yapmaktır. Çalışmada Türkiye'deki üniversitelerin lojistik bölümlerinde lisans düzeyinde eğitim gören öğrencilerden yüz yüze görüşme yöntemi ile veri toplanmıştır. Öğrencilerin algıları ile beklentileri ve kariyer planları istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarının lojistik ders planlarının oluşturulması ve gözden geçirilmesi aşamalarında planlayıcılara fayda sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik sektörü, Lojistik eğitimi, Öğrenci beklentileri, Öğrenci kariyer planları.

EXPECTATIONS AND CAREER PLANS OF STUDENTS IN LOGISTICS EDUCATION

ABSTRACT

In particular, gained momentum in the growth of the logistics sector in Turkey with the 2000s and has become the country with the world race position. Parallel to the growth and development of the sector, the need for educated workers is increasing day by day. The number of sections on dipstick for university logistics in order to meet the growing needs of this sector in Turkey is increasing every day.

Opinions are frequently received from industry representatives and trainers regarding the needs of the sector, the quality of the sectorally trained personnel and the quality of the education during the training of the specialist personnel who are in need of the logistics sector. However, there is a limited number of studies in the literature on the expectation of logistics education of the logistics department students who will take place in the sector in the future. The aim of this research is to determine the perceptions and expectations of the students who are studying at the undergraduate level related to logistics education and to make determinations for career plans in the logistics sector. The study will gather data through face to face interviews of students studying at the undergraduate level in the logistics departments of universities in Turkey.

Students' perceptions, expectations and career plans will be analyzed using statistical methods. It is expected that the results of the study will provide benefits to the planners during the creation and review of logistic lesson plans.

Key words: Logistics sector, Logistics education, Student expectations, Student career plans.

1. GİRİŞ

Son zamanlarda en hızlı gelişen sektörlerden birisi olan lojistik sektörü, Türkiye'nin var olan potansiyelini harekete geçirebilecek ve 2023 yılındaki 500 milyar dolarlık ihracat hedefinin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacak önemli sektörlerden birisidir. Sektörle ilgili beklenen hedeflere ulaşabilmek için lojistik alanında kalifiye işgücünün oluşturulması ve mevcudun geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda üniversitelerde lojistik bölümünde okuyan öğrencilerin aldıkları eğitimden ve sektörden beklentilerinin bilinmesi lojistik eğitiminin planlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Akandere, 2016: 132). Öğrenciler geleceğin yönetici adayları ve çeşitli mesleklerin uygulayıcıları olarak düşünüldüğünde beklentilerini ve amaçlarını karşılayan nitelikli bir eğitim sürecinden geçerek mezun olmaları, aynı zamanda toplumun gereksinim ve beklentilerinin karşılanmasına da yardımcı olmaktadır (Şahin vd., 2011: 433). Eğitimli ve nitelikli iş gücünü yetiştirebilecek şekilde eğitim sisteminin planlanmasının hem ekonomik gelişmeye hem de kültürel ve sosyal gelişmelere çok önemli katkılarda bulunduğu bilinmektedir (Katlandur, 2007: 56). Lojistik eğitimi para ve onunla ilgili finansal ve sözleşmeye bağlı unsurları, ekipman ve teknoloji ile ilgili özellikleri ve organizasyonel anlamda planlama yöntemlerini içeren bir eğitim olarak tanımlanabilir (Naim vd., 2000).

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de lojistik alanında lisans düzeyinde eğitim gören öğrencilerin, lojistik eğitimiyle ilgili beklenti ve algılarını belirlemek, lojistik sektöründeki kariyer planlarına yönelik tespitler yapmaktır. Çalışma sonucunda elde edilen bilgilerin öncelikle lojistik ders planlarının oluşturulması ve gözden geçirilmesi aşamalarında planlayıcılara fayda sağlaması beklenmektedir. Diğer yandan öğrencilerin beklentilerinin karşılanma düzeyinin hem başarılarını hem de doyum düzeylerini artırdığı bilindiğinden (Şahin vd., 2011: 433), çalışma ile elde edilecek bilgilerin katkısı ile öğrenci beklentilerini dikkate alarak oluşturulacak lojistik eğitiminin gelecekte öğrencilerin eğitim ve iş yaşamı başarısını olumlu etkilemesi beklenmektedir.

Beş bölümden oluşan bu çalışmanın giriş kısmından sonraki ikinci bölümünde, Türkiye'deki lojistik eğitimi ile ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde araştırma metodolojisi anlatılmış, dördüncü bölümde elde edilen bulgular açıklanmış ve çalışma sonuç ve öneriler kısmı ile tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde işletmelerin lojistik faaliyetlerini etkin bir şekilde planlayabilmeleri için eğitimli ve uzman iş gücünün sisteme dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle sektörün, üniversitelerden lojistik konusunda uzmanlaşmış bireyleri yetiştirmesi için talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde ve dünyada lojistik eğitiminin ertelenemez bir ihtiyaç olduğunun kabul edilmesiyle lojistik eğitimi akademik çevrede de takip edilmekte ve çeşitli yaklaşımlar ile sürece katkı sağlanabilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar kapsamında mevcut durumun tespiti, ele alınan sorunlar ve geliştirilen çözüm önerileri incelenmiştir. Türkçe literatür incelemesi sonucunda özellikle lojistik eğitimiyle ilgili yapılan çalışmaların sayısının azlığı ve meslek yükseköğretim kurumlarının lojistik eğitim sorununun çözümüne katkıları, meslek yükseköğretim kurumlarında eğitim alan öğrencilerin beklentileri ve kariyer planları konularında yoğunlaştığı görülmektedir.

Literatürde Türkiye'de öğrencilerin üniversite eğitiminden ve üniversite yaşamından beklentilerin incelendiği farklı eğitim alanları ve farklı meslek gruplarını kapsayan çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmaların bazıları öğrencilerin genel olarak üniversite eğitimi ile ilgili görüş ve beklentilerini yansıtırken (Şahin vd., 2011; Naralan ve Kaleli, 2012; Korukoğlu, 2003), bazıları ise eğitim alanı ile ilgili görüş ve beklentilerini yansıtmaktadır.

Öğrencilerin genel olarak üniversite eğitimi ile ilgili beklentilerine dair Şahin vd. (2011), Türkiye'deki farklı üniversitelerin farklı fakülte ve bölümlerindeki öğrencilerinin yaşam amaçları, eğitsel hedefleri, üniversite öğreniminden beklentileri ve bölüme ilişkin memnuniyet durumlarını araştırmıştır. Öğrencilerin yaklaşık yarısının okudukları bölümden memnun oldukları, öncelikli amaçlarının özel yetenek ve eğilimlerini kullanmak olduğu, hedefledikleri eğitim düzeyinin lisansüstü eğitim almak olduğu belirlenmiştir. Üniversiteden beklentilerinin ise öncelikle mesleğe hazırlama, okudukları bölümü tercih etmelerindeki en önemli etkenlerin ise okudukları alanı sevme ve mezun olunca iş bulma kolaylığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Naralan ve Kaleli (2012), Atatürk Üniversitesi lisans düzeyi öğrencilerinin Atatürk Üniversitesi'ni tercih nedenleri ile üniversite ve okudukları bölümlerden beklentilerini bölüm ve sınıf bazında araştırmışlardır. Araştırma ile öğrencilerin okudukları bölümü iş imkânlarını ve ideallerindeki mesleği elde etmedeki öneminden dolayı tercih ettikleri, üniversite eğitiminin kendilerini meslek sahibi yapmasını ve toplumda itibar kazandırmasını bekledikleri tespit edilmiştir. Benzer araştırmalardan Korukoğlu (2003),

Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencilerinin üniversite eğitiminden öncelikli beklentilerinin iyi bir iş edinme ve yüksek bir ücret olduğunu, meslekte ise önemli olan faktörlerin ilerleme olanaklarının olması ve kariyer geliştirmeye uygunluk olduğunu ve fakülte yönetiminden beklentilerin ise derslerin uygulamalı eğitim ağırlıklı olması ve üniversite sanayi işbirliğinin geliştirilmesi şeklinde olduğunu tespit etmiştir.

Literatürde öğrencilerin aldıkları eğitim alanı ile ilgili görüş ve beklentilerine odaklanan çalışmalar da bulunmaktadır. Özellikle turizm, muhasebe, hemşirelik, gastronomi ve lojistik gibi uygulamalı eğitim alanları ile ilgili araştırmalar daha yoğundur. Örneğin turizm alanında eğitim alan üniversite öğrencileriyle ilgili Aymankuy (2013) öğrencilerin sektördeki istihdamla ilgili görüşleri ve sektördeki kariyer beklentilerini; Üzümcü vd. (2015) öğrencilerin turizm eğitimi alma nedenleriyle, mesleğin geleceğine ilişkin bakış açılarını araştırmıştır. Gençtürk vd. (2008) ile Zeytinoğlu (2012) ise muhasebe-fınans alanında okuyan öğrencilerin eğitim alanları ile ilgili beklentilerine; Nazik ve Arslan (2014) öğrencilerin hemşirelik eğitimine ve mesleğine yönelik beklentilerine; Akoğlu vd. (2017) gastronomi ve mutfak sanatları bölümü öğrencilerinin sektörde çalışmaya yönelik bakış açılarını belirlemeye yönelik araştırmalar yapmışlardır.

Lojistik eğitimiyle ilgili sınırlı sayıda araştırmalardan bazıları lojistik sektörünün üniversitelerdeki lojistik eğitiminden beklentilerinin tespit edilmesine yönelik (Hocaoğlu vd., 2016; İnce vd., 2016), bazıları Türkiye'deki lojistik eğitiminin durum tespitine yönelik (Özoğlu ve Büyükkelik, 2013), bazıları da meslek yüksekokulları lojistik programlarında okuyan öğrencilerin programdan ve sektörden beklentilerinin belirlenmesine yönelik yapılmıştır. Literatürde lojistik eğitimiyle ilgili sınırlı sayıda bu çalışmalar ön lisans öğrencilerine yönelik yapılmıştır. Bu çalışmalardan Tunç vd. (2017) farklı üniversitelerin meslek yüksekokulları lojistik programlarında okuyan öğrencilerin kariyer beklentileri ve lojistik algılarını anket yöntemi ile araştırmış ve öğrencilerin alan derslerinden zevk aldıklarına ve mezuniyet sonrasında özel bir eğitime ihtiyaç duymadıklarına, mezun olduktan sonra kolayca iş bulabilme beklentilerinin olduğuna yönelik bulgular elde etmiştir. Akandere (2016) Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Lojistik Programında eğitim alan öğrencilerin eğitime, işe ve lojistik sektörüne yönelik tutumlarının belirlenmesine yönelik bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin eğitime, işe ve sektöre yönelik tutumlarının olumlu olduğunu, öğrencilerin eğitime yönelik tutumlarının işe yönelik tutumlarını önemli ve olumlu yönde etkilediğini, ancak eğitime yönelik tutumlarının sektöre yönelik tutumlarını düşük düzeyde etkilediğine yönelik bulgular elde etmiştir. Soy vd. (2012) Düzce Üniversitesi'ne bağlı Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu Dış Ticaret ve Lojistik Programı öğrencilerine yönelik olarak yapılan anket çalışmasıyla elde edilen veriler değerlendirildiğinde öğrencilerin okumuş oldukları programa ilişkin düşünceleri, bilgi düzeyleri ve geleceğe yönelik beklentileriyle programı tercih sıraları, yerleşme şekilleri gibi çeşitli faktörlerin başarı düzeylerini etkilemekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Keskin ve Çavuşoğlu (2012), Türkiye'de meslek yüksekokullarındaki lojistik eğitimin mevcut durumunu ve sorunlarını ortaya koymak ve daha etkin eğitim verilmesi ve sektörün ihtiyacını karşılaması için yapılması gerekenler konusunda önerilerde bulunmak amacıyla çalışmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına dayanarak ülkemizdeki meslek yüksekokullarında verilen lojistik eğitiminin çağdaş lojistik anlamda ihtiyaçları karşılamada yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Altuğ (2013), lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde ara elemanların tanımına yönelik tespitler ile işletmelerin ara eleman ihtiyacını karşılamak üzere, uygulanabilir ve hızlı sonuç almaya odaklı olarak eğitim önerileri sunmuştur.

3. METODOLOJİ

Araştırma verileri Türkiye'deki farklı üniversitelerin lojistik bölümlerinde lisans düzeyinde eğitim gören 1., 2., 3. ve 4. sınıf öğrencilerinden standart bir anket formu aracılığıyla yüz yüze görüşülerek toplanmıştır. 2017 ÖSYS Lisans Tercih Kılavuzuna göre Türkiye'de fakültelerde "Lojistik Yönetimi" adıyla 4, "Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık" adıyla 5, "Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi" adıyla 2, "Uluslararası Lojistik Yönetimi" adıyla 4, "Uluslararası Ticaret ve Lojistik" adıyla 21, yüksekokullarda "Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi" adıyla 1, "Ulaştırma ve Lojistik Yönetimi" adıyla 1, "Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık" adıyla 3, "Lojistik ve Taşımacılık" adıyla 1 tane olmak üzere toplam 42 üniversitede lisans düzeyinde lojistik eğitimi verilmektedir (www.osym.gov.tr). Çalışmanın zaman ve maliyet kısıtları nedeniyle tüm üniversitelerden veri toplamak mümkün olmamış, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Hitit Üniversitesi, Cumhuriyet Üniversitesi olmak üzere 6 üniversitenin lojistik bölümlerinden veri toplanmıştır. Buna göre lisans düzeyinde lojistik eğitimi veren Türkiye genelindeki üniversitelerin %14'üne ulaşılmıştır. Araştırmanın zaman ve maliyet kısıtları nedeniyle Türkiye'deki üniversitelerde lojistik eğitimi veren bölümlerdeki tüm öğrencilere ulaşılamadığından elde edilen bilgilerle ilgili genellemelere gitmek mümkün olamayacaktır. Ancak, yine de araştırma ile elde edilen bilgilerin tanımlayıcı ve başlangıç düzeyinde faydalı olması beklenmektedir.

Veri toplama aracı olan anketin geliştirilmesi aşamasında yapılan detaylı literatür incelemesinde lojistik eğitiminden beklentiler ve öğrencilerin kariyer planlarının belirlenmesinde özellikle lisans düzeyinde eğitim gören öğrencilere yönelik çalışmalara rastlanmamıştır. Bu nedenle genel olarak farklı uygulamalı eğitim alanlarında eğitimden beklentiler ve kariyer planlarının incelendiği çeşitli kaynaklardan (Naralan ve Kaleli, 2012; Aymankuy, 2013; Şahin vd., 2011; Gençtürk vd., 2008; Akoğlu vd., 2017; Tunç vd., 2017; Üzümcü vd., 2015; Richardson, 2008) faydalanılmış, ölçekler lojistik eğitime uyarlanmıştır.

Anket formunda demografik faktörlerin, lojistik bölümünü tercih etmeye yönelik beklentilerin, lojistik sektörüyle ilgili düşüncelerin ve kariyer hedeflerinin belirlenmesine yönelik sorulara yer verilmiştir. Lojistik bölümünü tercih etme beklentileriyle ilgili yargılar için Naralan ve Kaleli (2012) ile Aymankuy (2013)'dan; lojistik sektörüyle ilgili yargılar için Şahin vd. (2011), Gençtürk vd. (2008) ve Akoğlu vd. (2017)'den faydalanılmıştır. Kariyer hedeflerinin belirlenmesine yönelik yargılar ise Tunç vd. (2017), Üzümcü vd. (2015), Richardson (2008)'dan faydalanılarak hazırlanmıştır. Gönüllülük esasına göre ankete katılan öğrencilerin ilgili yargıları "1=kesinlikle katılmıyorum, 2=katılmıyorum, 3=kısmen katılıyorum, 4=katılıyorum, 5=kesinlikle katılıyorum" aralığında değerlendirmeleri istenmiştir.

4. BULGULAR

Katılımcılar Hakkında Genel Bilgiler

Araştırmaya katılan öğrencilerin demografik faktörlerine ait detaylı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre ankete katılan öğrencilerin yaklaşık olarak % 46'sı kız, % 54'ü de erkeklerden oluşmaktadır. Cinsiyet olarak bakıldığında dengeli bir dağılım olduğu söylenebilir. Sınıf düzeyleri açısından incelendiğinde 2. ve 3. sınıflar ağırlıklı bir dağılım olduğu görülmektedir. 2. sınıflar % 31,6; 3. sınıflar % 30,2; 1.sınıflar %24; 4. sınıflar %13,1 oranında katılım sağlamıştır. Öğrencilerin %85 gibi büyük bir çoğunluğunun staj yapmadığı görülmektedir. Sınıf düzeyleri dikkate alındığında ve stajların genellikle 3.sınıf yaz döneminde yapılması nedeniyle staj durumuyla ilgili sonuç da bu doğrultuda paralellik göstermiştir. Öğrencilerin yaklaşık olarak %41'i anadolu liselerinden, yaklaşık olarak %23'ü de düz liselerden mezun olmuştur. Lojistik alanında liseden mezunların oranı ise %2,9 gibi çok düşük bir oranda kalmıştır. Aylık gelir düzeyine göre öğrencilerin %45'i 500 TL ve altı, yaklaşık olarak da %40'ı 501 TL- 1.000 TL aralığında gelire sahiptir.

Tablo 1. Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Demografik Özellikleri

Demografik Faktörler	Katılımcı Sayısı	Yüzde (%)
Cinsiyet		
Kız	332	45,9
Erkek	392	54,1
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>
Sınıf Düzeyi		
1.Sınıf	174	24
2.Sınıf	229	31,6
3.Sınıf	219	30,2
4.Sınıf	95	13,1
Uzatma Durumu	7	1
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>
Lise Türü		
Fen Lisesi	3	0,4
Sosyal Bilimler Lisesi	2	0,3
Anadolu Lisesi	295	40,7
Özel Okul/Kolej	28	3,9
Düz Lise	165	22,8
Lojistik Meslek Lisesi	21	2,9
Endüstri Meslek Lisesi	40	5,5
Ticaret Meslek Lisesi	67	9,3
Kız Meslek Lisesi	31	4,3
Otelcilik ve Turizm Meslek Lisesi	5	0,7
Sağlık Meslek Lisesi	2	0,3
İmam Hatip Lisesi	29	4
Diğer	36	5
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>
Aylık Gelir Düzeyi		
500 TL ve Altı	326	45
501 TL - 1.000 TL	287	39,6
1.001 TL - 1.500 TL	73	10,1
1.501 TL -2.000 TL	21	2,9
2.000 TL ve Üzeri	17	2,3
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>

<i>Tablo 1'in devamı</i>		
<i>Okunan Üniversitenin Adı</i>		
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	125	17,3
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	89	12,3
Akdeniz Üniversitesi	77	10,6
Necmettin Erbakan Üniversitesi	175	24,2
Hitit Üniversitesi	25	3,5
Cumhuriyet Üniversitesi	233	32,2
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>
<i>Staj Durumu</i>		
Yapanlar	108	14,9
Yapmayanlar	616	85,1
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin eğitim aldıkları üniversiteler sıralamasında ilk üç sırada Cumhuriyet Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi ve Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yer almaktadır. %32,2 Cumhuriyet Üniversitesi, % 24,2 Necmettin Erbakan Üniversitesi, %17,3 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, %12,3 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, %10,6 Akdeniz Üniversitesi ve %3,5 Hitit Üniversitesi olarak bir dağılım görülmektedir.

Tablo 2. Bölüm ve Sektörle İlgili Genel Yargılar

<i>Lojistik bölümünü tercih etmeyle ilgili çevreden alınan olumlu tepki</i>		
Evet	606	83,7
Hayır	118	16,3
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>
<i>Mezun olduktan sonra sektörde çalışma düşüncesi</i>		
Evet	662	91,4
Hayır	62	8,6
<i>Toplam</i>	<i>724</i>	<i>100</i>

Tablo 2.'deki genel yargılarla ilgili sonuçlara bakıldığında, lojistik bölümünü tercih etmeyle ilgili çevreden alınan olumlu tepkinin %83,7 ile oldukça yüksek çıkması Türkiye'de lojistik sektörüne genel bakışın olumlu olduğunu ve artan ilgiyi göstermektedir. Bu doğrultuda öğrencilerin sektörde çalışma istekliliği de bu düşünceye paralel olarak %91,4 şeklinde yüksek çıkmıştır.

Tablo 3. Lojistik Bölümünü Tercih Etmeye Yönelik Beklentiler ve Sektörle İlgili Düşünceler

<i>Lojistik bölümünü tercih etmeye yönelik beklentiler...</i>	<i>Ort.</i>	<i>Std. sapma</i>	<i>t-değeri</i>	<i>P</i>
Lojistik bölümünden mezun olmak iş bulmamı kolaylaştıracaktır.	3,54	1,01	14,39	0,000
Lojistik bölümünden mezun olanlar için iş imkânları diğer bölüm mezunlarından daha fazladır.	3,35	0,99	9,41	0,000
Lojistik bölümü eğitiminde iş hayatında kullanılacak faydalı ve uygulamaya dair bilgiler öğretilir.	3,48	1,06	12,33	0,000
Lojistik bölümünde eğitim almak lojistik sektöründe iyi bir pozisyonda görev yapmaya imkân verir.	3,74	1,02	19,44	0,000
Lojistik bölümünde, lojistik sektörünü ve iş hayatını tanıyacak panel, konferans gibi etkinlikler düzenlenir.	3,68	1,10	16,56	0,000

Tablo. 3 (Devamı)

Lojistik bölümünde iletişim ve organizasyon açısından gelişimime katkı sağlayacak uygun öğrenci kulüpleri bulunur.	3,19	1,19	4,27	0,000
Özellikle lojistik sektöründe çalışmak için lisans düzeyinde lojistik eğitimi almak gereklidir.	3,65	1,19	14,61	0,000
Lojistik sektöründe çalışmak için lojistik eğitimim sırasında yabancı dil öğrenmek önemlidir.	4,68	0,82	55,05	0,000
Lojistik sektörü ile ilgili düşünceleriniz...				
Lojistik, toplumda önemli ve itibarlı bir sektör olarak görülmektedir.	3,51	1,07	12,75	0,000
Lojistik sektöründe çalışma saatleri düzenlidir.	2,83	1,07	-4,22	0,000
Lojistik sektöründe sosyal güvence imkânları yeterlidir.	3,41	0,90	12,13	0,000
Lojistik sektöründe prim vb. ek ücretler yeterli ve tatminkârdır.	3,25	0,94	7,08	0,000
Lojistik sektöründeki fiziksel çalışma koşulları genellikle iyidir.	3,27	0,91	7,92	0,000
Lojistik sektörü uzun yıllar çalışmak için uygun bir sektördür.	3,87	0,98	23,82	0,000
Lojistik sektöründe her gün yeni şeyler öğrenebilirim.	3,95	0,99	25,95	0,000
Lojistik sektöründe gelecekte yeni iş sahaları açılacağını düşünüyorum.	4,21	0,94	34,52	0,000
Lojistik sektöründe cinsiyet ayrımı yapılmaktadır.	2,65	1,44	-6,62	0,000
Lojistik sektöründe çalışmak yorucu ve streslidir.	3,36	1,08	8,97	0,000
Lojistik sektöründe iş kazası riski yüksektir.	3,07	1,07	1,88	0,061
Lojistik sektöründe terfi alabilmek için mutlaka çalışma ortamında ayrıcalık yapabilecek bir tanıdığa ihtiyaç vardır.	2,96	1,32	-0,82	0,413

İstatistiksel bakımdan anlamlılığını sınamak için, orta düzeydeki beklentileri ifade eden 3 test değeri ve $\alpha = 0,05$ olarak alınarak tek örnek t-testi yürütülmüştür. Tablo 3'te yer alan analiz sonuçlarına göre "Lojistik sektöründe iş kazası riski yüksektir" ifadesi ile "Lojistik sektöründe terfi alabilmek için mutlaka çalışma ortamında ayrıcalık yapabilecek bir tanıdığa ihtiyaç vardır" ifadeleri istatistiksel bakımdan anlamlı çıkmamıştır. Bunların dışındaki ifadeler ise istatistiksel bakımdan anlamlı çıkmıştır.

Öğrencilerin lojistik bölümünü tercih etmeyle ilgili beklentileri sıralamasında en yüksek beklentiye sahip oldukları ilk üç ifade "Lojistik sektöründe çalışmak için lojistik eğitimim sırasında yabancı dil öğrenmek önemlidir" (4,68); "Lojistik bölümünde eğitim almak lojistik sektöründe iyi bir pozisyonda görev yapmaya imkân verir" (3,74) ve "Lojistik bölümünde, lojistik sektörünü ve iş hayatını tanıyacak panel, konferans gibi etkinlikler düzenlenir" (3,68) şeklinde sıralanırken, en düşük beklentilerinin yer aldığı ifadeler ise "Lojistik bölümü eğitiminde iş hayatında kullanılacak faydalı ve uygulamaya dair bilgiler öğretilir" (3,48); "Lojistik bölümünden mezun olanlar için iş imkânları diğer bölüm mezunlarından daha fazladır" (3,35) ve "Lojistik bölümünde iletişim ve organizasyon açısından gelişimime katkı sağlayacak uygun öğrenci kulüpleri bulunur" (3,19) şeklinde sıralanmaktadır. Sektörle ilgili düşüncelerinin sorulduğu ifadelerde ise ilk üç ifade "Lojistik sektöründe gelecekte yeni iş sahaları açılacağını düşünüyorum" (4,21); "Lojistik sektöründe her gün yeni şeyler öğrenebilirim" (3,95); "Lojistik sektörü uzun yıllar çalışmak için uygun bir sektördür" (3,87) olarak yer almaktadır. "Lojistik sektöründe terfi alabilmek için mutlaka çalışma ortamında ayrıcalık yapabilecek bir tanıdığa ihtiyaç vardır" (2,96); "Lojistik sektöründe çalışma saatleri düzenlidir" (2,83) ve "Lojistik sektöründe cinsiyet ayrımı yapılmaktadır" (2,65) ifadeleri ise son üç sırada yer alan ifadeler olarak sıralanmaktadır.

Tablo 4. Öğrencilerin Kariyer Hedefleri

<i>Kariyer Hedefleriniz...</i>	Ort.	Std. sapma	t-değeri	P
Aldığım eğitimi destekleme amaçlı, lojistik mesleğine yönelik kurslara gitmeyi düşünürüm.	3,65	1,17	14,86	0,000
Mezun olduktan sonra devlet memuru olabilirim.	3,15	1,22	3,39	0,001
Lojistik sektöründe yönetici pozisyonuna geleceğime inanıyorum.	3,70	1,09	17,30	0,000
Lojistik sektöründe yalnızca yüksek maaş alırsam çalışırım.	2,89	1,14	-2,51	0,012
Lojistik alanını arkadaşlarıma ve akrabalarıma tavsiye ederim.	3,64	1,12	15,44	0,000

Kariyer hedefleriyle ilgili ifadeler verilen cevaplar Tablo 4.'de yer almaktadır. Buna göre "Lojistik sektöründe yönetici pozisyonuna geleceğime inanıyorum" (3,70); "Aldığım eğitimi destekleme amaçlı, lojistik mesleğine yönelik kurslara gitmeyi düşünürüm" (3,65); "Lojistik alanını arkadaşlarıma ve akrabalarıma tavsiye ederim" (3,64) sıralaması görülmektedir. Bu doğrultuda genel olarak öğrencilerin gelecekte lojistik sektörüne dair olumlu düşüncelere sahip oldukları söylenebilir. Yakın çevrelerine lojistik alanını tavsiye etmeleri de bu tespiti destekler niteliktedir. Ayrıca öğrencilerin meslekteki gelişimlerini kurslarla desteklemeyi de düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin sanayi ve hizmet sektörlerindeki öncelikli sorunları arasında nitelikli iş gücü eksikliği ilk sıralarda gelmektedir. Bu durum lojistik sektörü için de geçerlidir. Sektördeki verimlilik ve kalite düzeylerinin artışı ve katma değerli ürünlerin üretimi nitelikli iş gücünün istihdamı ile artmaktadır. Nitelikli iş gücünün oluşturulmasında da üniversitelere önemli rol düşmektedir. Üniversitelerde verilen lojistik eğitimi hem sektörün ihtiyaçlarını karşılayacak hem de öğrencilerin beklentilerini karşılayacak şekilde olmalıdır.

Bu kapsamda yapılan çalışmanın analiz sonuçlarına göre öğrencilerin sektörden beklentilerinin yüksek olduğu ve sektörün geleceğiyle ilgili umutlu oldukları, gelecekte sektörde yeni iş alanlarının açılacağını düşündükleri ve lojistik sektörünü uzun soluklu çalışılacak bir sektör olarak düşündükleri söylenebilir. Araştırmaya katılan öğrenciler kişisel gelişimlerini desteklemek için yabancı dil öğrenimini ve düzenlenen panel, konferans gibi etkinlikleri önemsemekte ve bu doğrultuda aldıkları lojistik eğitiminin de sektörde iyi bir pozisyonda görev yapabilmelerine imkân sağlayacağı düşüncesindedirler. Ancak aldıkları lojistik eğitiminde uygulamaya dönük daha çok ve pratik bilgilerin verilmesi yönünde isteklerinin olduğu söylenebilir.

Araştırmanın zaman ve maliyet kısıtları nedeniyle Türkiye'deki üniversitelerde lojistik eğitimi veren bölümlerdeki tüm öğrencilere ulaşamadığından elde edilen bilgilerle ilgili genellemelere gitmek mümkün değildir. Dolayısıyla gelecek çalışmalarda daha geniş kapsamlı veri toplanarak yapılacak ileri düzey analizlerle daha nitelikli bilgiye ulaşmak mümkün olacaktır. Özellikle öğrencilerin demografik özellikleri açısından beklenti ve kariyer hedeflerinde farklılıkların tespitine yönelik çalışmalar eğitim planlayıcılarına da yol gösterici olacaktır. Diğer yandan sektörün ihtiyaçlarının ve mevcut eğitim ile bu ihtiyaçların ne ölçüde karşılandığına dair ampirik çalışmaların planlanması hem sektörün gelişimine hem de alandaki eğitim içeriklerinin geliştirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Akandere, G. (2016), "Lojistik Sektörü Açısından Meslek Yüksekokullarının Önemi ve Öğrencilerin Lojistik Sektörüne Yönelik Tutumlarının Değerlendirilmesi", Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 19, 41.Yıl Özel Sayısı, 130-141.
- [2] Akoğlu, A., Cansızoğlu S., Orhan N. ve Özdemir Z. (2017), "Gastronomi ve Mutfak Sanatları Eğitimi Alan Öğrencilerin Sektörde Çalışmaya Yönelik Bakış Açıları", Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 5 (2), 146-159.
- [3] Altuğ, C.T. (2013), "Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Ara Elemanların Eğitimi", II. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi 16-18 Mayıs Aksaray, 210-215.

- [4] Aymankuy, Y. ve Aymankuy, Ş. (2013), "Turizm İşletmeciliği Eğitimi Alan Öğrencilerin Turizm Sektöründeki İstihdamla İlgili Görüşleri ve Sektördeki Kariyer Beklentileri Balıkesir Üniversitesi Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu Örneği", Akademik Bakış Dergisi, 35 Mart-Nisan, 1-21.
- [5] Gençtürk, M., Demir Y. ve Çarıkçı O. (2008), "Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin Muhasebe-Finans Eğitimi Bakış Açılı ve Farkındalıkları Üzerine Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13(1), 209-228.
- [6] Hocoğlu, S., Güner S. ve Coşkun E. (2016), "Sektörün Lojistik Eğitimi Veren Üniversitelerden Beklentilerinin Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma", 7. Uluslararası Balkanlarda Sosyal Bilimler Kongresi Romanya, 775-785.
- [7] İnce, M., Bozyiğit S. ve Çelenk, İ. (2016), "Lojistik Sektörünün Üniversitelerdeki Lojistik Eğitimi Değerlendirmesine Üzerine Nitel Bir Çalışma", International Conference of Strategic Research in Social Science and Education, 16 Ekim 2016, 288-306.
- [8] Katlandur, S. (2007), "Mesleki Eğitimde Sanayi Okul İşbirliği ve Mesleki Yeterlilik Sisteminin Önemi", III. Ulusal Meslek Yüksekokulları Müdürleri Toplantısı, 8-9 Kasım 2007 Adana, 55-57.
- [9] Keskin, M.H. ve Çavuşoğlu, D. (2012), "Lojistik Meslek Yüksekokullarının Türkiye'nin Lojistik Eğitim Sorununun Çözümüne Katkısının Tespiti ve Olası Çözüm Önerileri", Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi 10-12 Mayıs Konya, 509-517.
- [10] Korukoğlu, A. (2003), "Üniversite Öğrencilerinin Eğitimden Beklentileri Ege Üniversitesi İ.İ.B.F. Örneği", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(1). 79-89.
- [11] Naim M., Lalwani C., Fortuin L., Schmidts T., Taylor J. and Aronsson H. (2000), "A model for Logistics Systems Engineering Management Education in Europe", European Journal of Engineering Education, 25 (1), 65-82.
- [12] Naralan, A. ve Kaleli, S. S. (2012), "Üniversite Öğrencilerinin Üniversiteden Beklentileri ve Bölüm Memnuniyeti Araştırması: Atatürk Üniversitesi Örneği", Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 4, 1-11.
- [13] Nazik, E. ve Arslan, S. (2014), "Hemşirelik Mesleğinin Geleceği: Öğrencilerin Beklentileri", Bozok Tıp Dergisi, 4(1), 33-40.
- [14] Özoğlu, B. ve Büyükkeklik, A. (2013), "The Transportation and Logistics Sector in Turkish Economy: A Review about Growth Potential and Education Infrastructure", The International Journal of Transport & Logistics, Vol.13, 1-10.
- [15] Richardson, S. (2008), "Undergraduate Tourism and Hospitality Students Attitudes Toward a Career in the Industry: A Preliminary Investigation", Journal of Teaching in Travel & Tourism, 8 (1), 23- 46.
- [16] Soy, A., Temür, G., Bilgiç, İ. ve Şafak, İ.T. (2012), "Kalite Güvencesi Yönetimi Çerçevesinde Lojistik ve Dış Ticaret Eğitiminin Kalitesini Artırmaya Yönelik Çalışma Düzce Üniversitesi Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu Örneği", Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi 10-12 Mayıs Konya, 65-70.
- [17] Şahin İ., Zoraloğlu Y. ve Fırat N.Ş. (2011), "Üniversite Öğrencilerinin Yaşam Amaçları, Eğitsel Hedefleri, Üniversite Öğreniminden Beklentileri ve Memnuniyet Durumları", Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 17 (3), 429-452.
- [18] Tunç H., Kırbaş H. ve Kaya M. (2017), "Lojistik Sektörünün Gelişiminde Eğitimin Rolü: Bir Beklenti Analizi", 4. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal ve Teknik Bilimler Kongresi Mehmet Akif Üniversitesi, 11-13 Mayıs Burdur, 347-354.
- [19] Üzümcü T.P., Alyakut Ö. ve Günsel A. (2015), "Turizm Eğitimi Alan Öğrencilerin, Mesleğin Geleceğine İlişkin Bakış Açılı", Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18 (33), 179-199.
- [20] Zeytinoglu, E. (2012), "Muhasebe Bölümü Öğrencilerinin Motivasyonu ve Beklentileri Üzerine Bir Araştırma: Dumlupınar Üniversitesi Örneği", Muhasebe ve Finansman Dergisi, Ocak sayısı, 103-116.

- [21] <http://www.osym.gov.tr/TR,13263/2017-osys-yuksekokretim-programlari-ve-kontenjanlari-kilavuzu.html>,
(Erişim Tarihi: 26.02.2018).

TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI İÇİN GÜVENLİK DANIŞMANLIĞI EĞİTİMİ HAKKINDA KALİTATİF BİR ÇALIŞMA

Emine Tanbaş¹, Celil Durdağ², Tuğçe Doğan Mesutoğulları³, Burak Kayabaşı⁴

¹ Emine Tanbaş, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, eminet@tugem.com.tr

² Celil Durdağ, Beykoz Lojistik Meslek Yüksek Okulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, celildurdag@beykoz.edu.tr

³ Tuğçe Doğan Mesutoğulları, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, eminet@tugem.com.tr

⁴ Burak Kayabaşı, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, eminet@tugem.com.tr

ÖZET

Türkiye 2010 yılında ADR'ye taraf olmuştur. ADR taşımacılık sektörüne ulusal ve uluslararası taşımacılığın güvenli olarak yapılmasında zorunlu olan yükümlülükler getirmiştir. Yükümlülüklerden biri de taşımacılık sektöründeki firmaların önemli bir bölümünün tehlikeli madde güvenlik danışmanı çalışmak durumunda kalmalarıdır. Türk karayolu filosunun nicelik olarak Avrupa'nın en büyüğü olması ve tehlikeli madde taşımacılığının her geçen gün artması sebebiyle, Türk firmalarının tehlikeli madde güvenlik danışmanı ihtiyacının binler mertebesinde olacağı öngörülmektedir. Bu durum istihdam kaygısıyla taşımacılık ve lojistik alanından farklı meslek gruplarından katılımcıların tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı konusunda eğitim alması gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada, katılımcıların tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi hakkındaki görüşlerini mesleki farklılıklarını gözetenek öğrenmek üzere İstanbul ilinde ikamet eden farklı mesleklerle mensup yirmi bir kişilik örneklem grubuna odak grup görüşmesi tekniği kullanılarak eğitimle ilgili görüşleri sorulmuştur. Farklı mesleklerden katılımcılardan alınan cevapların içerik analiziyle değerlendirilmesi sonucunda eğitimin nasıl algılandığı ve her bir meslek grubundan katılımcıların algısı arasında anlamlı bir fark olup olmadığı ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Sözcükler: ADR, Eğitim, Karayolu Taşımacılığı, Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı

ABSTRACT

A QUALITATIVE STUDY ON DANGEROUS GOODS SAFETY ADVISOR EDUCATION FOR DANGEROUS GOODS TRANSPORTATION

Turkey has been a party to ADR in 2010. ADR has obligations for the transport sector to carry out national and international transport safely. One of the obligations is that a significant number of companies in the transportation sector have to work with the dangerous goods security advisor. It is foreseen that Turkish companies will need thousands of dangerous goods safety advisors because the Turkish road fleet is the largest in Europe and the number of dangerous goods increases day by day. This has led to the fact that participants from different occupational groups in the areas of employment, transport and logistics are trained in hazardous material safety consulting. In this study, participants were asked about their views on education using a focus group interview technique for a sample group of twenty-one people from different professions residing in the province of Istanbul to learn their views on dangerous material safety counseling education, taking into account their professional differences. The evaluation of the responses from participants from different professions through content analysis revealed how the training was perceived and whether there was a significant difference between the perceptions of participants from each profession group.

Keywords: ADR, Education, Road Transportation, Dangerous Goods Safety Advisor.

1.GİRİŞ

Tehlikeli maddeler; doğal özellikleri ve taşıma esnasında oluşturacakları riskler nedeniyle genel emniyet ve düzeni, özellikle umumu, malları, insanları, hayvanları ve çevreyi tehlikeye sokan madde ve nesnelere dir. Tehlikeli maddeler ile yaşamın her anında karşılaşmak mümkündür. Birçoğu hayatın içerisinde fayda yaratan ürünleri oluşturmaktadır ve taşınmaları kaçınılmazdır. Bununla birlikte taşımacılık faaliyeti tehlikeli maddelerin yol açabileceği tehlikelerin boyutlarını büyütmektedir. Tehlikeli maddelerin yaratabileceği tehditler, taşımacılık süreçlerinin yönetiminde gerçekleşen aksaklık, ihmalkarlık ve bilgisizlik gibi nedenler sonucunda meydana gelmektedir. Oluşabilecek tüm bu riskler nedeni ile tehlikeli maddelerin tüm taşıma türleri ile güvenli bir biçimde taşınmaları çok kritik bir konudur. Bu durum tehlikeli madde taşımacılığında rol alan bütün tarafların bilgili ve uzman kimseler olması gerektiğini göstermektedir. Bu sebeple tehlikeli madde taşımacılığında merkez konumda yer alacak tehlikeli madde güvenlik danışmanlarının eğitimi büyük önem arz etmektedir.

2.TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA ULUSLARARASI DÜZENLEMELER

Tehlikeli maddelerin sanayi üretiminin birçok alanında hammadde malzeme ürün ya da atık olarak değerlendirilmesi ve bu maddelere olan talep sebebiyle dış ticaretinin artmış olması bütün taşımacılık türlerinde tehlikeli maddelerle ilgili olarak düzenlemelerin ortaya konulmasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle tehlikeli madde kaynaklı kazaların sıklaşmasıyla beraber 1950'li yıllar itibariyle tehlikeli madde taşımacılığını uluslararası alanda standartlaştırma çalışmaları başlamıştır. Bu standartlaşma ile elde edilmek istenen amaç ise güvenlik tedbirlerinin alınmasını sağlayarak olası tehlikelerin ortadan kalkmasını sağlamaktır.

Taşıma türü veya geçilen ülkenin değişmesi sonucunda her defasında kuralların değişmesi taşımayı zorlaştıracak ve imkansız hale getireceği için; zaman içinde taşımaların dünya çapında ortak düzenlenmiş kanun ve kurallara göre yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Dünyada tüm taşıma türlerinin, kanunlar ile uyumlaştırılması için BM Komisyonu / "Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods" tavsiye niteliğinde kararlar çıkartmaktadır (Tanbaş,2012).

2.1 Birleşmiş Milletler Tehlikeli Yük Taşımacılığında Öneriler Kitabı (Orange Book)

Maddelerin gösterdiği davranışlar, çevreleri ile olan ilişkileri ve olağan dışı bir durumda gösterecekleri durumlar, yıllar boyunca edinilen deneyimler ve deneylerle belirlenmiş ve bunlara karşı alınacak önlemler ile yapılacak üretimlerin test edilme esasları belirlenerek "Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations" isimli bir yayında toplanmıştır. 2011 yılında 17. kez revize edilmiş nüshası yayınlanan bu yayın çok uzman kişilerden oluşan Birleşmiş Milletler Teknik Komitesi tarafından düzenlenmektedir. Kısa adı "Orange Book" ya da Birleşmiş Milletler Tavsiyeleri olarak da kullanılmaktadır. Orijinal yayınları İngilizce, Fransızca ve İspanyolca olarak yayınlanmaktadır (Tanbaş,2012).

Birleşmiş Milletler Teknik Komitesi, Uluslararası Hava Taşıma Birliği (IATA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Dünya Federasyonu Kültür Koleksiyonu (WFCC) gibi uluslararası organizasyonlardan ve Birleşik Devletler Taşıma Bölümü (DOT), Birleşik Devletler Posta Servisi (USPS), Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC), Mesleki Sağlık ve Güvenlik Yönetimi (OSHA) gibi ulusal organizasyonlardan danışmanlık almaktadır.

Birleşmiş Milletler Teknik Komitesi tarafından önerilen tavsiyeleri içeren BM Turuncu Kitabı ilk olarak 1956 yılında yayınlanmıştır. Turuncu kitap, temel olarak tehlikeli materyallerin sınıflandırılması, paketlenmesi, işaretlenmesi, etiketlenmesi ve belgelenmesi hakkında tavsiyeler içermektedir. Tehlikeli materyallerin taşınmasıyla ilgili üç model düzenlemesi bulunmakta, taşıma yolları farklı dahi olsa, bu düzenlemelerin ulusal ve uluslararası düzeyde tek tip olmasını sağlayan temel ilkeler belirlenmektedir. Ulusal ve uluslararası organizasyonlar, bu temel ilkelere bağlı kalarak düzenlemeleri geliştirmek ve yenilemekten sorumludurlar. Kitabın içeriğinde yapılan değişiklikler, o yıl ek olarak yayınlanmakta, böylece tüm dünyada uyum sağlanmaya çalışılmaktadır.

Birleşmiş Milletler Turuncu Kitabı kapsamında model düzenlemesi; sınıfların tanımlarını, sınıflama prensiplerini, başlıca tehlikeli materyallerin listesini, genel paketleme kurallarını, test yöntemlerini, işaretleme, etiketleme ve taşıma belgelerini içermektedir. Düzenleme beş model altında toplanmıştır: ADR (Tehlikeli maddelerin uluslararası karayolu ile taşınması için gereken tavsiyeler), RID (Tehlikeli maddelerin demiryolu ile taşınması için gereken tavsiyeler), IMDG CODE (Tehlikeli Maddelerin denizyolu ile taşınması için gereken tavsiyeler, IATA DGR (Tehlikeli maddelerin havayolu ile taşınması için gereken düzenlemeler) ve ADN (Tehlikeli maddelerin iç suyuoluyla taşınması için gereken düzenlemeler)

Bu düzenlemelerin amacı öncelikle tehlikeli materyallerin taşınması sırasında güvenliğinin sağlanması, herhangi bir kaza meydana gelmemesidir. Kaza meydana gelmesi durumunda ise hasarın mümkün olduğunca azaltılmasına yönelik tavsiyeleri kullanıcılara bildirmektir.

2.2 Uluslararası Karayollarında Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Avrupa Anlaşması(ADR)

Tehlikeli Maddelerin Uluslararası Karayolu Nakline Dair Avrupa Anlaşması (ADR) Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu tarafından düzenlenmiş bir konvansiyon olup taraf ülkelerin toprakları üzerinden ya da sınırları arasında gerçekleştirilen tehlikeli madde taşınmalarını kapsamaktadır. ADR Konvansiyonu 30 Eylül 1957 tarihinde Cenevre’de imzalanmış ve 29 Ocak 1968 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Tanbaş,2012).

ADR, devletlerarası bir anlaşma olup, genel ve devletler üstü bir uygulatıcı merci bulunmamaktadır. Uygulamada, karayolu denetimleri devletler tarafından gerçekleştirilmekte ve anlaşma hükümlerine uyulmadığı takdirde ihlal edenlere karşı ulusal makamlar tarafından kendi iç mevzuatlarına göre yasal işlem uygulanmaktadır.

ADR Anlaşması’nın amacı; karayoluyla uluslararası taşımacılıkta güvenliğin artırılması, tehlikeli maddelerin taşınmasına ilişkin Birleşmiş Milletler Kurallarına dayanarak tehlikeli atıklar dahil olmak üzere tehlikeli malların sınıflandırılması, paketlenmesi, etiketlenmesi ve test edilmesiyle alakalı hükümlerin, diğer taşıma şekilleri ile uyumlu biçimde ortaya konulması, karayoluyla tehlikeli mal taşıyan araçların yapımı, donanımı ve işleyişine yönelik koşulların ortaya konmasıdır (Acer vd,2013).

ADR Anlaşması’nın kapsamını tehlikeli maddelerin; ambalajlanması, taşımaya uygun aracın seçimi ve teknik donanımı, ilk ve periyodik kontrolleri, araçların temizlenme ve yıkanması esnasında dikkat edilecek hususlar, yükleme ve boşaltma teknikleri, araç ve yük işaretlemeleri, taşınmanın gerçekleştirileceği güzergahın seçimi, geçici duraklamalarda yapılacak iş ve işlemler, tehlikeli madde taşıyan sürücülerin eğitimleri, güvenlik danışmanı bulundurma zorunluluğu, acil durum ve kaza anında yapılacak iş ve işlemler, teslim edilme esnasında dikkat edilecek olan hususlar, ambalajların imhası ve geri dönüşüm süreci, tünel ve köprü geçişleri konuları oluşturmaktadır.

ADR Anlaşması’na bütün Birleşmiş Milletler, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi (UN/ECE) üye ülkelerine ve diğer Avrupa ülkelerinin yanı sıra Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi faaliyetlerine katılmaya çağrılan Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler taraf olabilir. ADR Anlaşmasına taraf ülkeler her altı ayda bir toplanır ve anlaşmada yapılabilecek değişiklikler hakkında fikir alışverişlerinde bulunur. Teknolojideki gelişmeler, değişen sanayi uygulamaları gibi değişen koşullar dikkate alınarak kabul edilen bu değişiklikler ışığında anlaşma her iki senede bir yenilenmektedir (Tanbaş,2012).

3.TÜRKİYE’DE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI VE ADR ANLAŞMASI’NA TARAF OLMA SÜRECİ

Türkiye’de tehlikeli madde taşımacılığının yıl içerisinde yirmi iki milyon ton seviyelerine ulaşmış olması ve bu taşımaların yaklaşık yüzde doksanlık bölümünün karayolu ile gerçekleşmesi sebebiyle Türkiye’nin ADR Anlaşması’na taraf olmasının önemi rahatlıkla anlaşılabilir. Türkiye’ nin ADR’ ye üyelik çalışmaları 1994 yılında hazırlanmakta olan uluslararası taşımacılık konusundaki yasal düzenlemeler sırasında başlamıştır. ADR 2003 ekinde olmak üzere ADR’ yi kabul etme tasarısı TBMM Ulaştırma Komisyonuna sevk edildi. TBMM’ de komisyondan geçen bu uluslararası antlaşma metni Genel Kurul’ a sevk edilerek kabulü gerçekleşti. 06.12.2005 tarihli Resmi Gazete’ de yayımlanan 5434 sayılı kanun ile Türkiye’ nin ADR Anlaşmasına katılımı uygun bulunmuştur (URL1).

Bu kanun ile başlayan süreç, 31 Mart 2007 tarihinde yayınlanan “Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınması Hakkında Yönetmelik”, 30 Ekim 2009 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanan 2003 ADR orijinal ve Türkçe metinleri Türkiye’ nin taraf olma sürecinin başlangıcında üstüne düşenleri yapmıştır. Başvuru şartlarının yerine getirilmesi ve Birleşmiş Milletlere yapılan başvuru ile Türkiye 22 Şubat 2010 tarihi itibarıyla ADR Anlaşması’na resmen taraf olmuştur.

Türkiye, ADR Anlaşması’na taraf olduktan sonra ulusal mevzuatını ADR anlaşmasına uygun hale getirmek ve anlaşmanın kendisine yüklediği sorumlulukları karşılamak amacıyla çalışmalara başlamıştır. Karayolu taşımacılığında yapılan ilk düzenlemeler Karayolları Trafik Yönetmeliği ve Karayolu Taşıma Yönetmeliği’nde görülmüştür. Karayolları Trafik Yönetmeliği tehlikeli madde taşıyan araçların hız limitleri ve diğer araçlarla takip mesafeleri gibi trafik seyir güvenliğine ilişkin temel kuralları açıklarken, Karayolu Taşıma Yönetmeliği ise tehlikeli madde taşıyan araçları kullanacak sürücülerin sahip olması gereken belgeler, araçta bulunması gereken belgeleri, araçların taşınacak tehlikeli maddeye uygunluk şartlarını ve tarafların sorumluluklarını açıklamaktadır.

Türkiye’nin ulusal mevzuatını ADR Anlaşması’na uygun hale getirme çalışmalarında en önemli adım ise Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınması Hakkındaki Yönetmelik olmuştur.

Bu yönetmeliğin amacı; tehlikeli maddelerin; insan sağlığı ve diğer canlı varlıklar ile çevreye zarar vermeden güvenli ve düzenli bir şekilde kamuya açık karayoluyla taşınmasını sağlamak; bu faaliyetlerde yer alan gönderenlerin, alıcıların, dolduranların, yükleyenlerin, boşaltanların, ambalajlayanların, taşımacıların ve tehlikeli maddeleri taşıyan her türlü aracın operatör veya sürücülerinin sorumluluk, yükümlülük ve çalışma koşullarını belirlemektir (Acer vd,2013).

Türkiye ulusal mevzuat içerisinde değişiklikler yapmak yanında tehlikeli madde taşımacılığına verdiği önemi Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın idari yapısı içerisinde Tehlikeli Mal ve Kombine Taşımacılık Genel Müdürlüğü'nü oluşturarak göstermiştir.

3.1 Tehlikeli Madde Taşımacılığında Eğitimin Yeri ve Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı Eğitimi Konusu

Hayatımızı idame ettirmek için kullandığımız birçok ürünün ya kendisi ya da bileşiminde tehlikeli maddeler kullanılmaktadır. Özellikle küreselleşmenin gitgide arttığı bu dönemlerde hem tehlikeli maddelerin hayatımızda ki yeri ve önemi hem de lojistik sektöründe tehlikeli maddelerin yeri ve önemi daha da artmıştır. Bununla birlikte tehlikeli maddelerin üretiminde olduğu gibi paketlenmesinde, elleçlenmesinde, depolanmasında ve taşınmasında kısaca lojistik süreçlerinde küçümsenmeyecek bir tehlike potansiyeli bulunmaktadır. Bu sebeple tehlikeli maddelerin lojistik süreçlerinde oluşabilecek tehlike risklerini en aza indirebilmek için uluslararası düzenlemeler ve kurallar getirilmiştir. Tehlikeli maddelerin yüklenmesi, taşınması, boşaltılması, depolanması ve diğer süreçler esnasında oluşan kazalar incelendiğinde, bu kazaların ve yaşanan istenmeyen olayların büyük bir bölümünün bu düzenlemelere ve kurallara uyulmadığı için ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Tehlikeli maddelerin emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için sistem içindeki tüm hataların minimize edilmesi gerekmektedir. Özellikle insan faktörüne bağlı hataları ve tehditleri kaldırabilmek için önlemlerin alınması zorunludur. Bunun için de; tehlikeli madde lojistik sürecinde yer alan gönderen, paketleyen yükleyen, taşıyan, boşaltan ve depolayan tüm tarafların sorumluluklarına uygun olarak eğitilmesi gerekmektedir. Tehlikeli madde eğitimleri kazalar oluşmadan önce lojistik sürecinde yer alan tüm kişilere farkındalık yaratmak amacıyla verilmelidir. Sürecin kilit noktasında yer alan tehlikeli maddelerden sorumlu kişilerin ise görevlerine uygun eğitimlerle tehlikeli maddeler konusundaki farkındalıkları yükseltilmelidir.

ADR sözleşmesi tehlikeli maddelerin eğitimine özellikle önem vermiş ve eğitimleri 3 ayrı başlık altında açıklamıştır.

1. ADR 1.3 de tehlikeli maddelerin taşımacılığında yer alan kişilerin “Genel Bilinçlendirme”, “Göreve Özgü ” ve “Güvenlik ” eğitimlerinden bahsedilmiştir.
2. ADR 8.2 de tehlikeli madde taşımacılığı yapacak araç sürücülerin ve araç mürettebatının zorunlu eğitimlerinden ve sertifikasyonu anlatılmıştır.
3. ADR 1.8.3 de ise; her işletmenin, tehlikeli malların karayolu ile taşınması, bununla ilgili olarak ambalajlanması, yüklenmesi ve doldurma ve boşaltma işlemlerinde, kişilerin, mülklerin ve çevrenin korunması için riskleri azaltma konusunda yardımdan sorumlu olarak bir ya da daha fazla güvenlik danışmanı atanmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca güvenlik danışmanlarının görevlerini yerine getirebilmesi için sahip olması gereken bilgi ve tecrübeler belirtilerek bu bilgi ve tecrübeleri ölçen bir sınavdan başarılı olmaları zorunlu tutulmuştur. Bilgi ve tecrübelerinin güncelliğini koruyup korumadığını kontrol edebilmek için de 5 yıl da bir yenileme sınavlarına girilerek belgenin yenilenmesi gerektiği belirtilmiştir.

ADR 1.8.3 de belirtildiği gibi tehlikeli maddelerin lojistik süreçlerinde oluşabilecek tehlike risklerini azaltabilecek kişilerin başında Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlarını görmektedir.

ADR' ye göre TMGD sertifikası için eğitim zorunlu tutulmamış ama bir TMGD de olması gereken bilgi ve becerinin ölçüldüğü sınavlara girilmesi ve 5 yılda bir sertifika yenileme sınavlarına girilmesi zorunlu tutulmuştur. Bazı ADR ye taraf ülkelerde TMGD eğitimi alınmadan sınava girme hakkı varken Türkiye başta olmak üzere birçok ülkede ise TMGD eğitimi zorunlu tutulmuştur. ADR mevzuatını 50 yıl geriden gelip taraf olan bir ülke olarak Türkiye, tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimlerinde ve yetkilendirmelerinde kısa zamanda çok önemli işler yapmıştır. Türkiye' de ADR konusundaki TMGD eğitimleri aşağıda ayrı bir başlıkta incelenecektir.

3.2 Türkiye'de Karayolunda Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı Eğitimi

Türkiye' nin 2010 yılında ADR' ye taraf olması ve özellikle Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının 2012 yılında Tehlikeli Mal ve Kombine Taşımacılık Genel Müdürlüğünü kurması ile birlikte tehlikeli madde eğitimleri hızlı bir ivme kazanmıştır.

Tehlikeli maddelerinin risklerini azaltmaları konusunda önemli bir sorumluluğu olan Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlarının görevleri, yükümlülükleri, eğitimleri, sınavları ve diğer süreçleri ilk defa 22.05.2014 tarihli ve 29007 sayılı Resmî Gazete ile yayınlanan Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı Hakkında Tebliğ ile açıklanmıştır.

Bu tebliğ kapsamında TMGD sınavına girebilmek için 49 saatlik TMGD eğitimi zorunlu kılınmıştır. Bu eğitimlere lisans mezunu olan her kişi 19 Nisan 2017 tarihinden önce katılabilmekteydi. Eğitimini tamamlayan ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının yaptığı beş seçenekli kırk sorudan oluşan sınava girme hakkı kazanmaktadır. Bir TMGD eğitimi ile 4 sınav hakkı kazanan kişi bir sınavda 70 ve üzeri puan aldığında sınavdan başarılı olmakta ve TMGD sertifikasına hak kazanmaktadır. TMGD sertifikasının geçerliliği ise 5 yıldır.

19 Nisan 2017 tarihinde ise Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı Hakkında Tebliğde Değişikliği yayınlanmış ve TMGD eğitimlerinde ciddi değişiklikler yapılmıştır. 19 Nisan 2017 tarihi itibarıyla eğitimlere Fen ve Mühendislik bölümü mezunları katılabilir hale getirilmiş ve eğitim süresi 49 saatten 64 saate çıkarılmıştır. Bu değişikliklerin yapılma sebepleri arasında TMGD sınavlarında başarı oranının çok düşük olması ve bölüm şartı ile birlikte TMGD sayısını ihtiyaç doğrultusunda tutabilmek olarak gösterilmiştir.

2014 yılından beri tehlikeli madde güvenlik danışmanı eğitimi düzenlemek üzere Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından 102 eğitim kuruluşu ve 146 eğitici yetkilendirilmiştir. Bu eğitim kuruluşlarından bugüne kadar yaklaşık 35 bin kişi TMGD eğitimi almıştır. TMGD Sınavları sonucu başarılı olup TMGD sertifikası düzenlenen kişi sayısı ise 8224'dür. (19.02.2017 itibarıyla). Türkiye genelinde 102 TMGD Eğitim Kuruluşunun ve 8224 TMGD sayısının iller bazında dağılımı aşağıda tablo da gösterilmiştir (URL2).

Tablo 1. İller Bazında Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı Eğitimi Veren Kuruluşların ve TMGD Sertifikasına Sahip Kişilerin İkametgah Dağılımı

İL ADI	TMGD Eğitim Kuruluşu	TMGD Sertifika Sayısı
İSTANBUL	23	2129
ANKARA	16	900
İZMİR	9	882
ANTALYA	7	355
KOCAELİ	5	415
BURSA	4	492
GAZİANTEP	4	168
KONYA	3	166
MERSİN	3	197
TEKİRDAĞ	3	186
ADANA	3	257
MALATYA	2	48
ESKİŞEHİR	2	143
TRABZON	2	105
DİYARBAKIR	2	75
Diğer	14	1706
TOPLAM	102	8224

Kaynak (www.tmkt.gov.tr)

- Sadece bir tane TMGD Eğitim Kuruluşu olan iller Diğer iller altında toplanmıştır. Toplamda 14 eğitim merkezinin olduğu iller; Adana, Afyon, Aydın, Balıkesir, Batman, Denizli, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, Manisa, Sakarya, Samsun, Sivas, Van ve Urfa'dır.
- Toplamda 1706 tane TMGD sertifikasına sahip kişilerin istihdam ettiği Diğer illerin sayısı yukarıda belirtilen illerin dışında 49 ili de kapsamaktadır.

4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

4.1. Örneklem ve Odak Grup Görüşmesi Yöntemi

Bu çalışma, kalitatif araştırma tekniklerinden odak grup görüşmesi tekniği ile İstanbul ilinde çeşitli işletmelerde çalışan 21 adet tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı belgesi sahiplerinden oluşan örneklem grubu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan danışmanların çoğunlukla mühendislik ve işletme bölümünden mezun oldukları tespit edilmiştir.

Çalışmada danışmanların Türkiye'nin ADR Anlaşması'na imza atması, hem ulusal hem de uluslararası tehlikeli madde taşımacılığında ADR kurallarının uygulanması ve tüm bunların Türkiye'de tehlikeli madde güvenlik danışmanları üzerindeki etkisinin ne olduğu hakkındaki görüşlerinin alınması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, İstanbul ilinde farklı sektör ve eğitim geçmişleriyle çalışan danışmanların konu hakkında farklı görüşlere sahip olup olmadıklarını ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tüm katılımcılara odak grup görüşmesinin amacı ayrıntılı biçimde anlatılarak konu hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmıştır. Her bir görüşme ortalama 45 dakika sürmüştür. Görüşmelerde katılımcıların izni dahilinde ses kaydı ve notlar alınmıştır. Görüşmeler aynı ilde, aynı zamanlarda, iki farklı moderatör tarafından tehlikeli madde güvenlik eğitimlerini veren eğitmenler tarafından düzenlenmiştir.

Danışmanlara “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimine katılma sebebiniz nedir?” ve “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi sırasında yaşadığınız sıkıntılar nelerdir?” şeklinde toplam iki adet konuyu açmak üzere sorularak katılımcıların özgürce konuyu tartışmalarına zemin hazırlanmıştır.

4.2. İçerik Analizi ve Bulgular

Odak grup görüşmesi neticesinde toplanan verileri analiz etmek amacıyla içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. İçerik analizi yönteminin kullanılmasının temel amacı, toplanan verilerin kavramsal ve ilişkisel olarak bir anlam ifade ettiğini ortaya çıkarmaktır. İçerik analizindeki temel fikir, birbirine benzeyen verileri bir araya getirmek, aynı kavramlar ve temalar altında sınıflandırmak ve son olarak da okuyucuların tam olarak anlayabileceği şekilde sonucu aktarmaktır (Yıldırım ve Şimşek,2011).

İçerik analizinde ilk olarak veriler anlamlı parçalara bölünürler. Daha sonra bu anlamlı parçalar kavramsal olarak tanımlanırlar ve konularına göre bu kelimeleri düzenlemede kolaylık sağlamak amacıyla belli kodlar atanır. Kodlama tamamlandıktan sonra bu kodlar benzerlik veya farklılıklarına göre kategorize edilir. Buna göre benzer olanlar aynı kategori altında toplanır. Kodlama ve kategorilere ayırma içerik analizinin zengin ve sistematik olmasını sağlar.

Bu çalışmada danışmanların konuyla ilgili yaptıkları konuşmalarda kullandıkları kelimelere göre kodlar verilmiş ve birbirine benzeyen kelimeler aynı kategori altına konmuştur. Danışmanların “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimine katılma sebebiniz nedir?” sorusuna verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde önemli bir kısmının işyeri zorunluluğu, belge yükümlülüğü dedikleri tespit edilmiştir. Diğer bir gerekçenin ise yeni bir alan olması ile maddi kazanç sağlamak olduğu ortaya çıkmıştır.

“Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi sırasında yaşadığınız sıkıntılar nelerdir?” sorusuna danışmanların verdikleri cevaplar içerisinde en çok tekrar edilen kelimeler aşağıda Tablo 2’de verilmiştir:

Tablo 2: Yaşanan sıkıntılar ile ilgili sırasıyla en çok tekrar edilen kelimeler

Yaşanan sıkıntılar ile ilgili sırasıyla en çok tekrar edilen kelimeler
1. Eğitim süresinin kısa olması
2. Eğitim kapsamında çok konu bulunması
3. Eğitim sırasında ders sürelerinin uzun tutulması
4. Tek eğitmen ile eğitimin tamamlanması
5. Eğitimin sadece sınav odaklı olması
6. Eğitimde uygulama olmaması
7. ADR kitabında çeviri hataları bulunması

Danışmanların “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi ve sınavında mezun olduğunuz alanın katkısı oldu mu?” ve “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı yaparken aldığınız eğitimin ve mezun olduğunuz alanın katkısı oldu mu?” sorularına verdikleri cevaplar oldukça dikkat çekicidir.

Mühendis kökenli adayların tamamı ile lojistik mezunlarının önemli bir bölümü önceki eğitimlerinin tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi ile sınavında kendilerine katkısı olduğunu söylemişlerdir. İşletme, tarih, iktisat gibi bölümlerden mezun olanlar ise katkı elde edemediklerini belirtmişlerdir.

İkinci soruya danışmanların verdikleri cevaplar da benzer bir seyir izlemiştir. Önceden mühendislik ya da lojistik temelli eğitim alan danışmanlar işletme, tarih, iktisat gibi bölümlerden mezun olan danışmanlara göre geçmiş bilgilerinden danışmanlık hizmetini sunarken daha fazla yararlanmışlardır. Ancak hemen hemen bütün danışmanların özellikle belirttiği bir husus ise işlerini yaparken saha eğitimi ihtiyacı duymaları olmuştur.

Danışmanların “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı sertifikası size yeni iş olanakları sundu mu?” sorusuna verdikleri cevaplarda da önemli farklar oluşmuştur. Danışmanların büyük bir kısmı mevcut işlerinde sertifikalarını kullanmaya başlamıştır. Diğer bir kesim ise eski işlerini bırakarak tehlikeli madde güvenlik danışmanı olarak çalışmaya başlamışlardır. Yine tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı hizmeti vermek üzere şirket kuranların sayısı da az değildir.

Bununla birlikte “Tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı eğitimi ve sertifikasının mevcut işinizde size katkısı oldu mu?” sorusuna verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde bazı danışmanların hiçbir katkı elde edemediklerini belirtmeleri şaşırtıcı olmuştur. Ancak kimi danışmanlar ise sertifikaları sayesinde mevcut işlerinde yükseldiklerini ve maaş artışı elde ettiklerini söylemişlerdir.

Tüm bu bulgular doğrultusunda, danışmanların görüşleri yapılan içerik analizine göre iki ana kategori altında ve aşağıda belirtilen kodlar ile Tablo 2. deki gibi özetlenmektedir :

Tablo 3: İçerik Analizi Tablosu

TEMA	Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlarının TMGD Eğitimi ve Sonrası Hakkında Görüşleri	
Kategoriler	TMGD Eğitimi Hakkında Görüşler	TMGD Eğitimi Sonrası Hakkında Görüşler
Kodlar	Eğitim süresi	Sahada yaşanan problemler
	Eğitim içeriği	Sağlıklı iletişim gereksinimi
	Eğitim yöntemi	Hizmet bedeli fiyat sınırı belirleme
	Eğitime uygulama eklenmesi	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Avrupa’da 1960’lı yıllardan itibaren uygulanan ve amacı insanları, hayvanları, çevreyi ve malları daha güvenli taşımak olan Uluslararası Karayollarında Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Avrupa Anlaşması (ADR)’na Türkiye 2010 yılında taraf olmuş ve bununla beraber çeşitli yükümlülükleri yerine getirmesi gerekmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında bu sürece katılan herkes sorumluluk sahibidir ve tüm tarafların farkındalık eğitimi alması gereklidir.

Tehlikeli madde güvenlik danışmanları karayolu taşımacılığında uygulayıcı ve denetleyen konumunda bulduklarından aldıkları eğitimin niteliği yanında sahip oldukları sertifikayı etkin şekilde kullanabilmeleri de Türkiye karayolu tehlikeli madde taşımacılık sektörü açısından büyük önem arz etmektedir. Çalışma, TMGD eğitiminin verilmesi sırasında yaşananlar ile danışmanlık sertifikası alındıktan sonra yaşanan durumların tespit edilmesi ve her iki süreçte eksik kalan hususların iyileştirilmesine yardımcı olmak amacıyla yola çıkmıştır. Bunun için tekstilden sigortaya kadar farklı sektörlerde çalışan ve ekonometriden kaptanlık bölümüne kadar farklı mezuniyet alanlarından gelen danışmanlar ile görüşmeler yapılmıştır.

Danışmanlar ile yapılan görüşmeler sonunda TMGD eğitiminde radikal değişiklikler yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Eğitimin süresi yanında verilme yönteminde esnekliğin artırılması için ilgili genel müdürlük tarafından çalışma yapılması gerekmektedir. TMGD eğitiminde uygulamaya ilişkin örneklerin paylaşılması bütün danışmanların ortak talebi olmuştur. Ayrıca sınav yönteminde de değişiklik yapılabileceği düşünülmektedir. ADR anlaşmasına taraf olmuş kimi ülkelerde uygulanan vaka çözümü yönteminin çoktan seçmeli sorulara ek olarak sınava eklenmesi düşünülebilir.

Çalışma ile tespit edilen bir diğer durum ise mezuniyet alanlarının TMGD eğitimine yapmış olduğu etkidir. Mühendislik ile lojistik alanında eğitim alan danışmanların TMGD eğitiminin üstesinden daha rahat geldikleri söylenebilir. Danışmanlık hizmetinin etkin verilmesinde de bu durumun dolaylı etkisi bulunduğu açıktır. TMGD danışmanlığında alınan eğitimin yanında sahada uygulama olanağı sunan bir sektörde çalışmanın da büyük önemi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Aksi durumda kişilerin aldığı eğitim karşılığını bulamamakta ve sayıları sekiz binden fazla olan danışmanlarının ciddi bir kısmı atıl olarak kalmaktadır. Bu nedenle lojistik alan mezunlarının yeni TMGD istihdamında denklem dışı bırakılmaları çok sakıncalı olacaktır. Ayrıca ilgili genel müdürlüğün danışmanların ve danışman eğitmenlerinin sigortalı olma durumunu işlerini yapmalarına engel olacak şekilde yorumlamasından ziyade onların önünü açacak biçimde yorumlaması daha doğru olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Acer, A.vd (2013) Tehlikeli Madde Taşımacılığı Temel Eğitimi, İstanbul:TUGEM.
- [2] Tanbaş, Emine (2012).Tehlikeli Madde Taşımacılığında Uluslar arası Düzenlemelerin Işığında Türkiye’de ki Mevcut Mevzuat Yapısı ve Eğitim Sisteminin Analizi, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi,İstanbul:Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [3] URL1, Transport Dergisi İnternet sitesi, Türkiye’de Yılda 22 Milyon Ton Tehlikeli Madde Taşıyor!, www.transport.com.tr/kar1,102@2200.html,10.02.2014.
- [4] URL2, UDHB Tehlikeli Mal ve Kombine Taşımacılık Düzenleme Genel Müdürlüğü İnternet sitesi, Yetkilendirilen Kuruluş/Kişiler,www.tmkt.gov.tr, 06.02.2014.
- [5] Uzel, Ezgi ve Durdağ, Celil (2014) Sürücülerin Tehlikeli Madde Taşımacılığı Eğitimine Bakış Açılıarı Hakkında Kalitatif Bir Çalışma, Beykoz Akademi Dergisi, Cilt 02-Sayı 01.
- [6] Yıldırım, Ali ve Şimşek, Hakan (2011) Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Ankara: Sekin.

TÜRKİYE’DE LİSANS DÜZEYİNDE EĞİTİM VEREN LOJİSTİK BÖLÜMLERİNİN GENEL BİR DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan Şahin¹, Bayram Topal²

¹Dumlupınar Üniversitesi Simav Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Simav-Kütahya,
hasan.sahin@dpu.edu.tr

²Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Sakarya, btopal@sakarya.edu.tr

ÖZET

Lojistik dünyada ve Türkiye’de hızla gelişmekte olan bir sektördür. Lojistik; kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanmasıdır. Üniversitelerin lojistik bölümlerinin amacı ise; lojistik sorunlarını anlatmak ve bu konulardaki çözüm yöntemlerini öğretmek aynı zamanda taşımacılık, stoklama, depolama gibi lojistik konularına bilimsel açıdan bakabilme yeteneği kazandırmaktır. Günümüzde sürekli gelişmekte olan lojistik sektöründe yer almak ve iyi bir kariyer yapmak hedefleniyor ise ilk olarak iyi bir eğitimin nereden alındığı oldukça önemlidir. Üniversitelerin genel hedefi ise lojistiğin tüm fonksiyonlarına hakim, bilgi teknolojisi sistemlerini kullanmasını bilen, küresel vizyon sahibi uzmanlar yetiştirmektir. Bu çalışmada Türkiye’de lojistik bölümü bulunan 82 vakıf ve devlet üniversitesindeki okutulan dersler, akademik personel, öğrenci ve mezun öğrenci sayısı gibi faktörler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Eğitimi, Üniversite, Türkiye

A GENERAL EVALUATION OF THE LOGISTICS DEPARTMENTS THAT GIVE TRAINING AT LICENSE LEVEL IN TURKEY

ABSTRACT

Logistics is a rapidly emerging industry in the world and Turkey. Logistics; efficient and efficient way of moving all kinds of products, services and information from the starting point to the arrival point in order to meet the needs of the people. The purpose of the logistics departments of universities is; to explain the logistical problems and to teach the solution methods in these subjects, and to gain the ability to look at the logistics issues such as transportation, storage and storage from a scientific point of view. If it is aimed to take place in the ever-evolving logistics sector and make a good career, it is very important that where good training is first received. The universities' overall goal is to train experts with global vision who know all the functions of logistics, know how to use information technology systems. This study found the logistics department in Turkey 82 foundations and state the subjects taught in universities, academic staff, students and alumni factors such as the number of students was examined.

Keywords: Logistics Education, University, Turkey

1. GİRİŞ

Lojistik dünyada ve Türkiye’de hızla gelişmekte olan bir sektördür. Küreselleşmenin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkileri, bilişim teknolojilerindeki gelişmeler ve ulaştırma hızının ve türlerinin artması ile birlikte, dünyada ve Türkiye’de hem üretim hem de tüketim artmakta ve buna paralel olarak da lojistik faaliyetlerin hacmi giderek hızlı bir şekilde gelişmektedir. Lojistik; kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanmasıdır. Lojistik bölümlerinin amacı ise; lojistik sorunlarını anlatmak ve bu konulardaki çözüm yöntemlerini öğretmek aynı zamanda taşımacılık, stoklama, depolama gibi lojistik konularına bilimsel açıdan bakabilme yeteneği kazandırmaktır.

Günümüzde sürekli gelişmekte olan lojistik sektöründe yer almak ve iyi bir kariyer yapmak hedefleniyor ise ilk olarak iyi bir eğitimin nereden alındığı oldukça önemlidir. Üniversitelerin genel hedefi ise lojistiğin tüm fonksiyonlarına hakim, bilgi teknolojisi sistemlerini kullanmasını bilen, küresel vizyon sahibi uzmanlar yetiştirmektir.

Türkiye’de eğitim veren gerek devlet gerekse vakıf üniversiteleri arasında “lojistik” bölümlerinin eğitim hayatına katılmaları oldukça yenidir. İsminde “lojistik” kelimesi geçen ve Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) tarafından açılmasına izin verilen ilk bölüm, İstanbul Üniversitesi bünyesinde lisans düzeyinde dört yıllık eğitim veren; Ulaştırma ve Lojistik Yüksekokuludur. Bölüm 1999-2000 öğretim yılında eğitim hayatına başlamış ve halen 65 öğrenci kontenjanı ile eğitim vermektedir. İstanbul Üniversitesi’nden sonra birçok devlet üniversitesinde lojistik ile ilgili meslek yüksekokulları açılmıştır. Meslek yüksekokulları, iki yıllık ön lisans eğitimi veren ve sektörün ihtiyaç duyduğu ara elemanları yetiştiren okullardır. Vakıf Üniversiteleri ise farklı bir strateji uygulayarak ilk olarak “lojistik” ile ilgili lisans düzeyinde dört yıl eğitim veren bölümler açmışlardır. Vakıf Üniversiteleri arasından ilk olarak 2001 yılında Yeditepe Üniversitesi, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık bölümünü kurmuştur. Lisans düzeyinde ki lojistik bölümlerinin doluluk oranlarının yüksekliği ve sektörden ara eleman ihtiyacının vurgulanması ile vakıf üniversiteleri ön lisans programları açmaya da başlamışlardır (Çalışkan ve Öztürkoğlu, 2014). 2016-2017 eğitim yılı itibariyle YÖK tarafından onaylı 82 lisans bölümünde lojistik ile ilgili eğitim vermektedir.

Bu çalışmada lojistik bölümü bulunan Türkiye’deki 82 vakıf ve devlet üniversitesinde verilen dersler, akademik personel yapısı, mezun sayısı ve kontenjan sayısı gibi faktörler açısından incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Türkiye’de Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi (TZY) eğitimi daha yeni yeni gündeme gelmektedir. Hali hazırda sektörün yeni olduğu bu alanda bu durum normaldir. Bu noktada Türkiye olarak öncelikle mevcut durumdaki ihtiyaçlar belirlemeli ve daha geniş kapsamlı bir sektör planı çerçevesinde eğitim konusu ele alınmalıdır.

Lojistik eğitiminde temelde benzer ders gruplarının farklı dağılımlarıyla oluşturulan iki ekol vardır (Hayward ve Omurtag, 2003): (1) Mühendislik modeli: Mühendislik ve lojistik ve TZY derslerine ağırlık verilirken bunlar özellikle yönetsel anlamda faydalı olacak işletme dersleri ile desteklenmektedir (2) İşletme modeli: İşletme bilimi, lojistik ve TZY dersleri ağırlıklıdır bunlar özellikle sistem yaklaşımı, karar alma ve analiz konularında faydalı olacak mühendislik dersleri ile desteklenmektedir.

Üniversitelerde lojistik ve TZY programları departmanlar içerisinde iki şekilde yapılandırılır (Lancioni ve diğ., 2001): (1) Dikey yapılanma; geleneksel olarak üniversitelerde departmanlar dikey yapıdadırlar. Her birinin kendi fakültesi, bütçesi, ders programı, başkanı, direktörleri, yönetim elemanları mevcuttur (2) Çapraz fonksiyonlu yapılanma; dikey yapıya ters olarak çapraz fonksiyonlu veya disiplinler arası yapı gelişmiştir. Bu yapıda lojistiğin disiplinler arası ihtiyaçlarının farklı departmanlardan alınacak olan dersler yardımıyla karşılanabileceği anlayışı ön plandadır. Bu yapıda dersler ve eleman ihtiyacı aynı fakülte içerisinde yer alan diğer departmanlardan sağlanır.

Lojistik eğitim üzerine literatürde yer alan çalışmaların sayısında son yıllarda artış gözlenmektedir. Bu bölümde özellikle Türkiye’de yapılmış akademik çalışmalardan bahsedilmektedir.

Küçüksolak (2006), Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Eğilimini incelemiştir. Bu çalışmada lojistik ve TZY amaçlarını, işletme içindeki yerini açıklamış ve lojistik profesyonellerinin eğitim durumunu karşılaştırmıştır. Toygar ve Dilşeker (2012), Devlet ve Vakıf Üniversitelerinde hizmet kalitesi ve imajın öğrenci memnuniyetine etkisini incelemişlerdir. Akkoca ve Hazır (2013), Türkiye’de lisans seviyesinde lojistik eğitimi veren üniversitelerin program içerikleri, derslerin ağırlıkları ve oranlarını içerik analizi ile incelenmiştir. Hocaoğlu ve diğ., (2013) Türkiye’deki lojistik eğitimin derecesini değerlendirmek için üniversitelerin ve meslek yüksekokullarının web sitelerini akademik personel ve ders içeriklerini araştırmışlardır. Acar ve Gürol (2013), Türkiye’de lojistik yazının tarihsel gelişimini incelemişlerdir. Çalışkan ve Öztürkoğlu (2014), Türkiye’de lojistik eğitiminde temel eğilimleri incelemişlerdir. Türkiye’de faaliyet gösteren ve YÖK tarafından kabul gören vakıf ve devlet üniversitelerin bünyesinde bulunan, adında “lojistik” kelimesi geçen lisans ve dört yıllık yüksekokul programlarının ders müfredatları incelenmiştir. Hocaoğlu ve diğ., (2015), çalışmalarında Türkiye’de lojistik eğitimi veren üniversitelerin, sektörün beklentilerine cevap verip veremediklerini ve lojistik sektörünün üniversitelerden beklentilerini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Emanet ve Kaynak (2014), çalışmalarında lojistik sektörünün ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak, ulusal ve uluslararası düzeyde lojistik eğitim programlarını inceleyip, lojistik programlarında okutulacak temel derslerin neler olması gerektiğine ilişkin bulgular sunmuşlardır. Bozyiğit (2016), Türkiye’deki Lojistikle ilgili lisans bölümlerinin ders programları üzerine bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmada; lojistikle ilgili 39 bölümün ders programını derslerin zorunlu veya seçmeli dersler olduklarını belirtmiştir. 2014-2015 yılında lojistikle ilgili lisans programlarına yerleştirilen öğrenci sayısını araştırılmış ve lojistikle ilgili lisans bölümlerinde ders veren hocalarla görüşmeler yapılmıştır.

Özdemir ve Gökmen (2016), lojistiğin evrimi ve Türkiye'deki önlisans ve lisans bölümleri yönünden lojistik öğretimi incelemişlerdir. Bu çalışmada; lojistiğin tarihsel gelişimi, önlisans ve lisans düzeyindeki lojistik bölümlerinin devlet ve özel üniversiteler şeklinde sınıflaması yapılmıştır. Ayrıca yazarlar lojistik alanındaki yüksek öğretim programlarını öğretim şekilleri ve öğretim dilleri açısından da incelemişlerdir. Bali ve diğ. (2016), Türkiye'de lisansüstü lojistik eğitimi içerik analizi ile incelemişlerdir. Karaca ve diğ. (2016), Türkiye'de lisans düzeyinde verilen muhasebe eğitiminin muhasebe alanında yaşanan gelişmeler ışığında değerlendirilmesini incelemişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde lojistik eğitimi üzerine daha fazla araştırma ve akademik yayınların yapılması gerektiği kanısı oluşmaktadır. Türkiye'de özellikle lojistik eğitimi üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla bu çalışma Türkiye'de lojistik eğitiminin yönünün belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmanın bu bölümünde, YÖK tarafından tanınan, lojistik ile ilgili lisans düzeyinde eğitim veren bölümlerin ders müfredatları detaylı olarak incelenmiştir. Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından yayınlanan 2016-2017 eğitim dönemi için, dört yıllık bölümlerle ilgili bilgilerin yer aldığı liste üzerinden 82 lojistik bölümü olan üniversite tespit edilmiş ve tamamına ulaşılmıştır. Daha sonra oluşturulan listeye göre, her bir üniversitenin ilgili internet sayfalarından lojistik bölümleri bulunarak öğretim elemanları, bölüm adları, bulunduğu bölge, ders müfredatları ve ders içerikleri detaylı olarak incelenmiştir. Lojistik bölümlerine ait bilgiler üniversitelerin bölüm sayfalarından elde edilmiş olup öğretim elemanı, kayıtlı öğrenci ve mezun öğrenci sayılarına YOK tarafından sağlanan Yükseköğretim Program Atlası (URL3)'dan erişim sağlanmıştır.

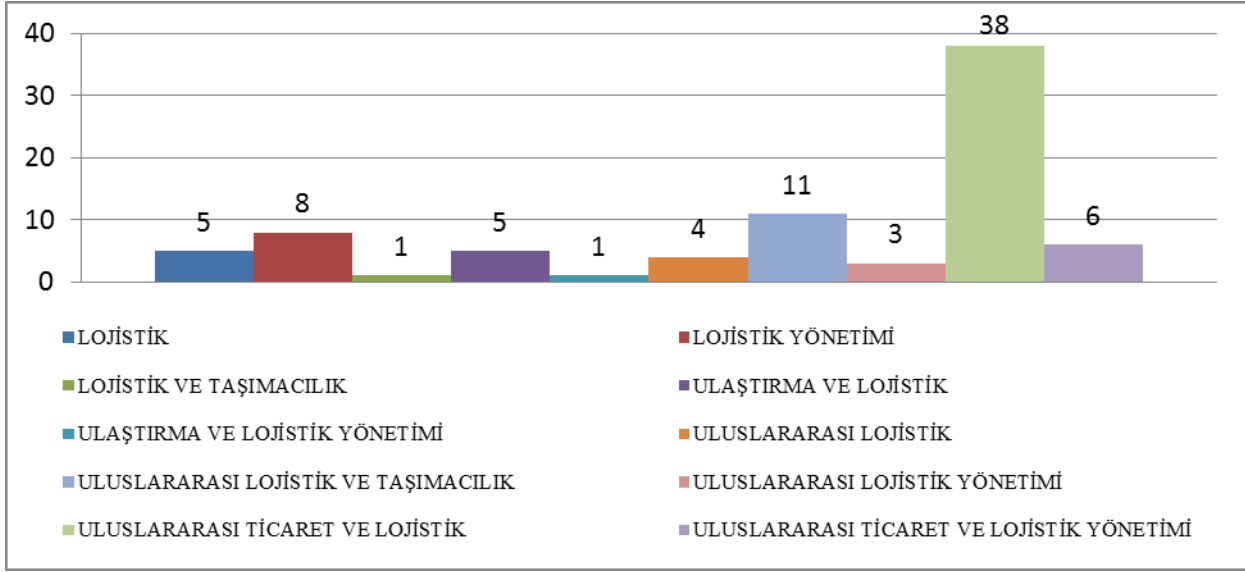
3.2. Metot

Bu çalışmada içerik analizi yöntemlerinden betimsel içerik analizi kullanılmıştır. Betimsel içerik analizi; belirli bir konu üzerinde yapılan çalışmaların ele alınıp eğilimlerinin ve araştırma sonuçlarının tanımlayıcı bir boyutta değerlendirilmesini içeren sistematik çalışmalardır (Şahin ve Bartan, 2017). Araştırmada birbirinden bağımsız olarak yapılan nitel ve nicel çalışmalar incelenip düzenlenmiş ve alandaki genel eğilimler belirlenmiştir.

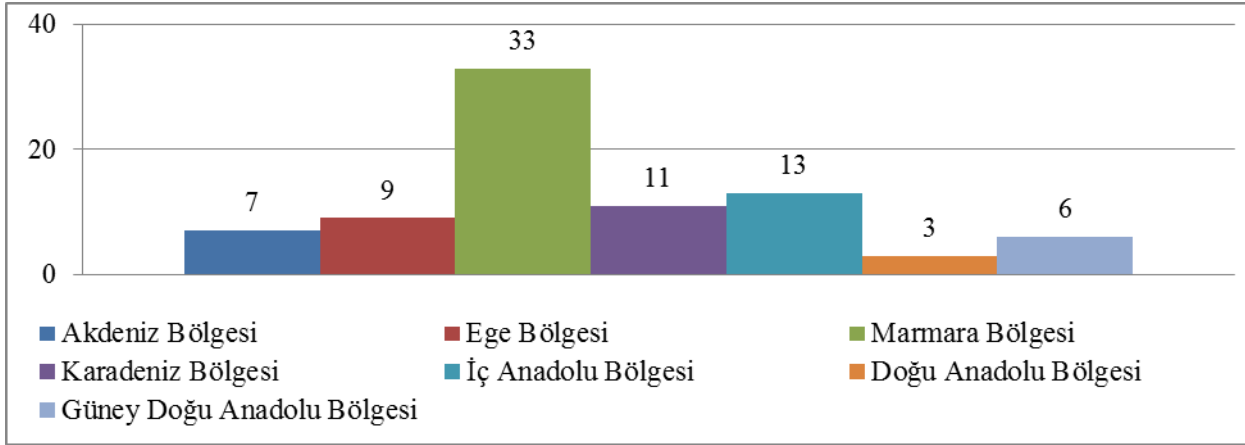
İçerik analizi; "Sözel, yazılı ve diğer materyallerin içerdiği mesajı; anlam ve/veya dilbilgisi açısından nesnel ve sistematik olarak sınıflandırma, sayılara dönüştürme ve çıkarımda bulunma yoluyla sosyal gerçeği araştıran bilimsel bir yaklaşım" (İncikabı ve Tuna, 2012) şeklinde tanımlanmaktadır. İçerik analizi yönteminde, kümelenen öğeler tespit edilip sıklıklarına göre kategorilere ayrılabilir. Hiçbir yorum yapmadan da bu öğeler geçiş sırası ve önem durumuna göre bir fikir verebilir. Ancak herkesin daha rahat anlayabileceği şekilde sıklık dilinin neyi ifade ettiği, analizi yapan uzman tarafından verilerden sapmadan açıklanmalıdır.

4. ANALİZ VE BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde 2016-2017 eğitim öğretim döneminde Türkiye'de lojistik eğitimi veren üniversitelerin; türü, bölüm adı, akademik personel sayısı, okutulan dersler, üniversitenin bulunduğu coğrafya ve Türkiye'de lojistik lisans bölümünde öğrenci sayısı ile mezun sayısına ilişkin veriler tablo ve grafikler halinde sunulmuştur. Yapılan araştırmaya göre Türkiye'de lojistik bölümü 32'si vakıf ve 50'si devlet olmak üzere toplamda 82 üniversitede bulunmaktadır. Lojistik bölümü bulunan üniversitelerde bölüm adları farklılıklar göstermektedir. Üniversitelerin genelinde bölüm adı olarak en çok "Uluslararası Ticaret ve Lojistik" bölümü tercih edildiği tespit edilmiştir. Lojistik bölümü olan 82 üniversiteden 21'inde bölümün aktif olmadığı görülmüştür. Devlet üniversitelerinde ortalama öğrenci sayısı 225 iken vakıf üniversitelerinde bu sayı ortalama 167 olarak belirlenmiştir. Lojistik bölümü olan 5 üniversitede İngilizce dili ile eğitim verildiği tespit edilmiştir. Bunun yanında 5 üniversitede de Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde eğitim verildiği görülmüştür. Türkiye'de lojistik bölümü en fazla Marmara en az Doğu Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. Üniversitelerin hemen hemen hepsinde kültür dersleri ve mesleki derslerin okutulduğu aynı zamanda yabancı dil eğitime de yer verildiği görülmüştür. Şekil 1'de lojistik bölümlerinin adlarına göre dağılımı verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi lojistik bölümü adı olarak 38 üniversitede "Uluslararası Ticaret ve Lojistik", 11 üniversitede "Uluslararası Lojistik ve Taahhütçülük", 8 üniversitede ise "Lojistik Yönetimi" tercih edilmiştir.



Şekil 1: Devlet ve Vakıf Üniversitelerinde Lojistik Bölümlerinin Adları (URL3)



Şekil 2: Lojistik Bölümlerinin Bölgelere Göre Dağılımları

Şekil 2’de görüldüğü gibi en fazla lojistik bölümünün bulunduğu coğrafi bölge Marmara Bölgesi olup onu İç Anadolu ve Karadeniz Bölgesi takip etmektedir. Lojistik bölümünün en az olduğu bölge ise Doğu Anadolu Bölgesidir.

Tablo 1: Devlet Üniversiteleri Lojistik Bölümlerinin Öğretim Elemanı, Öğrenci ve Mezun Sayılarına Göre Dağılımı
(URL3)

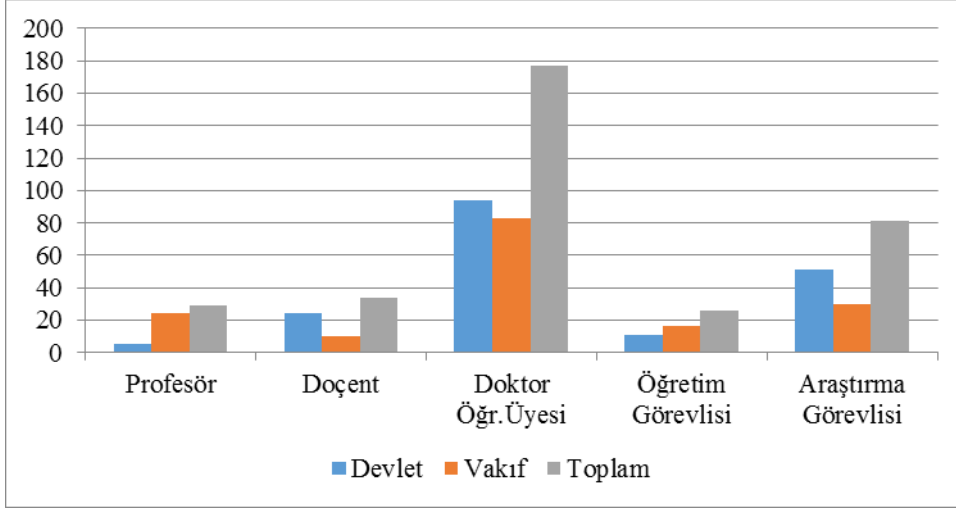
Üniversite	Bölüm	Profesör	Doçent	Doktor Öğretim Üyesi	Öğretim Görevlisi	Araştırma Görevlisi	Toplam Öğr. Elemanı	Öğrenci Sayısı	Mezun Sayısı
Abant İzzet Baysal	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	2	0	3	6	119	0
Adnan Menderes	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	1	2	0	4	7	-	-
Afyon Kocatepe	Lojistik Yönetimi	0	0	4	1	0	5	435	0
Akdeniz	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	3	3	1	8	82	0
Aksaray	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi	0	0	4	0	1	5	156	0
Anadolu	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi	1	2	4	0	0	7	-	-
Ankara	Ulaştırma Ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Atatürk	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	2	1	0	2	6	235	0
Balıkesir	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	3	0	1	4	371	0
Bandırma Onyediy Eylül	Ulaştırma ve Lojistik	0	0	0	0	6	6	-	-
Bandırma Onyediy Eylül	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	4	0	2	6	122	0
Bartın	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Bursa Teknik	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	2	1	1	5	53	0
Bülent Ecevit	Lojistik Yönetimi	0	0	0	0	0	0	-	-
Celâl Bayar	Uluslararası Lojistik	0	0	0	0	2	2	-	-
Cumhuriyet	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	2	1	0	1	4	533	86
Çanakkale Onsekiz Mart	Ulaştırma ve Lojistik Bölümü	0	0	0	0	0	0	-	-
Çanakkale Onsekiz Mart	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	2	3	3	1	9	-	-
Erciyes	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	2	1	2	0	1	6	333	0
Erzurum Teknik	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Gaziantep	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	2	3	0	0	6	439	157
Gaziosmanpaşa	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	1	0	0	1	-	-
Giresun	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	0	0	0	0	-	-
Giresun	Lojistik Yönetimi	0	0	0	0	0	0	-	-
Harran	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	1	0	0	1	31	0
Hitit	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönet.	0	0	3	0	0	3	-	-
İskenderun Teknik	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
İstanbul	Ulaştırma Ve Lojistik	0	1	9	0	7	17	164	0
Kafkas	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	4	0	3	7	134	0
K. Maraş Sütçü İmam	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	2	1	0	1	4	60	0
Kastamonu	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönet.	0	0	0	0	0	0	-	-
Kırıkkale	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Kırklareli	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	3	0	0	3	215	0
Kilis 7 Aralık	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	2	0	4	7	79	0
Mardin Artuklu	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Marmara	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Mersin	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	3	0	1	5	195	0
Muğla Sıtkı Koçman	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	2	0	0	3	123	0
Muğla Sıtkı Koçman	Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Necmettin Erbakan	Ulaştırma ve Lojistik Yönetimi	0	1	3	0	0	4	299	0
Nevşehir Hacı Bektaş	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	4	0	2	6	-	-
Ondokuz Mayıs	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	3	0	1	5	232	0
Osmaniye Korkut Ata	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	2	0	3	5	192	0
Ömer Halis Demir	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönet.	0	1	4	0	2	7	150	0
Pamukkale	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	1	0	0	1	285	0
Recep Tayyip Erdoğan	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	3	2	1	6	169	0
Sakarya	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	4	0	0	4	167	0
Siirt	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	-	-
Trakya	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	0	0	0	0	-	-
Uşak	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	3	1	0	4	700	0
Toplam		5,0	24,0	94,0	11,0	51,0	185	6073,0	243,0
Ortalama		0,1	0,5	1,9	0,2	1,0	3,7	224,9	9,0

Tablo 1’den görüldüğü üzere 2017 yılı itibarıyla Türkiye’deki devlet üniversitelerindeki 27 lojistik bölümü aktif olup bu bölümlerde toplam 6073 öğrenci öğrenim görmektedir. Devlet üniversitelerinde lojistik bölümlerinde öğrenim gören ortalama öğrenci sayısı 225 olup toplam bölüm başına ortalama 3,7 öğretim elemanı düşmekte ve aktif olan bölümler için bu oran 6,9 olarak hesaplanmıştır. Öğretim elemanı başına ortalama 33 öğrenci düşmektedir. Bu durum lojistik sahasında yeterince öğretim elemanının olmadığına işaret etmektedir.

Tablo 2: Vakıf Üniversiteleri Lojistik Bölümleri Öğretim Elemanı Değerlendirmesi (URL3)

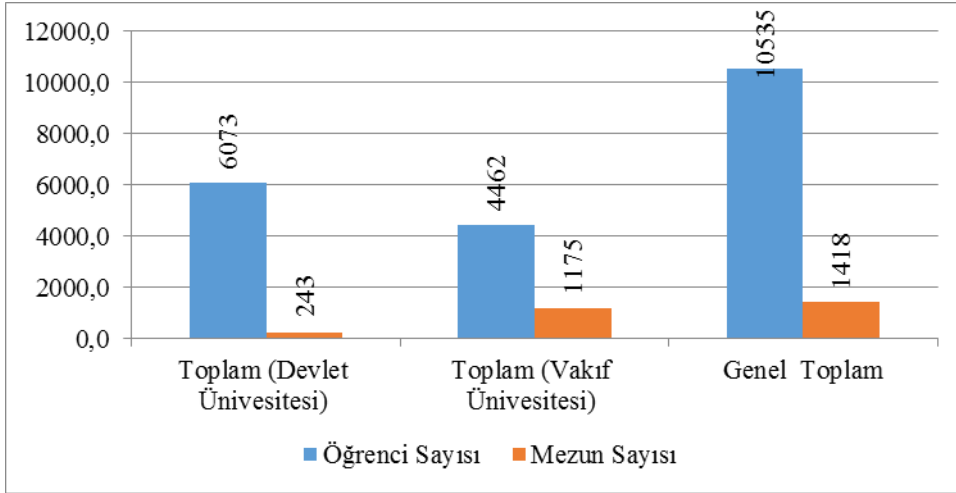
Üniversite	Bölüm	Profesör	Doçent	Doktor Öğretim Üyesi	Öğretim Görevlisi	Araştırma Görevlisi	Top. Öğr. Elemanı	Öğrenci Sayısı	Mezun Sayısı
Atılım	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	0	1	0	1	3	111	0
Avrasya	Lojistik	1	0	1	2	1	5	0	0
Bahçeşehir	Lojistik Yönetimi	2	1	2	2	1	8	126	0
Beykent	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	6	0	1	7	296	82
Beykoz	Lojistik Yönetimi	0	0	0	0	0	0	0	0
Çağ Üniversitesi	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	1	4	2	2	10	254	9
Hasan Kalyoncu	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	2	1	2	1	2	8	78	26
İstanbul Arel	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	3	0	1	4	264	216
İstanbul Bilgi	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	0	4	0	1	5	265	31
İstanbul Esenyurt	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	2	0	1	0	1	4	67	0
İstanbul Esenyurt	Uluslararası Lojistik	1	0	2	0	1	4	47	0
İstanbul Gelişim	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	1	0	6	0	1	8	277	53
İstanbul Gelişim	Lojistik	0	0	3	0	1	4	214	0
İstanbul Kemerburgaz	Uluslararası Lojistik Yönetimi	1	1	2	0	1	5	173	19
İstanbul Medipol	Uluslararası Lojistik Yönetimi	0	0	3	0	1	4	95	0
İstanbul Ticaret	Uluslararası Lojistik	1	0	2	3	1	7	97	0
İzmir Ekonomi	Lojistik Yönetimi	1	1	3	0	1	6	306	220
Kadir Has	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	0	3	0	0	4	59	0
KTO Karatay	Lojistik	0	0	0	0	0	0	0	0
KTO Karatay	Lojistik Yönetimi	0	0	3	0	1	4	46	0
Maltepe	Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi	2	0	4	0	2	8	162	81
Nişantaşı	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	1	3	1	1	6	232	0
Nişantaşı	Ulaştırma Ve Lojistik	0	0	0	0	0	0	0	0
Nişantaşı	Lojistik	0	0	3	0	0	3	65	0
Okan	Uluslararası Lojistik	2	0	5	0	1	8	249	162
Okan	Lojistik ve Taşımacılık	1	0	2	0	1	4	42	0
Piri Reis	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	0	1	2	1	1	5	62	0
Toros	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	0	0	3	0	0	3	80	7
Türk Hava Kurumu	Lojistik Yönetimi	0	0	6	1	0	7	0	0
Yaşar	Uluslararası Lojistik Yönetimi	1	1	2	1	3	8	303	118
Yeditepe	Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık	1	2	0	0	0	3	314	82
Yeni Yüzyıl	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	2	0	2	1	2	7	178	69
Toplam		24	10	83	15	30	162	4462	1175
Ortalama		0,8	0,3	2,7	0,4	1,0	5,2	167,3	45,2

Tablo 2’den görüleceği üzere Türkiye’deki özel üniversitelerde 32 lojistik bölümü açık olup bunların 27 tanesi aktif durumdadır. Vakıf üniversitelerin lojistik bölümlerinde 4462 öğrenci öğrenim görmektedir. Toplam öğretim elemanı sayısı 162 olup öğretim elemanı başına ortalama 28 öğrenci düşmektedir. Vakıf üniversitelerinde öğretim elemanı başına düşen öğrenci sayısının devlet üniversitelerine göre daha düşük olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3: Devlet ve Vakıf Üniversitelerinde Lojistik Bölümlerinin Öğretim Elemanları

Şekilde 3'te devlet üniversitelerinde görevli 185 öğretim elemanının unvanlara göre dağılımı verilmiştir. Bu grafikten öğretim elemanlarının önemli bir kısmını (94 tane) doktor öğretim üyeleri oluşturmaktadır. Vakıf Üniversitelerinde ise 162 tane öğretim elemanı bulunmaktadır. Bunların 83 tanesinin doktor öğretim üyelerinden oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4: Devlet ve Vakıf Üniversitelerinde Lojistik Bölümü Öğrenci Sayısı ve Mezun Sayısı

Şekil 4'ten lojistik bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin çoğunluğunun devlet üniversitesinde okuduğu anlaşılmaktadır. Devlet üniversitelerinde öğrenim gören öğrencilerin oranının yaklaşık %58, vakıf üniversitelerinde öğrenim gören öğrencilerin oranı ise yaklaşık %42'dir.

Türkiye'de lojistik bölümü bulunan üniversitelerden 32'si vakıf, 50'si devlet üniversitesi olup bu üniversitelerde lojistik bölümünün farklı adlar ile isimlendirildiği görülmüştür. Ayrıca Türkiye'de eğitim veren devlet ve vakıf üniversiteleri arasında lojistik bölümlerinin eğitim hayatına katılmalarının oldukça yeni olduğu tespit edilmiştir.

Lojistik bölümü bulunan üniversitelerde bölüm ismi farklılıklar göstermektedir. Üniversitelerin genelinde bölüm ismi olarak en çok "Uluslararası Ticaret ve Lojistik" adı tercih edilmiştir. Lojistik bölümü olan 82 üniversiteden 20'inde bölüm öğrenci almadığı ve bir üniversitede de bölümün aktif olmadığı görülmüştür. Tüm üniversitelerin ortalama öğrenci sayısı 195 olarak belirlenmiştir. Lojistik bölümü olan 5 üniversitede eğitim İngilizce verilmektedir. Aynı zamanda da 5 üniversitede de Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde eğitim verilmektedir. Türkiye'de lojistik bölümlerinin en fazla Marmara Bölgesinde en az ise Doğu Anadolu Bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Üniversitelerin hemen tamamında lojistikle ilgili derslerin yanı sıra kültür dersleri ve mesleki derslerin okutulduğu aynı zamanda yabancı dil eğitimine de yer verildiği görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de lojistik bölümlerinde okutulan temel derslerin bir dağılımı belirlenmiştir. Bu dersler bölüm web sayfalarından elde edilmiş olup bölümde okutulan temel dersler ile ilgili genel bir durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablodan da görüldüğü gibi zorunlu kültür dersleri dışında üniversitelerin lojistik bölümlerinde okutulan derslerin öncelik sırasına göre şöyle olduğu görülmüştür.

- Ekonomi
- Hukuk
- İşletme
- Matematik
- Pazarlama
- İstatistik
- Uluslararası Lojistik ve Ticaret
- Lojistik
- Muhasebe
- Tedarik Zinciri
- Bilişim Teknolojileri şeklinde sıralanmaktadır.

Ayrıca lojistik bölümünde okutulan dersler ile ilgili olarak üniversitelerde genel olarak okutulan dersler şunlardır; Ekonomi, İşletme, Matematik, Muhasebe, Hukuk, Tarih, Türk Dili, Yabancı Dil, Uluslararası Lojistik Ve Ticaret, Lojistik, Pazarlama, İstatistik, Staj, İthalat Ve İhracat, Finansal Yönetim, Gümrük Mevzuatı, Taşımacılık Ve Ulaştırma, Tedarik Zinciri, Bilişim Teknolojileri, Dış Ticaret, Üretim Yönetimi, Depo Yönetimi, Proje, Kalite Yönetimidir. Bunun yanında İnsan Kaynakları, Girişimcilik, Sigortacılık, Araştırma Yöntemleri, İletişim, Sosyal Bilimler, Yetenek ve Kültür Dersleri, Kamu Maliyesi, Yöneylem ve Simülasyon derslerinin daha az verildiği görülmüştür. Buna göre lojistik alanından eğitim veren üniversitelerde oldukça farklı ders çeşitliliği dikkat çekmektedir. Özellikle Türkiye’de lojistik merkezi olarak daha fazla görülmeye başlandığı bu günlerde bu alanda yetişmiş eleman bulma konusunda yaşanan zorlukları da dikkate alarak lojistik eğitimine gereken önem verilmelidir. Bu yüzden bu alanda öncelikle zorunlu derslerin mesleğin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmesi gerekmektedir. Bu yanından mesleğin ihtiyaçları doğrultusunda farklı seçmeli derslere de yer verilmesi oldukça önemli olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde lojistik oldukça önemli bir sektör haline gelmiştir. Özellikle küreselleşme süreci ile ülkeler arasındaki sınırların kalkması ve uluslararası ticarete artan eğilim, değişen talep yapısı, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler lojistik olgusunun ve sektörünün önemini gün geçtikçe arttırmaktadır (Bozyiğit, 2016). Bu çalışma, Türkiye’de mevcut olan vakıf ve devlet üniversitelerinde bulunan dört yıllık lojistik bölümlerinin detaylı incelenmesiyle bölümlerin genel eğilimlerin belirlenmesi amaçlamıştır. Türkiye’de 82 üniversitede lojistik bölümü olduğu bu bölümün farklı isimlerle adlandırıldığı görülmüştür. Türkiyedeki üniversitelerin lojistik bölümlerinde toplam 29 profesör, 34 doçent, 177 doktor öğretim üyesi, 21 öğretim görevlisi, 2 okutman, 3 uzman, 81 araştırma görevlisi bulunduğu tespit edilmiştir. Üniversitelerin ortalama öğrenci sayısı 195 olduğu mezun sayısının ise 26 olduğu görülmüştür. Akademik personel açısından devlet üniversitelerinde toplam 185 öğretim elemanının olduğu bunların içerisinde en fazla (94 kişi) doktor öğretim üyesi bulunmaktadır. Vakıf üniversitesinde ise 163 öğretim elemanının olduğu bunların 83 tanesinin doktor öğretim üyesi olduğu tespit edilmiştir. Devlet üniversitelerinde 5 profesör bulunurken vakıf üniversitelerinde 24 profesör görev yapmaktadır.

Türkiye’de bu alanda yetişmiş elemana oldukça ihtiyaç vardır. Bölüm adları ile ilgili olarak Türkiye de lojistikle ilgili bölümü bulunan üniversitelerden 38’inde bölümün ismi “Uluslararası Ticaret ve Lojistik” olarak tercih edilmiştir. Türkiyede 82 lojistik bölümü bulunduğuna göre üniversitelerin %46’sında bölüm ismi olarak “Uluslararası Ticaret ve Lojistik” tercih edilmiştir. Lojistik bölüm adlarında yaşanan karmaşanın giderilmesi için tüm bölüm adlarının işletme modeli esas alınırca “Uluslararası Ticaret ve Lojistik” olarak değiştirilmesi uygun olacağı düşünülmektedir. Mühendislik modelini esas alan lojistik bölümleri için “Lojistik Yönetimi” isminin kargaşayı önlemek açısından faydalı olacağı kanaatine varılmıştır. Türkiye’de lojistik bölümlerinde verilen dersler, akademik personel yapısı ve bu bölümlerin daha çok iktisadi ve idari bilimler fakülteleri adı altında eğitim verdiği için işletme modeli esas alınarak eğitim verdiği anlaşılmaktadır. Bu yüzden lojistik eğitiminin işletme modelli ve mühendislik modelli olarak ayrılması gerektiği düşünülmektedir.

Coğrafi bölgelere göre lojistik bölümü dağılımı incelendiğinde en fazla Marmara Bölgesinde (33 tane) lojistik bölümü olduğu, en az ise Doğu Anadolu Bölgesinde (3 tane) lojistik bölümü olduğu görülmüştür. Lojistik bölümün Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri ile Akdeniz Bölgesinde bulunan üniversitelerimizde açılması önerilir.

Marmara Bölgesinde 33 olan lojistik bölümü sayısı özellikle Marmara bölgesine yakınlığı ile hem deniz ve hava hem de kara ulaşımı için önemli bir güzergah olan Ege Bölgesinde bulunan üniversitelerimizde açılması bu hem yörelere hem de Türkiye'ye önemli katkılar sağlayacaktır.

Çalışmada üniversitelerin genelinde lojistik bölümünde öğretim elamanının yetersiz olduğu görülmüştür. Özellikle lojistik alanında çalışacak olan akademislerin teşvik edilmesi ve bu bölümlerin tercih edilmesi sağlanmalıdır. Genel olarak tüm Türkiye'de lojistik bölümü sayısının artırılması ya da aktif olmayan bölümlerin aktif hale getirilmesi bir lojistik üssü olma çabasında olan ve jeopolitik konumu itibari ile önemli bir konumda bulunan Türkiye için faydalı olacaktır. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalarda Türkiye'deki lojistik bölümleri ile farklı ülkelerin lojistik bölümlerinin karşılaştırılması yapılabilir. Ayrıca Türkiye'de bulunan lojistik bölümleri belirlenecek olan performans kriterlerine göre karşılaştırılması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Acar, A. Z., Gürol, P. (2013), "Türkiyede Lojistik Yazının Tarihsel Gelişimi", İşletme Araştırmaları Dergisi, 5(3), ss. 289-312
- [2] Akkoca, C., Hazır, K. (2013), "Analysis of Logistics Programs in Turkish Universities", XI. International Logistics & Supply Chain Congress, 07-09 November 2013, Kayseri.
- [3] Bali, Ö., Enisoğlu, İ., Sezer, F. (2016), "Türkiyede Lisans Üstü Lojistik Eğitiminin İçerik Analizi", Uluslararası İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, ss.21-36
- [4] Bozyiğit, S. (2016), "Türkiyedeki Lojistikle İlgili Lisans Bölümlerinin Ders Programları Üzerine Bir İnceleme", Journal Of Yaşar University, 11(42), ss.133-149
- [5] Çalışkan, A., Öztürkoglu, Y. (2014), "Türkiye'de Lojistik Eğitiminde Temel Eğilimler", III.Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiriler Kitabı, ss.147-153
- [6] Emanet H., ve Kaynak R., (2014), "Üniversitelerin Lojistik Programlarında Verilecek Eğitim Müfredatının Bileşenlerine İlişkin Bir Araştırma", III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 15-17 Mayıs 2014, Trabzon.
- [7] Hayward, J., Omurtag, Y. (2003), Perspectives on Educating Future Logistics Leaders, 1.International Logistics Congress, İstanbul, 30 Haziran -1 Temmuz, ss.197.
- [8] Hocaoglu, S., Güner, S., Coşkun, E. (2013), "Assessment of Logistics and Supply Chain Management Education in Turkish Universities and Comparison of Content with Some US Universities", XI. International Logistics & Supply Chain Congress, 07-09 November 2013, Kayseri.
- [9] Hocaoglu, S., Güner S., Coşkun, E. (2015), "Sektörün Lojistik Eğitimi Veren Üniversitelerden Beklentilerinin Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma", IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 21-23 Mayıs 2015, Gümüşhane.
- [10] İncikabı, L., Tuna, A., (2012), "Türkiye ve Amerika Eğitim Sistemlerinin 60-72 Aylıklar İçin Geliştirilen Okul Öncesi Matematik Eğitimi Programı Açısından Karşılaştırılması", Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(3), ss. 94-101.
- [11] Karaca, N., Sürmeli, D., Hocaoglu, S., (2016), "Türkiye'de Lisans Düzeyinde Verilen Muhasebe Eğitiminin Muhasebe Alanında Yaşanan Gelişmeler Işığında Değerlendirilmesi", Uluslararası Yönetim İktisat Ve İşletme Dergisi, 270-281
- [12] Küçüksoğak, B. T. (2006), "Dünyada Ve Türkiyede Lojistik Eğitimi", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [13] Lancioni, R., Forman, H., Smith, M. (2001), "Logistics Programs in Universities: Stovepipe vs Cross Disciplinary", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 31(1), ss.53-64
- [14] Özdemir, F. S., Karahan G. M. (2016), "Lojistiğin Evrimi Ve Türkiye'deki Önlisans Ve Lisans Programları Yönünden Lojistik Öğretimi", Niğde Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, ss.116-135
- [15] Şahin, G., Bartan, M. (2017), "Okul Öncesi Eğitim Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi", International Journal of Social Science Autumn II 60, ss.69-84
- [16] Toygar, N., Dilşeker, F. (2012), "Devlet Ve Vakıf Üniversitelerinde Hizmet Kalitesi Ve İmajın Öğrenci Memnuniyetine Etkisi", Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, ss.185-203
- [17] URL1, Yükseköğretim Akademik Arama Sistemi (2017), <http://akademik.yok.gov.tr>, 23.12.2017
- [18] URL2, Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi (2017), <http://istatistik.yok.gov.tr>, 25.12.2017

[19] URL3, Yükseköğretim Program Atlası (2018), <http://yokatlas.yok.gov.tr>, 12.01.2018

LOJİSTİK VE DENİZCİLİK BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİNİN EĞİTİM HİZMETİNİ DEĞERLENDİRMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Mehmet Tanyaş¹, Mehmet Özkan², Hakan Özkan³

¹Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, mehmettanyas@gmail.com
²Yalova Üniversitesi, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Yalova, ozkannmehmett@gmail.com
³Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Muğla, ozkannhakann@gmail.com

ÖZET

Günümüzde doğal kaynaklardan üretim noktalarına, üretim noktalarından pazarlara erişim bir ihtiyaç haline gelmiştir. Hammadde ve ürün ulaşım ağının hem ekonomik hem de çevre kirliliği gibi önemli konular dahilinde sağlanması ise sürdürülebilirlik açısından önem kazanmaktadır. İşte bu ulaşım ağının verimli olması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için hem uzman hem de bilinçli personel tarafından yapılması ve yönetilmesi gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Gelecekte hizmet kalitesi ve çeşitliliği gibi faktörlerden dolayı daha fazla önem kazanacak olan lojistik sektörü, Üniversitelerin bünyesinde ulaştırma ve lojistik alanındaki bölümlerin sayısının artmasını sağlamıştır.

Bu çalışma Sinop Üniversitesi, Yalova Üniversitesi ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitelerindeki Lojistik, Deniz Ulaştırma İşletme ve Deniz Liman İşletmeciliği bölümlerinde okuyan öğrenciler üzerinde anket aracılığıyla veri toplanarak yapılmıştır. Anket içeriğinde, öğrencilerin aldıkları dersleri, öğretim elemanlarını, okul personelini değerlendirmeye yönelik 19 adet ve okudukları bölümlerden memnun olup olmadıklarını belirlemek için ise 5 adet olmak üzere toplam 24 adet soru sorulmuştur. Veriler istatistik paket programı SPSS 21 ile Faktör Analizi, Güvenilirlik Analizi, Frekans dağılımları ve regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Öğrencilerin eğitim hizmetini değerlendirmesinde dört tane faktör olduğu görülmüş olup, memnuniyetlerini öğretim elemanı ve ders faktörlerinin en fazla etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deniz ulaştırma işletme, Deniz ve liman işletmeciliği, Eğitim, Lojistik

A RESEARCH ON THE EVALUATION OF EDUCATIONAL FUNCTION OF STUDENTS IN LOGISTICS AND MARITIME EDUCATION DEPARTMENT

ABSTRACT

Nowadays, access to markets from natural resources to production points has become a necessity. The supply of raw materials and products is important both in terms of economic and environmental pollution, which is important in terms of sustainability. This reveals the fact that the transport network must be built and managed by both expert and conscious personnel in order to be efficient and sustainable. In the future, the logistics sector will gain more importance due to factors such as service quality and diversity, thus increasing the number of departments in the field of transportation and logistics within the universities.

This study was conducted by collecting data on the students who are studying in the departments of Logistics, Maritime Transportation Management and Marine Port Management in Sinop University, Yalova University and Muğla Sıtkı Koçman Universities. In the questionnaire, 19 questions were asked to evaluate lessons, lecturers, and school personnel and 5 questions were asked to determine whether they were satisfied with the education department they study. In total 24 questions were asked. The data are analyzed with the factor Analysis, Reliability Analysis, Frequency distributions tables and Regression Analysis. There were four factors in evaluating the education service of the students and it was determined that satisfaction was the most influenced by teaching staff and course factors.

Keywords: Maritime transportation management, Marine and port management, Education, Logistics

1. GİRİŞ

Lojistik ve denizcilik sektörünün sadece ulusal değil uluslararası boyutunun da olması ve teknolojiyle iç içe hızlı bir değişim yaşanmasına bağlı olarak sektörde faaliyet gösterecek olan personelin iş hayatı öncesi eğitimi üzerinde de etkileri olmaktadır. Bu etkiler doğrultusunda iyi bir eğitim sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. Öğrenci girdi olarak kabul edildiğinde; süreç kaliteli ve öğrenci / uygulama odaklı eğitim anlayışı, çıktı ise eğitimin sonunda mesleğin getirdiği teorik bilgi altyapısına ve mesleki tecrübeye sahip olma, farklı bakış açıları geliştirme, sürekli öğrenme felsefesini benimsemiş bir eğitim sistemi başarılı olarak kabul edilebilir (Karasioğlu ve Duman, 2011).

Her meslek eğitimi alanında da bulunan ve eğitim hizmetini etkileyen ortak faktörler, lojistik ve denizcilik eğitimi de etkilemektedir. Bu nokta da en önemli faktörün öğretim elemanı olduğu çoğu çalışmada belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada akademik kadronun sayı ve bilimsel açıdan yetersiz olması ve akademik kadro-öğrenci iletişiminin yetersiz olmasında dolayı öğrencilerin %70' inin memnuniyetsizlik yaşadığı belirlenmiştir (Sarul ve Yılmaz, 2007). Farklı alanlarda çalışacak, kalifiye ve işini seven personelin yetiştirilmesi için, onları yetiştirecek öğretim elemanlarının benzer ve gerekli özellikleri taşıması gerekmektedir (Yorulmaz vd, 2017). Öğrencilerin eğitim hayatı sonrası bu etkilere uyum sağlayabilmesi için öğretim elemanlarının önemi bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hemşire eğitimi üzerinde yapılan bir çalışmada, öğrencilerin öğretim elemanlarının verdiği eğitiminin kaliteli olmasının yanında, doğru ve tarafsız değerlendirme yapmasına yönelik beklentilerinin olduğu belirlenmiştir (Gökdoğan vd, 2003).

Eğitim sürecinde öğrencilerin çalışma yaşamına uyum doğrultusunda hazırlanan teorik ve uygulama derslerinden aldıkları verim de ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü öğrencilerin ders süresince öğretim elemanından aldıkları bilgileri algılama ve kavrama özellikleri farklıdır. Bunu sağlayabilmek için teknolojiye bağlı farklı ders araçlarına ve materyallerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu uygulayacak olan öğretim elemanıdır. Öğretim aracı, bir iletişim kanalı yani kanalla (öğretmen) öğrenciler (alıcılar) arasındaki bilgi paylaşımına imkan sağlayan ortam, öğretim materyalini de farklı araçlarla sunulan bilgiler, mesajlar ve malzemeler tanımlanmıştır (Yalın, 2009). Deniz Ulaştırma ve İşletme programında eğitim gören öğrenciler vardiya zabiti yeterliliği ile mezun olmaktadır (URL1). Mezun olduktan sonra çalıştıkları büyük tonajlı gemilerde yapacakları hata can, mal ve deniz kirliliği açısından geri dönülemez büyük zararlara neden olabilmektedir. Öğrencilerin eğitimin uygulamasını gerçek bir gemide alması maliyet ve risk oluşturmaktadır. Bu nedenle bu uygulamanın yapıldığı en uygun yer, öğretim elemanları ve öğrencilerin temel öğretim aracı olan simülasyon laboratuvarlarıdır. Öğretim materyallerini ise projeksiyon cihazı, bilgisayar, gemi ve liman maketleri, haritalar, ışık devresi ile donatılmış tablolar vb. teknolojik materyaller oluşturmaktadır.

Üniversitelerin akademik birimleri, öğretim elemanları, okul yönetimi, öğrenci işleri, fakülte ve yüksekökol sekreterleri ile çeşitli komisyonlardan oluşmaktadır. Akademik birimlerin bünyesinde bulunan bu bölümlerin eğitim alan öğrencilerin memnuniyeti üzerinde etkisi bulunmaktadır. Öğrencilerin aldıkları eğitimden ve içinde buldukları eğitim-öğretim ortamından memnuniyetleri, dünya görüşlerini ve bakış açılarını dönüştüren eğitim sürecinin daha sağlıklı sürdürebilmelerini sağlayacaktır. Çünkü eğitim gibi hizmetlerin kalite algısı ve müşteri memnuniyeti genellikle hizmetin gerçekleştiği yer olan cansız çevreye, hizmeti sunan personele, kuramsal işleyişe ve hizmeti alan diğer tüketicilere bakılarak değerlendirilmektedir (Ayдын vd, 2014).

Karahan (2013) İnönü Üniversitesi Malatya MYO' da yaptığı bir çalışmada, derslerle ilgili olarak, araştırmaya katılan öğrencilerin çoğunluğu yüksekökolde okuduğu derslerin içerikleri ile yeterliliği konusunda memnun oldukları ve derslerin mesleki gelişimleri ile iş hayatına hazırlama konusunda önemli katkılar sağladığı sonuçlarına varmıştır. Öğretim elemanı faktörüne yönelik olarak, öğretim elemanlarının ders konularıyla ilgili bilgi düzeyleri konusunda çok memnun oldukları, öğretim elemanlarının öğrenci değerlendirmesi yaparken eşitlikçi ve adil davranmaları konusunda memnun oldukları sonucuna varmıştır. Okul personeli ile ilgili olarak, yüksekökol yönetiminin öğrenci sorunlarına ve öğrencilerin önerilerine duyarlılığı konusunda memnun oldukları, öğrenci işleri bürosunun hizmeti ve idari personelin hizmet yeterliliği konusunda memnun oldukları sonucuna varmıştır.

Lojistik ve denizcilik eğitiminin verildiği en önemli eğitim kurumları üniversitelerdir. Bu nedenledir ki üniversiteler, ulaştırma sektöründeki kalifiye personelin tedarik edilmesinde kilit rol oynamaktadır. Yürürlükteki müfredat, dersin işleyişi ve uygulamaları, öğretim elemanı ve okul personelinin yaklaşımı öğrencilerin bölüme olan bakışını ve okudukları bölümden memnuniyetini belirlemektedir. Öğretmenlerin eğitimi üzerine yapılan bir çalışma da öğretmenlerin eğitimlerine uygun olarak kendi alanlarında hizmet vermelerinin daha etkili olacağı belirtilmiştir (Azar, 2011). Bu doğrultuda, lojistik ve denizcilik personelinin de iş yaşamından önce aldıkları eğitim, sektöre kısa sürede uyum sağlayabilmelerini, disiplinli çalışma alışkanlıkları kazanabilmelerini, iş ortamında çalışma arkadaşlarına olan yaklaşımlarını, sektöre bakış açılarını vb. gibi birçok unsurları da olumlu ya da olumsuz etkilemektedir. Yapılan çalışmanın içeriğini, lojistik ve denizcilik alanında eğitim alan öğrencilerin, aldıkları dersleri, bölüm öğretim elemanlarını ve okul personelinin değerlendirmeleri ve bölümlerinden duydukları memnuniyet oluşturmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünü teorik çerçeveye yer verilmiştir. Üçüncü bölümünde ise araştırmanın amacı, kapsamı, kabulü, kısıtları, yöntemi ve bulguları açıklanmıştır.

2. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

Çalışma, Marmara, Karadeniz ve Ege Bölgesinde bulunan Sinop Üniversitesi, Yalova Üniversitesi ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesinin denizcilik ve lojistik bölümlerinde eğitim gören öğrencileri kapsamaktadır. Bu bölümlerdeki öğrencilerin almış oldukları dersleri, bölümlerindeki öğretim elemanlarını, okullarında hizmeti veren diğer personeli ve bölümlerinden memnuniyetini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

Çalışmanın değerlendirmesinin ilk kısmında uygulamanın yapıldığı öğrencilerin demografik ve okudukları bölüm bilgilerinin frekans dağılımları ele alınmıştır. Daha sonra uygulanan anket sorularının faktör oluşumu incelenmiş ve anketin güvenilirliği test edilmiştir. Çalışmanın son kısmında anket verilerinin doğrultusunda çoklu regresyon analiziyle öğrencilerin memnuniyeti etki eden faktörleri ve etki dereceleri değerlendirilmiştir.

2.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışma, Yükseköğretim Kurumlarının bünyesindeki lojistik ve denizcilik eğitimi alanında yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olmasından dolayı çalışmaların artırılması, bu alanda eğitim hizmeti veren eğitim kurumlarının hizmet kalitesinin artırılması ve yapılacak olan çalışmalara rehberlik etmesi amacıyla yapılmıştır.

Çalışmanın örneklemini Karadeniz, Marmara ve Ege bölgesinde eğitim veren yükseköğretim kurumlarında öğrenim gören lojistik ve denizcilik öğrencileri oluşturmaktadır. Bunlar, Sinop Üniversitesinde eğitim gören Deniz ve Liman İşletmeciliği programı öğrencileri, Yalova Üniversitesinin Lojistik, deniz ulaştırma ve işletme, deniz ve liman işletmeciliği programı öğrencileri ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesinin lojistik programı öğrencileridir. Anket, belirtilen üniversitelerin bünyesindeki programlarda görev yapan öğretim elemanlarının gözetimi altında toplam 469 öğrenciye uygulanmıştır.

2.2. Araştırmanın Kabulü ve Kısıtları

Çalışmanın güvenilirliği açısından araştırmaya katılan öğrencilerin araştırmanın amacına yönelik sorulara cevap verirken herhangi bir faktörün kendilerini etkilemediği, soruları anlayarak ve hür iradeleri ile cevap verdikleri kabul edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının genel geçerliliğini sağlayabilmesi için Türkiye'nin üç bölgesinde lojistik ve denizcilik eğitimi veren Üniversiteler dâhil edilmiştir. Fakat çalışmanın sonuçları belirtilen üç Üniversitedeki öğrencileri kapsadığı için diğer Üniversite öğrenci görüşleri ile benzer olduğu açıklanamaz. Bu nedenle genel geçerliliğinin daha yüksek olması için Türkiye' de lojistik ve denizcilik alanında eğitim veren bütün kurumlardaki öğrencileri kapsayacak çalışma yapılmalıdır.

2.3. Veri Toplama Yöntemi

Araştırmaya katılan öğrencilere, beş tanesi okul personelinin değerlendirilmesine yönelik, beş tanesi bölümdeki memnuniyetlerinin değerlendirilmesine yönelik, yedi tanesi öğretim elemanının değerlendirilmesine yönelik ve yedi tanesinin de derslerin değerlendirilmesine yönelik olmak üzere 5 likert' li ölçeği esas alınarak anket uygulanmıştır. Uygulanan anket, yapılan literatür araştırmasına göre daha önce yapılan araştırmalarda rastlanmamış olup, çalışmanın amacına yönelik olarak hazırlanmıştır. Anketler öğrenci hatalarının önlenmesi için öğretim elemanlarının gözetiminde sınıf ortamında uygulanmıştır. Anketlerin uygulanması Aralık ve Ocak aylarında yapılmıştır. Daha sonra anketler SPSS 21 paket programına işlenmiş ve uygun analiz yöntemleri incelenmiştir.

2.4. Bulguların Değerlendirilmesi

Araştırmanın bulguları, demografik bilgilere göre okudukları bölüm ve demografik bilgilerine ait frekans dağılımları, çalışmanın özünü oluşturan soruların faktör ve güvenilirlik analizi, çok değişkenli regresyon modelinde tahmin yapılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca yapılan faktör ve regresyon analizine göre, en fazla faktör yüküne sahip olan alt bileşenin frekans tablosu da değerlendirilmiştir.

2.4.1. Frekans Dağılımı

Araştırmaya katılan öğrencilerin sayısı 469' dur. Tablo 1' e göre çalışmaya katılan öğrencilerin %24,7' si Lojistik, %46,5' i Deniz ve Liman İşletmeciliği, % 28,8' i Deniz Ulaştırma ve İşletme Programlarında eğitim almaktadır. Katılan öğrencilerin büyük çoğunluğunu (218) Deniz ve Liman İşletmeciliği öğrencileri oluşturmaktadır.

Tablo 1: Programlara Göre Öğrenci Dağılımı

	Öğrenci Sayısı	Oran %
Lojistik	116	24,7
Deniz ve Liman İşletme	218	46,5
Deniz Ulaştırma ve İşletme	135	28,8
Total	469	100,0

Tablo 2' ye göre katılan öğrencilerin %26,2' sini kadın ve %73,8' ini erkek öğrenciler oluşturmaktadır. Lojistik ve denizcilik bölümlerinde okuyan erkek öğrenciler kadın öğrencilere kıyasla daha fazladır.

Tablo 2: Cinsiyete Göre Öğrenci Dağılımları

Cinsiyet	Frekans	Oran %
Kadın	123	26,2
Erkek	346	73,8
Toplam	469	100,0

Tablo 3' de katılan öğrencilerin %66,5' ini 17-20 yaş, %31,3' ünü 21-24 yaş ve %2,1' ini 25 yaş ve üzeri oluşturmaktadır.

Tablo 3: Yaş Aralığına Göre Öğrenci Dağılımları

Yaş Aralığı	Katılımcı Sayısı	Oran %
17-20	312	66,5
21-24	147	31,3
25 ve üzeri	10	2,1
Toplam	469	100,0

2.4.2. Faktör ve Güvenilirlik Analizi

Çok sayıdaki değişkeni belirli gruplara ayırarak faktörlerin oluşturmasını uygunluğunu incelemek için öncelikle Tablo Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett's Testi uygulanmıştır. Testlerin sonuçlarına göre değişkenler arasında yüksek korelasyon mevcuttur ve veriler çoklu normal dağılımdan geldiği anlamına gelmektedir. KMO katsayısı yüksek değere (KMO:0,927; p:000<0,01) sahip olduğu için sonuç mükemmeldir ve örneklem büyüklüğü yeterlidir (Karagöz, 2016).

Tablo 4' de bulunan faktör yüklerinden 0,5' in üzerinde olanlar analize dâhil edilmiştir. Birden fazla faktörde 0,10'dan daha az bir farkla yer alan herhangi bir madde, binişik bir madde olarak değerlendirildiğinden, bu özellikteki maddeler analizden çıkarılmalıdır (Karagöz, 2016). Bu nedenle faktör yükleri birbirlerine 0,1' den daha yakın olan değişkenler de analize dâhil edilmemiştir. Analize dahil edilen değişkenler Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4: Ortak Varyans Tablosu

	Ortak Varyans Değeri
(S1) Derslerin güncel olması	0,547
(S2) Gerekli ders materyallerinin kullanılması	0,509
(S3) Dersin çalışma hayatına olumlu etkilerinin olması	0,556
(S4) Ders sayısının yeterli olması	0,438
(S5) Sınavların başarıyı ölçmesi	0,510
(S6) Ödevlerin araştırmaya ve öğrenmeye teşvik etmesi	0,495
(S7) Yeterli sayıda teknik gezi yapılması ve öğrenmeye etkisi	0,386
(S8) Stajın bilgi ve uygulama yeteneğine etkisi	0,367

Tablo 4 (devamı)

(S9) Öğrenci kulüplerinin kurulması ve geziler düzenlenmesi	0,317
(S10) Öğretim elemanlarının her öğrenciye eşit davranması	0,424
(S11) Öğretim elemanının etkili iletişim kurması	0,664
(S12) Öğretim elemanının derse hazırlanması	0,725
(S13) Öğretim elemanının bilgili olması	0,686
(S14) Öğretim elemanı sayısının yeterli olması	0,490
(S15) Personelin güler yüzlü olması	0,748
(S16) Personelin yardımsever olması	0,807
(S17) Personelin sorumluluk sahibi olması	0,784
(S18) Personele ulaşabilmesi	0,714
(S19) Okuldaki personel sayısının yeterli olması	0,674
(S20) Okuduğu bölümü sevmesi	0,738
(S21) Bölümün sektörde çalışma isteğine etkisi	0,795
(S22) Bölümün beklentileri karşılaması	0,734
(S23) Bölümü alanında akademik eğitimin sürdürülmesi	0,644
(S24) Okuduğu bölümü tavsiye etmesi	0,671

Tablo 6 incelendiğinde dönüşümden sonra toplam dört adet faktörün oluştuğu görülmektedir. Birinci faktör toplam varyansın %15,913' ünü, ikinci faktör %15,864' ünü, üçüncü faktör %15,579' unu ve son olarak dördüncü faktör %12,739' unu açıklamaktadır. Elde edilen bu dört faktör toplam varyansın %60,096'sını açıklamaktadır.

Tablo 5: Açıklanan Toplam Varyans

Faktörler	% Varyans	Birikimli Varyans %
1	15,913	15,913
2	15,864	31,777
3	15,579	47,357
4	12,739	60,096

Analize dâhil edilen ve dönüşümlü faktör yükleri hesaplanan tablo 6' da 11 maddeden 4 boyutta faktör oluştuğu görülmektedir. Bu faktörlerin dönüşümlü yüklerine göre, 1.faktörde “personelin yardımsever olması”, 2.faktörde “bölümün sektörde çalışma isteğine etkisi”, 3.faktörde “öğretim elemanının derse hazırlanması” ve 4.faktörde “sınavların başarıyı ölçmesi” en fazla etki eden maddelerdir.

Tablo 6: Dönüşümlü Faktör Yükleri Tablosu

	Faktörler Yük Dağılımları			
	1	2	3	4
(S15) Personelin güler yüzlü olması	0,794			
(S16) Personelin yardımsever olması	0,824			
(S17) Personelin sorumluluk sahibi olması	0,799			
(S18) Personele ulaşabilmesi	0,815			
(S21) Bölümün sektörde çalışma isteğine etkisi		0,811		
(S1) Derslerin güncel olması			0,519	
(S12) Öğretim elemanının derse hazırlanması			0,783	

Tablo 6 (devamı)

(S13) Öğretim elemanının bilgili olması			0,756	
(S2) Gerekli ders materyallerinin kullanılması				0,637
(S3) Dersin çalışma hayatına olumlu etkilerinin olması				0,580
(S5) Sınavların başarıyı ölçmesi				0,673

Tablo 7' ye göre 1.faktör "personel", 2.faktör "memnuniyet", 3.faktör "öğretim elemanı" ve 4.faktör "ders" olarak adlandırılmıştır.

Güvenilirlik, "bir testin veya ölçeğin ölçmek istediği şeyi tutarlı ve istikrarlı bir biçimde ölçme derecesidir" (Karagöz, 2016). Bu doğrultuda çalışmanın ölçeğinin güvenilirliğini belirlemek için Cronbach's Alfa değeri ile maddelerin çarpıklık ve basıklık değerlerini göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tablo 7: Cronbach's Alfa Değeri

Alfa	Değerlendirilen Madde Sayısı
0,879	11

Tablo 7' de 11 maddenin güvenilirliğini gösteren Alfa değeri 0,879 olarak bulunmuştur. Eğer Alfa değeri 0,80 ile 1,00 arasında ise ölçek yüksek derecede güvenilir bir ölçektir (Kalaycı , 2010). Çalışmanın ölçeği yüksek derecede güvenilir olarak bulunmuştur.

Tablo 8: Çarpıklık ve Basıklık Tablosu

Sorular	(Çarpıklık)	(Basıklık)
S15	-0,621	-0,540
S16	-0,620	-0,485
S17	-0,681	-0,221
S18	-0,528	-0,654
S21	-1,022	0,339
S1	-0,934	0,663
S12	-1,235	1,260
S13	-1,171	0,975
S2	-0,519	-0,590
S3	-0,859	0,103
S5	-0,307	-0,950

Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için ise çarpıklık ve basıklık değerlerinin incelenmesi gerekmektedir. Analize dâhil edilen soruların ortalamaya göre dağılımları tablo 8' de gösterilmiştir. Verilerin tabloda görüldüğü gibi çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ve +2 arasında değişmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerinin -2 ve +2 arasında olması verilerin normal dağılım sergilediğini göstermektedir (Kalaycı , 2010).

2.4.3. Çok Değişkenli Regresyon Analizi

Yapılan çok değişkenli regresyon analizinde aşağıdaki model kurulmuştur. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene etkilerini belirlemek amacıyla yapılan analizde regresyonunun ve katsayılarının anlamlılığını belirlemek için F ve t testleri yapılmıştır.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (1)$$

1.denklemden belirtilen modele yönelik tahmin denklemi ise 2.denklemdenki gibi ifade edilmektedir. Yani b , α 'nın tahmini, $\hat{\beta}_n$ ise β_n 'lerinin tahminlerini oluşturmaktadır.

$$Y_i = b + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_n X_n \quad (2)$$

Tablo 9: Çok Değişkenli Korelasyon ve Belirlilik Katsayısı

Model	R	R Karesi	Tahminin Standart Sapması
1	0,536^a	0,287	0,97163

Tablo 9' da görüldüğü çok değişkenli korelasyon katsayısı 0,536 ve belirlilik katsayısı 0,287 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre değişkenler arasında orta düzeyde korelasyon olduğu ve memnuniyetin %28'ini oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 10: F Testi (Anova) Tablosu

Model		Kareler Toplamı	Karelerin Anlamı	Anlamlılık (p)
1	Regresyon	176,673	58,891	0,000^b
	Artık Değer	438,994	0,944	
	Toplam	615,667		

Regresyon modelinin önemli ve anlamlı olduğunu belirlemek için tablo 10' da gösterilen F testi uygulanmıştır. Anlamlı olduğunu gösteren significance değerinin 0,05' den ($p,000 < 0,05$) küçük olmasından dolayı regresyon modelinin anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır. Yani ifade edilecek modelin tahminlerde kullanılabileceğini göstermektedir.

Regresyon katsayılarının anlamlı olup olmadığını gösteren t testi sonuçlarına Tablo 11' de yer verilmiştir. Buna göre sabitin anlamlılık (sig.) değerinin 0,05' den küçük olması ($p:0,000 < 0,05$) anlamlı olduğunu göstermektedir. Değişkenlerden dersler ve öğretim elemanlarının significance değerinin de 0,05' den küçük olması da bu iki faktörün önemli olduğunu göstermektedir. Fakat personel değişkeninin anlamlılık değeri 0,05' den büyük olduğu ($p:0,355 > 0,05$) görülmektedir. Bu nedenle modelde bir önemi olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla bu değişken modelden çıkartılmıştır.

Tablo 11: t Testi Tablosu

Model		B Değeri	Standart Sapma	t Değeri	Anlamlılık (p)
1	(Model Sabiti)	0,996	0,223	4,470	0,000
	Dersler	0,280	0,059	4,717	0,000
	Öğr_ elemanı	0,455	0,069	6,621	0,000
	Personel	0,045	0,049	0,925	0,355

Yapılan çok değişkenli regresyon analizinde enter yöntemi uygulanmıştır. Modelde yer alan öğretim elemanı değişkeni X_1 ve dersler ise X_2 olarak atanmıştır. Buna göre tahmin modelinin ifadesi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\text{Memnuniyet } (Y_i) = 0,996 + 0,455.X_1 + 0,280.X_2 \quad (3)$$

β değerlerinin pozitif işaretli olması değişkenlerin memnuniyete etkisinin pozitif yönde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara, öğretim elemanının, 0,455 ve derslerin 0,280 kadar etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yani öğretim elemanının memnuniyete etkisi en fazla etkisi olan faktördür.

Son olarak, memnuniyete en fazla etkisi olan öğretim elemanı faktörünün, en önemli olan alt bileşeni "derse hazırlıklı gelmesine yönelik frekans dağılımlarını gösteren Tablo 12 aşağıda verilmiştir.

Tablo 12: Öğretim Elemanlarının Derse Hazırlıklı Gelmesi

	Katılım Sayısı	Oran %	Birikimli Oran
Kesinlikle katılmıyorum	19	4,1	4,1
Katılmıyorum	21	4,5	8,5
Kararsızım	61	13,0	21,5
Katılıyorum	186	39,7	61,2
Kesinlikle katılıyorum	182	38,8	100,0
Total	469	100,0	

Araştırmaya katılan 469 lojistik ve denizcilik öğrencisinin 368 tanesi öğretim elemanlarının derse hazır geldiğini belirtmiştir. Derse hazırlıklı geldiğini söyleyen öğrencilerin oranı %78,5, hazırlıklı gelmediğini söyleyenlerin oranı ise %8,5' lik bir kısmını oluşturmaktadır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Öğrencilerin verdikleri cevaplara göre uygulanan testlerin sonucunda memnuniyet, öğretim elemanı, dersler ve personel olmak üzere dört tane faktör oluşmuştur. Öğretim elemanı, dersler ve personel faktörlerinin memnuniyet faktörü üzerinde etkileri incelenerek, lojistik ve denizcilik öğrencilerinin bölümlerindeki memnuniyet faktörüne etki eden iki tane faktörün olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan en önemli olanının önce öğretim elemanı, sonra ders faktörü olduğu belirlenmiştir. Personel faktörünün, memnuniyet faktörü üzerindeki etkisi anlamsız olduğu bulunmuştur ve değerlendirmeden çıkartılmıştır. Öğrenciler memnuniyetleri doğrultusunda öğretim elemanı faktörünü değerlendirirken en çok önem verdikleri noktanın derse hazırlı gelmesi olduğu görülmüştür. Ders faktöründe ise yapılan sınavların başarıyı ölçtüğüne inandıkları ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda lojistik ve denizcilik öğrencilerinin derslerde öğretim elemanının bilgilerinden faydalanarak, sınavlara yönelik derslerini takip ettikleri söylenebilmektedir. Öğrencilerin personel faktörünü değerlendirirken en fazla göz önünde bulundukları özellik ise personelin yardım sever olmasıdır. Bu değerlendirmenin, öğrencilerin akademik birimlerde yoğun olarak çalışan öğrenci işleri bürosu personeli ile fazla karşılaşmalarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına bakılarak yükseköğretim kurumlarının akademik birimleri hizmet kalitesinin artması için öğretim elemanı seçimine önem vermeleri gerekmektedir. Görevine başlamış olan öğretim elemanları için de öğrencilerine daha yararlı bilgiler aktarabilmesine yönelik akademik çalışmalarını yapabilecekleri ve kendilerini daha fazla geliştirebilecek bir programın yapılması ve ortamın sağlanması gerekmektedir. Akademik personel öğrencilerin derslere olan ilgilerini arttırmak için objektif ve öğrencinin başarısını ölçen bir sınav sistemi uygulaması daha etkili olacaktır.

Çalışmanın içeriği ile ilgili olarak, soru maddelerinin artırılması ile daha fazla faktör tanımlanabilir. Böylece öğrencilerin memnuniyetine etki eden belirsiz etkenler ortadan kaldırılması sağlanabilir. Ek olarak, lojistik ve denizcilik alanında eğitim veren her bölge ve her okuldan örneklerin alınması çalışmanın güvenilirliğini arttıracaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Aydın, S., Görmüş, A. Ş., Altıntop, M. Y. (2014). Öğrencilerin Memnuniyet Düzeyleri İle Demografik özellikleri Arasındaki İlişkinin Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi İle İncelenmesi: Meslek Yüksek Okulu'nda Bir Uygulama. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35-58.
- [2] Azar, A. (2011, Nisan). Türkiye' deki Öğretmen Eğitimi Üzerine Bir Söylem: Nitelik mi, Nicelik mi? *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, s. 36-38.
- [3] Demiralp , N. (2007). Coğrafya Eğitiminde Materyaller ve 2005 Coğrafya Dersi Öğretim Programı. *Kastamonu Eğitim Dergisi* , 373-384.
- [4] Gignac-Caille, A., Oermann, M. (2001). Student And Faculty Perceptions Of Effective Clinical Instructions In ADN Programs. *Journal Of Nursing Education*, 347-53.

- [5] Gökdoğan, F., Çıtak, N., Karahan, A. (2003). Hemşirelik Öğrencilerinin Öğretim Elemanının Teorik ve Uygulamalı Derslerdeki Öğretimini Değerlendirmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41-47.
- [6] Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara: Asil Yayıncılık.
- [7] Karagöz, Y. (2016). *Spss ve Amos 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- [8] Karahan, M. (2013). Yükseköğretim Kurumları Kalite Yeterliliklerinin Öğrenci Memnuniyeti Ve Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi: İnönü Üniversitesi Malatya MYO Uygulaması. *Dicle Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1-9.
- [9] Karasioğlu, F., Duman, H. (2011). Meslek Yüksekokullarında Muhasebe Eğitimi Ve Kalitesi Üzerine Bir Not. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 165-180.
- [10] Okumuş, A., Duygun, A. (2008). Eğitim Hizmetlerinin Pazarlanmasında Hizmet Kalitesinin Ölçümü Ve Algılanan Hizmet Kalitesi İle Öğrenci Memnuniyeti Arasındaki İlişki. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17-38.
- [11] Özdemir, A. (2010). *Yönetim Biliminde İleri Araştırma Yöntemleri Ve Uygulamalar*. İzmir: Beta Yayıncılık.
- [12] Özgüven, N. (2008). Hizmet Pazarlamasında Müşteri Memnuniyeti Ve Ulaştırma Sektörü Üzerinde Bir Uygulama. *Ege Akademik Bakış*, 651-682.
- [13] Sarul, L. S., Yılmaz, T. (2007). Öğrenci Başarılarının Değerlendirilmesinde Doğrusal Programlama Modelinin Kullanılması Ve İşletme Fakültesinde Bir Uygulama. *İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 51-66.
- [14] Saydan, R. (2008). Üniversite Öğrencilerinin Öğretim Elemanından Kalite Beklentileri: Yüzüncü Yıl Üniversitesi İİBF Örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 63-79.
- [15] Şahin, A. E. (2009). Eğitim Fakültesinde Hizmet Kalitesinin Eğitim Fakültesi Öğrenci Memnuniyet Ölçeği İle Değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 106-122.
- [16] Şahin, A., Şen, S. (2017). Hizmet Kalitesinin Müşteri Memnuniyeti Üzerine Etkisi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1176-1184.
- [17] Yalın, H. İ. (2009). *Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme*. Ankara: Nobel Yayınları.
- [18] Yorulmaz, M., Özkan, M., Bayar, S., Alkan, G. (2017). Meslek Yüksekokullarında Verilen Eğitim Hizmetinin Kalitesinde Öğretim Elemanlarının Rolüne İlişkin Bir İnceleme: Yalova Meslek Yüksekokulu Örneği. *The Journal Of Academic Social Science*, 569-580.
- [19] URL 1, www.mevzuat.gov.tr. (2002, Temmuz 31). Mevzuat Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.5668&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> adresinden alınmıştır

LOJİSTİK EĞİTİMİ ÜZERİNE YAPILAN AKADEMİK ÇALIŞMALARIN İÇERİK ANALİZİ

Emre Süğün¹, Barış Kuleyin²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Uluslararası Ticaret, Finans ve Lojistik, İzmir, emresugun@gmail.com

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir, baris.kuleyin@deu.edu.tr

ÖZET

Lojistik kavramı insanoğlunun var olduğu andan itibaren olmakla birlikte akademik çalışma niteliğinde 1960'lerden sonra ilk olarak ABD, Japonya ve birkaç Avrupa ülkesinde ele alınmıştır. Lojistik kavramının anlaşılması ve sistemin içinde işler hale gelebilmesi noktasında lojistik eğitimi kavramı önem arz etmektedir. Çalışmanın temel amacı, lojistik eğitimi alanında yapılan akademik araştırmaları inceleyerek alanda yapılanları tespit etmek ve eksik kalan yönleri ortaya koymaktır. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi taramasında ve Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphanesi "veri tabanları tam metin toplu tarama" sekmesinden bilimsel değerlendirmeden geçmiş olanlar dahil akademik yayın makaleleriyle sınırlandırılarak yapılan literatür taraması sonucunda; "lojistik eğitimi", "logistics education" ve "logistics training" anahtar kelimelerini içeren ve alan endekslerinde taranan dergilerde yayınlanmış 4 + 50 + 33 (87) adet makaleye ulaşılmıştır. Konuyla doğrudan ilgisi bulunmayan makaleler elenerek makale sayısı 29'a düşürülmüştür. Bu makalelere üç adet yüksek lisans tezi eklenerek nihai sayı 32 olarak belirlenmiştir. Çalışma bu makaleler üzerinden içerik analizi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İlgili literatür incelendiğinde yapılmış olan araştırmaların daha çok lojistik müfredat ve ders programları, lojistik eğitiminin mevcut durumu ve gelecek öngörüsü üzerine odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmanın ileride lojistik eğitimi konusunda yapılacak çalışmalar açısından önemli bir başlangıç noktası olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Araştırma Eğilimleri, Lojistik Eğitimi, İçerik Analizi

CONTENT ANALYSIS OF ACADEMIC STUDIES ON LOGISTICS EDUCATION

ABSTRACT

The concept of logistics has been studied in the USA, Japan and several European countries after the 1960s as an academic study, with human beings first. The notion of logistics is important and the concept of logistics education is important at the point where it can become operational within the system. The main aim of the study is to examine the academic researches carried out in the field of logistics education and to identify those who are made in the field and to reveal the missing aspects. As a result of the literature survey conducted by the Higher Education Council's Dissertation Center scanning and the Dokuz Eylül University Library is restricted to the academic publications including the ones that have not been evaluated scientifically from the "4 + 50 + 33 (87) articles were published in the magazines that were scanned in the field indices, including the keywords "logistics education" and "logistics training". Articles that were not directly related to the topic were eliminated and the number of articles was reduced to 29. The final number is determined as 32 by adding three graduate thesis to these articles. The study was conducted using content analysis method through these articles. When the relevant literature is examined, it is seen that the researches focused on the logistics curriculum and the current situation of the logistics education and the foresight. This study is considered to be an important starting point in terms of future studies on logistics education.

Keywords: Content Analysis, Logistics education, Research Trends

1. GİRİŞ

Lojistiği, insan ihtiyaçlarını karşılama noktasında gerçekleştirilen tüm faaliyetler olarak tanımlamak mümkündür. Gerçekleştirilen ve gerçekleştirilecek olan bu faaliyetlerin planlanması, organize edilmesi ve uygulamaya koyulması noktasında lojistik eğitime ihtiyaç duyulmaktadır. Lojistik eğitimi iki farklı boyutta ele alınabilir. İlk boyut sektör ihtiyacı olan personelin karşılanması, diğer boyut ise bu personeli eğitecek akademik personelin yetiştirilmesidir (Keskin, 2015). Lojistik faaliyetlerin ekonomik ve sosyal hayattaki önemini anlaşılması sebebiyle lojistik, son dönemde lojistiği tanımlama ve lojistik eğitime dikkat çekme noktasında yapılan akademik çalışmalara konu olmuştur. Ulusal ve uluslararası alanda yapılan bu çalışmalar, alandaki sıkıntılı ve eksik yönlerin tespitinin yapılarak çözüm önerileri getirilmesi noktasında hem sektöre hem de akademik alana ışık tutmaktadır. Bu çalışmanın amacı lojistik eğitimle ilgili yapılan akademik çalışmaları içerik analizi yöntemiyle ele almak, lojistik eğitimi konusunda kaydedilen gelişmeleri ve bakış açılarını ortaya koymaktır.

2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışma makalelerin içerik analizi yöntemiyle incelenmesiyle yapılmıştır. İçerik analizi, metin içinde tanımlanan belirli karakterlerden sistematik ve tarafsız sonuçlar çıkarmak için kullanılan bir araştırma tekniğidir (Stone ve diğerleri, 1966). Bu çalışmada lojistik eğitimi ile ilgili olan çalışmalar gözden geçirilmiş, lojistik eğitime olan bakış açıları ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Çalışmaya konu olan bu makalelere Yükseköğretim Kurumu Tez Merkezi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Online Kütüphanesi üzerinden “*veri tabanları tam metin toplu tarama*” sekmesinden bilimsel değerlendirmeden geçmiş olanlar dâhil akademik yayın makaleleriyle sınırlandırılarak yapılan literatür taraması sonucunda; makale başlığında “*lojistik eğitim*”, “*logistics education*” ve “*logistics training*” kavramlarını kullanan ve alan endekslerinde taranan dergilerde yayınlanmış makaleler incelenerek ulaşılmıştır. Tarama sonucunda 2017 yılı Aralık ayı itibarıyla 87 makaleye ulaşılmış ve konuyla doğrudan ilgisi olmayan makaleler elenip üç adet yüksek lisans tezi de eklenerek nihai sayı 32 olmuştur.

3. BULGULAR: Makale İçeriklerinin Sınıflandırılması

Çalışmada incelenen makaleler; lojistik eğitiminin mevcut durumu, müfredat ve gelecek öngörüsü, lojistik eğitiminin sektör uygulamaları ve çalışan profili, bilgisayar ve yazılımların lojistik eğitime ve sektöre olan entegrasyonları olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır.

3.1. Lojistik Eğitimin Mevcut Durumu, Müfredat ve Gelecek Öngörüsü

Lojistik eğitimi, lojistik kavramının anlaşılmasıyla mümkündür. İnsanlık tarihi kadar eski olan lojistik akademik anlamda 1960’larda incelenmeye başlamıştır (Keskin, 2015). Lojistiğin önemini anlaşılmasıyla birlikte hem sektör hem de akademik hayatta lojistiğe olan ilgi artmaktadır (Gravier ve Farris, 2008); (Gilmour, 1978); (Hoek, 2001). Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaların, düzenlenen konferans ve kongrelerin ve açılan bölümlerin sayısında artış gözlenmektedir (Akandere, 2016); (Küçüksoğak, 2006). Türkiye’deki lojistik eğitiminin mevcut durumu incelenirken programların akademik kategorilerine göre değerlendirilmesinin yapılması faydalı olacaktır. Lojistik programların kategorisinden kastedilen, üniversitedeki ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora seviyelerindeki lojistik bölümlerin ayrı ayrı incelenmesidir (Çıkmak, 2016). Türkiye’deki mevcut bölümler aşağıdaki gibidir.

Lojistik Ön Lisans Bölümleri Lojistik Programı Bulunan Üniversite: 77 Lojistik Programı Bulunan Meslek Yüksekokulu: 99 Lojistik Uzaktan Eğitim: 2 Lojistik Açık Öğretim: 2 Hava Lojistiği Programı: 1	Lojistik Lisans Bölümleri Lojistik Bölümü Bulunan Üniversite: 53 Lojistik Bölümü Sayısı: 57 Lojistik Açık Öğretim: 1
Lojistik Yüksek Lisans Programları Lojistik Yüksek Lisans Bölümü Bulunan Üniversite: 17 Lojistik Yüksek Lisans Bölümü: 22	Lojistik Doktora Programları Lojistik Doktora Programı Bulunan Üniversite: 3 (URL1)

Artmaya devam eden bu bölüm ve programların istihdama ulaşma noktasında sıkıntılarının olduğu ve verilen ders içeriklerinin yeterliliği konusunda endişelerin olduğu gözlenmektedir (Bali ve diğerleri, 2016); (Çaçamer, 2015). Wu (2007), ve Daud ve diğerleri (2010)’ ne göre akademik alanda verilen eğitimin alan tecrübesiyle desteklenmesi çok önemlidir.

Bu bağlamda verilen eğitimin niteliğinin bölüm ve üniversite sayısından daha önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (Beier, 1972); (Farris ve Cunningham, 1988). Keskin'e göre (2015); nitelik sorununun aşılması içerik kalitesinin artırılmasıyla mümkündür ve şimdiye kadar yapılan tespitler Türkiye'de verilen lojistik eğitimin sektör ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte olmadığıdır. Yabancı dil yetersizliği de bir başka problemidir (Özoğlu ve Büyükkeklik, 2013).

Eğitimin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi ve başarıya ulaşması için iyi bir müfredat şarttır (Hofmann ve diğerleri, 2016);(Ruppenthal, 1998). Müfredat kelime anlamıyla, bir bütünü oluşturan ayrıntılar (URL2) demektir. Bu ayrıntılar bütünü, tüm öğretim programlarında olduğu gibi lojistik eğitiminde de önemli yer tutmaktadır.

Türkiye'deki lojistik bölümlerinin müfredatlarının üniversitelerin mevcut akademik kadrolarına göre yapıldığı ve bu alanda eğitim veren eğitimcilerin genelinin alan dışı kariyerlerden geldikleri bilinmektedir. Akademik personel eksikliği ve derslerin çoğunun teorik olarak verilmesi lojistik eğitim-öğretimindeki başlıca sorunlardandır (Akkoca, 2012).

Yapılan araştırmalarda Amerika Birleşik Devletleri (ABD) merkezli lojistik müfredatların geçmişi analiz edilirken lojistik bölümlerinin % 33'ünün pazarlama veya işletme fakültelerine ait olduğu tespit edilmiştir (Niine ve Koppel, 2015). Lojistik bölümlerinde en çok okutulan dersler "*tedarik zinciri yönetimi*" ve "*lojistiğe giriş*" dersleridir (Ballou ve Piercy, 1974). Hemen arkasından bölümün adında uluslararası geçtiği için "*uluslararası ticaret*" dersi gelmektedir (Bozyiğit, 2016). Ozment ve Keller'e göre (2011) devletler lojistik ve tedarik zinciri eğitimini geliştirmek için tam zamanlı bir destek ekibiyle birlikte ulusal bir merkez kurmalıdır. Ve bu merkezin hedefi mevcut programların genişletilmesi ve yeni program ve müfredatların geliştirilmesi olmalıdır. Lojistik ve tedarik zinciri yönetimiyle ilgili faaliyet yürüten sektörler iyi bir şekilde işveren konseyi sivil toplum örgütleri ve akademisyenlerden oluşan konsorsiyumla araştırma ve geliştirme projeleri ortaya koymalıdır. Ayrıca bu projelerin netlik kazanmaya başladığı noktada gerekli devlet desteğinin oluşturulması gerekmektedir (Akkoca, 2012).

3.2.Lojistik Eğitimin Sektör Uygulamaları ve Çalışan Profili

Sektör bazında değerlendirildiğinde lojistiğin dünya ticaretindeki yeri çok önemlidir. Ticari anlamda yapılan hemen hemen tüm faaliyetler lojistik destek sayesinde gerçekleştirilmektedir. Lojistik operasyonların sahada sağlıklı bir şekilde uygulanabilirliği, teorik ve pratik anlamda iyi bir lojistik eğitimden geçmiş personel kadrosuyla mümkündür (Lorenzo ve diğerleri, 2014). Ferguson (1982); şirketlerin bunu anladığı için personel ve yöneticilerini örgün eğitim almış nitelikli insanlardan seçme gayretinde olduklarını söylemektedir.

Sistem bir bütün olarak değerlendirildiğinde, Myers ve diğerleri (2004); lojistik sürecin insan merkezli olduğunu ve istihdam edilirken vasıfsız işçilerden yönetim kademelerine ve en üst düzeydeki insanlara kadar herkese ihtiyaç olduğunu söylemektedir. Lojistik sektörü çalışanlarının çağın gerektirdiği mesleki yeterliliğe, bilgi ve becerilere sahip olmaları zorunluluk haline gelmiştir (Çıkmak, 2016); (Palsaitis ve Bazaras, 2006); (Rahman ve Qing, 2014); (Knemeyer ve Murphy, 2002) . Fakat sektör çok eski olmadığı için burada çalışanların farklı eğitimler almış insanlardan oluştuğu bilinmektedir. Örneğin, sektörde çalışan işletme mezunlarının sayısı, lojistik mezunları sayısının üç katından fazladır (Bozyiğit, 2016).

Her sektörde olduğu gibi, yedi gün yirmi dört saat devam eden lojistik sektöründe de çalışan profili çok önemlidir. Çalışanların bilgi birikimi ve performanslarıyla lojistik başarı arasında doğru orantı vardır. Myers ve diğerleri (2004), lojistik sektöründe sosyal beceri, karar verme becerisi, problem çözme ve zaman yönetimi becerisinin pozitif etkisinden bahsetmektedir. İş dünyası ve sektörü tanımak açısından eğitim görülen alanda staj deneyimi kazanılması ve yabancı dil bilgisi de önem arz etmektedir (URL3).

3.3.Bilgisayar ve Yazılımların Lojistik Eğitime ve Sektöre Olan Entegrasyonları

Her alanda olduğu gibi lojistik alanında da teknoloji ve yazılım destekli bilgisayar programları kullanılmaya ve sektör içinde önem kazanmaya başlamıştır (Jim ve Kevin, 2013). Bu da bu alanlarda faaliyet gösteren şirketlerin ve şirket çalışanlarının teknolojiyi yakından takip etme zorunluluğunu doğurmuştur. Teknolojinin kullanımıyla birlikte zaman tasarrufu, elektronik arşiv avantajı ve yapılan işlerin takibi gibi konularda ciddi anlamda iyileşmeler olmuştur.

Teknoloji ve bilgisayar sistemlerini eğitim hayatına geçirmek öğrenme sürecini kolaylaştırmaktadır. Eğitimciler bilgisayar sistemlerini ve teknolojik sistemleri müfredata entegre etmelidirler (Cook,1989). ABD üniversitelerinde bilgi sistemleri ve teknolojileriyle ilgili derslere daha fazla yer verildiği gözlenmiştir. Türkiye'de % 4 ile bu oran daha düşüktür (Çıkmak, 2016). Lojistik eğitimine bilgisayarı entegre etmenin iki nedeni vardır. Birincisi, lojistik yönetiminde bulunan karmaşık ticareti ve ilişkileri daha kapsamlı bir şekilde ele almak, ikincisi ise bu araçlar sayesinde deneyim ve tecrübe kazanmayı daha kolay hale getirmektir (Smith ve diğerleri, 1998).

Ayrıca öğrenciler üzerinde yapılan anketlere göre eğitimde bilgisayarlı öğelerden faydalandığında öğrenme üzerinde belirgin bir artış olduğu ve bu yaklaşımın kesin yararlarının olduğu tespit edilmiştir (Rao ve diğerleri, 1992).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lojistik kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanmasıdır. Kısaca belirtmek gerekirse ihtiyaçların karşılanması noktasındaki faaliyetler bütünüdür. Yüzyıllardır kullanılmakta olan lojistik, akademik alanda hak ettiği ilgiyi 1960'lerden sonra ABD, Japonya ve birkaç Avrupa ülkesinde görmeye başlamıştır.

Üretim ya da hizmet sektöründeki her türlü faaliyet lojistik operasyonlarla desteklenmektedir. Lojistiğin öneminin kavranmasıyla birlikte lojistik eğitime olan bakış değişmiş ve bu alanda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalara; oluşturulan müfredatlar, yapılan kongre ve konferanslar ve düzenlenen seminerler örnek olarak verilebilir. Akademik olarak yapılan çalışmalarda ABD ve Avrupa'nın bu alanda öncü olduğu gözlenmektedir. Jeopolitik ve jeostratejik olarak lojistik açıdan son derece önemli olan Türkiye'nin lojistiği tanımlama ve uygulama açısından biraz daha geriden geldiği görülmektedir.

Yapılan çalışmalar; lojistik eğitimin mevcut durumu, müfredat ve gelecek öngörüsü, lojistik eğitiminin sektör uygulamaları ve çalışan profili, bilgisayar ve yazılımların lojistik eğitime ve sektöre olan entegrasyonları olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır. Çalışmalar incelendiğinde lojistik eğitim açısından ülkeler arasında, uygulamaya yönelik teorik ve pratik farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklardan başlıcaları; lojistik müfredat, ders içerikleri ve sektördeki uygulamaya yönelik operasyonlardır.

Türkiye'de adında lojistik ve tedarik zinciri geçen bölüm sayısında artış gözlenmektedir. Fakat bu artışın istihdam ile doğru orantılı olmadığı tespit edilmiştir. Profesyoneller, bu sıkıntının sayı artışına odaklanmak yerine niteliğin artırılmasıyla çözüleceği kanaatinde idirler. Lojistik için yabancı dil kavramı çok önemli olmasına rağmen İngilizce ders anlatacak akademik kadronun yetersizliğinden bahsedilmektedir. Bu kadrolar alan dışı faaliyet gösteren akademisyenler ile kotarılmaktadır. Hatta lojistik müfredatların dersi anlatacak akademik kadroya göre kurgulanması da başlıca problemlerdendir. Ayrıca, lojistik sektöründe çalışanların çoğunun alaylı olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak bu tablonun, lojistiğin ve lojistik eğitimin iyi kavranıp sektöre yansıtılmasıyla değişeceği ve gelişeceği öngörülmektedir. Bunun için lojistik müfredatlarda iyileştirilmeler yapılması, ders içeriklerinin sektör beklentileri doğrultusunda yeniden gözden geçirilerek kurgulanması gerekmektedir. Bu noktada sektör beklentilerini iyi tespit edip sektörün lojistik personel ve yöneticiler üzerindeki algısı üzerine odaklanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Stajlara önem verilerek akademik hayatın ve sektörün birbirinden bağımsız değil, bir bütün olarak çalışmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Devletin, bu alandaki çalışmalara destek verip akademik hayatı ve sektörü teşvik etmesi beklenmektedir. Teknoloji, her alanda olduğu gibi bu alanda da yakından takip edilerek eğitime ve sektöre entegre edilmelidir. Böylece eğitimde, öğrenmeye dayalı, sektörde de uygulamaya dayalı kolaylıkların olacağı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Akandere, G., (2016), "Lojistik Sektörü Açısından Meslek Yüksek Okullarının Önemi ve Öğrencilerin Lojistik Sektörüne Yönelik Tutumlarının Değerlendirilmesi", Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi, Vol.19, No:41.
- [2] Akkoca, C. (2012), "Türkiye'deki Üniversitelerde Verilen Lojistik Eğitimi Kapsamı Gelişimi ve Gelecek Öngörüsü", Çağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- [3] Bali, Ö., Enisoğlu, İ., Sezer, F., (2016), "Türkiye'de Lisansüstü Lojistik Eğitiminin İçerik Analizi ile İncelenmesi", Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Vol.2, No:1.
- [4] Ballou, R., Piercy, J., "A Survey of Current Status and Trend in Transportation and Logistics Education", Transportation Journal, Vol.14, No:2.
- [5] Beier, F. (1972), "The Educational Challenge Facing and Physical Distribution Management", Transportation Journal, Vol.11, No:4.
- [6] Bozyiğit, S. (2016), "Türkiye'deki Lojistikle İlgili Lisans Bölümlerinin Ders Programları Üzerine Bir İnceleme", Journal of Yaşar University, 2016, 11/42, s.133-149.
- [7] Cook, R. (1989), "Expert System Use In Logistics Education: An Example and Guidelines for Logistics Educator", Centler Michigan University, Journal of Business Logistics, Vol.10, No.1.

- [8] Çaçamer, O., (2015), “Lojistik Eğitiminde Deneysel Öğrenmenin Öğrenci Tutumu Üzerindeki Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [9] Çıkmak, S. (2016), “Türkiye’de Lojistik Eğitiminin Durumu ve Lojistik Eğitiminin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler”, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3, s.1-13.
- [10] Daud, D., Ling, K., Keoy, K., (2010), “The Relationship Between Programme and Logistics Educational Need: An Exploratory Study”, Journal of Educational Research, Vol.13, No:2.
- [11] Farris, M., Cunningham, W., “Transportation and logistics Education in Community- Colleges”, Transportation Journal, Vol.28, No:4.
- [12] Ferguson, W. (1982), “Logistics Education as a Career Field”, Transportation of Journal, Vol.22, No:1.
- [13] Gilmour, P., (1978), “The Current Status of Business Logistics Education”, Transportation Journal, Vol.18, No:2.
- [14] Gravier, M., Farris, M., (2008), “An Analysis of Logistics Pedagogical Literature: Past and Future Trends in Curriculum, Content and Pedagogy”, International Journal of Logistics Management, Vol.19, No.2.
- [15] Hoek, V., (2001), “Logistics Education: Achieving Market and Research Driven Skill Development”, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol.31, No:7.
- [16] Hofmann, W., Langer, S., Lang, S., Reggelin, T., (2016), “Integrating Virtual Commissioning Based on High Level Emulation into Logistics Education”, Procedia Engineering, Vol.178.
- [17] Jim, W., Kevin, H., (2013), “Making on-line Logistics Training Sustainable Through E-Learning”, Computers in Human Behavior March 2013, Vol.29, No:2.
- [18] Keskin, M. (2015), Lojistik El Kitabı, 2. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara
- [19] Knemeyer, A., Murphy, P., (2002), “Logistics Internships: Employers and Student Perspectives”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.32, No:2.
- [20] Küçüksolak, B., (2006), “Dünyada ve Türkiyede Lojistik Eğitimi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [21] Lorenzo, M., Rossella, B., Michal, A., Piotr, C., (2014), “Ict Competencies in Logistics Training- International View”, <http://www.logforum.net/vol10/issue4/no8>.
- [22] Myers, M., Griffith, D., Daugherty, P., Lusch, R., (2004), “Maximising The Human Capital Equation in Logistics: Education, Experience, and, Skill”, Journal of Business Logistics, Vol.25, No.1.
- [23] Niine, T. ve Koppel, O. (2015), “Typology of Logistics Curricula- Four Categories of Logistics Undergraduate Education in Europa”, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia.
- [24] Ozment, J. ve Keller, S. (2011), “ The Future of Logistics Education”, Transportation Journal, Vol.50, No.1, pp. 65-83.
- [25] Özoğlu, B., Büyükkeklik, A., (2013), “The Transportation and Logistics Sektor in Turkish Economy: A Review About Growth Potential and Education Infrastructure”, The International Journal of Transport and Logistics, Vol.13.
- [26] Palsaitis, R., Bazaras, D., Transport (16484142) 2007, Vol.22, No:1.
- [27] Rahman, S., Qing, Nie, (2014), “Graduate Students’ Perceptions of Supply Chain Skills for Supply Chain Managers”, Benchmarking: An International Journal, Vol.21, No:2.
- [28] Rao, K., Stenger A. , Wu, J., (1992), “Integrating the Use of Computers in Logistics Education”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management; Bradford Vol. 22, Iss. 2.
- [29] Ruppenthal, K., (1998), “Transport Education in Canada: A Contrast”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.28., No:4.
- [30] Smith, C., Langley, C., Mundy, R. (1998), “Removing the Barriers Between Education and Practice: Tools and Techniques for Logistics Management”, The University of Tennessee, Journal of Business Logistics, Vol.19, No.2, 1998.
- [31] Stone P. J., Dunphy D. C., Marshall S. S., Ogilvie D. M. (1966), The General Inquirer: A Computer Approach to Content Analysis, The M.I.T. Press, Massachusetts.
- [32] Wu, Y., (2007), “Contemporary Logistics Education: An International Perspective”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.37, No:7.
- [33] URL1, Lojistik Bölümü Ön lisans- Lisans- Yüksek Lisans- Doktora, 2017, <http://www.lojistikbolumu.com>

[34] URL2, <http://www.tdk.gov.tr>.

[35] URL3,Omsan Lojistik, <http://www.omsan.com/lojistik/surdurulebilirlik/omsan-lojistikte-calisma-hayati>.

MİKRO DAĞITIM PERFORMANS ANALİZİ VE VİKOR METODUYLA BİR UYGULAMA

Seyithan Yıldız¹, Mehmet Kart²

¹ Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Doktora Programı Öğrencisi, İstanbul, seyithanism@gmail.com

² Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Doktora Programı Öğrencisi, İstanbul, mehmetkart20@gmail.com

ÖZET

Lojistik hizmetlerin kalitesi ve yetkinliği ile ürünlerin alıcıya zamanında ulaştırılmasını ifade eden lojistik performans, lojistik faaliyetlerin ortaya koyduğu başarı ve etkinliğin bir ölçüsüdür. Firmalar açısından rekabet etmenin temel unsurlarından biri de lojistik kabiliyetlerinin artırılması ile sürekli iyileştirme ve geliştirme faaliyetleriyle zincirin yapısının güçlendirilmesidir. Tedarik Zinciri'nin halkalarından biri olan mikro dağıtım, ürünlerin son noktaya ulaştırılmasında önemli bir lojistik fonksiyonudur. Mikro dağıtım ağ yapısının verimliliği, müşteri hizmet sürelerinin kısaltılması, günlük ziyaret sayısı, yapılan mesafe ve yakıt tüketimi gibi kriterler mikro dağıtım performansını ve maliyetlerini analiz etmede önemli bazı kriterlerdir. Bu çalışmanın amacı farklı şehirlerde hizmet veren bir gıda firmasının mikro dağıtım ağ yapısının incelenerek performans analizinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesidir. Belirlenecek bu kriterlere göre bölgelerin mikro dağıtım ağı performansı analiz edilerek; çok kriterli karar verme metodlarından biri uygulanıp bölgelere ve aylara göre bir değerlendirme yapılacaktır. Yapılacak bu çalışmalar sonucunda da performans değerlendirmesine göre bazı çözüm önerileri sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Mikro Dağıtım, Performans Analizi, Vikor Metodu

MICRO DISTRIBUTION PERFORMANCE ANALYSIS AND AN APPLICATION WITH VIKOR METHOD

ABSTRACT

Logistics performance, which expresses the quality and competence of logistics services and the timely delivery of products to the buyer, is a measure of the success and effectiveness of logistics activities. One of the main elements of competing in the direction of companies is the strengthening of the chain structure through continuous improvement and development activities with the increase of logistics capabilities. Micro distribution, one of the rings of the Supply Chain, is an important logistic function in delivering products to the final point. Criteria such as efficiency of micro distribution network structure, shortening of customer service times, number of daily visits, distance and fuel consumption are important criteria to analyze micro distribution performance and costs. The purpose of this study is to determine the criteria to be used in the performance analysis by examining the micro distribution network structure of a food company serving in different cities. By analyzing the micro distribution network performance of the regions according to these criteria to be determined; one of the multi-criteria decision-making methods will be implemented and an assessment will be made according to the district and the month. As a result of these studies, some solution proposals will be presented according to the performance evaluation.

Keywords: Micro Distribution, Multi Criteria Decision Method, Performance Analysis, Vikor Method

1. GİRİŞ

Firmalar açısından rekabet etmenin temel unsurlarından biri de lojistik kabiliyetlerinin artırılması ile sürekli iyileştirme ve geliştirme faaliyetleriyle zincirin yapısının güçlendirilmesidir (Bayraktutan, 2015). Tedarik Zinciri'nin halkalarından biri olan mikro dağıtım, ürünlerin son noktaya ulaştırılmasında önemli bir lojistik fonksiyonudur.

Mikro dağıtım ağ yapısının verimliliği, müşteri hizmet sürelerinin kısaltılması, günlük ziyaret sayısı, yapılan mesafe ve yakıt tüketimi gibi kriterler mikro dağıtım performansını ve maliyetlerini analiz etmede önemli bazı kriterlerdir.

Performansın sürekli iyileştirilmesi, artan müşteri taleplerinin daha verimli karşılanmasını ve rekabet koşulları göz önüne alınarak müşteri memnuniyetinin artırılmasını hedeflemektedir. Bunun yanında maliyetleri azaltmayı ve karlılığın artırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın amacı farklı şehirlerde hizmet veren bir gıda firmasının mikro dağıtım ağı yapısının incelenerek performans analizinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesidir. Belirlenecek bu kriterlere göre bölgelerin mikro dağıtım ağı performansı analiz edilerek ve değerlendirme yapılacaktır. Bu değerlendirmede Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinden biri olan Vikor Yöntemi uygulanacaktır (Görener, 2013).

Literatürde ÇKKV yöntemleri lojistik sektörü için sıkça kullanılmakta iken ağırlıklı olarak lojistik firma seçimi, firmaların performans anlamında değerlendirilmesi ve kıyaslanması olarak uygulanmaktadır. Hatta çoğu zaman firmanın bilanço, çalışan sayısı, aktifler, karlılık vb. gibi kriterlerle değerlendirme yapılmaktadır (Çakır, Perçin, 2013). Bu çalışmadan ise ÇKKV yöntemi etkinlik ve verimlilik anlamında yapılan işin niteliğini ve değerlendirmesi amacıyla kullanılacaktır. Böylelikle VIKOR metodu hem şehir içi dağıtım ağında yol gösterici bir metod olarak kullanılacak hem de lojistik performans değerlendirmesinde bölgeler arasında objektif bir sıralama yapılması sağlanacaktır. Bir anlamdan çok kriterli karar verme yöntemlerinin lojistik performans değerlendirmesinde uygulanması sağlanmış olacaktır. Yapılacak bu çalışmalar sonucunda da performans değerlendirmesine göre bazı çözüm önerileri sunulacaktır.

2. LOJİSTİK PERFORMANS SİSTEMİNİN KAVRAMININ TANIMI VE AMACI

2.1 Performans Yönetimi

Performans, genel anlamda amaçlanan ve planlanan bir faaliyetin sonucu olarak nicel veya nitel olarak ne elde ettiğini belirleyen bir kavramdır. Performans, en basit tanımı ile üretkenliğin ölçüsüdür. Performans ölçüm ve kontrol sistemlerinde veri en temel öğelerdir (Vitasek, 2013).

Bir organizasyon öncelikle misyonunu analiz eder ve paydaşlarını belirler ve hedeflerini belirler. Temel olarak 'Temel Performans Göstergeleri' olan iş hedeflerine yönelik ilerlemeyi ölçerken kullanılacak tedbir ve önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Fourtin, 1988).

Anahtar Performans Göstergeleri, performans sistemleri iyi kullanıldığında, operasyonlara önemli katma değer sağlamaktadır. Çok daha düzenli ve düzenli bir planlama sürecine giren şirket, stratejik planlama, yıllık iş planı ve bütçe hedeflerini çok daha hassas ve katılımcı bir biçimde oluşturuyor.

Performans ölçümü için KPI'ları kullanmak, iş etkinliğini her zaman için statik bir kritere göre değerlendirmenizi sağlar. Bu, dalgalanmaların derhal görülebileceği ve performans yanlış yönde hareket ederse, durumu hızlı bir şekilde ele alacak şekilde hareket edilebileceği anlamına gelir (URL2).

Kısaca KPI'lar iş performansının görünürlüğünü sağlar ve objektif nicel ve nitel değerlendirmeye izin verir. İş hedefleri ile uyumlu olduğunda, KPI'lar tahmini işi elinden alıyor ve odaklanmanın hedeflere doğru ilerleme üzerinde odaklanılmasını sağlıyor.

2.2 Lojistik Performans Yönetimi

Performans, genel anlamda amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni, nicel ya da nitel olarak belirleyen bir kavramdır. Performans en basit tanımıyla verimliliğin ölçülmesidir. Performans ölçüm ve denetim sistemlerinde bilgi yani veri en temel öğelerdendir (Erdal, 2007).

Bir organizasyon, öncelikle misyonunu analiz etmekte ve paydaşlarını tanımlayarak hedeflerini belirlemektedir. İşletme hedeflerine yönelik ilerlemenin ölçülmesinde kullanılacak bir yöntem ve ölçütlere ihtiyaç duyulur ki bu ölçütler temelde "Anahtar Performans Göstergeleri"dir (Erdal, 2007).

Anahtar performans göstergeleriyle performans sistemleri iyi kullanıldığında işletmelere önemli bir katma değer sağlamaktadır. İşletme çok daha sistematik ve düzenli planlama sürecine girerek, stratejik planlama, yıllık iş planı ve bütçe hedeflerini çok daha titizlikle ve katılımcı bir şekilde oluşturur.

2.3 Gıda Tedarik Zincirinde Mikro Dağıtım Verimliliğinin Önemi

Şirketler karayolu yük taşımacılığı operasyonlarının yakıt verimliliğini artırmak için baskı altına girdi. Yakıt, tipik olarak, ağır bir mal aracının işletme maliyetinin%25-30'unu oluşturduğundan, yakıt faturasındaki indirimler toplam nakliye maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (McKinnon ve Campbell, 1999).

Gıda hareketlerinin yaklaşık %15'i sıcaklık kontrolü gerektiriyor ve soğutma toplam enerji tüketiminin %40'ına neden oluyor. Soğutmalı kamyonlar aynı zamanda standart kamyonların iki katı ve işletme için %15-20 daha pahalıdır (URL1).

Karayolu taşımacılığı sektöründeki CO2 emisyonlarının sürekli artışı daha ciddi bir nedendir. AB, CO2 emisyonlarını azaltmak için bir hedef belirledi.

Trafik tıkanıklığını artırmak konusunda da ciddi endişeler var. Bu tıkanıklık nakliye masraflarını önemli ölçüde artırabilir ve üretim ve dağıtım operasyonlarının verimliliğini düşürebilir. Tedarik zinciri inisiyatifleri tıkanıklığın etkilerini çeşitli şekillerde azaltabilir (Rogof, 2014).

Yakıt maliyeti, araç maliyeti, işletme maliyeti ve hava kirliliği ve trafik kirliliği gibi faktörlerden ötürü, dağıtım sürecinin tüm bölümünü ve performansını incelememiz gerekmektedir. Bunlarla ilgili olarak, performansın sürekli iyileştirilmesi sağlanmalıdır (Parkan, 1991).

1990'lara kadar, yakıt tasarrufu önlemlerinin çoğu ulaştırma operasyonu ile sınırlıydı. Bununla birlikte, bu sefer birçok şirket depolama, envanter yönetimi, üretim planlaması ve müşteri hizmetleri arasındaki koordinasyonun iyileştirilmesi amacıyla daha geniş bir lojistik çerçevede nakliyelerini yönetiyorlardı (Mentzer ve Konrad, 1991).

EEBPP (Enerji Verimliliği En İyi Uygulama Programı) 1996'da daha geniş lojistik eğilimlerinin, karayolu taşımacılığı sektöründeki yakıt tüketimine olan etkisini gösterdi ve lojistik sistemlerin yapısını ve operasyonunu değiştirerek, şirketlerin yakıt olarak değil, genel olarak yük taşımacılığında ekonomilerini nasıl sürdürebileceklerini belirtti. Bu, hedefin sadece km başına düşen yakıt tüketimini azaltmakla kalmamakla birlikte belirli bir miktarda ürün dağıtımını yapmak için seyahat eden araç-km sayısını azaltmak gerektiğini de belirtti. Bu araştırma ile belirlenen lojistik önlemlerin çoğu bireysel şirketler tarafından benimsenebilir (Min ve Joo, 2009).

2.4 Lojistiğin Amacı ve 7 Doğrusu

Lojistiğin temel amacı müşteri hizmet düzeyini en üst seviyeye çıkararak girdileri minimize edip rekabet seviyesini arttırmaktır. Bu amaçla müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için lojistik hizmetleri geliştirirken kaynak kullanımı ve maliyet gibi faktörleri de ideal değerlerde tutmak gereklidir.

Lojistiğin 7 doğrusu bulunmaktadır. Bunlar;

- Doğru Ürünün
- Doğru Yere
- Doğru Miktarda
- Doğru Zamanda
- En Düşük Maliyetle
- Doğru Şekilde
- Hasarsız Teslim

2.5 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Vikor Metodu

Çok kriterli karar verme teknikleri, alternatifler arasında birden fazla sayıda ve aynı anda uygulanabilen ve aynı anda uygulanabilen kriterlere bağlı olarak en iyi tercihin seçilmesine imkân sağlayan araçlardır. Her problem çeşidinde karar vericinin amacı farklıdır. Seçme probleminde karar vericinin amacı en iyi alternatifi bulmak iken sıralama probleminde, karar vericinin amacı bütün alternatifleri en iyiden en kötüye sıralamaktır (Tzeng ve Lin, 2005).

VIKOR yöntemi birbirleri ile çelişen kriterler olduğunda seçenekler arasında seçim ve sıralama yapmaya odaklanmıştır. Temeli 'ideal çözüme yakınlık' ölçümüne dayanan çok kriterli karar sıralama indeksi olarak da tanıtılır.

3. MİKRO DAĞITIM ORGANİZASYONUNDA PERFORMANS ANALİZİ

3.1 İşletme Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışmaya konu olan işletme Türkiye'nin önde gelen süt ve süt ürünleri işletmelerinden biridir. Türkiye'nin farklı şehirlerinde bölge müdürlükleri, depoları, bayileri üzerinden dağıtım ağı bulunmaktadır.

Ürünlerinin büyük bir kısmı yurtiçinde tüketilmekte olup ayrıca Ortadoğu ve Türki Cumhuriyetlere de ihracat yapılmaktadır.

İşletmede incelenecek bölgelerin araç sayısı ve aylara göre değişimleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Bölgelerdeki Aylık Araç Sayısı

Bölge	Ocak-17	Şubat-17	Mart-17	Nisan-17	Mayıs-17	Haziran-17
A	24	24	24	24	22	22
B	31	31	31	30	30	30
C	23	23	22	22	22	22
D	12	12	12	12	12	12
E	11	11	11	11	11	11

Ayrıca sipariş yoğunluğuna göre bazı araçlar sefere çıkarılmamaktadır. Aylık toplam çıkılmayan sefer sayıları da Tablo 2’de bulunmaktadır.

Tablo 2: Toplam İptal Edilen Sefer Sayısı

Bölge	Ocak-17	Şubat-17	Mart-17	Nisan-17	Mayıs-17	Haziran-17
A	24	25	29	78	55	61
B	48	32	43	44	49	54
C	0	8	10	0	0	0
D	2	5	22	5	17	3
E	23	34	15	9	5	12

3.2 Çalışmanın İçeriği ve Metodoloji

Bu çalışmanın amacı, süt ürünleri üreten bir şirketin yurtiçi dağıtımında kullanılan mikro dağıtım araçları ve dağıtım ekipleri için Anahtar Performans Göstergelerini belirlemek, bölgeler arası değerlendirme yapmak ve geliştirilecek kısımlar için çözümler ve fikirler önermektir.

Çalışmada kullanılan veriler 5 bölgesel depoda çalışan 95 kamyon filosundan elde edilmiştir. Lojistik dağıtım ağının görevi günlük olarak gelen siparişlerin ertesi gün mağazalara frigorifik araçlarla dağıtılmasını sağlamaktır. Ürünler bölge depolarından araçlara yüklenir ve satış noktalarına, marketlere veya mağazalara gönderilir.

Lojistiğin 7 doğrusu çerçevesinde dağıtım araçlarının doğru ürünleri, doğru miktarda, doğru yere sevk etme performanslarını incelerken, bunların doğru şekilde ve doğru zamanda yapılmasını (uygun sıcaklık koşulları ve müşteri teslim saatleri), hasarsız teslimi ve maliyetlerini inceleyeceğiz. Bu inceleme esnasında bölgeler ve aylar arasındaki kıyaslama VIKOR metodu ile yapılacaktır. Böylelikle bu metodun kentsel lojistikte yol gösterici bir metod olarak kullanılması sağlanacaktır. Ayrıca lojistik performans değerlendirmesinde kriterler arasında objektif bir değerlendirme ve sıralama yapılması sağlanacaktır.

Ocak 2017 ile Haziran 2017 arasındaki en iyi 5 bölgenin verileri analiz edildi ve toplam 95 araçta performans yönetimi analiz edildi.

Bu çalışmada KPI'ların seçimi çeşitli açılardan sıkı sıkıya kısıtlanmıştır. Birincisi, sadece dağıtım işleviyle ilgilidirler. İkincisi, dağıtım operasyonlarının maliyetini ve değerlendirmesini ekleme kararı alınmıştır. Böylece operasyonel eksikliklerin maliyetler üzerindeki etkisi incelenecektir. KPI'lar, operasyonel ve ticari performansı ölçmek üzere tasarlanmıştır. Üçüncüsü, tek bir işletme için veriler kullanılmasına rağmen, bu projede kabul edilen KPI'ların sektördeki tüm şirketleri de dikkate alarak genişletilebileceği varsayılmaktadır (Ploos, 1996).

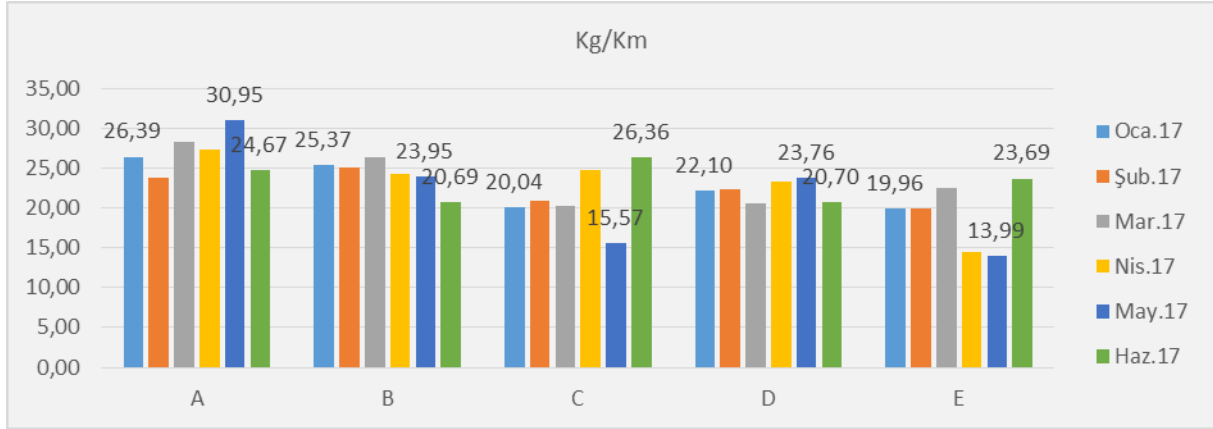
Bölgelerin performansları aşağıdaki performans kriterlerine göre değerlendirilip analiz edilecektir.

- Kg/Km – Kilometre Başına Taşınan Yük
- Nokta/Araç Günlük Teslim Edilen Nokta Sayısı
- Kg/Araç – Araç içi toplam yükleme kapasitesi
- Kg/Nokta – Bir noktaya düşen tonaj
- Yakıt TL/Araç – Araç başına düşen yakıt kullanımı
- TL/Kg – Kg başına maliyet
- Araç başına düşen bakım onarım maliyetleri
- Araç başına düşen toplam maliyet
- Teslimat Başarı Performansı

3.3 Bölgelerin Performans Analizi ve Değerlendirilmesi

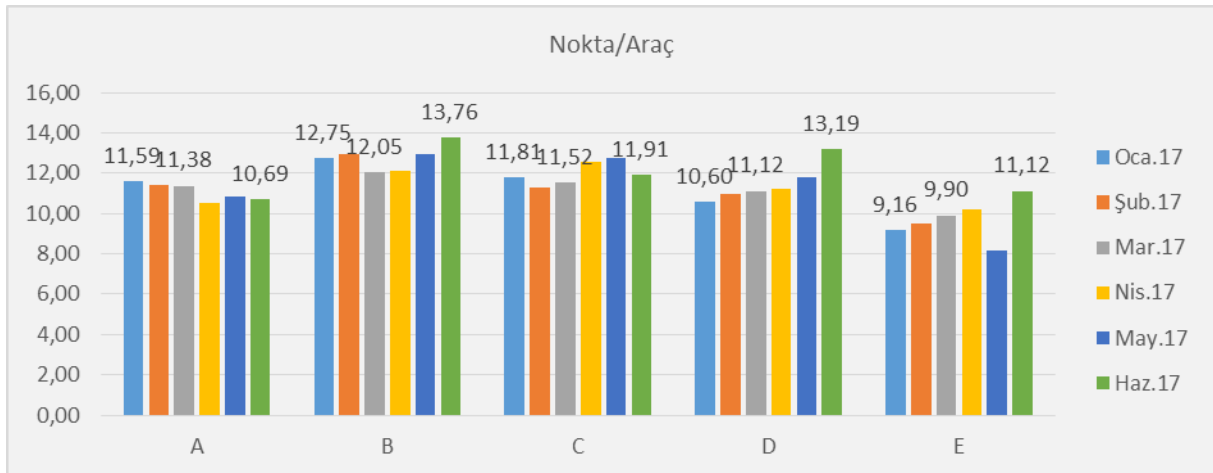
3.3.1 Kg/Km – Birim mesafede taşınan yük

- Şekil 1’de görüldüğü gibi A bölgesinde taşınan yükün genel olarak daha fazla olduğu, C ve E bölgesinde ise daha düşük olduğu görülmektedir.
- Aylar arasında büyük farklar olmamakla birlikte C ve E bölgelerinde Nisan ve Mayıs aylarında büyük düşüşler olmuş ama Haziran ayında iyileşme sağlanmıştır. İyileşmeyle beraber bu iki bölgede ortalamanın üzerine çıkmıştır.
- B bölgesinde ufak da olsa düzenli bir düşüş gözlemlenmektedir.
- Aylara göre değişkenlik en az D bölgesinde görülmektedir
-



Şekil 1: Birim Mesafede Taşınan Yük

Nokta/Araç – Araç Başına Düşen Günlük Nokta Sayısı



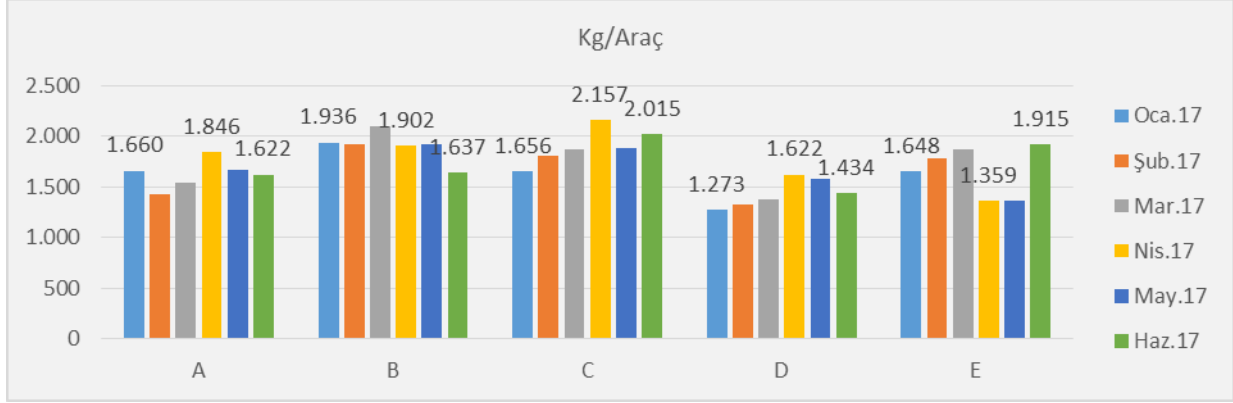
Şekil 2: Araç Başına Düşen Günlük Nokta Sayısı

- Şekil 2’de 5 farklı bölgede 6 aylık zaman diliminde günlük ortalama ziyaret edilen nokta sayıları bulunmaktadır.
- A bölgesinde Ocak-Haziran arasında araç başına düşen nokta sayısı 1 azalmıştır. Aylar arasında hafif düşüş gerçekleşmiştir.
- Araç başına düşen nokta sayısı en kötü E bölgesinde en iyi B bölgesindedir.

- D bölgesinde ise düzenli bir artış görülmekte olup; Ocak-Haziran arasında araç başına düşen günlük ortalama nokta sayısı 2,5 nokta artmıştır.

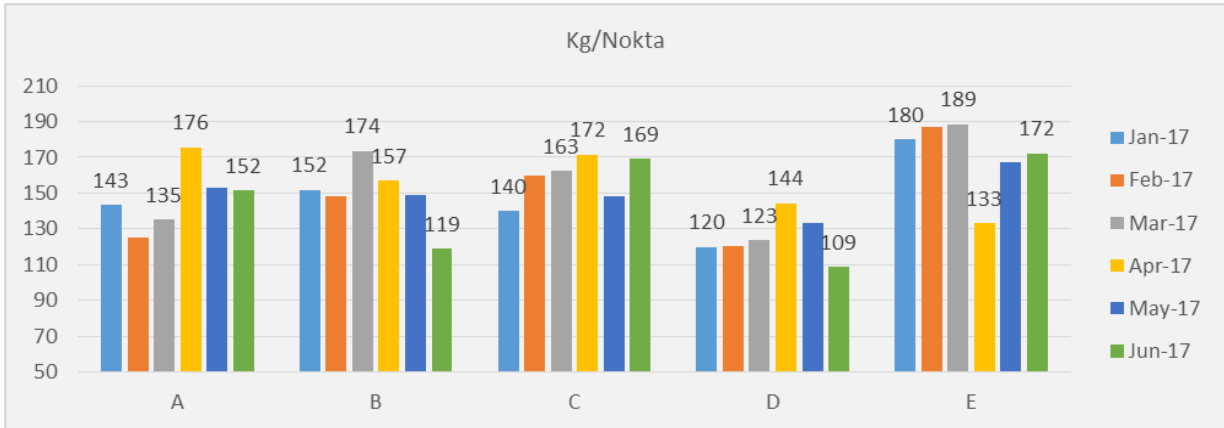
3.3.2 Kg/Araç – Günlük araç başına düşen yük

- Şekil 3'ten anlaşılacağı üzere araç başına düşen en düşük tonaj D bölgesinde bulunmaktadır. Bunu sırasıyla E bölgesi, A, B ve C izlemektedir.
- Aylar arasındaki dağılımda farklı olmakla beraber C ve D şehirde ilerleme görülebilmektedir.



• Şekil 3: Araç Başına Düşen Ortalama Yük

- Çoğu bölge Nisan ayında en üst seviyeye çıkmıştır, bu ay kapasite kullanımının arttığını bir başka deyişle o ay çıkışların yüksek olduğunu göstermektedir.
- A, D ve E şehirleri şubat ayından sonra daha iyi veriler sağlamaya başlamış, B şehri daha stabil, C şehri ise sürekli artış sağlayarak en üst noktaya ulaşmıştır.



Şekil 4: Nokta Başına Teslim Edilen Ortalama Tonaj

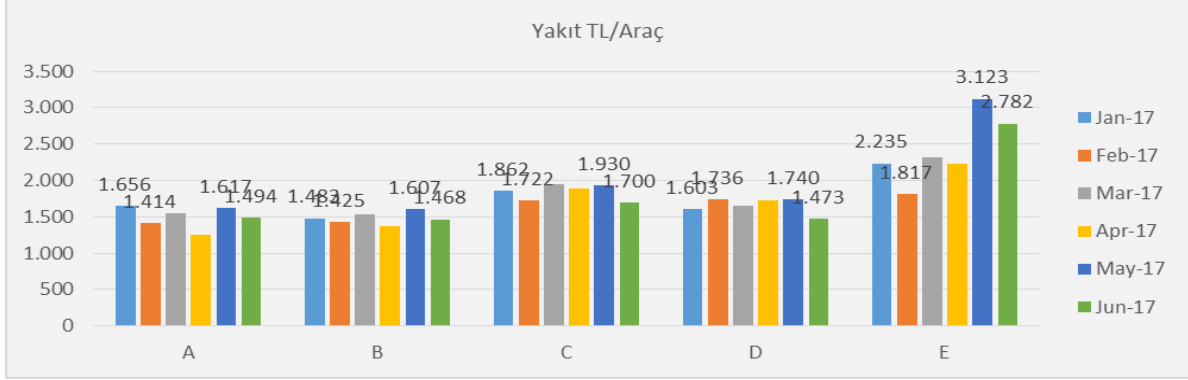
3.3.3 Kg/Nokta – Nokta Başına Teslim Edilen Ortalama Tonaj

- Şekil 4'te nokta başına teslim edilen ağırlık en az D bölgesinde görülmektedir. Bu da D bölgesinin hizmet ettiği ürün çeşitlerinin az olduğunu veya satış seviyesinin yeterli olmadığını göstermektedir.
- E bölgesi bu alanda en iyi performansı göstermektedir.
- Noktaya teslim edilen ürünlerin az olması aracın daha çok nokta ile çıkmasına ve daha çok yol yapmasına sebep olabilmektedir.
- Günlük teslim edilen nokta sayısının 12-14 arası olduğu önceki grafiklerde anlatılmıştı; E noktası en az noktaya gitmesine rağmen noktaya teslim edilen yük açısından en iyi performansı gösteriyor.

3.3.4 Yakıt TL/Araç – Araç Başına Düşen Yakıt Maliyeti

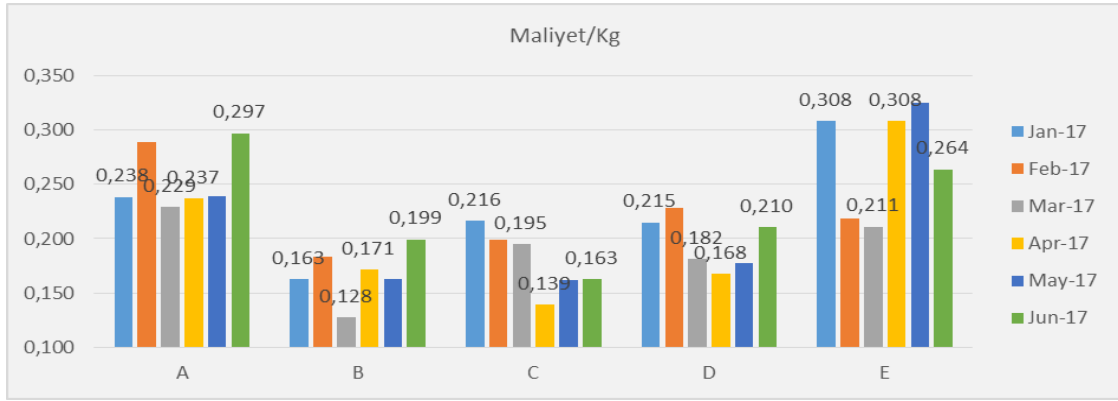
- Şekil 5'te araç başına düşen yakıt tüketimi tartışmasız bir şekilde E bölgesinde görülmektedir.

- Araçların rotalarının çok uzun olması, yanlış veya ters rotalama, araçların eski olması, deponun lokasyonu gibi etkenler araç yakıt tüketimini arttırabilmektedir.
- Diğer 4 bölgede aylar arasında dalgalanmalar olsa da belli bir sabitlik yakalanmıştır.
- Bölgeler arasındaki farklar da yukarıda bahsettiğimiz gibi depo lokasyonlarının merkezlere uzaklıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5: Araç Başına Düşen Aylık Yakıt Tüketimi

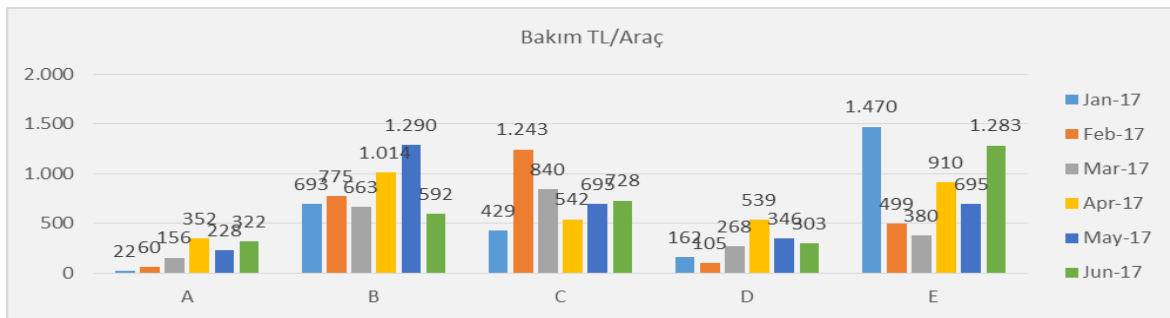
3.3.5 Maliyet TL/Kg – Kg Başına düşen toplam maliyet



Şekil 6: Kg başına düşen toplam birim maliyet

- Şekil 6'da birim ağırlık başına düşen toplam mikro dağıtım maliyeti bulunmaktadır.
- Bu veriye göre B bölgesi maliyetleri en düşük bölge olup, A ve E bölgelerinin de birim yük başına maliyetleri en yüksektir.
- Maliyeti en düşük B bölgesini sırasıyla C ve D bölgeleri izlemektedir.
- Bu verinin ayrıntısına girmek gerektiğinde araçların yakıt giderleri, bakım onarım giderleri, rotalama veya günlük yapılan mesafeler kontrol edilerek iyileşme sağlanabilir.

3.3.6 Araç Başına Düşen Bakım Onarım Maliyeti

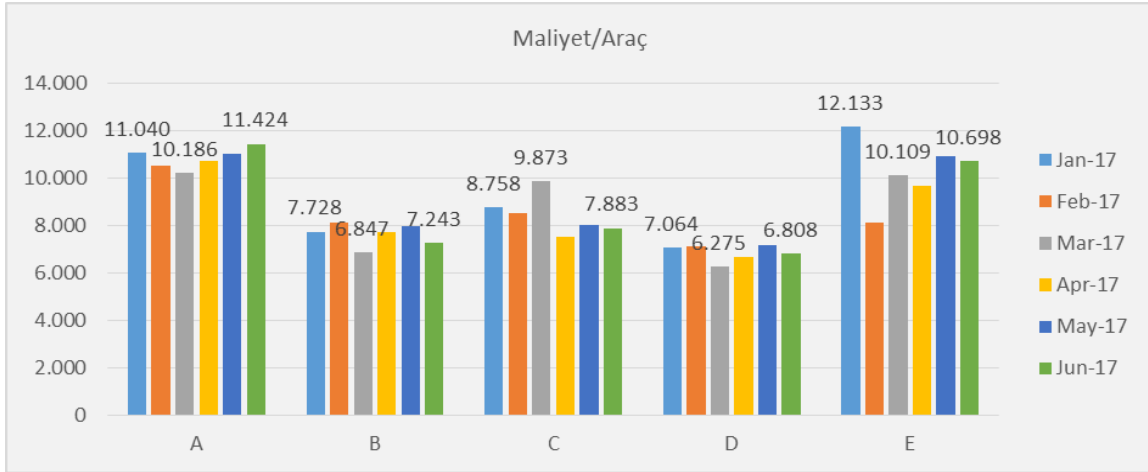


Şekil 7: Araç Başına Düşen Ortalama Bakım Onarım Maliyeti

- Şekil 7’de araç başına düşen ortalama bakım onarım maliyeti bulunmaktadır.
- A bölgesinin bakım onarım maliyeti çok düşük olup; bunun sebebi araçların kiralık olması veya yeni olması olabilir. Bu da şunu göstermektedir ki kiralama veya yeni araç filosu bakım onarım maliyetlerini düşürmektedir.
- A bölgesini D bölgesi takip etmektedir. Daha sonra B, C ve E gelmektedir.
- Bu konuda diğer bir husus ise sürüş eğitimidir. Bilinçli ve eğitilmiş şoförlerle araç bakım onarım maliyetleri aşağıya çekilebilmektedir.

3.3.7 Araç Başına Düşen Ortalam Maliyet

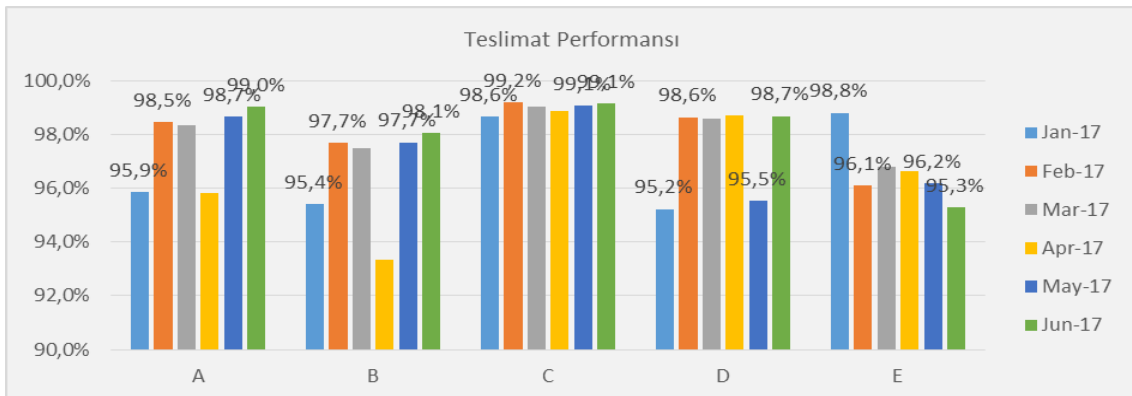
- Şekil 8’de araç başına düşen ortalama toplam maliyet görülmektedir.
- A ve E bölgesi araç başına maliyetleri en yüksek olan bölgelerdir. D bölgesi de maliyetleri en düşük olan bölge konumundadır.
- Yapılacak iyileştirmelerde D bölgesi incelenip A ve E bölgesi ile kıyaslanmalı ve hızlı bir şekilde hayata geçirilmelidir.
- E bölgesinde aylar arasında büyük farklılıklar görülmekte, A bölgesi aylar arasında büyük bir değişim olmamaktadır. Bu da A bölgesinin kendi maliyetleri içinde sabit bir şekilde yönetildiğini gösterirken, E bölgesinin değişken ve iyi yönetilmediğini şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 8: Araç Başına Düşen Ortalama Maliyet

3.3.8 Teslimat Performansı

- Şekil 9’da araçların teslimat performansı bulunmaktadır. (Rakamların daha iyi görülebilmesi için grafik eksenini %90-%100 arasında tutulmuştur.)
- Teslimat performansı tüm bölgelerde %96 ve üzerindedir. Bu da araçların noktaya ulaşma, ürünleri teslim etme vb. gibi sorunlar yaşamadığını göstermektedir.
- Teslimatsızlık sebepleri müşteriden kaynaklanacağı gibi sipariş hatasından veya noktanın trafik, pazar yeri vb. gibi uygunsuzluğundan da kaynaklanabilir.



Şekil 9: Araçların Toplam Teslimat Performansı

4. VIKOR METODUYLA BÖLGELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

VIKOR, birbiri ile çelişen kriterler içeren problemler için uzlaşık çözüm ortaya çıkararak, karar vericilere karara ulaşmadan yardımcı olur. VIKOR, uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir.

Bu uygulamada mikro dağıtım performans analizi yapılarak bölgelerin yukarıdan aşağıya sıralamasının yapılması amaçlanmaktadır. Karar alternatifleri; birim mesafede taşınan yük (km/kg, K1), araç başına uğranan nokta sayısı (K2), araç başına düşen yük (kg/araç, K3), uğranılan nokta başına teslim edilen yük (kg/nokta, K4), araç başına düşen yakıt tüketimi (K5), taşınan yük başına düşen maliyet (K6), araç başına düşen bakım onarım giderleri (K7), araç başına düşen toplam maliyet (K8), ürünleri teslim etme performans (K9) kriterlerine göre VIKOR yöntemiyle değerlendirilmiştir. Tablo 3'te kriterler, kriterlerin yüzdelik dağılımı ve Min/Max kriterleri görülmektedir. Her bir ay için tüm bölgeler VIKOR metodu ile değerlendirilmiş ve 6 ayın sonunda oluşan sıralamaya göre de performansı en yüksek olan bölge belirlenmiştir.

Tablo 3: Kriterler ve Bu Kriterlerin Yüzdelik Ağırlıkları

Kg/ Km	Nokta/ Araç	Kg/Araç	Kg/Nokta	Yakıt TL/ Araç	Maliyet/Kg	Bakım-Onarım/ Araç	Maliyet/ Araç	Teslimat Performansı
12%	14%	13%	6%	12%	15%	5%	13%	10%
K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Max	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Max

VIKOR analizine başlamadan önce değerlendirmede kullanılacak kriterlerin özellikleri belirlenmelidir. Maliyet özelliğine sahip kriterler (Yakıt/Araç, Maliyet/Kg gibi) 'Min', fayda özelliğine sahip kriterler (Nokta/Araç, Teslimat Performansı gibi) 'Max' ile ifade edilecektir. Bunun sebebi performans değerlendirmesi yapıldığında, örneğin yük başına düşen maliyet kriterinin daha düşük olması tercih edileceğinden 'Min' olarak işaretlenmektedir. Aynı karar probleminde teslimat performansı bir fayda özelliği taşıdığından yüksek olması tercih edilecektir.

Karar vericinin değerlendirmede kullanacağı kriterlerin görece önem derecelerinin (ağırlıklarının) belirlenmesi gerekmektedir. Krite atanan ağırlık, skorun değerlendirilmesinde ilgili kriterin ne oranda etkili olacağını belirleyen bir ölçüdür. Bunların toplam 1'e eşit olmaktadır. Problemimizde bu rakamlar karar vericinin varsayımına bırakılmış olup, bu kriterlerle ilgili AHP gibi yöntemler kullanarak da ağırlık belirlemesi yapılabilir veya hepsi eşit değerde de varsayılabilir.

Tablo 4: VIKOR Analizi Sonuçları ve Bölgelerin Sıralaması

	Ocak17	Şubat17	Mart17	Nisan17	Mayıs17	Haziran17	Ortalama	Sıralama
A	2	4	4	4	4	5	3.83	4
B	1	1	1	3	1	2	1.50	1
C	3	2	2	1	2	1	1.83	2
D	4	3	3	2	3	3	3.00	3
E	5	5	5	5	5	4	4.83	5

9 kritere göre 6 ay için yapılan analizde her ayın sıralaması yapılmış, daha sonra bu rakamların ortalaması alınarak 6 aylık performans analizinde bölgelerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablo 4'te aylara göre sıralamalar bulunmaktadır. 5 farklı bölgenin performans incelemesi için yapılan VIKOR analizi sonucunda kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşulları aynı anda sağlayan verilere göre B Bölgesi performansı en iyi bölge çıkmıştır. B'yi sırasıyla C, D, A ve E izlemektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, filoların farklı bölgelerdeki performansları, aylar ve bölgeler arasındaki dağılım gözlenerek incelenmiş ve yorumlanmıştır. Amaç öncelikle mikro dağılım için temel alınacak performans göstergelerini belirlemektir. Daha sonra, bölgeler arasında ve aylar arasında, belirlenen KPI'lara göre yorumların nasıl yapılacağını göstermektedir. Belirlenen KPI kriterlerine göre Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan VIKOR analizine göre sıralama yapılmış ve bu yöntemin lojistikten performans analizinde kullanılabileceği de gösterilmiştir. Böylelikle çok kriterli karar verme yöntemlerinin performans analizinde de kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

Bu bulgular başlangıçta bir fikir vermek bakımından önemlidir ve bunlar bölgesel ve kısaca ayrıntılı olarak incelenmeli ve iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Özellikle araçların daha kısa sürelerindeki veriler, bölge bazında incelenmelidir. Bu çalışmadaki veriler, her bölgedeki toplam araç sayısının ortalaması alınarak yapıldığı için; Her bir araç ve her bölge için ayrıca yapılabilir. Bölgelerin çapraz değerlendirilmesinde, ideal performansa ulaşmada, sürekli iyileştirme ve optimize etmede ve kaynak planlaması yapmadan performans ölçümünün önemi yüksektir. Doğru kriterler ve doğru yöntemlerle şeffaf ve anlaşılabilir raporlama yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın devamında her bir tekil araç için ilgili analiz gerçekleştirilebilir. Bu şekilde her araç için yük, maliyet, sürüş tekniği, teslimat performansı gibi değerlendirilmeler, her bir araç ve şoför için yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Bayraktutan, Y., Özbilgin, M., (2015), “Lojistik Maliyetler ve Lojistik Performans Ölçütleri”. Maliye Araştırmaları Dergisi
- [2] Çakır, S., Perçin, S., (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, Ege Akademik Bakış, 13/4 pp.449-459
- [3] Ertuğrul, I ve Karakaşoğlu, N. (2008) “Banka Şube Performanslarının Vikor Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2008 Özel Sayısı, 20/1 pp.19-28
- [4] URL1, Foodservice Distributors of Future – The evolution of the Foodservice Distributor Sector, (2013), White Papers, The Hale Group, <http://www.halegroup.com/~halegrou/wp-content/uploads/2013/01/Distributor-of-the-Future.pdf>
- [5] Fourtin L., (1988), “Performance Indicators – Why, Where, and How?”, European Journal of Operation Research.
- [6] Görener, A., (2013), “Depo Operatörü Lojistik Firmasının Seçimi için bulanık VIKOR ve bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 42/2 pp.198-218
- [7] Liu, C.H., Lyons, A.C, (2011), “An Analysis of Third-Party Logistics Performance and Service Provision”, Transportation Research Part E, 47 pp.547-570
- [8] McKinnon A.C., Campbell J.B., (1999), “Key Performance Indicators in the Temperature-Control Supply Chain”, Fina Report, School of Management, Heriot-Watt University, Edinburgh
- [9] Mentzer J.T., Konrad B.P., (1991), “An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistic Performance Analysis”, Journal of Business Logistics
- [10] Min, H., Joo, S.J., (2009), “Benchmarking Third-Party Logistics Providers Using Data Envelopment Analysis: An Update”, Benchmarking: An International Journal, 16/5 pp.572-587
- [11] Erdal, M., Saygılı, M. S., (2017), Lojistik İşletmelerinde Yönetim-Organizasyon ve Filo Yönetimi, pp.204-213
- [12] URL2, (1992) "Performance Indicators in Logistics", Logistics Information Management, 5/3, pp.35-40, <https://doi.org/10.1108/EUM000000002891>
- [13] Parkan C., (1991), “The Calculation of Operational Performance Ratings”, International Journal of Production Economics.
- [14] Ploos, A., Guido, R., (1996), “Performance Indicators in Distribution”, International Journal of Logistics Management
- [15] Rogof J., (2014), “Improving Systems of Distribution and Logistics for Regional Food Hubs”, Central Appalachian Network
- [16] Tanyaş, M., (2016), “Depolamanın Lojistikteki Yeri ve Önemi”, Maltepe Üniversitesi, İstanbul
- [17] Tzeng, G. H., Lin C.W., Opricovic, S., (2005), “Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation”, Energy Policy, 33, pp.1373-1383
- [18] Vitasek K., (2013), “Supply Chain Terms and Glossary”, CCSMP (Council of Supply Chain Management Professionals)

ŞEHİR LOJİSTİĞİ: İZMİR İLİ ÖRNEK UYGULAMASI

Melisa Özbiltekin¹, Nazlıcan Gözaçan², Irmak Sürgeç³, Doç. Dr. Yücel Öztürkoglu⁴

¹Yaşar Üniversitesi, Uluslararası Lojistik Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İzmir, melisaozbiltekin@hotmail.com

²Yaşar Üniversitesi, Uluslararası Lojistik Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İzmir, nazlicangozacan@outlook.com

³Yaşar Üniversitesi, Uluslararası Lojistik Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İzmir, irmaksurgec@gmail.com

⁴Yaşar Üniversitesi, Uluslararası Lojistik Yönetimi, İzmir, yucel.ozturkoglu@yasar.edu.tr

ÖZET

Özellikle büyük şehirlerde farklı sebeplerden (göç, istihdam ve eğitim olanakları vb.) dolayı hızla artan nüfusa rağmen şehirlerin sahip olduğu yaşam alanları ve kaynaklar, plansız yapılaşma ve kaynakların bilinçsiz kullanma sonucu her geçen gün hızla tükenmektedir. Gelecek nesillere, daha yaşanabilir şehirler ve yaşam alanları bırakabilmek için sürdürülebilir şehirler kavramı oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma da şehir lojistiği, sürdürülebilirlik kavramının açısından incelenmiş ve sürdürülebilirliğin şehir lojistiğine yarattığı etkiye odaklanılmıştır. Çalışma da ilk olarak sürdürülebilir şehir konusunda detaylı bir literatür araştırılması yapılmıştır. Çalışmanın örneklemini oluşturan ve İzmir ilinde en az on yıldır yaşayan 150 katılımcı düzenlenen anket formunu cevaplanmıştır. Sürdürülebilir şehir kavramının cinsiyet, yaş ve eğitim durumlarına göre değerlendirilmesi için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca anket sonuçlarına göre İzmir ili sürdürülebilir bir şehir açısından irdelenmiş; zayıf ve güçlü yönleri ön plana çıkartılarak, geleceğe yönelik çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Swot Analizi, Şehir Lojistiği

CITY LOGISTICS: SAMPLE IMPLEMENTATION OF IZMIR CITY

ABSTRACT

Despite the rapidly increasing population, especially in the big cities due to different reasons (migration, employment and educational opportunities, etc.), the endless use of living spaces and resources, unplanned restructuring, and resources that cities have been using are rapidly disappearing every day. The concept of sustainable cities is crucial for releasing more livable cities and habitats to future generations. This study examines city logistics in terms of sustainability concept and focuses on the effect that sustainability has on city logistics. In the first part of the study, a detailed literature search was conducted on sustainable city. A questionnaire form was prepared to answer the questionnaire consisting of 150 participants who have been living in Izmir for at least ten years. Statistical methods were used to evaluate the concept of a sustainable city according to gender, age and educational status. According to the results of the questionnaire, Izmir province was examined in terms of a sustainable city; weak and strong aspects were brought to the forefront and solutions for the future were suggested.

Keywords: Sustainability, City Logistics, SWOT Analysis

1. GİRİŞ

Uzun yıllardan beri süregelen nüfus artışı, küreselleşme, teknolojik gelişmeler enerji kullanımını arttırdığı gibi, kırsal alanlardan şehirlere doğru yapılan yer değiştirmelerinde artmasıyla trafik yoğunluğu, hava kirliliğinin artışı, gürültü, emniyet yetersizlikleri gibi problemler ortaya çıkmıştır. 2011 yılı itibarı ile Türkiye’de nüfusun yüzde 77, 2’si kentsel alanlarda yaşamaktadır (Keskin, 2016). 2023 yılında bu oran yüzde 82 olarak tahmin edilmektedir (Keskin, 2016). Mutlak nüfus artışı yanı sıra kentli nüfus artışı iç tüketimde belirleyici olmaktadır. Kentleşme ve kentsel dönüşüm ile yaşam tarzlarındaki değişimin etkileri lojistik ihtiyacının öngörülmesinde kullanılmak durumundadır (Tanyaş, 2013).

Şehir lojistiği, şehir içerisinde var olan lojistik faaliyetlerinin incelenmesi, planlanması, sürdürülmesi ve iyileştirilmesi konularını kapsayan lojistik alanıdır. Bu terim büyük şehirlerde ortaya çıkan lojistik operasyonlarının planlanmasında oluşan sorunları en aza indirmek adına oluşturulmuştur. Şehir lojistiğinin gelişiminde dikkat edilecek en önemli nokta geçici ve sadece bugün için kullanılabilecek çözümler değil, geleceği de koruyabilecek çözümler elde edilmesidir. Bu sürecin oluşturulmasında enerji israfı, gürültü gibi çevresel etkiler, kalifiye işgücü ihtiyacı, çalışma sermayesine duyulan ihtiyaç ya da trafik sıkışıklığı gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sürecin ana hedefleri düşük maliyet, yüksek kalite, sosyal yaşama etkisi, etkililiği artırma ve en önemlisi sürdürülebilirlik gibi kriterlerdir.

Yeterli alanda planlama ve lojistik açıdan kümelenmeler yapılmadığından, nüfusun yoğun olduğu yerlerde şehir alanlarının genişlemesi ve sanayi alanlarının, garajların, toptancıların, taşımacılık şirketlerinin, depoların ve gümrük gibi iş bölgelerinin şehir içinde kalmasına da sebep olmaktadır. Ayrıca internet kullanımının artmasıyla e-ticaret işlemlerinde artışlar olmuştur. Alım-satım işlemleri internet üzerinden gerçekleşse dahi malların fiziki teslimatı “online” şekilde gerçekleşmemektedir (Kurt, 2010). Bu gibi sebepler lojistik faaliyetler açısından problem yaratmaktadır. Günümüzde kentler sürdürülebilir ekonomik refah için gerekli olan etkin ve verimli ulaşım sistemleriyle yatırım ve ticaret alanında dünya çapında bir rekabet içindedirler. Bu nedenle verimli ve çevre dostu lojistik sistemler kentlere, ekonomik gelişmişlik anlamında rekabet edebilirliğine yardımcı olmaktadır (Taniguchi vd. 2001).

Şehir lojistiğinde ele alınacak her süreç, her politika ve önlem tüm kamu ve özel sektör kuruluşlarının isteklerini dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu taraflar genel anlamıyla kamu ve özel sektör tarafları olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Kamu sektörü taraflar ise hükümet, belediyeler, trafik otoriteleri, altyapı otoriteleri, demiryolu terminal otoriteleri, liman otoriteleri, havalimanı otoriteleri gibi “yönetici-idareci” kısmını içeren taraf grubudur. Şehir içerisinde yaşayan vatandaşlar da idarecilerle ortak noktalarda buluşabildiğinden aynı gruba koyulabilirler. Özel sektör tarafı ise tedarikçiler, üreticiler, taşıma komisyoncuları, taşımacılık firmaları, depo firmaları, lojistik firmaları, mağazalar gibi tarafları içermektedir. Bu taraf grubu için ‘lojistik hizmet verenler’, ‘yük gönderenler/tedarikçiler’ ve ‘yük alanlar/müşteriler’ olarak bahsedilebilir (Çalışkan vd. 2017). Bu iki taraf genel olarak ortak çıkarlara sahip değildirlir. İdareciler ekonomik açıdan düşünüp, yaşanabilir bir şehir yaratma amacına sahipken özel sektör tarafları düşük maliyetle zamanında kaliteli hizmet amacı gütmektedirler. Bu iki tarafa ortak amaç bulunabildiği zaman şehir lojistiğinde başarılı olunabilir demektir. Genelde şehir lojistiği çalışmaları yöneticilerin amaçları doğrultusunda yapılmaktadır.

Bu çalışmada İzmir Büyükşehir Belediyesi Konak ilçesi için hazırlanan “İzmir Tarih Sürdürülebilir Ulaşım Projesi” kapsamında kullanılan anket, yapılacak çalışmaya göre uyarlanmış ve en az 10 yıldır İzmir ‘de ikamet eden 150 kişiye uygulanarak, İzmir ‘deki ulaşımı sürdürülebilirlik ve erişilebilirlik açısından analiz edilmiştir. İzmir ulaşımının sürdürülebilirliğini ve erişilebilirliğini tehlikeye atan noktaları kişilerin sorulara verdikleri yanıtlarla tespit edip ulaşım ağının bu yönde gelişimini sağlamak için alternatif çözüm yollarının üretilmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde şehir lojistiğiyle ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen özellikle şehirlerin kendi özelliklerini dikkate alarak yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Çalışmalar genellikle toplu taşımadaki sorunlar ve bunların giderilmesi için sunulan öneriler üzerinde durulmuştur. Bunun yanında, şehir içindeki ve şehre yakın lojistik köyler, şehir içi yük taşımacılığı ve şehir içi trafiği de sıkça işlenen konulardandır. Yapılan çalışmalardan bazıları belediyeler tarafından onaylanmış ve uygulanması için izin verilmiştir.

Erel vd. (1995) çalışmalarında Türk Ulaştırma Sistemi’ndeki veri toplama faaliyetleri ile ilgili sorunlara değindikten sonra istenilen veri tabanını oluşturmak üzere bir model önerilmektedir. Haldenbilen vd. (1999) Denizli’deki kent içi yolcu taşıma sistemleri incelenmiştir. Ulaşım sistemleri incelenerek ekonomi yönden irdelenmiş ve mevcut sorunların çözümü için öneriler sunulmuştur. Yazar (2006) ülkemizde sürdürülebilir kentsel gelişmenin sağlanabilmesi için kentlerin kentsel politika içerisindeki yerlerini almaları ve mevcut sistemlerin kalkındırılarak daha iyi kentsel planlamaların oluşturulmasından bahsetmiştir. Özalp ve Öcalır (2008) Türkiye’deki kentsel ulaşım planlamasındaki sistematik yapıyı formüle etmek ve düzensizliği aşmak amacıyla Türk kentlerindeki kentsel ulaşım çalışma ve planları incelenmiş ve kapsamlı bir şekilde kronolojik sıralama içerisinde değerlendirmişlerdir. Bunun yanında Spence vd. (2009), kentleşmenin büyümedeki rolü hakkında daha iyi bir anlayış yaratmayı ve ortaya koyduğu zorluklarla mücadele etmek için bir model geliştirmişlerdir. Ayrıca, kentleşmenin günlük yaşamı etkilediği alanları detaylıca incelemişlerdir. Bu alanlar içerisinde günlük ulaşım hatları ve lojistik de yer almaktadır. Yalınız vd.(2011) Eskişehir’in kent merkezindeki park sorunundan yola çıkarak sürdürülebilir bir yaklaşım içerisinde “park et ve bin” sisteminin uygunluğu ve uygulanabilirliği analiz etmişlerdir. Yalınız vd. (2011) öncelikli olarak Kütahya kentindeki toplu taşıma sistemi ve mevcut ulaşım sorunları ele alınmıştır. Daha sonra bu sorunlar çeşitli yönlerden değerlendirilmiş ve toplu taşıma kullanımını artırmak amacıyla birkaç öneri verilmiştir. Dodson vd. (2011) şehir içinde kullanılan toplu taşıma hatlarının planlanması üzerinde durmuşlardır. Ağ planlamasını çeşitli açılardan ele almış ve üç kitleye hitap edecek şekilde özetlemişlerdir. Saatçioğlu ve Yaşarlar (2012) İstanbul’un ulaşım sorunlarını ortaya koymuşlar ve çözümler bulmaya çalışmışlardır. Toplu taşıma sistemlerini sınıflandırarak hem ekonomik hem de sosyal açıdan karşılaştırmışlardır.

Bunun sonucunda günümüzde İstanbul'da yeni ulaştırma sistemlerini içeren kent içi toplu taşıma çözüm önerileri getirmişlerdir. Gülhan vd. (2013) Denizli'deki toplu taşıma planlama sürecinde yer alan etkinlik göstergelerini tespit etmişlerdir. Çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve bunlardan hangisinin daha etkili olduğu belirlenmiştir. Selvi (2013) çalışmasında İzmir kent merkezi için uygulanmış ya da önerilmiş bazı ulaşım altyapı projeleri incelenmiştir. Gelecekte uygulanacak olan projeler konusunda uyarıcı nitelikte olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca İzmir için sürdürülebilir ulaşım stratejileri önerilmiştir. Önemli çalışmalardan biri olan CIVITAS girişimi ile şehir lojistiğindeki gelişmelerin ele alındığı makale Van Rooijen ve Quak(2014) CIVITAS' ın Avrupa şehirlerinde uygulanan yenilikçi kentsel yük taşımacılığı uygulamaları ele alınmıştır. Bu uygulamaların farklı tedbir ve sonuçları sunulmuştur. Cirit (2014) kentlerin temel ulaşım verileri üzerinde durmuştur. Farklı yolculuk taleplerine ve güzergâh uzunluklarına göre toplu taşıma sistemlerinin seçimine ilişkin analiz yapılmıştır. Yapılan analizler ve bulgular sonucunda kentsel lojistiğin daha iyi olabilmesi adına öneriler sunmuştur. Tadic vd. (2015) kentsel lojistiğin uygulamalarının ne kadar zor olduğunu göstermek amacıyla lojistik zincirlerinin uygulanmasına ilişkin mevcut durum ve ilişkileri irdelemişlerdir. Alternatif çözümlerin tanımlanması, etkilerin modellenmesi ve değerlendirilmesi yoluyla kentsel lojistiğin tüm aşamaları için entegre bir yaklaşım sunmuşlardır. Akbulut (2016), kentsel ulaşım faaliyetleri ele alınarak kent içi ulaşım stratejileri bütüncül bir yaklaşımla gözden geçirmiş ve sürdürülebilirlik çerçevesinde kent içi ulaşımında karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri sunmuştur. Kentsel toplu taşıma türleri ele alınmış ve ulaşım sistemlerinin karşılaştırması yapılmıştır ve sorunlara çözüm önerileri sunmuştur. Erdumlu (2006) İstanbul'da lojistik bölge kurulumu için şehir lojistiği ve lojistik köy kavramlarını ele almışlar, şehir lojistiği kavramı çerçevesinde modeller geliştirmişler ve bu modeller karşılaştırılarak büyüklük ve yer tayini yapmışlardır. Çalışkan vd. (2017) Türkiye'de kentsel lojistiğe ait araştırılması gereken alanları ortaya çıkarmışlardır. Bu amaç doğrultusunda, göz ardı edilen konular belirlenmiş, yapılan çalışmalarla kıyaslama yapılmıştır. Böylece çalışılması gereken alanlar belirlenmiş ve Şehir lojistiği ile ilgili ihmal edilen noktalara dikkat çekmek istenmiştir.

3. İZMİR İLİNE BAKIŞ

İzmir; sanayi, ticaret, ulaşım, liman, askerî ve üniversite şehri özelliğiyle ve doğal limanı olması, iyi bir ulaşım ağıyla Türkiye'nin üçüncü büyük şehridir. Liman büyük bir öneme sahiptir ve ulaşım sistemini de etkiler. Ticaret dâhil çoğu taşımacılık deniz yoluyla sağlanır. İzmir'in lojistik merkez olması için kara üzerinde de lojistik sahaların ve merkezlerin yaratılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nca programa alınan Kemalpaşa Lojistik Merkezi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Kemalpaşa hem konumunun İzmir'den İç Anadolu'ya açılan koridor üzerinde yer alması, hem de sanayi bölgelerine olan yakınlığı nedeniyle en uygun lojistik merkezdir. İzmir'in güneyinde otoyol, karayolu ve demiryolunun kesiştiği noktada bir lojistik merkez kurulması, İzmir'in lojistik potansiyelini ortaya koymasını kolaylaştıracaktır. Bu lojistik merkez, dünyadaki örneklerden yola çıkarak intermodal taşımacılık sistemlerini şehrimize kazandırmalıdır. Aynı zamanda dış ticaret ile uğraşan üyelerin lojistik maliyetlerini azaltmalı, gümrük sahaları ve hizmetleri ile İzmir Alsancak Limanı'nı rahatlatmalı ve İzmir'in çeşitli bölgelerinden gelen yüklerin bir merkezde toplanarak şehre olumsuz etki yaratmadan tüm dünyaya gönderilmesini sağlamalıdır.

İzmir Ticaret Odası'nın araştırmalarına ve analizlerine göre İzmir'in mevcut durumu ve kapasitesi ortaya konmaya çalışılmıştır. Güçlü ve zayıf yönleri tespit edilmiş, oluşabilecek fırsatlar ve tehditler ortaya konmuştur. Bu analizin temel amacı, iç ve dış etkenleri dikkate alarak, var olan güçlü yönler ve fırsatlardan en üst düzeyde yararlanacak, tehditlerin ve zayıf yönlerin etkisini en aza indirecek plan ve stratejiler geliştirmektir. Tablo 1'de İzmir'in SWOT analizi gösterilmektedir.

Tablo 1:İzmir'in SWOT Analizi

GZTH ANALİZİ	
GÜÇLÜ YANLAR	ZAYIF YANLAR
<ul style="list-style-type: none">• Sosyo-kültürel açıdan modern yapıya sahip olması• Türkiye'deki önemli ve büyük konteyner limanlarından birine sahip olması• Bölgesel konum açısından Ege denizi, Akdeniz ve Karadeniz'in kesiştiği noktada bulunuyor olması• Alt yapı ve ulaşım imkânlarının giderek artması ve lojistik alanında faaliyet gösteren yerli ve yabancı birçok firmaya sahip olması• Nitelikli göç alması• Tarım ve turizm kenti olması özellikle önemli sanayi merkezlerine yakın olması(Manisa, Aydın, Denizli Kütahya Bursa Uşak illerimize yakın olması.)• Gümrük şirketlerinin liman çevresinde konumlanması	<ul style="list-style-type: none">• Yapılmaya çalışılan lojistik köyünün uzun süredir tamamlanamıyor olması• İkinci çevre yolunun yapılmasının gerekliliği• Çandarlı limanına çevre yolu ulaşımının henüz tamamlanmamış olması• Körfezin büyük gemilerin yanaşmasının sağlanması açısından çalışmaların henüz yapılmıyor oluşu• Demiryolu güzergâhının kısıtlılığı• Lojistik bölgelerinin İzmir ili çevresine yayılması (Çandarlı, Bornova Işıkkent, Pınarbaşı, Torbalı, Kemalpaşa)
FIRSATLAR	TEHDİTLER
<ul style="list-style-type: none">• Lojistik köyü çalışmalarının devam ediyor olması• Uluslararası firmaların ülkemize yatırım yaparken ilk tercih ettikleri illerden biri olması• Devam eden İstanbul-İzmir, Ankara-İzmir yüksek hızlı tren ulaşımı gibi önemli projelerin yapılıyor olması• Havaalanı terminal binalarının genişletilmesi• Havaalanının ikinci ana aktarma istasyonu haline getirilecek olması• Limanın genişletilmesi• Çandarlı limanının faaliyete geçmesi• Nemrut limanının genişletilmesi	<ul style="list-style-type: none">• Körfeze yanaşamayan büyük gemilerin ve yaşanan yükleme ve boşaltmadaki gecikmeler nedeniyle mal sahiplerinin başka limanları tercih etmesi• İzmir limanında mal yükleme ve boşaltma esnasında araç-gereç eksikliği, işlerin sistemli bir şekilde yürütmemesi

4. METODOLOJİ

4.1. Araştırmanın Konusu ve Yöntemi

Bu çalışma iki ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci aşamada şehir lojistiği ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bugüne dek oluşturulan raporlardan şehir lojistiği ile ilgili istatistiki bilgiler elde edilmiştir.

İkinci aşamada ise İzmir ilinde yaşayan 150 kişiyle yüz yüze, yol üzerinde, belirli bölgeleri kapsayacak şekilde detaylı bir anket çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma, “İzmir Büyükşehir Belediyesi Konak ilçesi için “İzmir Tarih Sürdürülebilir Ulaşım Projesi” kapsamında yapılmış olan anketten uyarlanmıştır. 12-19 Ocak 2018 tarihleri arasında yapılan anket, 65 sorudan ve toplamda 4 bölümden oluşmaktadır. 1. bölümde görüşme yapılan kişilerin demografik özellikleri yer almaktadır. Bu bölüm yaş, cinsiyet, eğitim seviyeleri gibi soruları içermektedir. Anketin 2. bölümü çevre ve ulaşım hakkında bilgi almaya yönelik soruları içermektedir. Anketin 3. bölümünde ankete cevaplayan kişilerin şehirde en çok şikâyet ettikleri unsurların tespiti için sorular bulunmaktadır. Anketin son bölümü ise bisiklet kullanıcılarına ayrılmıştır. Bisiklet kullanıcısı olmayan kişilerden bu bölümü cevaplamamaları istenmiştir. Bu bölümde bisiklet yolları, bisiklet park alanlarının yeterliliği sorgulanmıştır. Çalışmada demografik bilgilerin sürdürülebilirlik algısı arasındaki ilişkisini ölçmek için t-testi ve tek yönlü varyans analizleri yapılmıştır. Ayrıca, şehir de karşılaşılan başlıca şikâyetler ile bisiklet kullanımı ile ilgili şikâyetler sıralanmıştır.

Bu çalışma ile İzmir ili şehir lojistiği için detaylı bilgi toplanmaya çalışılmıştır. Anket cevapları kişilerin yaşam standartlarına ve beklentilerine göre farklı cevaplar ortaya koymuştur.

5. BULGULAR

5.1. Demografik Bilgiler

Demografik bilgiler, tanımlayıcı istatistik kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre katılımcıların %46’sı kadın, %54’ü erkektir. Bu kişilerin hiç biri fiziksel ya da görme engelli değildir. Bu yüzde dağılımının gerçek kitleyi de temsil ettiği ve yansıttığı söylenebilir. Ankete katılanların %3’ü 18 yaş altı, %30’u 18-25 yaş arası, %45’i 25-40 yaş arası, %15’i 40-60 yaş arası, %7’si ise 60 yaş üstü kişilerdir. Katılımcıların %2’si ilköğretim mezunu olmayan, %5’i ilköğretim mezunu, %5’i ortaokul mezunu, %28’i lise mezunu, %58’i üniversite mezunu ve %2’si lisansüstü eğitim almışlardır. Katılımcıların %21’sinin öğrencisi, %51’inin çalışan, %16’sinin çalışmayan ve %12’sinin emekli olduğu belirlenmiştir. Bu veriden yola çıkılarak, katılımcıların yaklaşık olarak %72’sinin sürekli ve düzenli olarak sokakları ve ulaşım araçlarından yararlandığı, %28’inin ise daha düzensiz bir şekilde sokakları ve ulaşım araçlarından yararlandığı belirtilebilir. Bu sayede sürekli ve düzenli olarak sokakları kullanan ve ulaşım araçlarından yararlanan katılımcıların daha belirleyici cevaplar vermiş olduğu söylenebilir. Katılımcıların tamamı İzmir ili sakinlerinden oluşmaktadır. Anketlere cevap verenlerin %45’i aynı zamanda katılımın en büyük kısmını oluşturan kişiler Bornova bölgesinde ikamet ettiğini belirtmiştir. Bunun dışında katılımcıların %29’u Menemen ilçesinde, %11’i Konak ilçesinde, %8’i Karşıyaka ilçesinde ve %7’si Karabağlar ilçesinde ikamet ettiğini belirtmiştir.

5.2. Sürdürülebilir Şehir Algısının Cinsiyet, Yaş ve Eğitim Süresine Göre Farklılık

Göstermesinin Test Edilmesi

Bu bölümde, sürdürülebilir şehir algısının; anketi cevaplayanların cinsiyetine, yaşına ve eğitim sürelerine göre anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Cinsiyet unsuru ile ilgili t-test analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo2: Cinsiyete Göre Sürdürülebilir Şehir Algısı Farklılığının Testi

Cinsiyet	N	Ortalama	Std. Sapma	t	P	Ortalama farkı
Erkek	70	2, 371	1, 684	1, 501	0, 048	-788
Kadın	80	4, 864	0, 527			

Tablo 2’de belirtildiği üzere, anketi cevaplayanların cinsiyetleri arasındaki ortalama değerleri birbirinden farklıdır ve p değeri 0, 048 çıkmıştır. Bu durumda sürdürülebilir şehir algısı cinsiyete göre anlamlı bir fark göstermektedir denilebilir.

Yaş gruplarına ve eğitim seviyelerine göre sürdürülebilir şehir algısının ortalamalarının ve bu ortalamaların karşılaştırılması için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmış ve sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3: Yaş Gruplarına Göre Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

Yaş Aralıkları	N	Ortalama	Std.Sapma	F	p
12-20	5	3, 12	0, 40	3, 337	0, 022
21-25	45	3, 06	0, 63		
26-40	67	3, 27	0, 66		
41-60	23	3, 86	0, 54		
61-100	10	3, 48	0, 48		

Varyans analizi sonuçlarına göre; sürdürülebilir şehir algısı yaş gruplarına göre anlamlı farklılık göstermektedir. ($p < 0, 05$).

Tablo 4:Eğitim Seviyelerine Göre tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

Eğitim Seviyeleri	N	Ortalama	Std.Sapma	F	p
Yok	2	3, 37	0, 66	1, 756	0, 015
İlköğretim	16	4, 06	0, 50		
Lise	42	4, 06	0, 50		
Üniversite	87	3, 97	0, 61		
Lisansüstü	3	3, 67	0, 87		

Analiz sonucunda sürdürülebilir şehir algısının eğitim seviyelerine göre anlamlı fark gösterdiği görülmüştür ($p < 0, 05$). Uygulanan anketin 3. ve son bölümünde ise İzmir’in sürdürülebilir şehir olmasında ki en büyük engeller ve başlıca şikâyetler ile bisiklet yolları hakkında görüşler sorulmuştur. Özet sonuçlar Tablo 5 ve Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 5: Başlıca Şikâyetler

No	Şikâyetler	Yetersiz	%	Yeterli	%
1	Dokunsal Y.	143	%95	7	%5
2	Bisiklet Y.	125	%83	25	%17
3	Otopark Olanak.	111	%74	39	%26
4	Yaya A.	81	%54	69	%46
5	Toplu Taşıma	79	%53	71	%47
6	Dinlenme A.	78	%52	72	%48
7	Çocuk &Oyun A.	77	%35	73	%65

Tablo 6: Bisiklet yolu ile ilgili Bilgiler

No	Şikâyetler	Yetersiz %	Yeterli %
1	Bisiklet Park Alanları	%67	%33
2	Bisiklet Yolları	%100	-
3	Uygun Zemin Kaplama	%26	%74
4	Toplu Taşıma ile Entegrasyon	%68	%32
5	Elektrikli Şarj İstasyonları	%95	%5
6	Bisiklet Kiralama Alanları	%15	%85

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İzmir ilinin sürdürülebilir şehir olma özelliğini irdelenmek için anket çalışması yapılmıştır. İzmir ilinde en az 10 yıldır ikamet eden 150 kişi4 bölümden oluşan anketi cevaplamışlardır. İlk olarak sürdürülebilir şehir algısının yaş, cinsiyet ve eğitim seviyesi ile anlamlı bir farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Anketin 3. Bölümde yer alan başlıca şikâyetler konusunda ilk yedi şikâyet belirlenmiştir. Anketin son bölümünde yer alan İzmir de bisiklet kullanım alanları için bir değerlendirme yapılmış ve başlıca şikâyetler sıralanmıştır. Gelecek çalışmalar için, özellikle İzmir'in ilçe bazında daha geniş kitlelere aynı anketin yapılması ve ilçe bazında şikâyetlerin sıralanıp yetkili kişilere ulaştırılması amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Apillioğulları, L. (2017), "Kentsel Lojistik", Subcon Turkey, 14(158).
- [2] Akbulut, F. (2016), "Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri", Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11 (1), ss. 336-355.
- [3] Brutland, G.H. (1987), "Our Common Future", Report of the World Commission on Environment and Development, New York: United Nations Doc A/42/427.
- [4] Cirit, F. (2014), "Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması", T.C. Kalkınma Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Yayın No: 2891.
- [5] Çalışkan, A., Kalkan, M., Ozturkoglu, Y. (2017), "City Logistics: Problems And Recovery Proposals", International Journal of Logistics Systems and Management, 26(2), pp. 145-162.
- [6] Çalışkan, A., Kalkan, M. (2013), "Kentsel Lojistik Üzerine Keşifsel Bir Çalışma", II. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 16-18 Mayıs 2013, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, ss.139-147.
- [7] Dodson, J., Mees, P., Stone, J., Burke, M. (2011), "The Principles of Public Transport Network Planning: A Review of The Emerging Literature with Select Examples", Griffith University Urban Research Program, 15.
- [8] Erdir, A. (2013), "Kentsel Lojistik: İzmir İli İçin Bir Uygulama", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [9] Erdumlu, R. M. (2006), "Kentsel Lojistik Ve Lojistik Köy Uygulaması", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [10] Erel, A. Yardım, M.S. Gursoy, M. (1995), "Ülkemiz Ulaştırma Planlama ve Yönetimi Konusundaki Veri Gereksinimi ve Bir Öneri", 3. Ulaştırma Kongresi, Kongre Sempozyum Bildiri Kitabı, ss.151-162.
- [11] Gulhan, G., Ceylan, H., Özuysal, M., Ceylan, H. (2013), "Impact of Utility-Based Accessibility Measures on Urban Public Transportation Planning: A Case Study of Denizli, Turkey", Cities, 32, 102-112.
- [12] Haldenbilen, S., Murat, Y., Baykan, N., Meriç, N. (1999), "Parking Problems in Cities: Sample of Denizli", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5 (2), ss.1099-1108.
- [13] Keskin, E. (2016), "Kentleşme Sürecinde Ailenin Değişimi: Bursa'da Bir Alan Araştırması", Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, 11(3), Özel Sayı.
- [14] Kurt, C. (2010), "Türkiye'de Ulaştırma Sektörü İçerisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi", İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Politikası Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [15] Özalp, M., Öcalir, E.V. (2008), "Türkiye'deki Kent İçi Ulaşım Planlaması Çalışmalarının Değerlendirilmesi", METU Journal of the Faculty of Architecture, 25 (2), ss.71-97.

- [16] Saatçioğlu, C., Yaşarlar, Y. (2012), “Kent İçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği”, Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(3), ss.117-144.
- [17] Spence, M., Annez, P.C., Buckley, R. M. (2009), “Urbanization and Growth: Commission on Growth and Development”, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2582>.
- [18] Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. (2015), “City Logistics-Status And Trends”, International Journal for Traffic & Transport Engineering, 5(3), pp.319-343.
- [19] Tanyaş, M. (2013), “Kentsel Lojistik ve Lojistik Merkezler”, Lojistik Yatırımları Konferansı, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- [20] Van Rooijen, T., Quak, H. (2014), “City Logistics in the European CIVITAS Initiative”, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 125, pp.312-325.
- [21] Yaliniz, P., Bilgic, S., Vitosoglu, Y., Turan, C. (2011), “Evaluation of Urban Public Transportation Efficiency in Kutahya, Turkey”, Procedia-Social And Behavioral Sciences, 20, pp.885-895.
- [22] Yazar, K. H. (2006), “Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Orta Ölçekli Kentlere Dönük Kent Planlama Yöntem Önerisi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi (Kent ve Çevre Bilimleri) Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- [23] Yıldızalp, A. (2017), “Sürdürülebilirlik Serisi: Yeni başlayanlar için Sürdürülebilirlik”, Indigo Dergisi, <https://indigodergisi.com/2017/12/surdurulebilirlik-serisi-101/>, 9 Aralık 2017.

DEPREM SONRASI YARDIM MALZEMESİ TAŞIYAN ARAÇLARIN ULAŞIM SÜRESİNİ ETKİLEYECEK KRİTERLERİ DİKKATE ALAN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TEMELLİ ROTALAMA: İSTANBUL İLİ UYGULAMASI

Feyza Altuntaş¹, Alaattin Altuntaş², Serpil Erol³

¹Gazi Üniversitesi, Harekât Araştırması, Ankara, faltuntas_2003@yahoo.com

²Gazi Üniversitesi, Tedarik ve Lojistik Yönetimi, Ankara, alaattin1996@gmail.com

³Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Ankara, erolserpil@gmail.com

ÖZET

Türkiye deprem başta olmak üzere afetlerin yoğun olarak yaşandığı bir ülkedir. Ülkemizde en sık görülen afet türü iklimatik kökenli doğal afetler olup, en şiddetlileri başta deprem olmak üzere jeolojik afetlerdir. Deprem sonrası yardım malzemelerinin felaketedelere zamanında ulaştırılması afete müdahale kapsamında önem arz etmekte bu da şüphesiz yardım ve talep noktaları arasında, yardım malzemesi taşıyan araçların kullanacağı en uygun güzergâhın bulunmasına dayanmaktadır. Olası bir deprem sonrası yollarda meydana gelen hasar durumu ve yolun zemin yapısı yardım malzemesi taşıyan araçların ulaşım süresi üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülen kriterlerdir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli bu çalışmada İstanbul'da meydana gelebilecek bir deprem senaryosu oluşturulmuş ve İstanbul yol ağı verisi kullanılmıştır. Bu bağlamda yol ağında bulunan her yol dilimine ait yolların hasar görme riski hesaplanmış ve yolun zemin yapısına göre değişen zemin etki oranları belirlenmiştir. Deprem sonrası ulaşım süresini artıran bu etkiler dikkate alınarak araçlar için yardım ve talep noktaları arasında zamana göre uygun güzergâhlar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Deprem Lojistiği, Yolların Hasar Riski, Yolun Zemin Yapısı, Şebeke Analizi.

A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) BASED DYNAMIC NETWORK DESIGN CONSIDERING THE CRITERIA WHICH AFFECT THE TRAVEL TIME OF THE RELIEF VEHICLES CARRYING DISASTER RELIEF ITEMS AFTER AN EARTHQUAKE: APPLICATION OF ISTANBUL

ABSTRACT

Turkey is a country where the disasters especially earthquakes take place intensively. The most common type of disaster in our country is climatic disasters and the most severe ones are geological disasters. Earthquake is the most feared type of disaster in geological disasters. It is important to deliver humanitarian aid materials to people affected by the earthquake at the right time. This is of course based on the finding optimal route between response and demand point for the relief vehicles. It is considered that ground structure of roads and damage proportion on roads after a possible earthquake have a significant affect on travel time for vehicles carrying aid materials. In this study based on Geographic Information Systems (GIS) an earthquake scenario was created in Istanbul and the Istanbul road network data was used. In this context, the damage risk of the roads for every road segment in the road network was calculated and ground effect proportions changing according to the ground structure of the road was determined. Optimal routes are found between response and demand points by considering these effects that increase travel time after the earthquake.

Keywords: Geographic Information Systems, Earthquake Logistics, Damage Risk of the Roads, Ground Structure of the Road, Network Analysis.

1. GİRİŞ

Afet, toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar olarak tanımlanmaktadır. Acil durum ise; toplumun tamamının veya belli kesimlerinin normal hayat ve faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan ve acil müdahaleyi gerektiren olayları ve bu olayların oluşturduğu kriz halini ifade etmektedir (URL1).

Afet ve acil durumlar çok farklı biçimlerde ortaya çıkmalarına rağmen ortak özellikleri söz konusudur. Yaşam kaynaklarına ve altyapıya zarar vermeleri, aniden meydana gelmeleri, meydana geldikleri yerde nüfusun büyük bir kısmını etkilemeleri, can ve mal kaybına neden olmaları ve ilk anlarda organize müdahale ile engellenememeleri bunlar arasındadır (AFAD, 2011).

Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi gerekmektedir. Bunun için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkân ve kaynaklarının belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü bir yönetim süreci ön plana çıkmaktadır. Afet olmadan, afetlerin öncesinde yapılacak çalışmalar, afet sonrasında yaşanacak kayıpları azaltmanın bir yoludur. Afetleri önlemek mümkün değildir, ancak alınacak önlemlerle zararlarını en aza indirmek mümkün olacaktır (Altuntaş, 2018).

Afet ve acil durum lojistiği, insanları, kaynakları, yetenek ve bilgiyi, afetlerden etkilenmiş afetzedelere yardım etmek için etkin bir şekilde mobilize edebilen süreçler ve sistemlerden oluşur (Kadioğlu, 2011). Afet lojistiği aşamaları;

- Afet öncesi hazırlık
- Afet müdahale süreci
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler olmak üzere 3 kısımda değerlendirilebilir (Pektaş, 2012).

Afet öncesi hazırlık çalışmaları planlama, satın alma, taşımacılık yönetimi, raporlama ve insan kaynaklarının geliştirilmesi süreçlerini kapsamaktadır. Afet müdahale süreci lojistik faaliyetleri; ön değerlendirme ve ihtiyaç tespiti, lojistik eylem planı yapılması ve uygulanması, afete müdahale sürecinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlanması aşamalarını kapsamaktadır. Afet lojistiğinin son aşaması afete müdahale sonrası yapılan lojistik faaliyetler olup afete müdahale sonrası, afet malzeme toplama ve bakım ekibi tarafından afet alanında bulunan malzemelerin toplanması, bakımlarının yapılması ve depolara sevk edilmesi işlemlerinin en kısa sürede ve ekonomik olarak yapılmasını sağlayacak planlamanın yapılması ve uygulamaya konulmasıdır (URL1).

Dünya üzerinde birçok farklı ülkede doğal afetler meydana gelmektedir. Doğal afetler ülke ekonomisine zararları olması nedeniyle ve dolayısıyla insanlar üzerinde de psikolojik ve sosyal açıdan olumsuz etkilere neden olmaktadır. Afetler bir toplumun karşı karşıya kaldığı olağanüstü durum ve haller arasında tahmin edilme güçlükleri, etki büyüklükleri, diğer tehlikeli olayları tetikleyebilme potansiyelleri ile coğrafyamızda oluşma sıklıkları gibi kriterler açısından değerlendirildiğinde en geniş kapsamlı, en uzun süreli ve en zarar verici olanlarıdır (Altuntaş, 2018). Bu bağlamda dünyada meydana gelen afetler Tablo 1’de görüldüğü üzere 5 sınıfa ayrılmaktadır.

Tablo 1: Dünyada Meydana Gelen Afetler

Jeolojik Afetler	Klimatik Afetler	Biyolojik Afetler	Sosyal Afetler	Teknolojik Afetler
Deprem	Sıcak dalgası	Erozyon ve Çölleşme	Yangınlar	Maden kazaları
Heyelan, Çamur akıntısı ve Kaya düşmesi	Soğuk dalgası	Orman yangınları	Savaşlar	Kimyasal Biyolojik Radyasyon ve Nükleer (KBRN) saldırıları ve kazaları
Volkanik patlama	Kuraklık	Salgınlar	Terör saldırıları	Sanayi kazaları
Toprak çökmesi	Dolu	Böcek istilası	Göçerler	Ulaşım kazaları
Tsunami	Sis			
	Hortum, Fırtına			
	Sel-Su baskını			
	Çığ, Tipi, buzlanma			
	Hava kirliliği			

Ülkemizde ise en sık görülen doğal afetler iklimatik kökenli olup, en şiddetlileri ise başta deprem olmak üzere jeolojik afetlerdir. Ülkemiz, özellikle deprem konusunda çok acılar yaşamış bir ülkedir. 1939 yılında Erzincan'da meydana gelen 7,9 şiddetindeki depremde 32968 vatandaşımız hayatını yitirmiştir. Daha yakın tarihe baktığımızda ise 1999 da meydana gelen Ağustos ve Kasım depremlerinde neredeyse tüm Marmara bölgesi etkilenmiş, çok sayıda insanımız hayatını kaybetmiş, evsiz kalmıştır. Ülkemizde yaklaşık on yılda bir yıkıcı deprem olmuştur. İstatistiklere göre 1999 Marmara depremi hariç, son 60 yılda Türkiye'de meydana gelen can ve mal kaybının % 65'ine depremler neden olmuştur (Tanyaş vd, 2013).

Bu bağlamda, Türkiye'de afet denilince akla genelde deprem gelmekte ve alınan önlemler bu kapsamda olmaktadır. Marmara bölgesinde Kocaeli ve Düzce'de meydana gelen şiddetli depremler, ülkenin 20. yüzyılda yaşadığı en büyük tabii afetler olmuş ve afet yönetimi açısından adeta yeni bir takvim başlangıcı teşkil etmişlerdir (JICA, 2004). Deprem kuşağında bulunan ülkemizde afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, 2001 yılında Başbakanlığa bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. AFAD'ın ülkemizin çeşitli bölgelerinde kurulmuş 22 lojistik destek merkezi mevcuttur. Afet sonrası afetzedelere zamanında ulaşım afet öncesi alınacak tedbirler kadar önemlidir. Bu gereklilik otoriteleri, acil yardım ekipleri ve yardım malzemesi taşıyan araçlar için deprem sonrası zamanca en uygun güzergâhı bulmaya yönelik çalışmalara zorlamıştır.

Deprem sonrası yardım malzemesi taşıyan araçların hızını dolayısıyla ulaşım süresini etkileyecek (yol genişliği, trafik yoğunluğu, hız limiti gibi) kriterler söz konusudur. Bu çalışmada ulaşım süresi üzerinde etkili olduğu düşünülen depremle ilgili literatürde genel olarak kullanılan kriterlerden yolun hasar durumu ve yolun zemin yapısı kriterlerinin araçların hızı üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Altuntaş, 2018). Deprem sonrası ulaşım süresini artıran kriterlerin bu etkileri de dikkate alınarak araçlar için zamana göre uygun güzergâhlar bulunmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Deprem sonrası yardım malzemesi taşıyan araçların afetzedelere en kısa zamanda ulaşmaları hayati önem taşımaktadır. Çalışmada olası bir deprem neticesinde ihtiyaç noktalarına belirli yardım noktalarından ulaşılması maksadıyla uygun güzergâhların tespiti amaçlanmıştır. En uygun güzergâhın tespitinde afetzedelere ulaşım ve ihtiyaçların en kısa zamanda karşılanması maksadıyla zamanı minimize eden güzergâhların belirlenmesi öngörülmüştür. Ancak olası bir deprem vuku bulduğunda araçların hızını azaltacak dolayısıyla ulaşım süresini olumsuz etkileyecek kriterlerin varlığı şüphesizdir.

Literatürde bir çok makalede rota planlama afet anında acil yardım ekiplerinden yada lojistik depolardan talep noktalarına en kısa yolların bulunması şeklinde düşünülmüştür. En kısa yollar yolun uzunluğuna göre bulunmaktadır. Fakat acil bir durumda rota bulmada mesela itfaiyeciler için rota bulma durumunda temel sorun karmaşık acil durum koşulları altında bir yerden en kısa sürede kaza yerine nasıl gidileceğidir (Yang ve Li, 2010). Su vd. (2011) afete müdahale yolunun seçilmesi probleminde en kısa ve en güvenli yolu bulmak için Q-öğrenme algoritmasına dayanan Markov karar süreci olan bir model önermişlerdir. Afet sonrası zaman kriteri talep noktalarına giden uygun yolu bulmada ilk kriter olarak düşünülmelidir. Shashikiran vd. (2011) çalışmalarında trafik oranı, araçların hızı veya mesafeye dayalı olarak kaynak ve talep noktası arasındaki rotaları bulmak için Kruskal's Algoritmasını kullanan, Trafik sorumlusu tarafından verilen güncel trafik bilgilerine dayalı olarak bir kısa yol tarif eden Dinamik Araç Navigasyon Sistemi tanımlamışlardır.

Umitsu ve Fushimi (2006) çalışmalarında depremden zarar gören yollar, binalar ve evleri de göz önünde bulundurarak yaralı insanları depremden zarar gören bu bölgelerden kaçınarak hastanelere en kısa sürede götürecek yolların bulunmasını amaçlamışlardır. Yuan ve Wang (2009), Acil Lojistik Yönetiminde güzergah seçimi için felaket anında şebekedeki sadece toplam zamanı minimize eden tek amaç fonksiyonlu ve zamanı minimize etme yanında kaos, panik ve karışıklık gibi gerçek faktörleri de düşünerek güzergahtaki bu karmaşıklığı da minimize eden çok amaç fonksiyonlu olmak üzere iki matematiksel model önermişlerdir.

Yine Viswanath ve Peeta (2003), çalışmalarında deprem sonrasında kaynak ve varış noktaları arasındaki rotalardan en kısa zamanda daha fazla insana ulaşmayı sağlayan, kritik rotaları belirleyen çok amaçlı bir şebeke tasarım modeli önermişler. Elalouf (2012) acil yardım araçlarının rotalarının belirlenmesinde gerçek zamanlı seyahat bilgilerini (trafik koşulları) de kullanarak gerçek zamanlı bir acil müdahale sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır.

Son çalışmalarda GIS web servisleri ve AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) yaklaşımı afet yönetim sisteminin tasarımı için kullanılmakta böylece mekânsal veriler kullanıcı tarayıcısına etkili şekilde yüklenerek zaman minimize edilebilmektedir (Raj ve Sasipraba, 2010). Chandio vd. (2006) yol planlaması için rota yardımcı sistem modüler yapısını tanımlamışlardır. Son zamanlarda geliştirilen GIS tabanlı gelişmiş traveler bilgi sistemleri (ATIS) de kolay kullanıma imkân veren bir grafik ara yüze sahiptir (Kumar ve Reedy, 2005).

Herhangi bir afet sonrası bölgeye yardım sağlanması, insanlara yardım edilmesi, yardım malzemelerinin ulaştırılması için kaza yerine en kısa sürede ulaşılması çok önemlidir. İki nokta arasındaki bir yolu bulmak için ya en az mesafeli en kısa yol yada en az seyahat süreli optimal yol seçilir. Fakat felaket durumlarında en kısa yol seyahat süresinde gecikmelere neden olan tüm faktörler nedeniyle süreyi minimize etmeyi garanti etmeyeceğinden az seyahat süreli optimal yol en kısa yola tercih edilecektir (Mali vd., 2012). Afet Müdahale Yönetimi alanında, uygun kurtarma yolunun seçimi hayat kurtarma ve afetlerin zararlarını geciktirmede önemli bir yer edinmektedir (Su vd., 2011).

Bu çalışmada da uzman görüşleri doğrultusunda deprem sonrası araçların hızını yavaşlatacak dolayısıyla talep noktalarına ulaşım süresini olumsuz etkileyecek yolun hasar durumu ve yolun zemin yapısı kriterlerinin etkileri de göz önünde bulundurularak yardım araçlarının takip edeceği en uygun güzergâhlar bulunacaktır. CBS temelli bu çalışmada İstanbul'da meydana gelebilecek bir deprem senaryosu oluşturulmuş ve İstanbul yol ağı verisi kullanılmıştır.

Bu bağlamda, geçmiş depremler ışığında hareket edilerek İstanbul'un Avcılar ilçesi birinci derece deprem riski taşıyan bölgede bulunması ve 1999 Marmara depreminde de en fazla can ve mal kaybının yaşandığı ilçe olması nedeniyle talep bölgesi olarak seçilmiştir. Acil yardımların ulaştırılması için kullanılacak depo olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Eyüp ilçesine bağlı Alibeyköy' de yer alan Lojistik Destek Merkezi kullanılacaktır.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada, olası bir deprem sonrası talep noktalarına yardım malzemelerini taşıyan araçlar için zaman açısından ulaşım süresini etkileyecek faktörler olan yolun hasar durumu ve zemin yapısını dikkate alan CBS temelli bir şebeke kurularak ulaşım süresini minimize eden güzergahların bulunması amacıyla bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu kapsamda talep ve yardım merkezleri arasındaki en uygun rotanın bulunmasında vektör ve raster kökenli coğrafi veri tabanlarından geometrik ve geometrik olmayan verinin sorgulanmasına olanak veren ve Dijkstra algoritması tabanlı çalışan CBS'de konuma bağlı analiz türlerinden Network Analizi kullanılmıştır. Önerilen metodoloji aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1. Adım: Yol dilimi uzunluklarının hesaplanması.

Yolların uzunluğunu hesaplayan CBS, navigasyon araçları gibi yöntemler söz konusudur. Bu kapsamda yol ağındaki yol dilimlerinin uzunlukları CBS kullanılarak hesaplanmıştır. Öncelikle çalışmada kullanılacak İstanbul iline ait en güncel yol şebekesi verileri Başarsoft navigasyon şirketinden alınarak kullanılmıştır.

2. Adım: Yol dilimleri için araç ortalama hızlarının bulunması.

Araçların İstanbul yolağındaki her bir yol dilimi üzerindeki deprem sonrası hızını belirlemek için uzman görüşleri doğrultusunda yasal hız limitleri, yolun genişliği (yolun şerit sayısı ile ilişkilendirilmiştir.) ve yol tipi kriterleri dikkate alınmıştır. Öncelikle Türkiye Karayollarında uygulanan yasal hız limitleri incelenmiştir. Yasal hız limitleri Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yolun tipi, aracın modeli ve aracın kullanım amacına göre belirlenmiştir. Hız sınırı belirlemede farklı ülkelerde çeşitli temel dayanaklara ve yolun fonksiyonel sınıflandırması, konumu, yolun tasarimsal özellikleri gibi çeşitli gerekli verilere dayalı olarak farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Türkiye'de ise yasal hız sınırları kamyonlar için yerleşim yerleri içinde 50 km/s, şehirlerarası çift yönlü karayollarında 80 km/s, bölünmüş yollarda 85 km/s ve otoyollarda saatte 90 km/s olarak belirlenmiştir (URL2).

Hız ile ilgili yapılan çalışmada aynı zamanda Kanada'nın yol sınıflaması ve arazi kullanımına göre belirlemiş olduğu temel hızlar da incelenmiş ve tüm yol sınıfları ve arazi sınıfına (kentsel ya da kırsal) göre tek şeritli yollardaki hız sınırının iki ya da daha fazla şeritli yollardaki hız sınırından sadece saatte 10 km daha az olduğu görülmüştür (Forbes, 2012). Bu bağlamda bu çalışmada da bu bilgiden yararlanılmış ve İstanbul yol verisindeki tek şeritli yollarda hız sınırının iki ya da daha fazla şeritli yollardaki yasal hız sınırından 10 km/s daha az alınarak oluşturulabileceği değerlendirilmiştir. Yol tipleri ve yol tipleri üzerindeki yasal hız limitleri ve araçların yollarda bulunan şerit sayısına göre belirlenen ortalama hızları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Yol tipleri, yasal hız sınırları ve şerit sayılarına göre yardım malzemesi taşıyan araçların ortalama hızları

Yol Tipi	Yasal Hız Sınırları (km/s)	Şerit Sayısına Göre Araçların Hızı (km/s)					
		1	2	3	4	5	6
Ana Arter	85	75	85		85		
Bulvar	50	40	50	50	50		
Devlet Yolu	85	75		85	85		
Köy Yolu	70	60		70	70		
Cadde	50	40	50	50	50		
Otoyol	90			90	90	90	90
Otoyol Bağlantısı	90	80		90	90		
Sokak	50	40		50	50		
İç Yol	80	70		80	80		
İl Yolu	80			80	80		

3. Adım: Deprem öncesi ulaşım süresinin hesaplanması.

Yol dilimlerinin uzunlukları ve araçların hız verileri kullanılarak olası bir deprem öncesi araçların her yol dilimine ait ulaşım süreleri hesaplanmıştır.

4. Adım: Zemin yapısının hız üzerindeki etkisi.

Ülkelerin yasal hız sınırlarını belirlemede ortak kullandıkları tek bir yöntem bulunmamaktadır. Farklı değişkenlere dayalı farklı yaklaşımlar kullanmışlardır. Türkiye’de de Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen yasal hızlar yolun tipi, aracın cinsi, aracın kullanım amacı ve yerleşim yeri gibi değişkenlere göre belirlenmektedir. Bu çalışmada yasal hızlardaki değişkenliğin konu ile ilgili uzmanların görüşleri doğrultusunda yolların kaplama cinsine göre değiştiği farz edilmiş ve yasal hızlarda farklılığa neden olan diğer değişkenler göz ardı edilmiştir (Altuntaş, 2018). Türkiye karayolları satih cinslerine göre İstanbul yolağı bilgileri incelendiğinde köy yolu ve sokak dışındaki yolların asfalt betonu yada diğer satih cinsine sahip oldukları gözlenmiştir (KGM, 2005).

Bu bağlamda çalışmada kullanılan yolağı verisindeki köy yolu ve sokak tipindeki yolların stabilize yada toprak yol olduğu değerlendirilmiştir. Bu yollardaki yasal hız sınırının diğer yol tiplerinin yasal hız sınırlarına göre ortalama değişim oranı hesaplanmış ve köy yollarının deprem sonrası araçların hızını 0,20, sokakların ise 0,40 oranında azaltacağı belirlenmiş diğer yandan bunların dışında kalan yol tiplerinin ise zemin yapısı açısından araçların hızını etkilemeyeceği değerlendirilmiştir (Altuntaş, 2018).

5. Adım: Yolların hasar görme oranlarının hesaplanması.

Deprem sonrası yollarda oluşacak hasar da ulaşım süresini etkileyen önemli bir kriterdir. Konu ile ilgili olarak Salman ve Yücel, İstanbul ilinde yaptıkları çalışmada yol dilimlerine ait hayatta kalabilme oranlarını hesaplamışlardır. Yol ağı üzerindeki her (i,j) yol dilimi için hayatta kalma olasılığı (p_{ij}) yâda hasar görme riski ($1-p_{ij}$), yol diliminin nerede konuştlu olduğuna bağlı olan sismik bölge faktörü (β_{ij}), deprem merkezine olan uzaklığı (r_{ij}) ve depremin şiddeti (μ)’ye bağlı olarak farklı olacaktır.

Bu kapsamda yolların hayatta kalma olasılıkları (1) numaralı denklem ile hesaplanmıştır. (Salman ve Yücel, 2015).

$$p_{ij} = 1 - \beta_{ij} * PGA_{ij} \quad (1)$$

En yüksek zemin ivmesi şeklinde tanımlanan PGA_{ij} (2) numaralı denklem ile hesaplanmıştır. Verilen bu azalım ilişkisinde PGA , deprem merkezine olan uzaklığın azalan, deprem şiddetinin de artan bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

$$PGA_{ij} = (\alpha * e^{0.8\mu}) / (r_{ij} + 40)^2 \quad (2)$$

Burada α hayatta kalma olasılıklarının aralığını tanımlamak için kullanılan bir parametredir.

JICA raporunda, İstanbul’da beklenen bir depremin sismik yoğunluk durumuna göre 4 bölgeye ayrılmıştır. Sismik bölge faktörleri $f_1 = 0.95$, $f_2 = 0.85$, $f_3 = 0.75$ ve $f_4 = 0.65$ olası bir deprem sonrası bölgenin hasar riskini temsil etmektedir (bölge 1 en riskli bölgedir) (JICA, 2002). Çalışmada yol diliminin nerede konuştlu olduğuna bağlı olan sismik bölge faktörü β_{ij} sırasıyla f_1 , f_2 , f_3 ve f_4 ile ilişkilendirilerek sisteme girilmiştir. Salman ve Yücel’in yaptıkları çalışmada en kötü senaryo olan 7,4 şiddetindeki bir deprem sonrasında hayatta kalabilme olasılıklarının 0,7 ile 0,9 arasında dağılacağı belirlenmiş ve buna göre Karayolları Genel Müdürlüğündeki uzmanlara da danışılarak $\alpha=2$ olarak alınmıştır (Salman ve Yücel, 2015).

6. Adım: Deprem sonrası ulaşım süresinin hesaplanması.

3. adımda hesaplanan her yol dilimine ait deprem öncesi ulaşım sürelerinin, 4. adımda hesaplanan zemin etkisi ve 5. adımda hesaplanan hasar görme oranlarıyla orantılı olarak artırılmasıyla deprem sonrası ulaşım süreleri hesaplanmıştır.

7. Adım: Uygun güzergâhların bulunması.

Deprem sonrası araçların hızına olumsuz etki edecek yolun hasar durumu ve zemin yapısı kriterleri de dikkate alınarak oluşturulan CBS tabanlı şebeke sayesinde yardım ve talep noktaları arasında 6. adımda bulunan deprem sonrası ulaşım süresini minimize eden uygun güzergâhlar bulunmuştur. Bu kapsamda öncelikle elde edilen ve hesaplanan tüm veriler Network analizi yapabilmek için CBS programına girilmiş ve Network veri tabanı oluşturulmuştur. ArcMap programı aracılığıyla belirlenen depo ve talep noktaları arasında uygun güzergâhlar tespit edilmiştir.

4. İSTANBUL İLİ UYGULAMASI

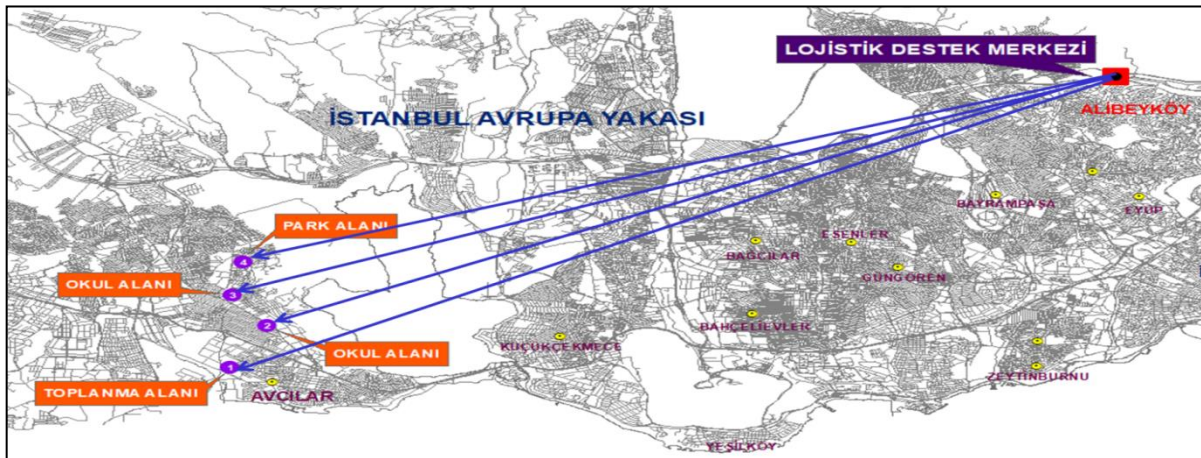
4.1. Uygulama Alanının Belirlenmesi

Kuzey Anadolu Fay Hattına (KAFH) yakın konumu nedeni ile yüksek deprem riski taşıyan İstanbul'da yaşanabilecek bir depremin yüksek sayıda can kayıpları ve yaralanmalara, 50 milyar doların üzerinde ekonomik zarara, iletişim sistemleri hizmetlerinin kesintiye uğramasına, hastanelerdeki hizmetin ve eğitimin aksamasına, kültürel varlıkların zarar görmesine ve altyapı sistemlerinden kaynaklanabilecek ikincil risklerin oluşmasına sebep olabileceği; başka bir deyişle kentin sadece kendisini değil, ekonomik olarak bütün ülkeyi etkileyeceği, kent için hazırlanan afet planlarında yer almaktadır (URL3).

Türkiye nüfusunun üçte birinin yaşadığı Marmara Bölgesinde 7,4 şiddetinde meydana gelen 17 Ağustos 1999 depreminde 17.127 kişi yaşamını kaybetmiş yaklaşık 600.000 kişi depremden etkilenmiş, birçok ev ve ticari bina zarar görmüş ve altyapı oldukça hasar görmüştür (Kılıcı, 2012). İstanbul Deprem Master Planı'na göre, İstanbul'da 30 yıl içinde büyük bir deprem olma olasılığı 62 ± 12 olarak tahmin edilmektedir. Jeolojik Tehlikeler Uluslararası Organizasyonu'nun (GeoHazards International - GHI), Birleşmiş Milletler (United Nations - UN) desteğiyle yaptığı araştırmaya göre ise İstanbul, dünyada en yüksek deprem riskine sahip üç şehirden biri olarak değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda çalışmada metodolojinin uygulaması olarak, İstanbul'un Avrupa Yakası Marmara kıyısına yakın ve birinci derece deprem riskine sahip bölgede yer alan ilçesi olan Avcılar talep bölgesi olarak belirlenmiştir. Öte yandan bu bölgede acil yardımların ulaştırılması için kullanılacak depo olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Alibeyköy'de yer alan Lojistik Destek Merkezi seçilmiştir.

Lojistik Destek Merkezi'nin ve yardım malzemelerinin ulaştırılacağı talep noktaları olarak Avcılar ilçesinde deprem sonrası afet toplanma alanı olarak belirlenen, 4 ayrı talep noktasının yerleri Şekil 1' de gösterilmiştir.



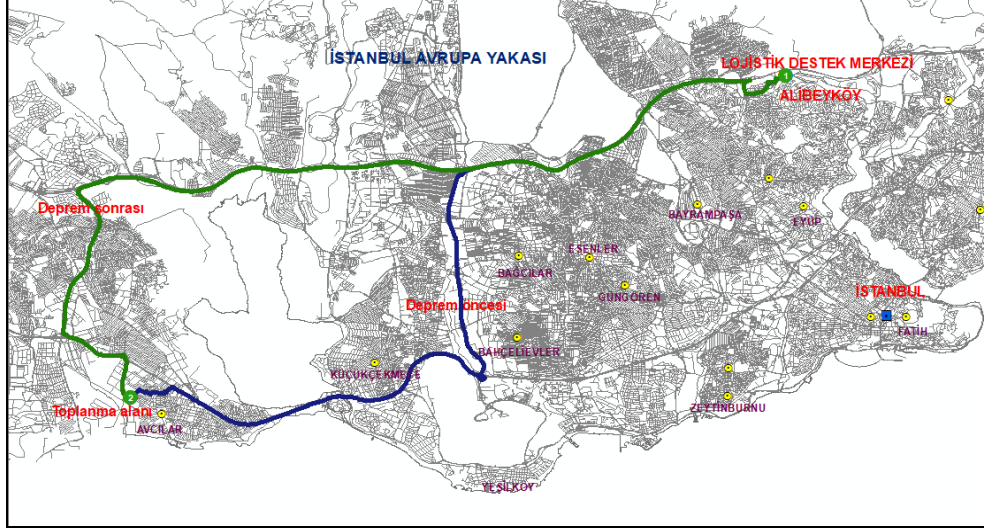
Şekil 1: Depo ve Talep Noktası Yerleri

4.2. Deprem Sonrası Zamanı Minimize Eden Uygun Güzergâhların Bulunması

Verilerin tespit edilip CBS sistemine girilmesinden sonra bu verilerle şebeke analizinin yapılarak uygun güzergâhların belirlenmesi amacıyla, 7,4 şiddetinde KAF hattında meydana gelebilecek bir deprem düşünülerek bir senaryo

çalışması yapılmıştır. ArcMap Programının Network Analiz aracı kullanılarak yardım malzemesi taşıyan araçların deprem öncesi ve deprem sonrası ulaşım sürelerine göre, yardım merkezinden ihtiyaç noktalarına ulaşmada takip edecekleri uygun güzergâhlar bulunmuştur.

İBB Lojistik Destek Merkezi ve Avcılar ilçesinde bulunan farklı talep noktaları arasındaki optimal yolları bulmak için 7 adımdan oluşan bir metodoloji geliştirilmiş ve araçların deprem öncesi ve deprem sonrası ulaşım sürelerine göre takip edecekleri en uygun rotalar bulunmuştur. Örnek olarak İBB Lojistik Destek Merkezinden 1 nolu talep noktası olan Meşrutiyet Caddesi toplanma alanı arasındaki güzergahta araçların deprem öncesi ve deprem sonrası gidecekleri optimal rotalar Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Deprem Öncesi ve Sonrası Zamana Göre Optimal Rotalar.

Dört farklı talep noktası için deprem öncesi ve deprem sonrası zamana göre bulunan optimal rotalardaki ulaşım süreleri ve rotaların uzunlukları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Deprem Öncesi (DÖ) ve Deprem Sonrası Rotalar (DS)

Yardım/Talep Noktaları	Uygun/Optimal Rotalar	Rota Uzunluğu (m)	Ulaşım Süresi DÖ (saniye)	Ulaşım Süresi DS (saniye)
Toplanma Alanı	Rota-DÖ	33004,49	1471,89	1692,20
	Rota-DS	33312,54	1484,51	1647,93
Okul Alanı	Rota-DÖ	31167,20	1423,07	1623,13
	Rota-DS	33156,86	1428,85	1586,95
Okul Alanı	Rota-DÖ	29612,19	1394,98	1589,42
	Rota-DS	31090,83	1417,99	1580,91
Park Alanı	Rota-DÖ	27972,27	1276,91	1458,84
	Rota-DS	28035,17	1281,44	1458,25

Tablo 3’teki verilere bakıldığında, depodan 1 numaralı yardım noktası olan toplanma alanına deprem öncesi bulunan optimal rota (mavi renkli rota) 33004,49 metre uzunluğundadır. Yardım malzemesi taşıyan araçlar bu rotayı takip ettiklerinde talep noktalarına 1471,89 saniyede ulaşacaklardır. Deprem sonrası yolun zemin yapısı ve yolların hasar durumunun araçların hızı üzerindeki etkisinin de göz önüne alınarak bulunan yeni optimal rotanın (yeşil renkli rota) uzunluğunun ise 33312,54 metre olup araçların bu rotayı kat etme süresinin 1647,93 saniye olduğu gözlenmiştir. Ayrıca araçların deprem sonrası bulunan optimal rotayı kullanmak yerine (1647,93 sn) deprem öncesi bulunan optimal rotayı (1471,89), depremden sonra kullanmaları durumunda talep noktalarına 1692,20 saniyede ulaşacaklardır. Bu sürenin deprem sonrası bulunan optimal rotadaki ulaşım süresinden daha uzun olduğu aşikardır.

Deprem öncesi zamana göre bulunan rota mesafe açısından daha iyi olmakla beraber deprem sonrası araçların ulaşım hızını dolayısıyla ulaşım sürelerini etkileyen yolun zemin yapısı ve hasar durumu kriterleri dikkate alındığında bulunan güzergâh en iyi güzergâh olacaktır. Bu durumda araçların deprem sonrası bu güzergâhı kullanmaları durumunda ihtiyaç noktasına optimal sürede ulaşabilecekleri söylenebilir. Deprem öncesi ve deprem sonrası zamana göre bulunan bu 4 farklı güzergahtaki optimal rotalardaki ulaşım sürelerinde çok büyük bir fark (ortalama %13) olmamakla birlikte bu çalışmada seçilen deprem merkezine İstanbul yolağında bulunan yollar en yakın 23 km mesafededir.

Deprem merkezinin yollara çok daha yakın bir mesafede olduğu ve depremin şiddetinin daha yüksek olduğu zamanlarda deprem sonrası yollardaki ulaşım sürelerinin nasıl değişeceği araştırılmış ve yol uzunluğu sabit tutularak depremin şiddeti, yollardaki hız, yolun tipi, yolun deprem merkezine olan mesafesi ve sismik bölge faktörü (β) parametrelerinin farklı değerleri için deprem sonrası ulaşım sürelerinin değişimi Tablo 4'te verilmiştir.

Analizde parametrelerin en yüksek ve en düşük değerleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yol ağ verisindeki yollar deprem merkezine en yakın 23 km'de, en uzak ise 130 km'de bulunmaktadır. Bu kapsamda yolun deprem merkezine 23 km ve 130 km mesafede olduğu durumlar ile sismik bölge faktörünün en yüksek değeri 0,95, en düşük değeri olan 0,65 olduğu durumlar için hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4: Deprem Sonrası Yollardaki Ulaşım Süresi Üzerindeki Değişimin İncelenmesi

Deprem Şiddeti	Uzunluk (m)	Yol Tipi	Hız (km/h)	Deprem Öncesi Zaman (saniye)	Deprem Merkezine Olan Mesafe (km)	Sismik Bölge Faktörü (β)	Hayatta Kalma Oranı (denklem-1)	Deprem Sonrası Zaman (saniye)	Ulaşım Süresindeki Artış (saniye)	Zaman Artış Oranı (%)
7,4	3000	Otoyol	90	120	23	0.95	0.8217	141,3933	21,3933	17.8
7,4	3000	Otoyol	90	120	130	0.95	0.9755	122,9381	2,9381	2.4
7,4	3000	Otoyol	90	120	23	0.65	0.8780	134,6375	14,6375	12.2
7,4	3000	Otoyol	90	120	130	0.65	0.9832	122,0103	2,0103	1.7
7,4	3000	Sokak	50	216	23	0.95	0.8217	340,9079	124,9079	57,8
7,4	3000	Sokak	50	216	130	0.95	0.9755	307,6885	91,6885	42,4
7,4	3000	Sokak	50	216	23	0.65	0.8780	328,7475	112,7475	52,2
7,4	3000	Sokak	50	216	130	0.65	0.9832	306,0185	90,0185	41,7
8	3000	Otoyol	90	120	2	0.95	0.3518	197,7895	77,7895	64.8
7	3000	Otoyol	90	120	2	0.95	0.7087	154,9531	34,9531	29.1
6	3000	Otoyol	90	120	2	0.95	0.8691	135,7054	15,7054	13.1
5	3000	Otoyol	90	120	2	0.95	0.9412	127,0569	7,0569	5.9

Tablo 4'den aynı deprem şiddetinde (7,4) ve farklı sismik bölge faktörleri için deprem merkezine olan mesafenin azalması ile deprem sonrası yollardaki ulaşım sürelerinin arttığı gözlenmiştir. Örnek olarak deprem merkezine 130 km mesafede ve sismik bölge faktörü 0,95 olan bir bölgede bulunan otoyolda deprem sonrası ulaşım süresi 122,93 saniye iken mesafenin 23 km olması durumunda bu süre 141,39 saniye olmuştur. Yol tipine göre ulaşım sürelerindeki bu artışlar da değişkenlik göstermektedir. Ayrıca 90 km/h hızla giden bir araç için deprem öncesi ulaşım süresi 120 saniye iken deprem şiddetinin 8 ve deprem merkezinin yollara çok yakın olması durumunda (2 km), deprem sonrası ulaşım süresi 197,78 saniyeye yükselmiştir.

Bu kapsamda deprem merkezinin yeri, depremin şiddeti, talep noktalarının yeri ve araçların yasal hızı gibi değişkenlerin değişmesiyle deprem sonrası ulaşım sürelerinin doğru orantılı olarak artış göstereceği ve bu doğrultuda bulunacak optimal rotaların farklılıklar göstereceği aşikardır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada olası bir deprem sonrası uygun (optimal) yol seçim problemi ele alınmıştır. Çalışmanın amacı yardım noktaları (talep) ve yardım merkezi (depo) arasında yardım malzemesi taşıyacak araçların hızını etkileyecek yolun zemin yapısı, hasar durumu, araçların hızı, yolun genişliği gibi kriterleri de dikkate alarak en uygun rotaları bulmaktır.

Yıkıcı bir deprem sonrası acil yardım malzemesi taşıyan araçların birincil amacı yardım noktalarına en kısa sürede ulaşmaktır. Çalışmanın ana amacı araçlar için zamanı minimize edecek optimal rotaları bulmaktır. Rotalardaki ulaşım süreleri rota uzunluklarının yasal hızlara bölünmesi ile hesaplanmıştır. Bununla beraber araçların hızını etkileyecek yolun zemin yapısı ve hasar durumu kriterlerinin de ulaşım süresi üzerindeki etkileri dikkate alınmıştır.

Olası bir deprem sonrası yardım ve talep noktaları arasında optimal yolları bulmak için 7 adımdan oluşan bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu kapsamda çalışmada kullanılan İstanbul yolağında bulunan yolların zemin yapılarının hızı etkileme oranları belirlenmiş ve her yol diliminin hasar oranları hesaplanmıştır. Deprem sonrası optimal rotaların bulunmasında ulaşım süresi üzerindeki bu etki oranlarının birleşik etkisi dikkate alınmıştır.

Çalışmada problemi çözmek için Dijkstra Algoritması tabanlı çalışan ve kısa zamanda esnek ve en iyi çözümler üretmeye imkân tanıyan CBS Network analizi kullanılarak uygun güzergâhlar tespit edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle

yol dilimlerinin uzunlukları ArcMap programı ile bulunmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediye'sinin Alibeyköy'deki lojistik destek merkezi depo olarak seçilmiş ve talep bölgesi olan Avcılar ilçesinde seçilen 4 ayrı noktaya deprem sonrası ulaşım süresini minimize edecek en uygun rotalar tespit edilmiştir.

Önerilen metodolojinin yasal otoritelerin depreme yönelik yapılan hazırlıklarına önemli katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. Çalışmada deprem sonrası araçların hızını etkileyeceği değerlendirilen yolun zemin yapısı ve yolun hasar durumu kriterleri dikkate alınmıştır. İleri çalışmalarda araçların hızını etkileyecek trafik yoğunluğu, trafik sıkışıklığı, yollarda hasar görmüş köprüler gibi kriterler de bu metodolojiye ilave edilerek optimal yolların bulunması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Altuntaş, F. (2018), "Olası Bir Deprem Sonrası Yardım-Talep Noktaları Arasında CBS Temelli Dinamik Rotalama: İstanbul İli Uygulaması", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harekat Araştırması, Doktora Tezi, Ankara.
- [2] AFAD (2011). "Olağandışı Durumlarda Yaşamı Sürdürme". Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İstanbul.
- [3] Chandio, A., Shu, L. Y., Memon, N. M. and Khawaja, A. (2006), "GIS Based Route Guiding System for Optimal Path Planning in Disaster/Crisis Management", Paper presented at the Multitopic Conference, Islamabad, Pakistan.
- [4] Elalouf, A. (2012), "Efficient Routing of Emergency Vehicles Under Uncertain Urban Traffic Conditions", Journal of Service Science and Management, 5(03), pp.241.
- [5] Forbes, G. (2012), "Methods And Practices For Setting Speed Limits: An Informational Report", Federal Highway Administration Reports, Washington, pp.133.
- [6] JICA (2004). "Türkiye'de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu", Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı Türkiye Bürosu Raporu, 22.
- [7] JICA (2002), "Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul ili sismik mikro-bölgeleme dahil afet önleme/azaltma temel planı çalışması, İstanbul.
- [8] Kadioğlu, M. (2011). "Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En kötüsünü Yönetmek", T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul, 40-43.
- [9] Karayolları Genel Müdürlüğü. (2005), "Karayolu Tasarım El Kitabı", Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara
- [10] Kılıcı, F. (2012), "A Decision Support System for Shelter Site Selection With GIS Integration: Case for Turkey", Bilkent University, Graduate School Of Engineering and Science, Master Thesis, Ankara.
- [11] Kumar, P., Singh, V. and Reddy, D. (2005), "Advanced Traveler Information System for Hyderabad City", Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Intelligent Transportation Systems, 6(1), pp.26-37.
- [12] Mali, V., Rao, M. and Mantha, S.S. (2012), "Enhanced Routing in Disaster Management Based on GIS", Paper presented at the International Conference on Intuitive Systems & Solutions, Mumbai, India.
- [13] Pektaş, T. (2012), "İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması", Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [14] Raj, R.J.R., Sasipraba, T. (2010), "Disaster Management System Based on GIS Web Services", Paper presented at the Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change (RSTSCC), Chennai, India.
- [15] Salman, F.S., Yücel, E. (2015), "Emergency Facility Location Under Random Network Damage: Insights From The Istanbul Case", Computers and Operations Research, 62, pp.266-281.
- [16] Shashikiran, V., Kumar, T.S., Kumar, N.S., Venkateswaran, V. and Balaji, S. (2011), "Dynamic Road Traffic Management Based On Kruskal's Algorithm", Paper presented at the Recent Trends in Information Technology, 2011 International Conference, Chennai, India.
- [17] Su, Z.P., Jiang, J.G., Liang, C.Y. and Zhang, G.F. (2011), "Path Selection in Disaster Response Management Based On Q-Learning", International Journal of Automation and Computing, 8(1), pp.100-106.
- [18] Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L. and Küçük, B. (2013). "İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu", İstanbul Kalkınma Ajansı DFD-39 Raporu, İstanbul.

- [19] Umitsu, R., Fushimi, M. (2006), “Shortest Path Problems For Ambulances in Case of Severe Earthquakes”, Paper presented at the The Sixth International Symposium on Operations Research and Its Applications, Xinjiang, China.
- [20] Viswanath, K., Peeta, S. (2003), “Multicommodity Maximal Covering Network Design Problem For Planning Critical Routes For Earthquake Response”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1857, pp.1-10.
- [21] Yang, S., Li, C. (2010), “An Enhanced Routing Method With Dijkstra Algorithm And Ahp Analysis in GIS-Based Emergency Plan”. Paper presented at the 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China.
- [22] Yuan, Y., Wang, D. (2009), “Path Selection Model And Algorithm for Emergency Logistics Management”, Computers & Industrial Engineering, 56(3), pp.1081-1094.
- [23] URL1, Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L. and Küçük B. (2013), İstanbul ili afet lojistik planı kılavuzu, İstanbul. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.istka.org.tr%2Fmedia%2F24626%2F%25C4%25B0istanbul-%25C4%25B0li-afet-lojistik-plan%25C4%25B1-k%25C4%25B1lavuzu.pdf>, 22.07.2017.
- [24] URL2, “Karayolları Genel Müdürlüğü. Hız sınırları”, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.kgm.gov.tr%2FSayfalar%2FKGM%2FSiteTr%2FTrafik%2FHizSinirlari.pdf>, 22.07.2017.
- [25] URL3, “İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. Projeler”, [http://www.webcitation.org/ query?url=http%3A%2F%2Fwww.istanbulafad.gov.tr%2Ficerik%2Fprojeler%2F+&date=2018-01-02](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.istanbulafad.gov.tr%2Ficerik%2Fprojeler%2F+&date=2018-01-02), 22.07.2017.

ŞEHİR LOJİSTİĞİNİN MODELLENMESİ

Kadriye Büşra Yılmaz Kaya¹, İlhan Or², Necati Aras³

1Yıldız Teknik Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul,
busrayilmazer@gmail.com

2 Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, or@boun.edu.tr

3Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, arasn@boun.edu.tr

ÖZET

Büyük şehirlerde hızla artan nüfusla beraber, hizmet sektörü de hızla büyümektedir. Bu da lojistik faaliyetlerin hem şehir içinde hem de şehirlerarasında artmasına neden olmuştur. Lojistik faaliyetler, gerek neden olduğu trafikten, gerekse gürültü kirliliği ve çevreye verdiği zarardan ötürü, şehir yaşayanları tarafından arzu edilen bir durum değildir. Dolayısıyla, metropol haline gelen büyük şehirlerde; şehir lojistiği, yani şehrin içindeki lojistik faaliyetlerin düzenlenmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Taşınacak yüklerin, taşıma araç tipi, arz/talep dengesi, zaman dilimi, transfer merkezi kullanıp/kullanılmaması boyutları ile hem maliyet hem de çevresel etkiler açısından eniyilenmesi çok önem kazanmaktadır.

Tüm bu kavramlar göz önüne alınarak, bu çalışmada, şehir lojistiği üzerine odaklanılmış, ürünlerin bir noktadan diğer noktaya taşınması konusunun planlanmasını/düzenlenmesini ele alan bir çalışma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eniyileme problemi, Şehir lojistiği, Yük taşımacılığı

A CITY LOGISTICS MODEL

ABSTRACT

As the population increase rapidly, the service sector is also growing each day. This has led to an increase in logistics activities both within and between cities. Logistics activities are not desirable by the city dwellers, because of the traffic and noise pollution that they cause, or the damage to the environment. Therefore, in the metropolitan cities, city logistics, which means the coordination of logistics activities in cities, is getting more and more important day by day. Considering both cost and environmental influences, optimization of which product type will be transported with which vehicle type in which time interval, supply/demand balance, usage of transshipment center are becoming very important issues.

Taking all these concepts into consideration, in this paper, a study has been developed that focuses on city logistics and deals with the daily movements of products from one node to another.

Keywords: Optimization problem, City logistics, Freight transportation

1. GİRİŞ

Şehirler büyüdükçe, nüfus arttıkça, insanların ürünlere olan talepleri de artmakta ve bu da daha fazla ürünün bir yerden bir yere taşınmasını gerektirmektedir. Böylece, yük taşımacılığı her geçen gün gelişen şehir hayatının daha önemli bir parçası haline gelmektedir. Yük taşımacılığı, gerek neden olduğu trafik problemi, gerekse çevreye verdiği rahatsızlıktan ötürü günlük şehir hayatını olumsuz etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Yük taşımacılığı ve beraberinde getirdiği diğer lojistik faaliyetlerin şehir hayatına verdiği zararlı etkileri azaltmak ve büyük şehirlerde yaşayan insanların yaşam kalitesini arttırabilmek için şehir lojistiğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Şehir lojistiğinin amacı, kalabalık şehirlerde insanlara düşük maliyette ve yüksek kalitede hizmet sunabilmektir (Ehmke, 2012). Metropol haline gelen büyük şehirlerde, şehir lojistiğinin hızlı ve etkin bir şekilde düzenlenmesi ve planlanması gerekmektedir. Lojistik faaliyetlerin, yaşayanların hayatlarını olumsuz etkilediği bir şehir ele alınmış ve buradaki şehir lojistiğinin modellenmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Bu bildiriye, ürünlerin hangi araç tipiyle, hangi zaman dilimlerinde nereden nereye aktarılacağına dair çalışma yapılmış ve nümerik bir örnek uygulama gösterilmiştir.

2. PROBLEM TANIMI

Şehir lojistiğinin stratejik anlamda modellenmeye çalışıldığı bu çalışmada, şehrin pilot bir kısmı ele alınmış ve bu kısım “bölge” adı verilen parçalara ayrılmıştır. Toplamda 40 bölge oluşturulmuştur. Bu bölgelerin her birinde üretim merkezi, tüketim merkezi ve/veya aktarma merkezi bulunabilmektedir. Bu bölgeler arasında, farklı tipteki ürünlerin, hangi araç tipiyle, hangi zaman dilimlerinde nereden nereye aktarılacağına dair çalışma yapılmıştır. Bu model kurulurken, dört araç tipi dikkate alınmıştır. Bunlar, tır, kamyon, panelvan ve elektrikli araçtır. Bu araç tipleri ve taşıma kapasiteleri, eşdeğer birim otomobil (EBO) değerleri ve CO₂, NO_x ve CO emisyon bilgileri Tablo 1’de verilmiştir. Zaman birimi olarak ise bir gün ele alınmış; trafiğin yoğun olduğu ve büyük araçların trafiğe çıkış saatleri dikkate alınarak bir gün 4 zaman dilimine ayrılmıştır: “gündüz yoğun”, “gündüz yoğun olmayan”, “gece yoğun” ve “gece yoğun olmayan”. Tablo 1’den de görüldüğü üzere, elektrikli araçlarda NO_x ve CO emisyon değerleri “0” alınmıştır fakat CO₂ emisyon değeri “0”dan farklı alınmıştır. Bunun nedeni, global anlamda CO₂ emisyonu azaltılmak istendiği için, elektrikli araçları şarj etmek için kullanılan elektriğin üretimi esnasında açığa çıkan CO₂ emisyonunun da dikkate alınmasıdır. NO_x ve CO emisyonlarının ise lokal anlamda çevreye verdiği zararı azaltmak hedeflenmiş, bu yüzden elektrikli araçların sadece çalışırken neden olduğu NO_x ve CO emisyon değerleri dikkate alınmış, onları şarj etmek için kullanılan elektriğin üretimi esnasında açığa çıkan NO_x ve CO emisyonları dikkate alınmamış ve “0” kabul edilmiştir.

Tablo 1: Araç Tipleri, Taşıma Kapasiteleri, Eşdeğer Birim Otomobil Değerleri ve Emisyon Dataları ((Ramachandra ve Shwetmala, 2009), (Element Energy Limited, 2012), (GHG Protocol, 2005), (Saha vd., 2009), (Wilson, 2013), (The United Republic of Tanzania Ministry Of Works, 2011),(Delphi, 2017))

Araç Tipleri	Taşıma Kapasiteleri(ton)	EBO	CO ₂ Emisyonu (g/km)	NO _x Emisyonu (g/km)	CO Emisyonu (g/km)
Tır	20	3.5	870	6.3	3.6
Kamyon	10	2.5	374	1.28	5.1
Panelvan	3	1	355.8	0.39	0.74
Elektrikli Araç	1	1	70	0	0

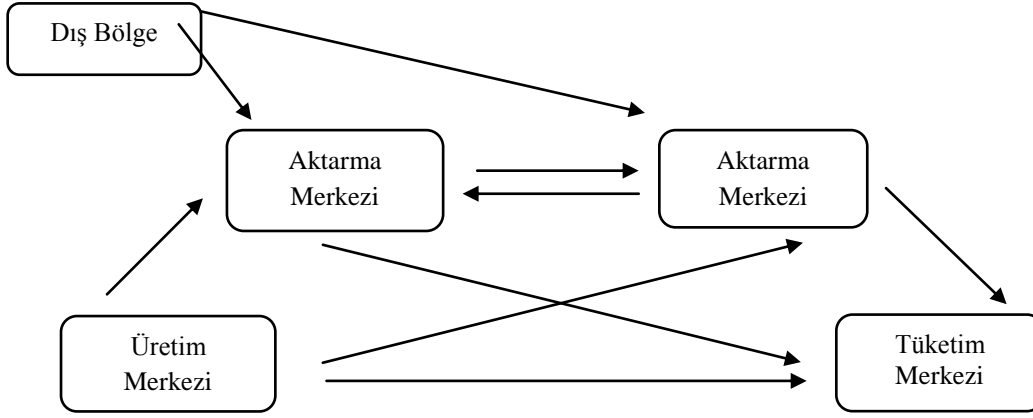
Bu çalışmada, 6 temel ürün tipine yer verilmiştir. Bu ürünler Tablo 2’de listelenmektedir.

Tablo 2: Ürün Tipleri ve Tanımları

Kod	Tanımları
1	Yiyecek, içecek
2	Tekstil ve tekstil ürünleri
3	Metal imalat ürünleri
4	Taşımacılık ekipmanları
5	Mobilya ve diğer imalat malları
6	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipmanlar; bilgisayarlar, elektrikli makineler ve cihazlar; Malların taşınmasında kullanılan ekipman ve malzemeler Gruplandırılmış mallar: bir arada taşınan karışık kategorilerdeki mallar

3. METODOLOJİ

Tüketim merkezlerinin ürünlere olan talepleri, ya doğrudan üretim merkezleri tarafından üretilen ürünlerle, ya da aktarma merkezlerinden gelen ürünlerle karşılanmaktadır. Diğer şehirlerden, şehrin içine gelen tüm ürünler, “dış bölge” diye adlandırılan yapay bir bölgede (sanal olarak) bir araya toplanmaktadır. Bu ürünler, dış bölgeden önce aktarma merkezine daha sonra tüketicilere gönderilmektedir. Aktarma merkezlerine ise, ya üretim merkezleri tarafından üretilen ürünler, ya da dış bölgeden gelen ürünler gönderilmektedir. Ürünlerin akışını ifade eden bu durum, Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Ürünlerin Akış Diyagramı

Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran en önemli unsurlar, hangi ürünlerin, hangi araç tipiyle, nereden nereye, hangi zaman diliminde taşınacağını belirleyebilmesidir. Özellikle, ürünlerin gün içinde hangi zaman diliminde gönderilmesi ile ilgili karar oldukça önemlidir ve bu çalışmayı farklı kılmaktadır. Örneğin, trafiğin yoğun olduğu saatlerde belli ürünler, “gündüz yoğun” zaman diliminde gönderilmektense, “gece yoğun olmayan” zaman diliminde gönderilebilir. Böylece, hem bu ürünlerin taşınmasından kaynaklanan trafik azalır, hem daha az emisyon salınımı gerçekleşir, hem de ürünler daha hızlı iletilir. Özetle, günün belli zaman dilimlerinde ürünlerin dengeli bir şekilde dağıtımına çıkması sağlanır.

3.1. Varsayımlar

Kurulan modelin yapısını ve boyutlarını etkileyen varsayımlar şöyledir:

- Üreticiler ürünlerini tüketicilere doğrudan ya da aktarma merkezi aracılığıyla gönderebilirler.
- Diğer şehirlerden, şehrin içine gelen tüm ürünler, “dış bölge” diye adlandırılan bir yapay bir bölgede bir araya gelir. Böyle bir dış bölge bulunmasının nedeni şehrin dışından gelen ürünleri dengeli bir şekilde aktarma merkezlerine dağıtabilmektir.
- Dış bölgeden gelen ürünler sadece şehirdeki aktarma merkezlerine ulaştırılır, doğrudan tüketicilere ulaştırılamaz. Bu yüzden, normalde şehir dışından gelip aktarma merkezine ulaştırılmamış ürünler, üreticiler tarafından üretilmiş gibi kabul edilir. Ayrıca, dış bölgeden gelen ürünlerin hangi araç tipiyle taşındığı dikkate alınmamıştır. Bu yüzden, dış bölgeden gelen ürünlerin neden olduğu emisyon ve bölgelerdeki trafiğe katkısı da göz ardı edilmiştir.
- Her bir bölgede en fazla bir tane aktarma merkezi, bir tane üretici ve bir tane tüketici vardır.
- Başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafe, bölge merkezleri arasındaki en kısa mesafedir.
- Bir araçta, birden fazla ürün tipi taşınabilir.
- Talep parametresi, bir tüketicinin bir ürüne olan günlük talebini ifade etmektedir. Bu çalışmada bir günlük talep dikkate alınmaktadır çünkü günün belli zamanlarında dilimleri arasında dengeli bir dağıtım yapılması hedeflenmektedir.
- Yükleme ve boşaltma operasyonları dikkate alınmamaktadır.
- Elektrik araçların menzili 100 km olarak varsayılmıştır. Elektrikli araçların şarj süreleri dikkate alınmamıştır. İki bölge arasındaki mesafe, elektrikli aracın menzilinden büyükse, o iki bölge arasındaki teslimatlarda elektrikli araç kullanılamamaktadır.
- Araçların kapasiteleri, ihtiyaç duyulan araç sayısını hesaplamada kullanılmaktadır.

Bunların yanı sıra, bölge içindeki ve bölgeler arasındaki mesafeler hesaplanırken de bazı detaylar dikkate alınmıştır. Örneğin, bir bölgedeki aktarma merkezinden diğer bölgedeki aktarma merkezine ürün taşınacaksa, aradaki mesafe bu iki bölgenin merkezi arasındaki en kısa yol olarak hesaplanmıştır; çünkü aktarma merkezlerinin bölge merkezlerine yakın yerlerde olduğu varsayılmıştır. Fakat, üretim veya tüketim merkezlerinin bölge merkezlerinde değil de bölge içinde herhangi bir yerde olduğu düşünülüp, üretim veya tüketim merkezlerinden aktarma merkezine ürün taşınıyorsa, üretim veya tüketim merkezinin olduğu bölgede aracın bölge içinde belli bir yol daha kat edeceği düşünülmüş ve iki bölge merkezi arasındaki en kısa yol miktarına bölge içindeki ortalama dolaşım miktarı da eklenmiştir. Benzer şekilde, bir bölgedeki üretim/ tüketim merkezinden diğer bölgedeki tüketim/üretim merkezine ürün taşınıyorsa, hem bu iki bölge içinde aracın ortalama dolaşım miktarı hem de bu iki bölge merkezi arasındaki en kısa yol miktarı hesaba katılmıştır.

Kurulan modelde, toplam maliyetin minimize edilmesi hedeflenmiştir. Amaç fonksiyonunda hem taşımacılıktan kaynaklanan, hem de CO₂ emisyonundan kaynaklanan maliyetlerin toplamının minimize edilmesi hedeflenmiştir.

Taşımacılıktan kaynaklanan maliyetler; şehir dışından aktarma merkezine gelen yüklerin maliyeti, üreticilerden direkt olarak tüketicilere gönderilen yüklerin maliyeti, üreticilerden aktarma merkezine gönderilen yüklerin maliyeti, iki aktarma merkezi arasında yük taşımanın maliyeti ve aktarma merkezlerinden tüketicilere gönderilen yüklerin maliyetleridir. Aynı zamanda, şehir dışından aktarma merkezine gelen yüklerin, üreticilerden direkt olarak tüketicilere gönderilen yüklerin, üreticilerden aktarma merkezine gönderilen yüklerin, iki aktarma merkezi arasında taşınan yüklerin ve aktarma merkezlerinden tüketicilere gönderilen yüklerin taşınması esnasından ortaya çıkan CO₂ emisyonundan kaynaklanan maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, günün farklı zamanlarında yoğunlukla trafik yoğunluğundan kaynaklanan seyahat süreleri değişimi ve bunun yarattığı taşıma maliyeti farkları da dikkate alınmaktadır.

5 tip karar değişkeni mevcuttur.

- Şehir dışından aktarma merkezine gelen p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı
- Üreticilerden aktarma merkezine v araç tipiyle, t zaman diliminde, p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı
- Üreticilerden tüketicilere v araç tipiyle, t zaman diliminde, p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı
- Aktarma merkezinden tüketicilere v araç tipiyle, t zaman diliminde, p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı
- Birinci aktarma merkezinden ikinci aktarma merkezine v araç tipiyle, t zaman diliminde, p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı
- İkinci aktarma merkezinden birinci aktarma merkezine v araç tipiyle, t zaman diliminde, p ürün tipiyle gelen ürünlerin miktarı

3.2. Kısıtlar

- (1) Her bir ürün tipi için, üreticilerden ve aktarma merkezlerinden her bir tüketiciye gönderilen ürün miktarı, her bir tüketicinin talebinden fazla olmalıdır.
- (2) Her bir aktarma merkezinden çıkan araç sayısı, her bir zaman dilimi için, o aktarma merkezinin araç hizmet verme kapasitesinden küçük olmalıdır.
- (3) Tırlar ile aktarma merkezlerinden tüketicilere dağıtım yapılamaz.
- (4) Tırlar ile üreticilerden aktarma merkezlerine dağıtım yapılamaz.
- (5) Tırlar ile üreticilerden tüketicilere dağıtım yapılamaz.
- (6) İki aktarma merkezi arasında dağıtım yapılırken sadece kamyon ve tır gibi büyük araçlar kullanılır, panelvan ve elektrikli araçlar kullanılmaz.
- (7) Dış bölgeden, üretim merkezlerinden ve diğer aktarma merkezinden bir aktarma merkezine gönderilen ürünlerin toplamı, o aktarma merkezinden tüketim merkezlerine ve diğer aktarma merkezlerine gönderilen ürünlerin toplamına eşittir.
- (8) Bir üretim merkezinden tüketim merkezlerine ve aktarma merkezlerine gönderilen ürünlerin miktarı, o üretim merkezinde üretilen ürünlerin miktarından daha büyük olamaz.
- (9) Düşük emisyon bölgelerinde, bir bölgedeki üretim, tüketim ve aktarma merkezlerine gelen ve üretim, tüketim ve aktarma merkezlerinden ayrılan araçların yarattığı NO_x emisyon miktarı, o bölgedeki maksimum NO_x emisyonu miktarından fazla olamaz.
- (10) Düşük emisyon bölgelerinde, bir bölgedeki üretim, tüketim ve aktarma merkezlerine gelen ve üretim, tüketim ve aktarma merkezlerinden ayrılan araçların yarattığı CO emisyon miktarı, o bölgedeki maksimum CO emisyonu miktarından fazla olamaz.
- (11) Bir bölgedeki, birim alana düşen, üretim, tüketim ve aktarma merkezlerine gelen ve üretim, tüketim ve aktarma merkezlerinden ayrılan araçların sayısı, o bölgedeki maksimum araç sayısından fazla olamaz.
- (12) Herhangi iki nokta arasındaki taşıma miktarı, tüm araç tipleri ve zaman dilimleri için sıfırdan küçük olamaz.

Ayrıca, iki aktarma merkezi arasında ürünler kamyon ve tır gibi büyük araçlarla taşınmaktadır ve bu araçların aktarma merkezinde konsolidasyon gibi belirli işlemlere tabi tutulacağı göz önüne alarak, tam dolu olduğu varsayılmaktadır. Üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine ürün taşınırken ise kamyonların yaklaşık %75 dolulukta olabileceği varsayılmıştır.

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Kurulan matematiksel model, GAMS'e (General Algebraic Modeling System) aktarılıp CPLEX çözücüsüyle çözdürülmüştür. Talep ve üretim miktarları için gerçek olmayan, tahmini datalar alınmıştır. Baz modelin sonuçları incelendikten sonra da senaryolar oluşturulmuştur. Baz modelin sonuçları Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3: Baz Modelin Sonuçları (Milyon "/gün)

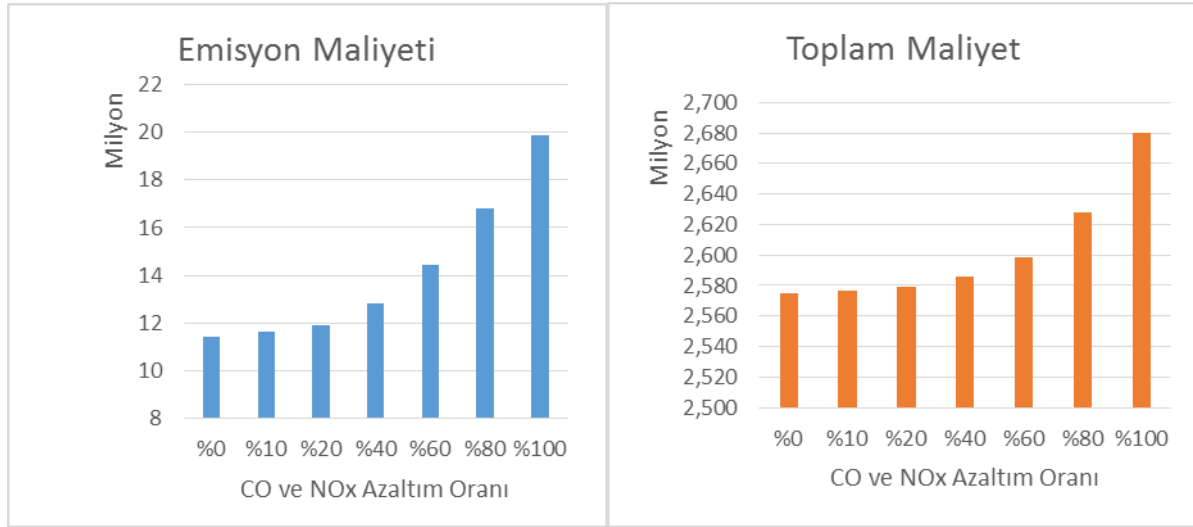
CO ₂ Emisyon Maliyeti	Taşımacılık Maliyeti	Toplam Maliyet
11.4	2,563.6	2,575.0

Her bir zaman dilimindeki kullanılan araç sayıları Tablo 4'de görülmektedir. Diğer zaman dilimlerinde araçlar kullanılmadığı için Tablo 4'de sadece kullanılan araçlar, bir başka deyişle "gece yoğun olmayan" zaman dilimindeki araç sayıları verilmiştir.

Tablo 4: Her Bir Zaman Dilimindeki Araç Sayıları

	Gece yoğun olmayan
Kamyon	148,049
Elektrikli Araç	78,779

Sonuçlar incelendikten sonra bazı senaryo analizleri yapılmıştır. Baz modeldeki NO_x ve CO miktarını kısıtlayan kısıt ele alınıp, maksimum emisyon seviyesi %0, %10, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında azaltılmıştır. Bu senaryolara göre çıkan sonuçlar Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2: CO₂ Emisyon Maliyeti (" /gün)

Şekil 3: Toplam maliyet (" /gün)

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, CO ve NO_x azaltım oranı arttıkça, CO₂ emisyon maliyeti ve toplam maliyet de artmaktadır. Bunun nedeni, modelin CO ve NO_x miktarlarını azaltmak için çevreye duyarlı elektrikli araçları tercih etmesidir. Elektrikli araçların kapasitesi düşük olduğu için, toplam yükü taşıyabilmek için sayıca daha fazla elektrikli araca ihtiyaç duymaktadır. Global anlamda ise elektrikli araç kullanmak CO₂ emisyonuna neden olduğu için, Şekil 2'de de görüldüğü üzere, CO₂'den kaynaklanan emisyon maliyetleri artmaktadır.

Şehir lojistiğinin önemi gün geçtikçe artmakta ve büyük şehirler için uygun bir lojistik modelin yaratılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu çalışmada, hem hangi ürünlerin, hangi araç tipiyle, hangi zaman diliminde nereden nereye aktarılmasıyla ilgili stratejik düzeyde bir çalışma yer almakta ve hem de bu kararlar dikkate alınarak toplam maliyetin ve çevreye verilen zararın azaltılması hedeflenmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere, bu çalışma stratejik anlamda büyük bir şehrin yaşadığı çeşitli lojistik sorunları ele alabilme ve bu sorunlara çözüm üretebilme fırsatı sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Delphi, "2016 - 2017 Worldwide Emissions Standards Passenger Cars and Light Duty".
- [2] Ehmke, Jan. (2012), "Integration of Information and Optimization Models for Routing in City Logistics" In . Springer.
- [3] Element Energy Limited, 2012, "Ultra Low Emission Vans Study - Final Report".
- [4] GHG Protocol (2005), "Calculating CO2 Emissions from Mobile Sources", Mobile Guide, v1.3.
- [5] Ramachandra, T.V., Shwetmala (2009), "Emissions from India's Transport Sector: Statewise Synthesis", Atmospheric Environment, 43, pp. 5510–5517.
- [6] Saha, P., Mahmud, H.M. I., Hossain, Q. S., Islam, Z., (2009), "Passenger Car Equivalent (PCE) of Through Vehicles at Signalized Intersections in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh", International Association of Traffic and Safety Sciences, 33 (2), pp. 99–104.
- [7] The United Republic of Tanzania Ministry of Works, 2011," Road Geometric Design Manual".
- [8] Vaughan, R. (1984), "Approximate Formulas for Average Distances Associated with Zones", Transportation Science 18(3), pp. 231-244.
- [9] Wilson, L. (2013), "Shades of Green: Electric Cars' Carbon Emissions Around the Globe", Shrink That Footprint.

METROPOL ŞEHİRLERİN YÖNETİMİNDE KENTSEL LOJİSTİK PROBLEMİ VE AHP YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Ferhat Arıkan¹, Mehmet Tanyaş²

¹Bursa Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Başkanlığı, ferhat.arikan@bursa.bel.tr

²Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, mehmettanyas@maltepe.edu.tr

ÖZET

Dünyadaki şehirli nüfusun artışı ve kentlerdeki ticari, sınai faaliyetlerle kent yaşamının iç içe geçmesi, kentsel lojistik probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Şehirlerdeki ticari faaliyetlerle birlikte şehir hareketliliği ve lojistik operasyonların ortak ulaşım altyapısını kullanması; kentlerde trafik sıkışıklığı, düşük hız, yüksek enerji tüketimi, gürültü, kazalar, uzayan ulaşım süreleri vb. problemlere neden olmaktadır:

Şehirlerde ulaşım ve lojistik altyapısının oluşturulması ile kentsel lojistik işleyişinin planlanması yerel yönetimlerin sorumluluk alanındadır. İyi bir lojistik planlama; lojistik operasyonlar ve depolama faaliyetlerin bir arada yürütülmesi, lojistik akışların mümkün olduğu kadar azaltılması, şehir merkezleri ve sosyal yaşam bölgelerine giriş kısıtlarının oluşturulması, kent içinde aktarma ve dağıtım noktalarının planlanması, parklanma alanlarının belirlenmesi vb. unsurları içermelidir.

Bu çalışmada kentsel lojistik probleminin irdelenmesinde üç milyonu aşkın nüfusuyla 22 adet sanayi bölgesi, limanları, yoğun ticari faaliyetleri ve turizm potansiyeliyle Bursa ili ele alınmıştır. Şehirde yapılacak kentsel lojistik düzenlemelerinin sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve mobilite açısından etkileri analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemiyle analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Kentsel Lojistik, Mobilite, Sürdürülebilirlik, Yaşanabilirlik

URBAN LOGISTIC PROBLEM IN THE MANAGEMENT OF METROPOLITAN CITIES AND SOLUTION APPROACH WITH AHP METHOD

ABSTRACT

The rise in city population and the interlace of the city life to commercial and industrial activities cause urban logistics problems. Along with the commercial activities in cities, logistic operations' sharing the transportation infrastructure with city life brings along problems such as traffic jam, underspeed, high energy consumption, noise, accidents and extended travel time.

Forming transportation, logistic substructure and planning urban logistic operations in cities are the responsibilities of local governments. A good logistic planning should contain carrying out the planning of urban logistic operations and storage activities in cooperation, minimising the logistic flows as much as possible, forming access limitations to the city centers and social life areas, planning the distributing and transfer points and identification of parking areas in cities.

In this article, the city of Bursa examined by the aspect of urban logistics problems due to its population over 3 million, 22 industrial zones, ports, its tourism potential and intense commercial activities. The regulations that are to be held in the city are analyzed by the Analytical Hierarchy Process (AHP) in terms of sustainability, inhabitability and mobility effects.

Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Urban logistics, Mobility, Sustainability, Inhabitability

1. GİRİŞ

Taniguchi vd.'ne (2000) göre Kentsel Lojistik “kentsel bölgelerde özel sektör şirketleri tarafından gerçekleştirilen lojistik ve taşıma faaliyetlerinin, pazar ekonomisi çerçevesinde trafik altyapısını, trafik sıkışıklığını, güvenliğini ve enerji tasarrufunu dikkate alınarak, gelişmiş bilgi teknolojileri desteğiyle optimize edilmesi süreci” olarak ifade edilmektedir.

Kentsel lojistik kavramı, kent içi lojistiğin sosyal, kültürel, çevresel, trafik, ekonomik, mali ve enerji tüketimi ile ilgili etkilerini dikkate alarak kentteki lojistik faaliyetlerin sosyal pazar ekonomisi şartları çerçevesinde en iyilenmesi sürecidir.

Kentler; tüketim malları, yapı malzemeleri, ev eşyaları, atıklar ve kargo/kurye gibi pek çok farklı tipte yükün sürekli olarak taşınma halinde olduğu bölgelerdir. Tipik bir kentin sokak trafiğinin dörtte birini yük akışları oluşturmaktadır. Ayrıca taşınan malzemeler; yükleme/boşaltma, depolama, mal ayrıştırma/birleştirme, paketleme gibi kent alanının bir kısmının kullanılmasını gerektiren faaliyetlere de ihtiyaç duymaktadırlar. Kent büyürken, lojistik altyapı aynı oranda iyileşmezse kentsel lojistik sorunları oluşur.

İyi planlanmayan kent içi lojistik faaliyetler şehir trafiğine ekstra yük oluştururken, trafik sıkışıklığı, kazalar, gürültü, yüksek enerji tüketimi, uzayan ulaşım süreleri vb. olumsuz etkileri beraberinde getirerek, şehrim yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Witkowski ve Janiak'a (2012) göre kentsel lojistik kent sınırları içerisinde gerçekleşen lojistik süreçlerin planlanması, koordine edilmesi ve kontrolüne odaklanır ve maliyetleri optimize edecek, sıkışıklığı azaltacak ve yaşam kalitesini arttıracak şekilde malların, insanların ve bilginin fiziksel hareketiyle ilgilenir.

Büyüközkan vd.'ne (2012) kentsel lojistiğin hedefinin genel lojistikte olduğu gibi dağıtım, ulaşımın planlanması, yönetilmesi olduğunu belirtmişler ve kentsel lojistiğin başlıca amaçlarının etkinlik, çevrenin korunması, trafiğin azalması, güvenlik ve enerji tasarrufu olduğunu; bunların kentsel lojistiğin üç yapıtaşı olan sürdürülebilirlik, hareketlilik ve yaşanabilirlik kavramları ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Taniguchi, vd.'ne (2003) göre kentsel lojistik süreci ile etkin ve çevre dostu kentsel lojistik sistemleri kurmak için, kentsel lojistik vizyonuna ihtiyacımız bulunmaktadır. Her şeyden önce, kentsel lojistik kullanarak elde edilebilecek hedef aktiviteler belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar:

- ✓ Mobilite
- ✓ Sürdürülebilirlik
- ✓ Yaşanabilirlik

olarak tanımlanabilir.

Mobilite, ürünlerin kentsel alanlara ve alanlardan nakliyesi için basit gereksinimdir. Güvenilebilir karayolu, demiryolu ve diğer ulaşım ağları ile bağlantının sağlanması ve nakliye süreleri açısından gereklidir. Gerekli yol ağ kapasitesini sağlamak ve trafik sıkışıklığının hafifletilmesi, her zaman kentsel trafik yönetiminde önemli konular olmuştur. Bunun yanı sıra, birçok müşteri tarafından talep edilen Just-In-Time (JIT) nakliye sistemleri yüzünden ortaya çıkan, belirli zaman dilimlerinde teslimat gerçekleştirilmesi ihtiyacından dolayı, bu konular büyük önem kazanmaktadır.

Sürdürülebilirlik, toplumun giderek, hava kirliliği, ses, titreşim ve görsel kirlilik konularını içeren çevresel konulara ilgisinin artmasından dolayı, önemli hale gelmektedir. Büyük taşıma araçları, genelde çevreyi olumsuz olarak etkiler. Dolayısıyla, büyük ölçekteki yük araçlarının çevreye olumsuz etkisinin minimize edilmesi, kentsel taşıma sistemleri yönetilirken çözülmesi gereken önemli konulardandır. Aynı şekilde, enerji tüketimini minimize etmek de şehrin yaşanabilir olmasını sağlamak için gereklidir.

Sosyal açıdan sürdürülebilir kentsel lojistik, kıt alanlara ve yoğun nüfusa sahip olan kentlerde hem kentte yaşayanların sosyal hayatlarının sürdürülebilirliği hem de lojistik hizmet verenlerin sosyal ihtiyaçların adil biçimde sağlanmasını ifade etmektedir (Gonzalez-Feliu ve Morana, 2010).

Yaşanabilirlik, kentsel lojistik sistemleri planlamasında dikkate alınmalıdır. Mağazalara veya kimi zaman doğrudan evlere teslimata imkan sağlayan kentsel teslimat sistemleri sayesinde, kent sakinleri, çok sayıda ürüne rahatlıkla ulaşabilmektedirler. Aynı zamanda yaşama alanları çevresinde veya yakınındaki ağır ticari vasıtalarından kaynaklanan trafik güvenliği ve çevre kirliliği endişeleri bulunmaktadır.

Dolayısıyla, kentsel lojistiğin vizyonu, çevre, güvenlik ve enerji tüketimi üzerine olumsuz etkileri minimize ederek, şehrin ihtiyacı olan malların sağlanması ve şehirde üretilen ürünlerin toplanmasını sağlayarak mobil, sürdürülebilir ve yaşanabilir şehirler oluşturmaktır.

Şekil 1'de sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve hareketlilik değerlerini sağlayan bir kentsel lojistik vizyonunu etkileyen parametreler, diyagram üzerinde gösterilmiştir.

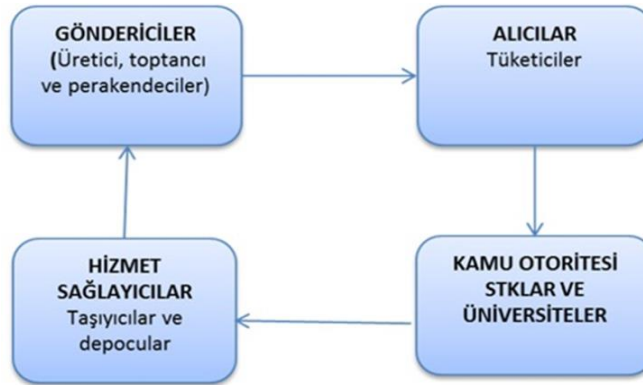


Şekil 1. Kentsel lojistik vizyonu (Kaynak: Taniguchi vd., 2003)

Kentsel lojistik planlaması; lojistik ve lojistiğe bağlı sektörlerin daha hızlı, düşük maliyetli, esnek, standart ve kaliteli hizmet sunabilmeleri için kentsel alanda gerekli ortamın hazırlanması, kentin ekonomik gelişimi yönünden temel hedefinin gerçekleştirilmesi, küresel ve bölge ülkeleri yönünden kentin rekabet avantajının şehir içi lojistiğin disiplinler arası bakış açısıyla değerlendirilmesi amacını taşımaktadır. Kentsel lojistik planlanması, bir yönüyle lojistik sektörün rekabet gücünü arttıracak şekilde kent planlamasında lojistik fonksiyonların mekânsal planlamasının yapılmasıdır. Bu şekilde özelde lojistik sektörü, genelde ise kent ve çevresiyle birlikte bütün ekonominin, istihdamın gelişmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir (Koldemir vd., 2009).

Kentsel lojistik planlamasının bir başka yönü lojistik fonksiyonların kentle olan ilişkilerinin düzenlenmesi, bu alanların ekonomik bakış açısı yanında kentsel sürdürülebilirlik çerçevesinde sosyal, kültürel boyutlarıyla mekânsal açıdan yorumlanmasıdır (Taniguchi vd., 2000).

Şekil 2'de gösterildiği üzere, kentsel lojistiğin unsurları incelendiğinde kabaca dört taraftan bahsetmemiz mümkündür. Bunlardan ikisi, kentsel lojistik faaliyetlerinde ana unsurlar olan alıcılar ve göndericilerdir. Ürün tüketim talebi sırasıyla üreticilerden toptancılara ve dağıtım merkezlerine oradan da perakendecilere bir yük akışı oluşturmaktadır. Akışın nihai bitiş noktası ise kentliler yani tüketicilerdir.



Şekil 2. Kentsel lojistiğin tarafları

Yük akışı taşıma hizmeti veren lojistik işletmeler tarafından yapılmaktadır. Bunlar nakliye, depolama, dağıtım, tersine lojistik vb. lojistik hizmetleri sağlamaktadır.

Son olarak da bu lojistik faaliyetleri düzenleyen kurallar ve yasaklar koyan bir kamu idaresi, bu alanda bilimsel çalışmalar yapan üniversiteler, akademik birimler ve sivil toplum kuruluşu olarak faaliyet gösteren dernek, vakıf, oda vb. sivil inisiyatif unsurları bulunmaktadır.

Lojistik faaliyetlerin kentle bir bütün oluşturması, ekonomik fayda sağlama ve şehrin yaşanabilirlik değerine olumsuz etkisinin en aza indirilmesi birlikte değerlendirildiğinde, birtakım politikalar ön plana çıkabilmektedir:

- Lojistik merkezlerin şehrin ulaşım akslarına göre konumlandırılması
- Lojistik faaliyetlerin kentin çeperlerine aktarılması
- Demiryolu ve denizyolu kullanımına öncelik verilmesi
- Üretim ve sanayileşme bölgeleri ile lojistik alanlar arasında ulaşım altyapısının yeterli seviyede olması
- Akıllı ulaşım sistemlerinin (ITS) etkin kullanımı
- Eğitim ve bilişim altyapısına öncelik verilmesi

İyi bir planlama ve lojistik sistemin uygulanması için, araçların yerel yönetimlere uygun olması gerekmektedir. Ancak bunun sağlanabilmesinin, lojistik faaliyetlerin gerek uygulanmasının gerekse etkisinin hem çok boyutlu, hem de geniş kapsamlı olduğunun dikkate alınmasına bağlı olduğu vurgulanmalıdır.

Bütün gelişmeler ışığında şehirlerde yaşanan kentsel lojistik probleminin çözümünde altyapı sağlayıcı ve kural koyucu olarak yerel yönetimlere büyük iş düşmektedir. İyi planlanmış bir kentsel lojistik yönetimi, firmaların rekabet gücünü artırarak ekonomik değer sağlarken, şehir yaşamına olumsuz etkilerini en aza indirerek mobilite, sürdürülebilirlik ve yaşanabilirlik değerlerine olumlu yönde etki sağlama mümkündür.

3. KENTSEL LOJİSTİK PROBLEMİNE YEREL YÖNETİM YAKLAŞIMLARI

Yerel yönetimler merkezi idare tarafından düzenlenen Belediye Kanunu'nun verdiği yetki doğrultusunda ulaşım yatırımlarının planlanması, trafik akışının düzenlenmesi, denetimi, çevre düzeni planlarının oluşturulması vb. tüm düzenlemeleri yapmakla yükümlüdür.

Metropol şehirlerde günlük yolcu ve araç akışıyla birlikte lojistik faaliyetlerden kaynaklanan yük akışı da ciddi bir yoğunluk oluşturmaktadır. Sanayi bölgeleri, gümrükler, limanlar, depolar, demiryolu terminalleri, tır kamyon parkları, dağıtım ve aktarma merkezleri, alışveriş merkezleri, şehir içi dağıtım lojistiği vb. unsurlar lojistik çekim noktalarını oluşturmaktadır.

Yerel yönetimler kent mücavir alanında lojistik faaliyetlerden kaynaklanan trafik yoğunluğunu azaltmak ve bir düzen dahilinde sağlamak amacıyla, lojistik akış güzergâhlarının belirlenmesi, yasak saat uygulamaları, aktarma merkezlerinin oluşturulması, lojistik köylerin planlanması, Akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı vb. yatırım ve düzenlemeler yapması mümkündür.

Bu düzenlemeler, izleyen alt bölümlerde belirtilen beş ana başlıkta toplanacaktır.

3.1. Lojistik güzergahların oluşturulması

Lojistik hizmeti sağlayan tır kamyon ve kamyonetlerin sanayi bölgelerine, gümrüklere, depolara, alışveriş merkezlerine, şehir merkezine hangi güzergâhları kullanarak ulaşacaklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Yüksek tonajlı tır ve kamyonların şehrin çeperinde oluşturulan yüksek kapasiteli otoyolları kullanarak hedef noktalarına ulaşmaları, şehir merkezlerine kesinlikle girmemeleri gerekmektedir.

Şehir merkezine ve yolcu yoğun bölgelere gidecek yüklerin aktarma merkezlerinde daha küçük boyutlardaki kamyonetlere aktararak taşınması sağlanmalıdır.

3.2. Yasak saatlerin belirlenmesi

Yasak saatlerin uygulanmasında iş ve eğitim amaçlı yolculuk talebinin zirve yaptığı 06:00 – 10:00 ve 16:00 – 20:00 saatleri arasında lojistik akıştan kaynaklanan trafik yoğunluğunu en aza indirmek amacıyla düzenleme yapılması sağlanmalıdır. Yasak saat uygulamasını üç kategoride düzenlemek mümkündür:

- Ağır tonajlı tır ve kamyonlar için şehir merkezine ve yerleşim yoğun bölgelerine trafik akışının oldukça düşük olduğu 22:00 – 06:00 saatleri arasındaki zaman diliminde giriş yapmaları 06:00 – 22:00 saatleri arasında kesinlikle giriş yapmamaları sağlanmalıdır.
- Ağırlığı 3,5 tona kadar olan kamyon ve kamyonetler için, trafiğin zirve yaptığı 06:00 – 10:00 ve 16:00 – 20:00 arasında şehir merkezine giriş yapmamaları, diğer saatlerde kontrollü olarak ilgili güzergâhları kullanmaları sağlanmalıdır.
- Ağırlığı 1,5 tona kadar olan küçük kamyonetler için herhangi bir yasak saat koymamakla birlikte dağıtım faaliyetlerini düzenli ve uygun parklanma alanlarını kullanarak yapmaları sağlanmalıdır.

3.3. Aktarma ve dağıtım merkezlerinin oluşturulması

Özellikle kentin günlük lojistik taleplerini karşılamak, gelen yükün şehir merkezine, alışveriş merkezlerine, marketlere vb. noktalara ulaştırılmasını sağlamak üzere şehir merkezinin çeperlerinde ama şehrin yakınında, karayolu bağlantısı iyi olan küçük lojistik alanlar oluşturulmalıdır.

Bu alanlara ağır tonajlı araçlarla gelen yüklerin daha küçük kapasiteli kamyonetlere aktarılarak dağıtımın yapılması, kısa süreli depolamalara olanak vermesi ve kısa süreli araç parklanmalarına olanak sağlayacak şekilde alan planlamasının yapılması gereklidir.

Böylelikle uzun süre depolanması ve elleçlenmesi gerekmeyen günlük yüklerin şehrin trafik akışını bozmadan kısa süreli depolama ve aktarmalarla planlı bir şekilde yürütülmesi sağlanmış olur.

3.4. Lojistik merkez/köylerin planlanması

Lojistik faaliyetler şehrin muhtelif bölgelerinde gelişigüzel olarak yayılmış durumdadır. Şehrin gelişimiyle birlikte kent içi yerleşimle iç içe geçmiş sanayi alanları, kentin geneline yayılmış depolama alanları, yanlış noktalara konumlandırılmış lojistik odaklar, ulaştırma altyapısının (demiryolu, denizyolu vb.) eksikliği, kent trafiğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Doğru yerde ve doğru büyüklükte konumlandırılmış ulaştırma bağlantıları sağlanmış olan lojistik merkezler kullanıcılarına maliyet ve rekabet avantajı sağlarken, kent mücavir alanındaki lojistik faaliyetlerin tek elden toplanması ve koordinasyonunun sağlanması, mükerrer lojistik operasyonların en aza indirilmesi, kent geneline yayılmış depolama alanlarının, gümrükleme faaliyetlerinin tek merkeze toplanması sağlanacaktır.

Lojistik merkeze demiryolu ve mümkünse denizyolu bağlantısının sağlandığı düşünüldüğünde karayolu kullanım oranı azalacaktır. Depolama faaliyetlerinin tek merkezde toplanması şehir içi yük akışlarını azaltacak, tır kamyon parkları yüksek kapasiteli yük araçlarının şehir trafiğinden çekilmesini sağlayacaktır.

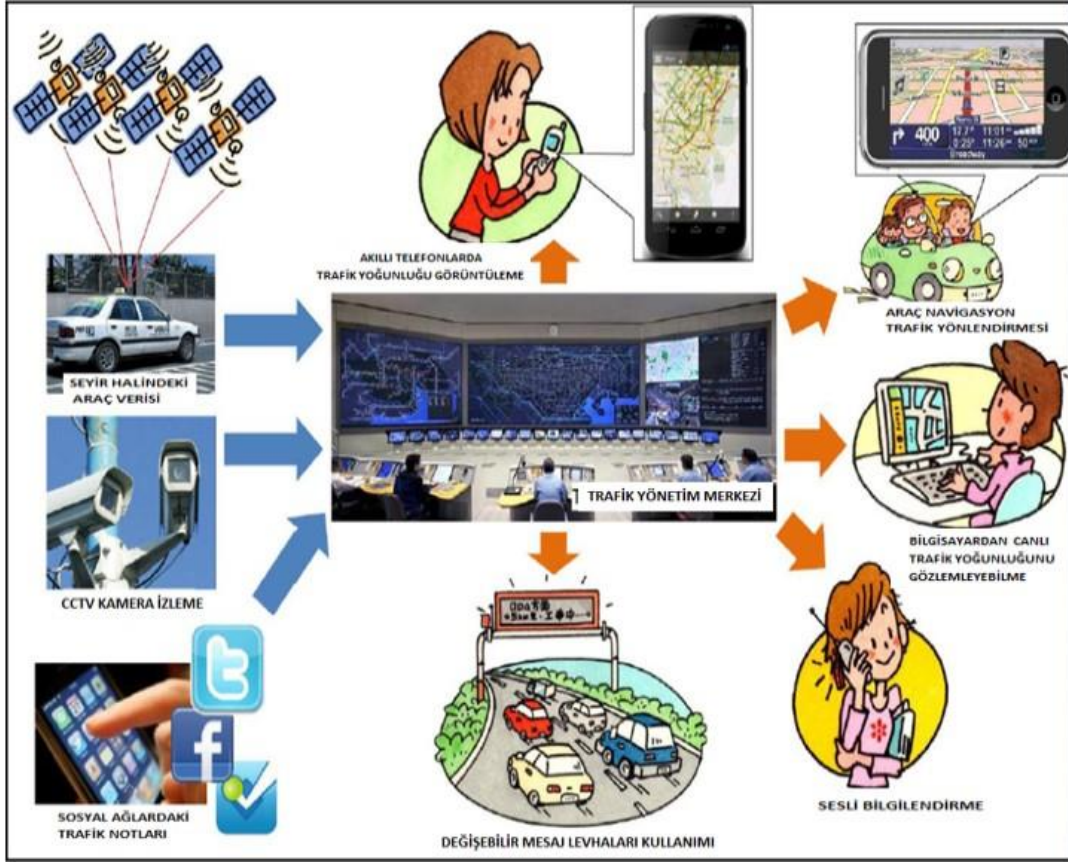
Böylece kent merkezinde ve yerleşim bölgelerinde kentsel lojistikten kaynaklanan trafik yoğunluğu azalmış olacak, trafik güvenliğinin daha yüksek seviyelere çıkması, çevre ve gürültü kirliliğinin azalarak daha yaşanabilir ve sürdürülebilir bir şehir yaşamına katkıda bulunulacaktır.

3.5. Akıllı ulaştırma sistemlerinin (ITS) kullanılması

Teknolojinin yoğun kullanımıyla birlikte metropol kentlerde akıllı şehircilik uygulamaları hızlı bir gelişim göstermektedir. Bu uygulamalardan en etkin kullanılanı Akıllı Ulaştırma Sistemleri (ITS) olarak görülmektedir.

Trafik Yönetim Merkezi (TMC) çatısı altında toplanan akıllı ulaştırma sistemi uygulamaları kabaca, CCTV kameralar ve sensörler aracılığıyla elde edilen anlık trafik yoğunluğu, kaza, hava durumu vb. verilerin trafik yönetim merkezinde işlenerek anlamlı bilgi haline getirilmektedir. İlgili bilgiler; trafik ışıklarının adaptif olarak yönetimi, değişken mesaj panoları (VMS) ile sürücü bilgilendirilmesi, akıllı telefon uygulamaları ve navigasyon sistemlerine veri aktarımı ve radyo yayını bilgilendirmesi, nihai kullanıcılara anlık trafik bilgi akışı sağlanmasıdır.

Şekil 3'te şematik olarak gösterilen Trafik Yönetim merkezi kurulumuyla birlikte, sürücülere anlık bilgi akışı ve trafiğe etkin ve zamanında müdahale yeteneği kazandıran bu sistemlerle birlikte mevcut ulaştırma altyapısının etkin kullanımı, seyahat süreleri ve trafik sıkışıklığının azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması ve alternatif yolların etkin olarak kullanımının sağlanması mümkündür.



Şekil 3. Trafik Yönetim Merkezi (TMC) diyagramı

Yük taşımacılığı yapan araçlara da anlık trafik bilgisi sağlayan bu sistemlerle birlikte alternatif güzergâhlar kullanılarak teslimat süresi ve yakıt sarfiyatının azaltılması, yasaklı güzergâh ve zamanların anlık olarak kontrolü, kaza ve trafik yoğunluğu bilgisinin tam zamanlı olarak değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Bu bilgiler lojistik hizmeti sağlayan ve alan firmalara maliyet ve tam zamanlı teslimat avantajı sağlarken şehirdeki lojistik akışın bilgiye dayalı ve daha etkin yönetilmesine olanak sağlamaktadır.

4. BURSA LOJİSTİK ALTYAPISI

Bursa gelişmiş ve sürekli büyüyen sanayisi ve önemli miktardaki tarımsal üretimine paralel olarak yük taşımacılığında oldukça ağır bir yük trafiğine maruz kalmaktadır. Özellikle Organize Sanayi Bölgeleri, Serbest Bölge ve Limanlar, Otomotiv ve Tekstil Fabrikaları ile Sebze ve Meyve Hali, yük trafiğinin en önemli oranını teşkil etmektedirler. Bunun yanı sıra özellikle çevre ilçe ve köylerde gerçekleştirilen tarımsal üretim ve buna bağlı tarım sanayi üretim de yük trafiğine ciddi oranda ilave sağlamaktadırlar.

Organize Sanayi Bölgeleri, sanayi siteleri, otomotiv fabrikaları, Osmangazi şehir merkez alanı ve alışveriş merkezleri yük taşıma talebi üreten ana merkezlerdir.

Bölge otomotiv, metal, makine, tekstil ve gıda sektörlerinde üretim üssü olması ve limanların oluşturduğu potansiyel nedeniyle ciddi bir ihracat ve yurtiçi dağıtım üssü konumundadır. Bölgeden sevk edilen eşyalar arasında ise Binek oto, makine ve aksamı, demir çelik ürünü, hayvansal ürünler, iplik, muhtelif boru, çelik çubuk, çelik kütük, seramik, muhtelif gıda ve konserve gibi ürünler bulunmaktadır.

Bölgeye gelen yükler yine imalat sanayinin hammadde ihtiyacı ve limanların bölgenin ithalat ihtiyacını karşılama potansiyelinden dolayı ağırlık oluşturmaktadır.

Büyükşehir Belediyesinin görüşüne göre, karayolu ağının fonksiyon yeteneğinin ve trafik akışının güvenliğinin (bilhassa zirve trafik saatlerinde) sağlanabilmesi için, şehir bölgesindeki lojistik trafiğine mahsus düzenlemeler söz konusudur. Mevcut durumda, Bursa'daki yüklerin dağıtımı, kargo işletmeleri, ambarlar, taşıma kooperatifleri ve daha küçük özel nakliye şirketleri sahip oldukları kendi firma araçları ile gerçekleştirmektedir.

Toplam-brüt ağırlığı 3,5 tonun üzerinde bulunan lojistik trafiği araçları için kentsel karayolu ağında trafik kısıtlamaları bulunmaktadır. Bu araçların saat 06:00'dan saat 10:00'a kadar ve saat 16:00'dan saat 20:00'ye kadar kent içindeki yolları kullanmaları UKOME kararı ile yasaklanmıştır. Sanayi ve Ticaret bölgeleri ve bu bölgelerin transit lojistik trafiği için güzergâhlar tespit edilmiş, buna uygun olarak ise trafik tabelaları teçhiz edilmiştir.

Şekil 4'de görüldüğü üzere yük trafiği organizasyonunda sanayi ve ticaret bölgelerine ulaşılacak yollar ve yasaklı güzergâhlar harita üzerinde şematik olarak gösterilmektedir.

BURSA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
Ulaşım Ana Planı



Şekil 4. Bursa Büyükşehir Belediyesi yük trafiği organizasyonu

Şehirdeki lojistik akışı tek elden ve verimli olarak yönetebilmek için lojistik köy fizibilite çalışmaları yapılmış, uygun yer seçimi için çalışmalar devam etmektedir. Lojistik köy/merkez kurulumuyla birlikte lojistik faaliyetlerden kaynaklanan trafik yoğunluğunun azalması, trafik güvenliği ve yaşanabilirlik seviyesinin yükselmesi beklenmektedir.

Ayrıca şehirdeki trafik akışını bilgiye dayalı, tam zamanlı, etkin ve güvenli bir şekilde yönetebilmek adına Trafik Yönetim Merkezi çalışmaları devam etmekte olup, sistemin kurulumuyla birlikte; trafik bilgilendirme yeteneklerinin tam zamanlı kullanımı, seyahat sürelerinin kısılması, alternatif güzergâhların daha etkin kullanımı ve trafiğe anlık müdahale edebilme yeteneği kazanılacaktır. Bu yetenekler lojistik operasyonların da bilgiye dayalı daha etkin ve güvenli bir şekilde icra edilmesine olanak sağlayacaktır.

5. METODOLOJİ

Problemin tanımında belirtildiği üzere şehirlerin gelişimi ve sınai, ticari, ekonomik faaliyetlerin artmasıyla birlikte yük hareketliliğinden kaynaklanan kentsel lojistik problemi ortaya çıkmıştır.

Yerel yönetimler kentsel lojistik probleminin çözümüne yönelik planlama çalışmalarında bulunurken;

- Kentin hareketlilik (mobilité) değerlerinin kabul edilebilir değerlere ulaştırılması
- Sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesi
- Kentin yaşam kalitesine etki eden gürültü, hava kirliliği kazalar ve titreşim değerlerinin azaltılarak yaşanabilirlik seviyesinin yükseltilmesi

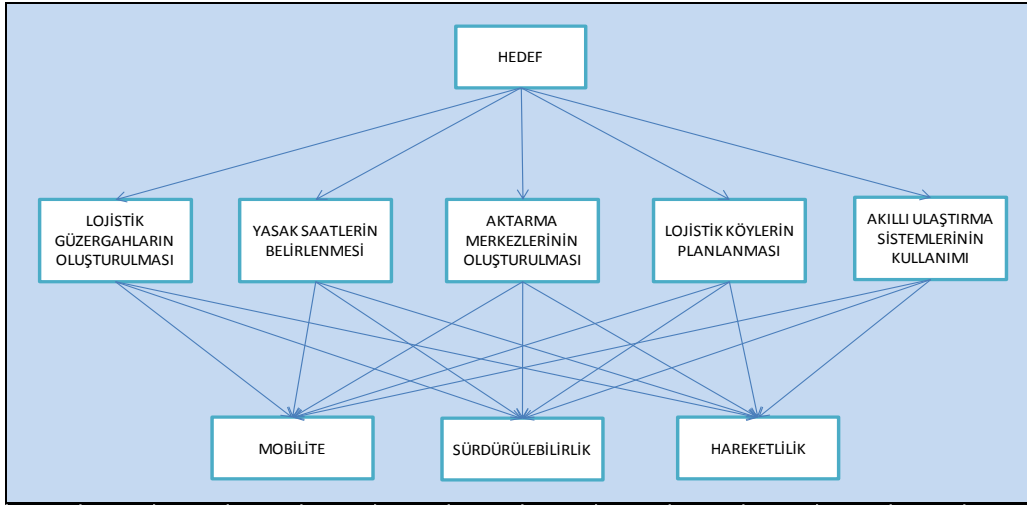
değerlerini göz önünde bulundurularak karar alması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Bu çalışmada yerel yönetimlerin kentsel lojistik probleminin çözüm amacıyla geliştirebileceği; yasak saat uygulamaları, lojistik güzergâhların belirlenmesi, aktarma merkezlerinin oluşturulması, lojistik köylerin kurulumu, akıllı ulaştırma sistemlerinin etkin kullanımı uygulamalarının kentin mobilité, sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik değerlerine hangi oranda katkıda bulunabileceği irdelenmeye çalışılmıştır.

Problemin çözümünde çok kriterli karar alma yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Çok kriterli karar alma problemlerinde önce her bir alternatifin ve kriterin tanımlaması yapılır. Sonra her alternatifin kriterlere göre ölçümü elde edilir ve kriterlerin ağırlık değerleri atanır. Daha sonra kriter ağırlıkları ve alternatiflerin bir bütünleşme modeliyle değer puanları hesaplanarak duyarlılık analizi yapılır.

Çok kriterli karar alma yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) bu çalışmada yöntem olarak kullanılacaktır. AHP, bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerlerinin bire bir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir.

Şekil 5’de gösterildiği üzere oluşturulan beş kriterin üç alternatif üzerindeki etkilerinin belirlenen ağırlık katsayılarına göre etkileri uzman görüşüyle oluşturulmuştur. Uzman görüşü; öğretim görevlileri, kamu idaresi yetkilileri, lojistik hizmeti veren ve alan şirket yöneticilerinin, ağırlık puanlamalarının ortalaması alınarak oluşturulmuştur.



Şekil 5. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) algoritması

Kriterlerin birbirleri üzerindeki ağırlıklarına göre ataması yapılan katsayı değerleri Tablo 1’ deki gibi oluşturularak gerekli iterasyon işlemleri yapılmıştır.

Tablo 1: Ağırlık katsayıları tablosu

	LOJİSTİK GÜZERGAHLAR	YASAK SAATLER	AKTARMA MERKEZLERİ	LOJİSTİK KÖY	AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMELERİ
LOJİSTİK GÜZERGAHLAR	1	5	1/5	1/3	1/7
YASAK SAATLER	1/5	1	1/7	1/5	1/7
AKTARMA MERKEZLERİ	5	7	1	3	1/3
LOJİSTİK KÖY	3	5	1/3	1	1/3
AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMELERİ	7	7	3	3	1

Tablo 2’de görüldüğü üzere Akıllı Ulaştırma Sistemleri kullanımı sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve hareketlilik (mobilité) parametreleri üzerinde en fazla etkiye sahip kriter olarak ön plana çıkmaktadır. Daha sonra sırasıyla aktarma merkezleri, lojistik köy kurulumu, lojistik güzergahların oluşturulması ve yasak saat uygulamaları gelmektedir.

Tablo 2: Ağırlık ortalaması

	AĞIRLIK ORTALAMASI
LOJİSTİK GÜZERGAHLAR	0,08438
YASAK SAATLER	0,03652
AKTARMA MERKEZLERİ	0,27429
LOJİSTİK KÖY	0,15199
AKILLI ULAŞTIRMA SİSTEMELERİ	0,45281

Tablo 3’de görüldüğü üzere bir önceki tabloda ağırlıkları hesaplanan beş kriterin, yaşanabilirlik, sürdürülebilirlik ve hareketlilik (Mobilite) üzerindeki etkileri hesaplandığında %43’lük bir oranla etkisini en fazla mobilite üzerinde artıracığı, daha sonra % 34’lük bir oranla yaşanabilirlik düzeyini etkileyeceği ve son olarak % 23’lük bir oranla sürdürülebilirlik seviyesine etki edeceği görülmektedir.

Tablo 3: Ağırlık Yüzdesi

	PUAN	YÜZDE
MOBİLİTE	0,42718	43%
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	0,23380	23%
YAŞANABİLİRLİK	0,33902	34%

Yapılan duyarlılık analizinde akıllı ulaştırma sistemlerinin ağırlığı azaltılarak diğer kriterlerin ağırlığı artırıldığında, yaşanabilirlik düzeyi olumlu yönde etkilenirken, mobilite düzeyi olumsuz yönde etkilenmektedir, sürdürülebilirlik düzeyinde ise herhangi bir değişim olmamaktadır.

Metropol şehirlerde kentsel lojistik alanında yapılan düzenlemelerde en fazla dikkat edilen konuların başında mobilite gelmektedir. Yolcu ve ticari hareketliliğin mümkün olan en kısa sürede sağlanması için yatırım ve düzenlemeler ön plana çıkmaktadır. Mobilite alanında yapılan düzenlemeler yaşanabilirlik seviyesini artırmakla birlikte yapılan çalışmalarda dikkat edilen ikinci husus yaşanabilirlik seviyesi olmaktadır. Yatırım ve faaliyetlerin sürekliliği açısından sürdürülebilirlik seviyesi önemli olmakla birlikte, büyüyen ve gelişen şehirlerde kalıcı çözümler bulmak oldukça zor bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

6. SONUÇ

Metropol şehirlerde hızlı artan şehir nüfusuyla birlikte sanayi ve ticari faaliyetlerle şehir yaşamının iç içe geçmiş olması hareketlilik (mobilite), sürdürülebilirlik ve yaşanabilirlik düzeylerini olumsuz yönde etkilemektedir. Şehrin ulaştırma altyapısını kullanan lojistik faaliyetler trafik sıkışıklığı, düşük hız, gürültü, kazalar, yüksek enerji tüketimi, uzayan ulaşım süreleri vb. problemlere olumsuz etkide bulunmaktadır.

Yerel idareler; lojistik faaliyetlerin, şehrin sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve hareketlilik (mobilite) değerlerine olumsuz etkisini azaltmak amacıyla; lojistik güzergâhların belirlenmesi, yasak saatlerin uygulanması, aktarma merkezlerinin oluşturulması, lojistik köylerin kurulması, akıllı ulaştırma sistemlerinin kullanımı vb. uygulamaları faaliyete geçirmektedir.

Yerel yönetimlerin, oluşturacakları şehir vizyonu doğrultusunda sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik ve hareketlilik (mobilite) parametrelerinin önem düzeyini belirleyerek yatırım ve düzenlemelerini bu sıralamaya uygun olarak planlaması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Arıkan, F. 2012. “Lojistik Köyler ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi İstanbul.
- [2] Büyüközkan, G., Soncul, M., Tanyaş, M. 2012. Kentsel Lojistik Yapısının Modellenmesi ve Analizi. 1.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiri Kitabı(ss.587-595), Düzenleyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Konya. 10-12 Mayıs 2012.
- [3] Comtois, C., Rodrigue, J.P., Slack, B. ,2006. The Geography of Transport Systems. Oxon: Routledge.
- [4] Gonzalez-Feliu, J., Morana, J., 2010. “Are city logistics solutions sustainable?” The city porto case. ISSN 1970-9870, 3(2):55-64.
- [5] Heijden, R., Taniguchi, E., 2000. “An Evaluation Methodology for City Logistics” Transport Reviews, Vol 20, p. 65.
- [6] Koldemir, B., Çancı, M., Gönüler, E., 2009. Büyük Ölçekli Kent Planlamasında Lojistik Köyler, İzmir Ulaşım Sempozyumu, İzmir.
- [7] Kondratowicz, L., 2003. Work Package 1, Planning of Logistics Centres Networking Logistics Centres in the Baltic Sea Region NeLoC, Final Report. Volume I, Gdansk, Poland.
- [8] Koster, F., Mattfeld, C., Ulmer, M., 2015. “Cooperative Traffic Control Management for City Logistic Routing” 18th Euro Working Group on Transportation, pp.673-682 Delft, The Netherlands.
- [9] Munuzuri, J., Larraneta, J., Onieva, L., Cortes, P., 2005. “Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement” Cities, Vol. 22, No. 1, p. 15–28, 2005.
- [10] Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T., Izumitani, T. 1999. “Optimal size and location planning of public logistics terminals”, Transportation Research Part E, 35, pp.207–222.
- [11] Taniguchi, E., Thompson R. G. & Yamada, T. 2003. “Predicting the effects of city logistics schemes”, Transport Reviews, 23(4), pp.489–515.
- [12] Taniguchi, E., Thompson R. G., Yamada, T. 2003 “Visions for city logistic” 3. International Conference on City Logistics, Portugal.
- [13] Tanyaş, M. 2009. “Kentsel Lojistik ve Kent Liman Bütünleşmesi”, Demiryolu Taşımacılığı ve Lojistik Kongresi, Beta Basın Yayın Dağıtım, İstanbul.
- [14] Witkowski, J., Janiak, M.K. 2012. “Correlation between city logistics and quality of life as an assumption for referential model.” The seventh International Conference on City Logistics, Procedia- Social ve Behavioral Sciences, 39:568-581.

DEMATEL-ANP YÖNTEMİYLE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ KRİTERLERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: GÜRCİSTAN ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Birdoğan Baki¹, Doç. Dr. İskender Peker², Burcu Sayın Okatan³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, İdari ve İktisadi Bilimler Fakültesi, Trabzon, bbaki@ktu.edu.tr

²Gümüşhane Üniversitesi, İdari ve İktisadi Bilimler Fakültesi, Gümüşhane, iskenderpeker@gumushane.edu.tr

³Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İdari ve İktisadi Bilimler Fakültesi,
Gümüşhane, sayinburcu_okatan@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada Gürcistan Tiflis Bölgesi'nde kurulması düşünülen dağıtım merkezi yeri seçiminde etkili olabilecek kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması amaçlanmıştır. Söz konusu kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde DEMATEL, ağırlıklandırılmasında ise Analitik Ağ Süreci yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma sonuçları; taşımacılık maliyeti, Devlet politikası, ülkenin jeopolitik konumu, alt yapı hizmeti, ülkede uygulanan ekonomi politikası ve bölgesel kalkınmaya etkisi kriterlerinin dağıtım merkezi yeri seçiminde ön plana çıktığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: ANP, Dağıtım Merkez Yeri, DEMATEL, Gürcistan.

DEMATEL-ANP METHOD OF PRIORITIZATION DISTRIBUTION CENTER SELECTION CRITERIA: GEORGIA EXAMPLE

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine and weight the criteria that may be effective in the selection of the location of the distribution center which is supposed to be established in Georgia Tbilisi Region. DEMATEL was used in determining relations between the mentioned criteria and Analytical Network Process method was used in weighting. Study results; transportation cost, state policy, geopolitical position of the country, infrastructure service, economic policy applied in the country and influence to regional development are the frontiers in choosing distribution center location.

Keywords: ANP, Distribution Center Location, DEMATEL, Georgia.

1.GİRİŞ

Dağıtım merkezi yer seçiminde, ticareti yapılan ürünlerin perakendeciye veya genel tabiriyle tüketiciye optimal süre ve olabilecek en az maliyetle ulaştırılması büyük bir öneme sahiptir (Uyanık, 2016). Dağıtım merkezi konumlanmasında, bölgenin ticari yapısı ve sanayisi, ulaşım durumu, yük akışında beklenen kapasitesi, organizasyon verimlilik derecesi ve telekomünikasyon potansiyeli gibi faktörler ön plana çıkmaktadır. Dağıtım merkezleri özellikle şehir trafiğinin azaltılması, mal dağıtımı ve ulaşımının düzenlenmesi, istihdam ve bölgesel kalkınma sağlanması gibi birçok amaçla kurulmaktadır. Ayrıca bu lojistik merkezler bulunduğu konumlarda ulaşım ağının sistematüğinden planlanmasına kadar pek çok faktörü iyileştirebilmektedir. Dağıtım merkezleri; ulaşım noktalarına yakın olması (Kuo, 2011), mal aktarımında kolaylık sağlanması (Zhu, vd., 2014), pazarlara ve sınır kapılarına yakın veya kolay ulaşılabilir bir konumda olması (Kuo, 2011), çevre ve şehir düzenini negatif yönde etkilemeyecek bir işleyiş içerisinde olması (Uyanık, 2016), stoklanan ürünlerin cinsine ve dayanma kapasitesine göre iyi organize edilerek saklanması ve dağıtımına olanak sağlanması (Demirtaş, 2014) ve bulunduğu ülkenin sosyal ve politik altyapısına uygun bir çalışma ve istihdam sistemine sahip olması (Chen, 2001) gibi özellikler sunarak bulunduğu ülkelere lojistik anlamda katkılar sağlayan özel tanımlanmış alanlar olarak ifade edilebilir.

Dünyada pek çok örneği olan dağıtım merkezleri buldukları ülkenin sosyal, ekonomik, coğrafi ve daha pek çok özelliğine uygun olarak oluşturulmaya çalışılmaktadır. Gürcistan da bulunduğu konum itibari ile lojistik anlamda her daim gelişmesi gereken bir ülke olmuştur. Ülkede gelişmesi beklenen lojistik organizasyonların azlığı ve sistemsizliği ilk dikkat çeken problem olmakla birlikte bu düzensizliklerin beraberinde getirdiği sıkıntılar ulusal / uluslararası ticareti olumsuz etkilemektedir. Bu doğrultuda çalışmada Gürcistan'ın en yoğun ticaret alanlarından birisi olan Tiflis bölgesinde bir dağıtım merkez yeri seçiminde etkili olabilecek kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması amaçlanmıştır.

Beş bölümden oluşan çalışmanın takip eden aşamasında dağıtım merkezlerini konu edinen çalışmalara ilişkin literatür incelemesi yapılmıştır. Üçüncü bölümde metodolojiye değinilmiş ve dördüncü bölümde uygulama aşamalarına yer verilmiştir. Elde edilen sonuçların sunulduğu ve geleceğe dair önerilerin yer aldığı sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dağıtım merkezi ve lojistik merkez konularının dikkate alındığı bazı çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Taniguchi vd., (1999), bir araç yönlendirme ve çizelgeleme modeli ile kamusal lojistik terminallerinin en uygun boyut ve konum belirlenmesi amacı ile kuyruk teorisi ve doğrusal olmayan programlama tekniğini kullanmışlardır. Chen (2001) bulanık ÇKKV (çok kriterli karar verme) yöntemi kullanarak lojistik dağıtım merkezi konumu seçimi uygulamıştır. Nozick ve Turnquist, (2001) İki aşamalı bir envanter tahsisi ve dağıtım merkezi konum analizini envanter modeli ile ele almışlardır. Ross ve Droge (2002) yaptıkları çalışmada Veri Zarflama Analizi'nden (VZA) faydalanarak lojistik merkezleri kıyaslamıştır. Avittathur, vd., (2005) Hindistan'da bir dağıtım merkezi yer seçim problemini doğrusal olmayan karışık tam sayı programlama modeli ile ele almışlardır. Ambrosino ve Scutell (2005), taşıma, depolama, envanter organizasyonu ve tesis yeri kararlarını içeren bir dağıtım ağı tasarımı problemini çeşitli gerçek senaryolar kullanarak Matematiksel programlama ile değerlendirmişlerdir. Chen ve Qu (2006) ; bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) ve Delphi Yöntemleri ile çevre, ulaşım durumu, kamu kuruluşu, aday arazi, çevre yönetimi, sosyal yardım gibi kriterleri kullanarak optimal lojistik merkez konumu seçimi gerçekleştirilmektedir. Farahani ve Asgari (2007) askerî sistemde kullanılabilir depo ve dağıtım merkezlerinin yer seçimini ÇKKV tekniklerini kullanarak araştırmışlardır. Ballis ve Mavrotas (2007), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations) yöntemini kullanarak lojistik merkez yeri seçimi gerçekleştirmişlerdir. Yang vd., (2007) tabu arama, genetik algoritma ve bulanık simülasyon algoritması birleştirildiği hibrit bir yöntem kullanarak dağıtım merkez yeri seçimi gerçekleştirmişlerdir. Wang ve Liu (2007) Bulanık-AHP ve TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemlerini kullanarak lojistik merkez yer seçimi gerçekleştirmişlerdir. Bamyacı ve Tanyaş (2008), İstanbul'un batı yakasında organize lojistik bölge yer seçimi araştırmalarında AHP yöntemi ve SAW (Basit Katma Ağırlıklandırma) tekniklerini kullanmışlardır. Ghoseiri ve Lessan (2008), lojistik merkez yerine karar vermek için 5 aday yerini Bulanık AHP ve ELECTRE (Elimination And Choice Expressing Reality) yöntemiyle doğal kaynak, ekonomik fayda, sosyal fayda, ulaşım ve geliştirme potansiyeli kriterlerini değerlendirmişlerdir. Baohua ve Shiwei (2009), stokastik optimizasyon modeline dayalı güçlü bir optimizasyon modeli oluşturarak lojistik merkez yeri seçimi ve bu merkezin tahsisi problemini ele almışlardır. Ji ve Huailin (2009), Genetik Algoritma ve AHP yöntemlerini kullanarak dağıtım merkez yeri seçimi gerçekleştirmiştir.

Kayıkci (2010) Bulanık AHP ve YSA (Yapay Sinir Ağları) yöntemlerini kullanarak; çevresel etki, uluslararası pazar konumu, intermodal operasyon ve yönetim, ulaştırma, ekonomik ölçek kriterlerini kapsamında intermodal navlun lojistik merkezi konumu belirlemiştir. Li vd. (2010), Axiomatic Fuzzy Set (AFS) kümeleme yöntemini ve TOPSIS yöntemini birleştirerek lojistik merkez yeri seçmişlerdir. Erkeyman vd., (2011) TOPSIS yöntemi ile Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde bir lojistik merkezi konumu seçimi gerçekleştirmiştir. Dheena ve Mohanraj (2011) Bulanık DEMATEL ve AHP yöntemlerinin bütünleştirildiği bir model yardımıyla dağıtım merkez yeri seçmişlerdir. Elgün ve Elitaş (2011), Delphi Tekniğini kullanarak Türkiye'de yerel ulusal ve uluslararası taşıma ve ticaret açısından kurulması planlanan bir lojistik merkezin konumunu belirlemeye çalışmışlardır. Eryürük vd. (2011) Marmara Bölgesi'nde giyim sanayi için bir lojistik merkezi yeri seçimi için AHP Yöntemini kullanmışlardır. Liu vd., (2011), Kaba Kümeler Metodu ve Bulanık mantığın bütünleştirildiği bir algoritma yardımıyla dağıtım merkez yeri seçmişlerdir. Awasti vd., (2011) bir kentsel dağıtım merkezi konumu problemini bir ÇKKV yöntemi olan bulanık TOPSIS kullanarak araştırmışlardır. Xing vd. (2011) 0-1 tamsayı programlama modeli kullanarak dağıtım merkez konumu belirlemeye çalışmışlardır. Görgülü (2012) Konya'da planlanan lojistik köyü için AHP tekniğini kullanarak aday yer önerisinde bulunmuştur. Regmi ve Hanaoka (2013), lojistik merkez yeri alternatiflerini AHP yardımıyla önceliklendirmişlerdir. Tomic vd. (2014) Balkan Yarımadası'nın başkentinde uygun bir lojistik merkez yeri seçiminde sezgisel algoritma ile AHP yöntemini bütünleştirdikleri bir model kullanmışlardır. Zak ve Weglinski (2014), Electre III ile Polonya'da lojistik yeri belirlemişlerdir. Stevic vd. (2015) Bosna-Hersek'teki lojistik merkezinin yerini AHP yöntemiyle belirlemişlerdir. Özceylan vd. (2016), Ankara'da lojistik merkez yeri seçimi için GIS, ANP ve TOPSIS yöntemlerini birleştiren bir model geliştirmişlerdir. Peker ve diğ. (2016), Trabzon'da uygun lojistik merkezi konumu seçimi yapmak amacı ile

$$X = k \times Z \quad (2)$$

$$k = \text{Min} \left(\frac{1}{\max \sum_{j=1}^n |z_{ij}|}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^n |z_{ij}|} \right) \quad (3)$$

$$i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

3. Toplam etki matrisi (T) 'nin oluşturulması: Toplam Etki Matrisi T eşitlik (4) kullanılarak elde edilmektedir. Burada I Birim Matrisi temsil etmektedir.

$$T = X + X^2 + X^3 + X^4 + \dots + X^m = X \cdot (I - X)^{-1} \quad (m \rightarrow \infty) \text{ iken} \quad (4)$$

4. Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi : i. satırın toplamı; i. kriterin diğer kriterler üzerindeki toplam etkisini göstermekte ve d_i olarak sembolize edilmektedir. j. sütunun toplamı; j kriterinin diğer kriterler tarafından toplam etkilenmesini göstermekte ve r_j olarak sembolize edilmektedir.

$$D = [d_i]_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad (5)$$

$$R = [r_j]_{n \times 1} = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} \quad (6)$$

eşitlik (5) ve eşitlik (6) 'da belirtilen formüllerden elde edilen D ve R değerleri bulunduğundan sonra (D+R) ve (D-R) hesaplanarak her bir kriter için alınan ve verilen etki derecesi hesaplanır. (D+R) değeri en yüksek olan kriter diğerleri ile yüksek ilişkiye sahip ve nispeten daha fazla öneme sahip demektir (D+R) değeri düşük olan kriterler diğerleri ile düşük bir ilişkiye sahip ve daha önemsizdirler. Kriterlerin (D-R) değeri ise pozitif ise, diğer kriterler üzerinde etkisi büyüktür ve daha büyük öneme sahip olup gönderici grup olarak adlandırılırlar. (D-R) değeri negatif olan kriterlerin ise, diğerlerinden fazla etkilendiği anlaşılır ve bu kriterlere alıcı grup denir.

5. Eşik değerinin ayarlanması ve etki ilişki ağı haritasının belirlenmesi: Küçük etkilerin oluşturduğu karmaşıklıktan kurtulmak adına toplam etki matrisini basitleştirmek için, karar verici veya uzmanlar tarafından bir eşik değeri (α) atamak gerekmektedir. Uygun eşik değerin (α) belirlenmesi son derece kritiktir. Eşik değeri (α) çok yüksek tespit edilirse, Etki İlişki Ağı haritasında görünmez veya çok düşük olduğu tespit edilirse, Etki İlişki Ağı haritasında yer alan kriterlerin sayısı artar ve harita çok karmaşık bir hale gelir. Karar vericilere ve uzmanlar tarafından belirlenen örneklere ek olarak eşik değerinin (α), T-matrisinin ortalamasını bularak hesaplandığı eşitlik (7) akademik literatürde de örnekler bulunmaktadır (Chiu vd., 2006; Liou vd., 2007).

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}}{N} \quad (7)$$

Burada N değeri T matrisindeki elemanlar toplamını göstermektedir.

3.2. Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik Ağ süreci (ANP), Thomas L Saaty'nin (1999) geliştirdiği ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemine kıyasla, karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve gerçekçi çözümlere ulaşmaya imkân veren, gruplar arası ve grup içi bağımlılıkları dikkate alarak karar vermeye yarayan bir çok kriterli karar verme tekniğidir (Bastı ve Boyar, 2012). Yöntem aşağıda ifade edilen aşamalardan oluşmaktadır (Meade ve Sarkis 1999; Jharkharia ve Shankar, 2007; Saaty, 2008; Ömürbek ve Tunca, 2013; Yurdakul ve Yıldırım, 2013; Ar vd., 2014; Ömürbek ve Şimşek, 2014):

1. Problemin tanımlanması: Karar problemi kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek kesin olarak tanımlanır ve ANP uzman grubunun fikirleri ve ilgili literatür dikkate alınarak tespit edilir.

2. İlişki matrisinin ve ağ modelinin oluşturulması: Hangi kriterlerin hangi kriterleri etkilediğinin belirlendiği (İlişki Matrisi) ve buna göre içsel ve dışsal bağımlılıklar ile geri bildirimlerin ortaya çıkarıldığı (Ağ Modeli) aşamadır.

3. Ağırlıklandırılmamış ve ağırlıklandırılmış matrisin oluşturulması: İlişki matrisinden yola çıkarak oluşturulmuş İkili karşılaştırmalar matrisi; tüm kriterlerin ikili karşılaştırılmasını gösterir ve bu noktada Tablo-2'den faydalanılır. Söz konusu ikili karşılaştırmaların tamamı Ağırlıklandırılmamış matris içerisinde gösterilmektedir. Ardından ana kriter ağırlıklarının kriter ağırlıkları ile çarpılması ile Ağırlıklandırılmış Matris oluşturulur.

Tablo-2: 1-9 Ölçeğinin Tanımlanması

ÖNEM DERECESESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Orta derecede önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli düzeyde önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli düzeyde önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı düzeyde önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük bir güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

(KAYNAK: Saaty,1990)

4. Süpermatris oluşturulması: Ağırlıklandırılmış matrisin tüm satır değerleri birbirini yakınsayınca kadar $(2n+1)$ dereceden kuvveti alınarak oluşturulur.

Bu noktada; kriterler arası kıyaslama yapılırken tutarlılık oranının hesaplanmasının büyük bir öneme sahip olduğu ifade edilmelidir. Sırasıyla eşitlik 1, 2 kullanılarak ve Tablo-3'te gösterilmiş olan rassal indeks sayılarından faydalanarak hesaplanmış olan tutarlılık oranı 0.10 'dan daha küçük ise yapılan değerlendirmelerin yeterli olduğu kabul edilmektedir. Aksi takdirde karar matrisi tekrar düzenlenmelidir.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (8)$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi (CI)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

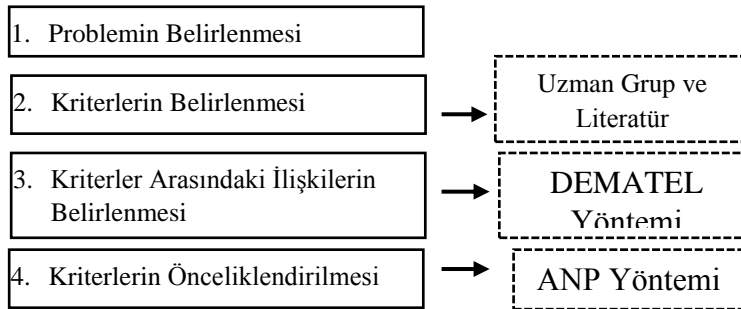
$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \frac{CI}{RI} = \text{Tutarlılık Göstergesi} / \text{Rassallık Göstergesi} \quad (10)$$

Tablo-3: Rassal İndeks Göstergesi

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassallık Göstergesi	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

4. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama aşamaları Şekil 1'de gösterilmektedir:



Şekil 1: Uygulama Adımları

4.1. Problemin Belirlenmesi

Çalışmada; Gürcistan Tiflis Bölgesi'nde kurulabilecek gıda dağıtım merkez yeri seçiminde etkili olabileceği düşünülen kriterlerin belirlenmesi çözümlenmesi amaçlanan karar problemidir.

4.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Bu aşamada problemin çözümünde etkili olabileceği düşünülen kriterler; Uzman Grup (3 akademisyen, 2 Sivil toplum kuruluşu temsilcisi, 2 lojistik hizmet veren firma temsilcisi, 2 lojistik hizmet alan firma temsilcisi, 2 Yerel yönetim temsilcisi) görüşleri ve ilgili literatür göz önünde bulundurularak Tablo 4'teki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 4: Gıda Dağıtım Merkezi Yer Seçim Kriterleri

Ana Kriter	Alt Kriter	Kaynak
MALİYET (K ₁)	Kuruluş Maliyeti (K ₁₁)	(İmren,2011)
	Taşımacılık maliyeti (K ₁₂)	(Önel,2014)
	İşletme maliyeti (K ₁₃)	(Janjevic vd., 2016; Kuo, 2011).
KONUM (K ₂)	Ulaşım Noktalarına Yakınlık (K ₂₁)	(Pınar,1989; Kuo, 2011)
	Pazarlara Yakınlık (K ₂₂)	(Kuo, 2011)
	Sınır kapılarına yakınlık (K ₂₃)	(Kuo, 2011)
	Hinterland (K ₂₄)	(Kuo, 2011)
HİZMET (K ₃)	Stoklama Kolaylığı (K ₃₁)	(Ömürbek ve Şimşek, 2014)
	Operasyonel Hizmet (K ₃₂)	(Kuo, 2011)
	Aktarım Kolaylığı (K ₃₃)	(Zhu, vd., 2014)
POLİTİKA (K ₄)	Devlet Politikası (K ₄₁)	(Önel,2014)
	Ülkenin Jeopolitik Konumu (K ₄₂)	Uzman Grup
	Alt Yapı Durumu (K ₄₃)	(Önel,2014)
	Ekonomi Politikası (K ₄₄)	Chen ,2001
SOSYAL (K ₅)	Toplumun Bakış Açısı (K ₅₁)	(Serdar, 2008)
	Çevreye Etki (K ₅₂)	(İmren, 2011)
	Trafiğe Etki (K ₅₃)	(Bamyacı ve Tanyaş, 2008)
	Bölgesel Kalkınmaya Etkisi (K ₅₄)	(Janjevic vd., 2016)

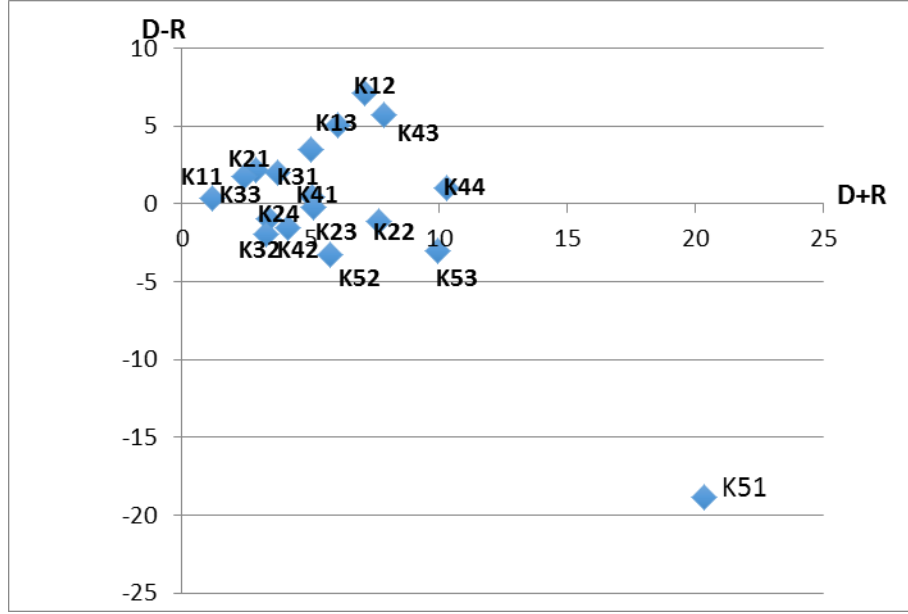
4.3. Kriterler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: DEMATEL Yönteminin yukarıda bahsedilen aşamaları takip edilerek gönderici (D+R) ve alıcı gruplar (D-R) belirlenerek Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo -5: Kriterlerin D+R/ D-R Değerleri Tablosu

	D+R	D-R
K11	1.2084	0.39998
K12	7.1286	7.0913
K13	6.0516	5.0714
K21	2.8725	2.14
K22	7.6482	-1.094
K23	5.0547	0.4477
K24	3.392	-0.9328
K31	3.7153	1.9782
K32	3.2601	-1.9318
K33	2.4276	1.7466
K41	5.1044	-0.2522
K42	4.1093	-1.5053
K43	7.864	5.7267
K44	10.3075	1.0414
K51	20.325	-18.8054
K52	5.7727	-3.26
K53	9.9688	-3.0172
K54	5.0482	3.5132

Tablo 5'e göre Taşımacılık maliyeti (K₁₂), İşletme maliyeti (K₁₃), Pazara yakınlık (K₂₂), Alt Yapı Durumu (K₄₃) ve Ekonomi Politikası (K₄₄) ilk göze çarpan yüksek ilişkili kriterlerdir ve dolayısıyla önemli bir role sahiptirler. Ayrıca kriterlerin (D-R) değerleri belirlenmiş ve bu değeri pozitif olan Kuruluş Maliyeti (K₁₁), Taşımacılık Maliyeti (K₁₂), İşletme Maliyeti (K₁₃), Ulaşım Noktalarına Yakınlık (K₂₁), Sınır Kapılarına Yakınlık (K₂₃), Depoların Kullanma Elverişliliği (K₃₁), Operasyonel hizmet (K₃₃), Devletin hizmet gücü (alt yapı durumu) (K₄₃), Ülkede uygulanan

ekonomi politikası (K₄₄), Bölgesel kalkınmaya etkisi (K₅₄) kriterleri diğer kriterler üzerinde etkisi büyük ve fazla öneme sahip olan kriterlerdir. Bu kriterlere gönderici grup denir. (D-R) değeri negative olan kriterler ise, etkilenen grup olarak belirlenir ki bu kısımda en göze çarpan kriter **Toplumun Bakış Açısı (K₅₁)** 'dir. Bu kriterlere alıcı grup denilmiştir. Ardından Belirlenen D+R ve D-R değerlerine göre oluşturulan İlişki Ağı Diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. İlişki Ağı Diyagramı

4.4. Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi

Kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinin ardından ANP Yönteminin uygulama aşamaları takip edilerek ana kriter ve alt kriter ağırlıkları Tablo 6'daki gibi oluşturulmuştur.

Tablo- 6 : Ana Kriter ve Alt Ağırlıkları

K1=0.48	K11	0.02
	K12	0.2
	K13	0.09
K2=0.31	K21	0.03
	K22	0.06
	K23	0.04
	K24	0.01
K3=0.07	K31	0.02
	K32	0.01
	K33	0.03
K4=0.10	K41	0.1
	K42	0.07
	K43	0.18
	K44	0.11
K5=0.5	K51	0.005
	K52	0.03
	K53	0.003
	K54	0.06

Tablo 6'ya göre *maliyet ve konum* ana kriterinin diğerlerine kıyasla çok daha yüksek bir önem düzeyine sahip olduğu ifade edilebilir. Bunun yanında *taşımacılık maliyeti* alt kriteri ise en yüksek önem düzeyine sahip alt kriterdir. *Operasyonel hizmet* ise en az öneme sahip alt kriter olarak tespit edilmiştir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde şehirleşmenin artışına paralel olarak artan nüfus ve büyümenin getirdiği yoğun talep neticesinde şehir içi yük taşımacılığı artış göstermektedir. Bu bağlamda ulusal ve uluslararası yük taşımacılığı yapan büyük araçların ve bu yüklerin şehir içi dağıtımını sağlayacak olan daha küçük araçların sayısı önlenemez şekilde artmaktadır.

Bahse konu araç sayısının artışı beraberinde trafik yoğunluğu, gürültü ve hava kirliliği, maliyet artışı vb. sorunları getirmektedir. Gürcistan, Kafkaslar'da yoğun lojistik trafiğinin önemli bir halkasını oluşturmaktadır. Aynı şekilde ülkenin en yoğun nüfusa sahip olan ve en gelişmiş yeri olan Tiflis de bu bölgenin en yoğun bölgesidir. Bu doğrultuda çalışmada Gürcistan Tiflis Bölgesi'nde kurulabilecek bir gıda dağıtım merkez yeri seçiminde etkili olabilecek kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla DEMATEL ve ANP Yöntemlerinin bütünleştirildiği bir model kullanılmıştır. Kriterler arası ilişkilerin daha sağlıklı belirlenebilmesi için tercih edilen DEMATEL yöntemi ile ana kriterlerin birbiriyle yüksek ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiş ve Maliyet / Politika alt kriterlerinin diğer kriterler ile en yüksek ilişkiye sahip kriterler olduğu belirlenmiştir. Ardından DEMATEL yöntemi sonuçları baz alınarak bir ANP anketi hazırlanıp konunun uzmanlarına uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar “maliyet” ana kriterinin en fazla öneme sahip olduğunu göstermektedir. Maliyet Ana Kriteri altında yer alan “Taşımacılık Maliyeti” alt kriteri ise en fazla öneme sahip alt kriter olarak belirlenmiştir. Bunun yanında “Politika” ana kriterine ait bir alt kriter olan “Altyapı Durumu” yüksek bir önem düzeyine sahip alt kriterdir. Uygulama sonucunda, bu kriterlerin diğerlerine kıyasla daha fazla öneme sahip olması, ülkenin genel durumundan kaynaklanmaktadır ve yakın tarihte bağımsızlığını elde etmiş bir ülke olarak Gürcistan'ın maddi konudaki hassasiyetini ortaya koymaktadır. Mevcut çalışma sonuçlarını destekler şekilde Uyanık (2016) ve Peker vd., (2016) çalışmalarında da maliyet kriteri en fazla öneme sahip kriter olarak belirlenmiştir.

Mevcut çalışma dağıtım merkez yeri seçimine ilişkin literatüre katkı yapmaktadır. Bunun yanında dağıtım merkezlerinin özel bir hali olarak nitelendirilebilecek gıda dağıtım merkez yeri seçimine ilişkin kriterlerin belirlenmesi diğer çalışmalar açısından öncü bir nitelik taşımaktadır. Ayrıca söz konusu çalışma Gürcistan özelinde dağıtım merkez yer seçimini konu edinen ilk çalışma olması özelliğini taşımasıyla da önemli bir yere sahiptir.

Yapılan çalışmada kullanılan yöntemlerin subjektif özellik taşımaları nedeni ile kriterler farklılaştıkça sonuçların değişebilmesi durumu önemli bir kısıt olarak gösterilebilir. Ayrıca kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde etkili olabileceği düşünülen kişilerin tamamına ulaşılamamış olması da bir diğer kısıt olarak ifade edilebilir. Tiflis ve çevresiyle sınırlı tutulmuş olan bu çalışma; gelecekte daha farklı ÇKKV Yöntemleri veya bu yöntemlerin bulanıklaştırıldıkları teknikleri kullanılarak, genel dağıtım merkezi seçimi olarak veya Gürcistan genelinde gıda dağıtım merkez yeri seçimi şeklinde genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Aksakal, E., M. Dağdeviren (2010), “ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25 (4): 905-913.
- [2] Ambrosino, D., Scutella M.G, (2005) “Distribution network design: New problems and related models”, European Journal of Operational Research 165 610–624.
- [3] Ar, İ.M., Peker, İ. ve Baki, B. (2014), “Üniversite-Sanayi İşbirliğinin Gelişmesinin Önündeki Engellerin AAS Yöntemiyle Belirlenmesi: Karadeniz Teknik Üniversitesi Örneği”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cil:28, 107-126.
- [4] Avittathur, B., Shah, J., & Gupta, O. K. (2005). Distribution centre location modelling for differential sales tax structure. European Journal of Operational Research, 162(1), 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.012>
- [5] Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. Mathematical and Computer Modelling, 53(1–2), 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.07.023>
- [6] Ballis, A., , Mavrotas, G. (2007). Freight village design using the multicriteria method PROMETHEE. Operational Research, 7(2), 213–231. <https://doi.org/10.1007/BF02942388>
- [7] Bamyacı M., Tanyaş M., 2008, Organize lojistik bölgesi yer seçimi problemi için bir çok ölçütlü karar verme modeli; AHP-SAW. Mersin Sempozyumu, 19-22 Kasım 2008, 1217-1230, Mersin Valiliği Sempozyum Dizisi:1, Cilt:1, 2856.
- [8] Baohune, W. and Shiwei, H.E., (2009); Robust Optimization Model and Algorithm for Logistics Center Location and Allocation under Uncertain Environment, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, Volume 9, Issue 2, April 2009, Pages 69-74.
- [9] Chen, C.-T. (2001). A fuzzy approach to select the location of the distribution center. Fuzzy Sets and Systems, 118, 65–73. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00459-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00459-X)

- [10] Chen, Y., , Qu, L. (2006). Evaluating the selection of logistics centre Location using fuzzy MCDM model based on entropy weight. Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), 2, 7128–7132. <https://doi.org/10.1109/WCICA.2006.1714468>
- [11] Chiu, Y. J., Chen, H. C., Tzeng, G. H., & Shyu, J. Z. (2006). Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV. International Journal of Management and Decision Making, 7(2-3), 143–165.
- [12] Dheena, P., & Mohanraj, G. (2011). Multicriteria decision-making combining fuzzy set theory, ideal and anti-ideal points for location site selection. Expert Systems with Applications, 38(10), 13260–13265. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.144>
- [13] Demirtaş, N. (2014). Kentsel Dağıtım Merkezi Yerleşimi İçin Optimizasyon Modelleri: Meyve Sebze Hali Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi.
- [14] Elgün, M.N.Elitaş, C. (2011). Yerel, Ulusal ve Uluslararası Taşıma ve ticaret Açısından Lojistik Köy Merkezlerinin Seçiminde Bir Model Önerisi. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9(2), 38–44.
- [15] Erkayman, B., Gundogar, E., Akkaya, G., & Ipek, M. (2011). A Fuzzy Topsis Approach For Logistics Center Location Selection. Journal of Business Case Studies, 7(3), 49–54.
- [16] Eryuruk, S. H., Kalaoglu, F., & Baskak, M. (2011). Logistics As A Competitive Strategy Analysis Of The Clothing Industry In Terms Of Logistics. Fibres & Textiles In Eastern Europe, 19(1), 12-17.
- [17] Farahani, R. Z., & Asgari, N. (2007). Combination of MCDM and covering techniques in a hierarchical model for facility location: A case study. European Journal of Operational Research, 176(3), 1839–1858. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.10.039>
- [18] Gabus, A., Fontela, E. (1972). World Problems: An Invitation to Further Thought Within The Framework of DEMATEL. Switzerland, Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
- [19] Ghoseiri, K., & Lessan, J. (2008). Location selection for logistic centres using a two-step fuzzy AHP and ELECTRE method. Proceedings of the 9th Asia Pasific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Indonesia, 434-440.
- [20] Görgülü, H. 2012, “Lojistik Köyler ve Konya Uygulaması”, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [21] Hori, S. and Shimizu, Y. (1999). Designing methods of human interface for supervisory control systems. Control Engineering Practice, 7: 1413-1419.
- [22] İmren, E. (2011). Mobilya Endüstrisinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (Ahp) Yöntemi ile Kuruluş Yeri Seçimi, 85. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [23] Janjevic M., Lebeau P., Ballé Ndiaye A., Macharis C., Van Mierlo J. and Nsamzinshuti A., 2016 ; Strategic scenarios for sustainable urban distribution in the Brussels capital region using urban consolidation centres, Transportation Research Procedia Vol. 12. pp. 598-612.
- [24] Jharkharia, S. and Shankar, R. (2007), “Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP) Approach”, Omega, Vol. 35, No: 3, 274 – 289.
- [25] Ji, L. ve Huailin, D., (2009), “Research on Logistics Distribution Center Location Problem Based on Genetic Algorithm and AHP”, Proceedings of 4th International Conference on Computer Science & Education Research on Logistics, 25-28 July 2009, Nanning, China.
- [26] Kayıkçı, Y. (2010). A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2(3), 6297–6311. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.039>
- [27] Kuo, M.-S. (2011). Optimal location selection for an international distribution center by using a new hybrid method. Expert Systems with Applications, 38(6), 7208–7221. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.002>
- [28] Li, Y., Liu, X., Chen, Y., (2010); “Selection of Logistics Center Location Using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS Methodology in Logistics Management”, Expert Systems with Applications, 38(6): 7901-7908, December 21).

- [29] Lin, C. L. and Tzeng, G. H. (2009). A value-created system of science (technology) park by using DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 36, 9683-9697.
- [30] Liou, J.J.H., Tzeng, G.-H., and Chang, H.-C. (2007); Airline safety measurement using a hybrid model. *Air Transport Management*, 13(4): 243-249.
- [31] Liu, S., Chan, F. T. S., & Chung, S. H. (2011). "A study of distribution center location based on the rough sets and interactive multi-objective fuzzy decision theory. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(2), 426-433. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2010.09.003>
- [32] Meade, L. and Sarkis, J. (1999), "Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Processes: An Analytical Network Approach", *International Journal of Production Research*, 37(2), 241-26.
- [33] Nozick, L. K., Turnquist, M. A. (2001). A two-echelon inventory allocation and distribution center location analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(6), 425-441. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(01\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(01)00007-2)
- [34] Ömürbek, N. ve Tunca, N. Z., (2013), "Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:18, Sayı:3, 47-70.
- [35] Ömürbek, N. ve Şimşek, A., (2014), "Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri ile Online Alışveriş Site Seçimi" *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, Sayı:22 ,306-327.
- [36] Önel, F., (2014), "Kuruluş Yeri Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uygulanması", *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.*
- [37] Özceylan, E., Erbaş, M., Tolon, M., Kabak, M., Durğut, T. (2016). Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis. *Computers in Industry*, 76, 38-52.
- [38] Peker, İ., Baki, B., Tanyas, M., & Murat Ar, I. (2016). Logistics center site selection by ANP/BOCR analysis: A case study of Turkey. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30(4), 2383-2396.
- [39] Pınar İ., (1989), *İşletmelerde Kuruluş Yeri Seçimi*, (Basılmamış Yüksek lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [40] Regmi, M. B., Hanaoka, S. (2013). Location analysis of logistics centres in Laos. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 16(3), 227-242. <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.812194>
- [41] Ross, A., & Droge, C. (2002). An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling. *Journal of Operations Management*, 20(1), 19-32. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00087-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00087-0)
- [42] Saaty, T. L. (1990), "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operations Research*, 48(3), 9-26.
- [43] Saaty, T. L., (2008), "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process", *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 83-98.
- [44] Senvar O. Tuzkaya U. R., Kahraman C., (2014); Supply Chain Performance Measurement: An Integrated DEMATEL and Fuzzy-ANP Approach, *Supply Chain Management Under Fuzziness* pp 143-165.
- [45] Serdar, T. M., (2008), "Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Süpermarket Kuruluş Yeri Seçimi", *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.*
- [46] Shieh, J. I., Wu, H. H. and Huang, K. K. (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowledge-Based Systems*, 23, 277-282.
- [47] Stević, Ž., Vesković, S., Vasiljević, M., & Tepić, G. (2015). The selection of the logistics center location using AHP method. *University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, LOGIC*, Belgrade, 86-91.

- [48] Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T. ve Izumitani, T.,1999; “Optimal Size and Location Planning of Publics Logistics Terminals” *Transportation Research Part E*, Vol: 35, p.207- 222.
- [49] Tomić, V., Marinković, D., Marković, D. (2014). The selection of logistic centers location using multi-criteria comparison: Case study of the Balkan Peninsula. *Acta Polytechnica Hungarica*, 11(10), 97–113.
- [50] Tsai W.H., Chou W.C., 2009; Selecting management systems for sustainable development in SMEs: a novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP *Expert Syst. Appl.*, 36
- [51] Tzeng, G.-H.; Huang, J.-J. (2011), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- [52] Uyanık C. (2016); *Institute For Graduate Studies In Pure And Applied Sciences An Integrated Dematel – Intuitionistic Fuzzy Topsis Methodology For Logistics Centers Location Selection*, Marmara Universtiy ,Department Of Industrial Engineering, master’s thesis.
- [53] Xing, M., Wang, Z., Cheng,G. ve Zhang, Q.,(2011). “Study on Location Adjustment Model of Store Area in Distribution Center Based on Shortest Picking Time”, *Procedia Engineering*, 24:604– 609.
- [54] Yang, L., Ji, X., Gao, Z., , Li, K. (2007). Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 208(2), 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2006.09.015>
- [55] Yurdakul M. ve Yıldırım E., (2013), “Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile En Uygun Pazarlama Stratejisinin Belirlenmesi” , *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayısı:1, 211-22.
- [56] Wang, S. and Liu, P., 2007. The evaluation study on location selection of logistics based on Fuzzy AHP and TOPSIS, *IEEE*, 1-4244-1322-5/07.
- [57] Zak, J., & Węgliński, S. (2014). The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology. *Transportation Research Procedia*, 3, 555-564.
- [58] Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z., & Li, J. (2014). A flexsim-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(2), 270–278. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)72343-0](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)72343-0).

TÜRKİYE’DE YER ALAN LOJİSTİK DOSTU ŞEHİRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Ertuğrul Ayyıldız¹, Selin Yalçın²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Trabzon, ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr

²Beykent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, selinyalcin@beykent.edu.tr

ÖZET

Her geçen gün önemi artan küreselleşme süreciyle birlikte dünyada teknoloji, ticaret ve iletişim alanlarında büyük gelişmeler görülmüştür. Bu gelişmeler, şirketlerin birbirleriyle daha rahat iletişim kurması ve ticaret yapabilmesini önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Şirketlerin birbirlerine bu derece yakınlaşması, ürünlerin(malların) güvenli ve daha az maliyetli bir şekilde transferi konusunu önemli bir hale getirmiştir. Herhangi bir ürünün ya da ham maddenin ortaya çıktığı ilk noktadan, tüketiciye ulaştığı son noktaya kadar olan tüm faaliyetlerle ilgilenen lojistik sektörü de bu bağlamda, dünyanın en büyük sektörleri arasında kendine yer bulmuştur. Lojistik sektörünün bu denli büyümesi de ortaya lojistik dostu şehirler kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada ilk olarak, lojistik ve lojistik şehir kapsamı hakkında bilgiler verilmiş, daha sonra literatürde yer alan dikkat çekici çalışmalar özetlenmiştir. Çalışma kapsamında Türkiye’de yer alan lojistik dostu şehirleri belirlemek amacıyla çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden entropi entegreli CODAS yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç kapsamında şehirlerin, taşıma ve depolama, işgücü, otoyollarına erişim, yol altyapısı, trenle ulaşılabilirliği, su yoluyla ulaşılabilirliği, hava yoluyla ulaşılabilirliği gibi özellikleri kriter olarak belirlenmiştir ve gerekli veriler toplanmıştır. Daha sonra şehirler değerlendirilmiştir. Lojistik dostu şehirler belirlenerek, yöneticilere yardımcı olabilecek bir kaynak hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ÇKKV, Lojistik, Lojistik Dostu Şehir, Türkiye

DETERMINING THE LOGISTICS FRIENDLY CITIES IN TURKEY USING MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS

ABSTRACT

With the rise of globalization, major developments in technology, commerce and communication have been seen all over the world. These developments have made the communication and trade of companies with each other significantly easier. This closeness of companies to each other has increased the importance of the issue of product (good) transfer safely and less costly. In this context, the logistic sector, which deals with all activities from the first point of creation any raw materials or products to the last point in which the products reached to consumers, has found place for itself among the world’s largest sectors. Such a growth of the logistics industry has also revealed the concept of logistics-friendly cities. In this study, firstly, information related to logistics and logistic city is given, then remarkable studies in the literature are summarized. In order to determine the logistics-friendly cities in Turkey, the integrated CODAS entropy method which is a the multi-criteria decision making (MCDM) method is used / is utilized. For this purpose, the criteria such as capacities transportation and storage, labor forces, access to motorways, railways, airways and waterways, road infrastructure were determined as criteria and required data were collected. After that the cities were evaluated. A resource has been created to help managers by identifying logistics-friendly cities.

Keywords: MCDM, Logistic, Logistics Friendly City, Turkey

1. GİRİŞ

Lojistik, malzeme akışlarının planlanması ve kontrolü ile ilgili konularla ilgilenmektedir. Lojistik ile ilgili konular; genellikle belirlenen bir performans ölçütünü optimize ederken (örneğin; en düşük maliyetle lojistik uygulamalarını gerçekleştirmek) belirli kısıt küme kuralları altında (örneğin; kullanılacak personel sayısı) uygun kararlar (örneğin; alım, satım, taşıma) almaktır. Lojistik kamu, özel sektör ve askeriye dahil olmak üzere her sektörde kilit rol oynamaktadır. Lojistik sistemleri ise genellikle tesisler ve bu tesislerin arasındaki bağlantıyı oluşturan ulaşım hizmetlerinden oluşmaktadır. Burada tesisler terimi ile ürünün üretildiği, depolandığı, taşındığı, en son müşteriye ulaştırıldığı tüm tesislerden bahsedilirken, ulaşım hizmetleri ile de ürün hareketlerinin her aşamasında kullanılan araçlar kast edilmektedir. Bir lojistik stratejisi geliştirilirken ve lojistik ile ilgili kararlar alınırken, yöneticiler genel olarak üç temel hedef konusunda uzlaşmaktadırlar:

- Olabildiğince az sermaye kullanımı: Kurulacak lojistik sisteme mümkün olduğunca az yatırım yapmak
- Maliyetlerin düşürmek: Tedarik zinciri işletimiyle ilişkili toplam maliyeti en aza indirmek
- Hizmet seviyesinin iyileştirilmek: Lojistik hizmet seviyesinin müşteri memnuniyetini etkilemesi de bir hedeftir; bu da müşteri memnuniyetini ve gelirleri etkiler.

Üç hedeften ödün vermek gerektiğinde, genellikle bir müşteri hizmetleri düzeyi belirlenir (ilk aşamada), daha sonra lojistik kararlar bu hizmet seviyesini asgari (sermaye ve işletme) maliyetle karşılayacak şekilde alınır.

Günümüzde çok büyük harcamaların yapıldığı lojistik sistemlerinin önemleri her geçen gün artmaktadır (Erkan, 2014). Örnek vermek gerekirse 2017 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde lojistik sistemlerine yapılan harcama, sosyal güvenlik, sağlık hizmetleri ve savunma harcamalarının tamamından daha yüksektir. Dünyayla birlikte Türkiye'de de büyüyen lojistik sektörü 2014 (URL1) yılında ülkenin gayri safi yurt içi hasılasının (GSYH) %12'sini 210 milyar TL ile oluşturmaktadır. Son 20 yıl incelendiğinde ise lojistik sektörünün ortalama payı %11,4'tür. İmalat ve Toptan ve perakende ticaret sektörlerinin ardından Türkiye'nin GSYH içindeki en büyük üçüncü payına sahip olan lojistik sektörü 1 yıl hariç son 20 yıl boyunca sürekli gelişim göstermiştir.

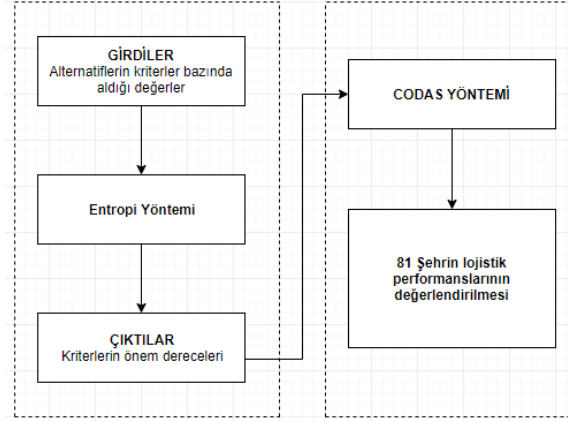
Lojistik sektörünün bu denli büyümesiyle birlikte lojistik şehirlerin de önemi artmıştır. Yaklaşık son 50-60 yıldır ilgilenen lojistik merkezi kavramı lojistik şehir kavramıyla ilişkilendirilebilir. 1960 ve 70lerde lojistik merkez kavramı yalnızca ürün yönetimi ve taşımasıyla ilgilenirken, 80lerden 90lı yılların başına kadar ise gelişen teknolojiyle birlikte bilgi ve iletişim de lojistik merkez kavramını ilgilendirdiği alanlar kapsamına girmiştir. Daha sonra tedarik zincirlerinin genişlemesi ile üniversitelerde daha çok çalışılan bir alan haline gelen lojistik merkez kavramı değer katan tüm aktivitelerle ilgilenmektedir. Bu bağlamda lojistik dostu şehirlerin belirlenmesi de önemli bir çalışma alanıdır.

Yapılan bu çalışmada, Türkiye'de yer alan 81 şehir lojistik altyapısı bakımından çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Şehirler değerlendirilirken deniz ve demir yoluyla ulaşılabilirliği, şehirde yer alan havalimanı sayısı, yol altyapısı, şehirde hizmet veren lojistik firma sayısı ve şehrin potansiyel iş gücü kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen 6 kriterin ağırlıkları entropi yöntemiyle bulunmuş, devamında çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan CODAS ile şehirler lojistik altyapısına göre değerlendirilmiştir.

Literatürde yer alan lojistik şehir ya da lojistik merkez seçimi konulu çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirme başvurulan tekniklerden biridir. Chen ve Qu (2006) Entropi yöntemi ile belirledikleri kriterleri ağırlandırdıktan sonra Bulanık AHP ile lojistik merkezi seçimini yapmışlardır. Li-li ve Yan (2008) ileri beslemeli yapay sinir ağlarını Bulanık AHP yöntemine entegre ederek lojistik merkez seçimi yapmışlardır. Turskis ve Zavadskas (2010) yaptıkları çalışmalarda temelde ekonomik faktörleri göz önünde bulundurarak hükümetlerin lojistik merkezi açma kararlarına yardımcı olacak bir kaynak hazırlamışlardır. Yaptıkları çalışmalarda yeni bir yöntem olarak ARAS-F yöntemini uygulamışlardır. Bu yöntem ağırlık merkezi yöntemine temelini dayamaktadır. Ding (2013) dünya çapında çalışan lojistik şirketleri için hub seçimi yapmıştır. Çalışmasında bulanık çok kriterli karar verme yöntemi uygulayarak çözüme ulaşmıştır. Adamski (2011) yaptığı çalışmada, zaman pencereli araç rotalama probleminde odaklanarak şehir lojistiğini değerlendirmiştir. Smirlis vd. (2012) çalışmalarında ilk olarak performans ölçütünde kullanılması gereken dataları belirlemiş devamında ise veri zarflama analizi yardımıyla değerlendirmişlerdir.

2. YÖNTEM ve UYGULAMA

Yapılan çalışmada, mevcut seksen bir şehrin lojistik dostu performansları, entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlendiği daha sonra bu ağırlıkların CODAS yönteminde kullanıldığı hibrit bir yaklaşım ile değerlendirilmiştir. Önerilen hibrit yaklaşıma ait akış Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan havalimanlarına ait veriler DHMİ (Devlet Hava Meydanları İşletmesi) resmi internet sitesinden (URL2), denizyolu, demiryolu ve kara yollarına ait veriler Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın resmi internet sitesinden (URL3), işgücü bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) resmi internet sitesinden (URL4), firma sayısı ise haberlerden (URL5) elde edilmiştir.



Şekil 1. Önerilen Hibrit Yaklaşım

2.1. Entropi Yöntemi ve Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan çeşitli yöntemlerden biri olan Entropi yöntemi (ağırlıkların belirlenmesinde) nesnellik sağladığından sık tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, Shannon'un 1948 yılında önerdiği, bilginin belirsizliğinin olasılık teorisi ile ölçümü olan entropi mantığına dayanmaktadır. Kriterler ağırlıklandırılırken her bir kriterin aldığı değerler aralığı kriterin önemini belirlemede rol alır (Ayyıldız ve Murat, 2017). Kriterler hakkında yeterli bilgi var ise bu yöntem uygulanabilir (Hwang ve Yoon, 2012). Daha büyük aralığa sahip kriterler daha büyük entropi değeri ve dolayısıyla daha büyük önem derecesine sahip olurlar (Ömürbek ve Aksoy, 2016). Entropi yöntemiyle kriter ağırlıkları eşitlik 1 kullanılarak belirlenir (Wang ve Lee, 2009).

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)} \quad (1)$$

Burada w_j j . kriterin ağırlığı e_j de entropi değeridir ve m alternatif sayısını göstermektedir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan e entropi değeri eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij}) \quad (2)$$

Eşitlik 2'de k değeri entropi katsayısıdır ve $k = (\ln(m))^{-1}$ ile elde edilir. r_{ij} normalize edilmiş kriter değerlerinden alternatif i için j . kritere karşılık gelen değeridir.

Çalışma kapsamında şehirlerin lojistik dostu performansını belirlemek amacıyla yapılan araştırmalar sonucu 6 kriter dikkate alınmıştır ve kriter ağırlıkları Entropi yöntemi ile belirlenmiştir. Dikkate alınan kriterler aşağıda listelenmiştir.

- **Kriter 1:** Karayolu uzunluğu (km)
- **Kriter 2:** Hizmet veren lojistik firma sayısı
- **Kriter 3:** Denizyolu ile ulaşılabilirlik
- **Kriter 4:** Demiryolu ile ulaşılabilirlik
- **Kriter 5:** Havalimanı sayısı
- **Kriter 6:** İşgücü potansiyeli (Bin kişi)

Çalışmada Türkiye'deki yer alan 81 şehrin lojistik dostu performansı incelenmiştir. Kullanılan karar matrisi Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de kriter 3 ve 4 sütunlarında yer alan 1 değeri ulaşılabilir olduğu, 0 değeri ise ulaşılabilir olmadığı anlamına gelmektedir.

Tablo 1. Kullanılan Karar Matrisi

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Adana	824	7	1	1	1	1110115
Adıyaman	707	0	0	1	1	305097
Afyonkarahisar	1018	0	0	1	0	352037
Ağrı	512	10	0	0	1	272178
Amasya	482	0	0	1	1	154459
Ankara	1546	46	0	0	1	2786563
Antalya	1592	6	1	0	2	1193932
Artvin	601	24	1	1	0	80157
Aydın	687	0	0	1	1	515151
Balıkesir	1206	0	1	1	2	568897
Bilecik	457	0	0	1	0	110502
Bingöl	551	0	0	1	1	144564
Bitlis	628	0	0	1	0	172869
Bolu	665	28	0	0	0	147335
Burdur	557	2	0	1	0	125183
Bursa	1037	12	1	0	1	1466016
Çanakkale	1058	0	1	0	1	255477
Çankırı	580	0	0	1	0	85949
Çorum	1055	0	0	0	0	250449
Denizli	803	5	0	1	1	504450
Diyarbakır	991	0	0	1	1	845526
Edirne	675	3	0	1	0	201773
Elazığ	768	0	0	1	1	297689
Erzincan	828	0	0	1	1	116684
Erzurum	1520	1	0	1	1	392597
Eskişehir	904	5	0	1	0	429408
Gaziantep	502	71	0	1	1	964554
Giresun	753	3	1	0	1	200797
Gümüşhane	570	0	0	0	0	80358
Hakkari	456	0	0	0	1	158172
Hatay	596	127	1	1	1	751348
Isparta	706	0	0	1	1	212601
Mersin	1334	195	1	1	0	872234
İstanbul	377	345	1	1	2	8027851
İzmir	1258	33	1	1	1	2152812
Kars	785	1	0	1	1	148512
Kastamonu	1281	0	1	0	1	176994
Kayseri	1083	39	0	1	1	682622
Kırklareli	536	0	0	1	0	176877
Kırşehir	552	0	0	1	0	112477
Kocaeli	386	23	1	1	1	952439
Konya	2969	23	0	1	1	1075076
Kütahya	916	0	0	1	1	289327
Malatya	1089	1	0	1	1	390864
Manisa	1048	4	0	1	0	687533
Kahramanmaraş	950	0	0	1	1	541995
Mardin	751	23	1	1	1	397670
Muğla	950	0	0	0	2	453437
Muş	598	0	0	1	1	202376
Nevşehir	484	0	0	1	1	141140
Niğde	466	0	0	0	0	172251
Ordu	895	5	1	0	1	350763
Rize	457	7	1	0	0	161082
Sakarya	466	5	0	1	0	488875
Samsun	757	9	1	1	1	637008
Siirt	507	0	0	1	1	160274
Sinop	558	0	1	0	1	92982
Sivas	2220	1	0	1	1	307294
Tekirdağ	548	0	1	1	1	497831
Tokat	705	0	0	1	1	288978
Trabzon	779	39	1	0	1	381142
Tunceli	566	0	0	1	0	49824
Sanlıurfa	1122	0	0	1	1	889120
Uşak	470	0	0	1	1	177536
Van	957	0	0	1	1	557343
Yozgat	1102	0	0	1	0	204219
Zonguldak	410	1	1	1	1	296342
Aksaray	518	3	0	0	0	194874
Bayburt	296	0	0	0	0	40603
Karaman	745	0	0	1	0	121620
Kırıkkale	366	0	0	1	0	134872
Batman	364	0	0	1	1	285653
Şırnak	538	24	0	0	1	247552
Bartın	290	0	1	0	0	94444
Ardahan	366	0	0	0	0	49441
Iğdır	210	22	0	0	1	97933
Yalova	121	0	1	0	0	115656
Karabük	384	1	0	1	0	123196
Kilis	152	5	0	1	0	64790
Osmaniye	282	1	0	1	0	253171
Düzce	177	15	0	0	0	183644

Karar matrisi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda Entropi yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları aşağıdaki gibi bulunmuştur. En büyük önem derecesine sahip kriter; derslik başına düşen öğrenci sayısı (ilkokul ve ortaokul öğrencisi) iken, en düşük önem derecesine sahip kriter YGS puan ortalaması çıkmıştır.

- ✓ $w_1 = 0,030$ Karayolu uzunluğu (km)
- ✓ $w_2 = 0,376$ Hizmet veren lojistik firma sayısı
- ✓ $w_3 = 0,261$ Denizyolu ile ulaşılabilirlik
- ✓ $w_4 = 0,077$ Demiryolu ile ulaşılabilirlik
- ✓ $w_5 = 0,106$ Havalimanı sayısı
- ✓ $w_6 = 0,150$ İşgücü potansiyeli (Bin kişi)

2.2. CODAS (COmbinative DIstance-based ASsessment) ile Şehirlerin Değerlendirilmesi

Yeni çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan CODAS, Keshavarz (2016) ve arkadaşları tarafından ortaya çıkarılmıştır. Alternatiflerin caziplik düzeyini ölçen bu yöntem, Öklid ve Taxicab uzaklıklarını dikkate almaktadır. Birincil olarak Öklid uzaklığı dikkate alınırken, devamında Taxicab uzaklığı göz önünde bulundurulur. Uzaklıklar hesaplanırken negatif ideal noktaya olan uzaklık değerlendirilir. Yöntemde daha büyük uzaklığa sahip olan alternatif daha caziptir. Literatüre yeni kazandırılan bir yöntem olan CODAS yöntemini Panchal ve arkadaşları (2017) gübre sanayinde bakım kararları vermede kullanmışlardır. Mathew ve Sahu (2018) ise konveyör seçiminde yöntemden yararlanmışlardır.

Bu yöntemde, alternatiflerin cazipliği iki ölçüm kullanılarak belirlenir. Ana ve birincil ölçüm, alternatiflerin olumsuz idealine olan Öklid uzaklığıdır. Bu tür bir mesafeyi kullanmak, kriterler için bir I^2 -norm kayıtsızlık alanı gerektirir. İkinci ölçüm ise, I^1 -norm kayıtsızlık alanıyla ilişkili olan Taxicab mesafesidir. Kolayca anlaşılacağı üzere negatif ideal çözümden daha uzak olan alternatifler daha caziptir. Yöntemde Öklid mesafesi açısından kıyaslanamaz durumda (eşit veya çok yakın değerlere sahip) olunan iki alternatif varsa, ikincil ölçüm olan Taxicab uzaklığı dikkate alınır. CODAS'da I^2 -norm kayıtsızlık alanı tercih edilmesine rağmen, süreçlerinde iki tür ilgisizlik alanı olduğu düşünülebilir. n alternatif m kriterin olduğu bir karar verme probleminde, yöntemin adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Karar matrisi X aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Burada X_{ij} ($X_{ij} \geq 0$) i . Kriterin j . Alternatif özelinde aldığı değeri göstermektedir.

Adım 2: Normalize karar matrisi oluşturulur. Performans değerleri lineer normalizasyon kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_b \\ \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_c \end{cases} \quad (4)$$

N_b ile fayda kriteri, N_c ile maliyet kriteri ifade edilmektedir.

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize matris aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \quad (5)$$

w_j ($0 < w_j < 1$) ile j . kriterin ağırlığı gösterilmektedir ve $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 'dir.

Adım 4: Negatif ideal çözüm belirlenir.

$$ns_j = \min r_{ij} \quad (6)$$

Adım 5: Alternatiflerin negatif ideal çözüme olan Öklid ve Taxicab mesafesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (7)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (8)$$

Adım 6: Göreceli değerlendirme matrisi aşağıdaki formül kullanılarak oluşturulur.

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\varphi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (9)$$

Burada φ ile İki alternatifin Öklid uzaklıklarının eşitliğini tanımak için bir eşik fonksiyonu gösterilmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |x| \geq \tau \\ 0 & \text{eğer } |x| < \tau \end{cases} \quad (10)$$

Fonksiyondaki τ değeri karar verici tarafından belirlenmektedir. Öklid mesafesindeki önemsizlik derecesini ifade eden parametrenin 0,01 ile 0,05 arasında olması tavsiye edilmektedir. Eğer iki alternatif arasındaki Öklid mesafe değeri τ den küçükse kıyaslama Taxicab mesafesi ile yapılır. Bu çalışmada değer olarak 0,02 dikkate alındı.

Adım 7: Her bir alternatifin değerlendirme puanı hesaplanır.

$$H_i = \sum_{k=1}^n h_{ik} \quad (11)$$

Adım 8: Alternatifler değerlendirme puanı azalacak şekilde sıralanır. En yüksek değere sahip alternatif, en iyi seçim anlamına gelmektedir.

Çalışma kapsamında 81 şehir Tablo 1'deki veriler kullanılarak CODAS yöntemiyle sıralanmıştır. Yöntem uygulanırken kriter ağırlıkları olarak Entropi yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar kullanılmıştır. 81 şehrin CODAS yöntemiyle kullanılarak oluşturulan lojistik dostu şehirler sıralaması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. CODAS Yöntemi ile Elde Edilen Sıralama

Sıra	Şehir	Sıra	Şehir	Sıra	Şehir
1	İstanbul	28	Adıyaman	55	Bitlis
2	Mersin	29	Aydın	56	Bilecik
3	Hatay	30	Diyarbakır	57	Edirne
4	Balıkesir	31	Amasya	58	Manisa
5	Adana	32	Erzurum	59	Çankırı
6	Antalya	33	Denizli	60	Kırklareli
7	İzmir	34	Bingöl	61	Kırşehir
8	Artvin	35	Elazığ	62	Ağrı
9	Bursa	36	Erzincan	63	Sakarya
10	Kocaeli	37	Isparta	64	Yozgat
11	Mardin	38	Kahramanmaraş	65	Tunceli
12	Çanakkale	39	Malatya	66	Karaman
13	Samsun	40	Kars	67	Kırıkkale
14	Kastamonu	41	Sivas	68	Hakkari
15	Giresun	42	Kütahya	69	Osmaniye
16	Tekirdağ	43	Şanlıurfa	70	Kilis
17	Trabzon	44	Muş	71	Karabük
18	Ordu	45	Muğla	72	Şırnak
19	Zonguldak	46	Nevşehir	73	Iğdır
20	Sinop	47	Van	74	Bolu
21	Rize	48	Siirt	75	Çorum
22	Bartın	49	Tokat	76	Gümüşhane
23	Yalova	50	Uşak	77	Niğde
24	Gaziantep	51	Afyonkarahisar	78	Düzce
25	Konya	52	Batman	79	Aksaray
26	Kayseri	53	Eskişehir	80	Bayburt
27	Ankara	54	Burdur	81	Ardahan

3.SONUÇ

Tablo 2’de yer alan sonuçlar irdelendiğinde, Türkiye’nin lojistik dostu şehirlerinin önemli bir kısmının nüfus olarak yüksek şehirler olduğu görülmektedir. Lojistik dostu şehirler sıralamasının ilk 10 sırasının 9unda büyükşehir belediyelerin sahip şehirler yer almaktadır. Ülke nüfusunun yaklaşık yüzde 20’sine sahip İstanbul en lojistik dostu şehir olmuştur. Bunun nedeni olarak şehrin, karayolu haricindeki tüm kriterlerde en yüksek değere sahip olması gösterilebilir. Demir ve deniz yoluyla ulaşılabilen şehirde, ayrıca 2 de hava alanı yer almaktadır. İş gücünün de oldukça fazla olduğu şehirde, 345 adet lojistik firması hizmet vermektedir. Bu nedenlerden dolayı birinci olması kaçınılmazdır.

İkinci ve üçüncü sırada ise sırasıyla ülkenin en büyük limanlarından ikisine sahip olan ve Akdeniz ticaretinde kilit rol oynayan Mersin ve Hatay yer almaktadır. Ülkede hizmet veren lojistik firmalarının yaklaşık yüzde 20sine sahip olan iki şehirde de demiryolu mevcuttur. Ayrıca nazaran iş gücü potansiyeli de yüksek olan şehirler olmakla birlikte Hatay şehrinde havalimanı da olması şehri ön plana çıkarmaktadır.

İlk 10 şehrin tamamını liman şehirleri oluştururken bu şehirlerin büyük bir bölümü (8 adet) Akdeniz ve Marmara bölgelerinde yer almaktadır. Ülkenin en gelişmiş bölgesi olarak kabul edilen Marmara Bölgesi’nin lojistik ihtiyacının büyük olması da bu sonuçla paralellik göstermektedir. İlk 10da yer alan diğer şehirler İzmir ve Artvin’dir. İzmir’in ülkenin en kalabalık üçüncü şehri olmakla birlikte oldukça gelişmiş bir ticaret şehri olması şehri üst sıralara taşımıştır. Artvin ise ilk 10 şehir içerisinde büyükşehir olmayan tek şehir olarak dikkat çekmektedir. Bunun nedeni olarak bir sınır şehri olmasından dolayı lojistik hizmetlerinin gelişmiş olması gösterilebilir.

Türkiye’de yer alan 81 şehir içerisinde son üç sırada ise sırasıyla Ardahan, Bayburt ve Aksaray yer almaktadır. Bu durumun nedenleri olarak 3 şehrinde ne deniz ne demir ne de havayolu ile ulaşılabilir olması gösterilebilir. Ayrıca işgücü potansiyeli oldukça düşük olan 3 şehirde de hiçbir lojistik firması hizmet vermemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Adamski, A. (2011). "Hierarchical integrated intelligent logistics system platform." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 27, pp 1004-1016.
- [2] Ayyıldız, E., Ve Murat, M.(2017)."Türkiye’de Yer Alan Şehirlerin Eğitim Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi." ,10(2), ss 255-267.
- [3] C. E. Shannon (1948)"A mathematical theory of communication, bell System technical Journal 27: 379-423 and 623–656," Math. Rev. MR10, 133e
- [4] Chen, Y., & Qu, L. (2006). "Evaluating the selection of logistics centre location using fuzzy MCDM model based on entropy weight." In *Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress on Vol. 2*, pp. 7128-7132.
- [5] C.-L. Hwang and K. Yoon (2012), "Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey, vol. 186. Springer Science & Business Media
- [6] Ding, J. F. (2013). "Applying an integrated fuzzy MCDM method to select hub location for global shipping carrier-based logistics service providers." *WSEAS transactions on information science and applications*, 10(2), 47-57.
- [7] Ding, J. F., & Chou, C. (2013). "An evaluation model of quantitative and qualitative fuzzy multi-criteria decision making approach for location selection of transshipment ports." *Mathematical Problems in Engineering*, pp.1-12
- [8] Erkan, B. (2014). "Türkiye’de Lojistik Sektörü ve Rekabet Gücü" *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 1(1),ss 44-65.
- [9] Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). "A New Combinative Distance-Based Assessment (Codas) Method For Multi-Criteria Decision-Making". *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 50(3),pp 25-44
- [10] Li-li, Q., & Yan, C. (2007). "An interactive integrated MCDM based on FANN and application in the selection of logistic center location."In *Management Science and Engineering, 2007. ICMSE 2007. International Conference on pp. 162-167*.
- [11] Mathew, M., & Sahu, S. (2018). "Comparison of new multi-criteria decision making methods for material handling equipment selection." *Management Science Letters*, 8(3), pp. 139-150.
- [12] N. Ömürberk and E. Aksoy, "Bir Petrol Şirketinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Performans Değerlendirmesi," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, vol. 21, no. 3, ss 723-756
- [13] Panchal, D., Chatterjee, P., Shukla, R. K., Choudhury, T., & Tamosaitiene, J. (2017). "Integrated Fuzzy Ahp-Codas Framework For Maintenance Decision In Urea Fertilizer Industry." *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 51(3), pp 179-196.
- [14] Smirlis, Y. G., Zeimpekis, V., & Kaimakamis, G. (2012). "Data envelopment analysis models to support the selection of vehicle routing software for city logistics operations". *Operational Research*, 12(3), pp. 399-420.
- [15] T.-C. Wang and H.-D. Lee, (2009),"Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 5, pp. 8980–8985
- [16] Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010). "A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location." *Transport*, 25(4), 423-432.
- [17] URL1 : http://www.musiad.org.tr/F/Root/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20ve%20Yay%C4%B1nlar/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20Raporlar%C4%B1/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20Raporlar%C4%B1/lojistik_sektor_raporu_2015.pdf 19 Şubat 2018’de erişildi
- [18] URL2 : <http://www.dhmi.gov.tr/havaalanlari.aspx> 19 Şubat 2018’de erişildi

- [19] URL3: <http://www.udhb.gov.tr/i-1-istatistikler.html> 19 Şubat 2018'de erişildi
- [20] URL4: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 19 Şubat 2018'de erişildi
- [21] URL5: <http://www.transmedya.com/dosya-haber/turkiyenin-lojistik-analizi-sasirabilirsiniz-h9482.html>
19 Şubat 2018'de erişildi

DEMİR İPEK YOLU İÇİN GÜZERGÂH VE LOJİSTİK MERKEZLERİN YER SEÇİMİ

Atiye Tümenbatur¹

¹ Maltepe Üniversitesi Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, Türkiye, atumenbatur@gmail.com

ÖZET

Küresel bir değer zincirinin canlı bir halkası olmanın zorunluluklarından biri de gelişmiş bir taşımacılık ağına sahip olmak ve etkin lojistik faaliyet yönetimi oluşturmaktır. Bu bağlamda, Dünya’da ülkelerarası ticaretin etkin ve verimli yapılabilmesi için çeşitli ulaştırma koridorları oluşturulmaktadır. Avrasya bölgesinde Doğu ve Batı’yı birbirine bağlayan 3 tane koridor bulunmaktadır. Bunlar Kuzey, Orta ve Güney koridorlarıdır. Türkiye, Batı Çin bölgesinden başlayarak demiryolu ile sırasıyla Kazakistan’dan Hazar Denizi’ni feribot ile geçerek Avrupa’ya bağlanan Orta Koridor üzerinde yer almaktadır.

Yeni açılan Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu hattı söz konusu orta koridorun aşamalarından biridir. Böylece Çin ile Avrupa arasında kesintisiz demiryolu hattı sağlanmıştır. Bu aşamada önemli olan yük taşımacılığının Türkiye üzerinden Avrupa’ya hangi demiryolu hattı ile yapılacağı ve bu hatlar üzerinde oluşturulacak lojistik merkezlerin yerlerinin belirlenmesidir.

Bu bildiriye en uygun demiryolu taşıma hattı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) metodu ile ve bu hat üzerinde olması gereken lojistik merkezlerin konumları Ağırlık Merkezi Yöntemi (Coğrafi Koordinatlar Yöntemi) ile belirlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Ağırlık Merkezi Yöntemi, Demir İpek Yolu, Lojistik Merkezler, Taşımacılık Yönetimi.

LOCATION SELECTION OF ROUTES AND LOGISTICS CENTER FOR IRON SILK ROAD

ABSTRACT

One of the obligations of being a vibrant network of a global value chain is to have an advanced transport network and to create effective logistics activity management. In this context, various transport corridors are being established in the World so that international trade can be carried out effectively and efficiently. There are three corridors connecting the East and the West in the Eurasian region. These are North, Middle and South corridors. Turkey, starting from the western China region by rail through the Caspian Sea by ferry from Kazakhstan respectively located on the corridor that connects Central Europe.

The newly opened Baku-Tbilisi-Kars Railway line is one of the stages of the middle corridor. In this way, uninterrupted railway lines between China and Europe have been provided. At this stage, important cargo route to Europe via Turkey and to determine the locations of logistics centers of the railway line on these lines will be provided.

In this report, the most suitable railway line will be determined by the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the locations of the logistic centers that should be on this line by the Center of Gravity Method (Geographical Coordinates Method).

Keywords: Weight Center Method, Iron Silk Road, Logistics Centers, Transportation Management.

1. GİRİŞ

Lojistiğin çok geniş bir alanı kapsamı sebebiyle farklı tanımları vardır. Bu alanda kabul gören kurumlardan biri olarak kabul edilen CSCMP (Council of Supply Chain Management) Lojistiği, müşteri ilişkilerini karşılamak amacıyla malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin üretim ve tüketim noktaları arasında ileriye ve tersine doğru verimli ve etkin

akışını ve depolanmasını sağlayan, yürüten ve kontrol eden tedarik zinciri sürecinin bir parçası olarak tanımlamıştır (URL1). Taşımacılık ise lojistik faaliyetlerden sadece bir tanesi olup; ürünlerin/yüklerin belirli bir sevk nokta/larından alınıp belirli bir teslim nokta/larına belgeli olarak götürülmesi/taşınmasıdır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve küreselleşmeyle oluşan ticaret eğilimlerindeki artışlarla Lojistik Merkezler önem kazanmaktadır. Türkiye lojistik sektörü açısından da önemi gün geçtikçe artan lojistik merkezler, lojistik ve taşımacılık şirketleri ile ilgili resmi kurumların içinde yer aldığı, her türlü ulaştırma moduna (karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu) bağlantıları olan, depolama, yükleme-boşaltma, elleçleme, yükleri bölme, birleştirme, paketleme imkânı sağlayan ve taşıma modları arasında düşük maliyetli, hızlı ve güvenli alan ve donanımlara sahip bölgelerdir. Lojistik merkezler, buldukları şehrin ekonomik ve sosyal gelişimine katkıda bulunduğu gibi tüm ulaşım sistemlerine ve uluslararası ulaşım koridorlarında daha etkin olma yönünde de önemli katkılar sağlamaktadır.

Dünya’da ülkelerarası ticaretin etkin ve verimli yapılabilmesi için çeşitli ulaştırma koridorları oluşturulmaktadır. Avrasya bölgesinde Doğu ve Batı’yı birbirine bağlayan 3 tane koridor bulunmaktadır. Bunlar Kuzey, Orta ve Güney koridorlarıdır. Türkiye, Batı Çin bölgesinden başlayarak demiryolu ile sırasıyla Kazakistan’dan Hazar Denizi’ni feribot ile geçerek Avrupa’ya bağlanan Orta Koridor üzerinde yer almaktadır (Şekil1).



Şekil.1 Kuzey, Orta ve Güney Koridorları

Türkiye’de son dönemlerde Karadeniz, Asya, Orta Doğu ve Akdeniz bölgeleri ile Avrupa arasında hızlı ve güvenilir bir altyapı oluşturularak gerekli ulaştırma bağlantılarının sağlanmasına büyük önem verilmektedir. Bu bağlamda TEN-T koridoru, TRACECA ve İpek Yolu Koridoru öne çıkmaktadır.

30 öncelikli koridor üzerine kurulmuş olan TEN-T ulaştırma ağları, üye ülkelerin birbirleri ile olan bağlantılarını güçlendirmek için geliştirilen projeleri kapsamaktadır. TEN-T, Türkiye ve AB arasında kişilerin, malların ve hizmetlerin serbest dolaşımını kolaylaştırmak amacıyla iyi bir ulaştırma altyapısı oluşturarak, bunun Trans-Avrupa Ulaştırma Ağlarına eklenmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

TRACECA, bağımsız devletler topluluğu ülkelerini Kafkasya ve/veya Karadeniz üzerinden Avrupa’ya bağlanmasını sağlamak amacıyla Avrupa Birliği tarafından oluşturulan bir Doğu-Batı koridorudur. Özellikle denizle bağlantısı olmayan Merkez Asya ülkeleri için dış ticaret hacimlerini ve ulaştırma ağlarını geliştirme açısından önem taşıyan koridordaki ağ, 34 demiryolu hattı ve 12 limanı kapsamakta, 37 otoyol ve 27 demiryolu sınır geçiş noktasından oluşmaktadır.

Dünyanın en uzun ve en uzun süreli devam etmiş ticaret yolu olan İpek yolu, başlangıçta ticari bir yol olarak kullanılsa da sonrasında uzun süre askeri, siyasi ve kültürel olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Çin’in dünyadaki ticari faaliyetleri canlandırmak için oluşturduğu “Tek Kuşak Tek Yol” olarak adlandırılan Modern İpek Yolu Projesi ise Asya ve Avrupa kıtaları birbirine bağlayarak küresel ticaret hacmini önemli ölçüde etkileyecektir. Projenin Orta Koridoru ’nu oluşturan Türkiye, tarihi İpek Yolu’nun geçtiği önemli transit merkezlerden biridir. Bu bağlamda Bakü-Tiflis-Kars demiryolu hattı orta koridorun en önemli bileşenlerinden biridir. Çin’den başlayıp Türkiye’den geçerek Avrupa’ya ulaşacak demiryolu hattı önemli bir proje olup bu koridorda yer alan lojistik merkezlerin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

Lojistik merkezler (logistics center); kentsel lojistik sorunlarına bütünsel (holistic) bir yaklaşım getiren çözümlerdir. Tanım olarak Lojistik Merkez; lojistik ve taşımacılık şirketleri (dağıtım şirketleri, taşımacılık şirketleri, lojistik hizmet sağlayıcılar-3PL) ve konu ile ilgili resmi kurumların içinde yer aldığı, her türlü ulaştırma ağına etkin bağlantıları olan ve yükleri farklı taşımacılık modları arasında düşük maliyetli, hızlı ve güvenli aktarma donanımlarına sahip organize lojistik bölgelerdir. Bu tür merkezler, yüklerin konsolide, de-konsolide ve aktarma faaliyetlerine yöneliktir.

Lojistik Merkez; hem ulusal hem de uluslararası geçişlerde taşımacılık, lojistik ve dağıtımla ilgili tüm faaliyetlerin ticari temele dayandırılarak çeşitli işletmeler tarafından yerine getirildiği uzmanlık merkezlerdir. Lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin çeşitli işletmeciler tarafından yürütüldüğü belirli bir bölge olarak tanımlanan lojistik merkezlerde, iyi planlanmış ve iyi yönetilen, yük taşıma ve depolamalarıyla ilişkili faaliyetlerin, bu amaçla inşa edilmiş ortak alan içerisinde kümelenmesi söz konusudur.

Bu bildiriye ilk olarak BTK hattından gelen yüklerin en uygun şekilde diğer ülkelere ulaştırılması amacıyla Kars-Mersin, Kars-İzmir ve Kars-İstanbul demiryolu hatlarından en uygunun seçimi için AHP yöntemi uygulanmıştır. İkinci aşamada AHP yöntemi belirlenen hat üzerinde yer alacak lojistik merkezlerin yer seçimi ağırlık merkezi yöntemi ile belirlenmiştir. Son olarak da belirlenen güzergahın ve lojistik merkezin ülke ekonomisi üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Uluslararası ulaştırma koridorları ve Modern İpek Yolunun akademik literatürdeki önemini daha iyi anlamak için makaleler üç başlık altında “Demir İpek Yolu”, “Küresel Ulaştırma Koridorları” ve “International Transport Corridors” olarak toplanmıştır. Bu araştırma için Thomson Reuters Web of Sciences akademik veri tabanında “Demir İpek Yolu”, “Küresel Ulaştırma Koridorları” ve “International Transport Corridors” anahtar kelimeleriyle konutaraması yapıldı. 2000-2017 yılları arası yayınlanan makalelerin özet ve başlık analizleri sonucu 24 araştırma hedeflenmiş ancak 10 tanesi bu çalışmayı doğrudan ilgilendirmesi açısından göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo.1 Literatür Araştırması

No	Yazar (lar) ve Tarih	Ele Alınan Problem	Çözüm Yöntemi	Kısa Özeti
1	Sakaly R., ve Batarliene N., (2017)	Uluslararası taşımacılık koridorlarında İntermodal terminallerin etkileşimi ele alınmıştır.	Kavramsal Çalışma	Yeni TEN-T koridoru üzerinde yer alan lojistik merkezlerin İntermodal taşıma düğümleri arasındaki etkileşimi için genel bir çerçeve oluşturulmuştur.
2	Elgün M., N., (2011)	Ulusal ve Uluslararası taşıma ve ticarete lojistik köylerin yapılanma esasları ve uygun kuruluş yeri seçiminde kullanılan teknikler	Kavramsal Çalışma	Lojistik merkezlerin yer seçiminde kullanılan teknikleri değerlendirilmiştir.
3	Elgün M.N. ve Elitaş C., (2011)	Yerel, ulusal ve uluslararası lojistik köy merkezlerinin yer seçiminde bir model önerisi geliştirilmiştir.	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Uygulaması	Üç farklı değerlendirme kriterleri uygulanarak lojistik yer seçiminde bir model önerisi geliştirilmiştir.
4	Zalluhoğlu A.E. vd. (2014)	Lojistik hizmet sağlayıcılar ile grup çalışması yapılarak lojistik köy kurulumu değerlendirilmiştir.	Vikor Yöntemi Uygulaması	Vikor yöntemi kullanılarak İzmir ili temelinde kurulacak bir lojistik köy için öneri alternatifleri değerlendirilmiştir.
5	Kaynak M., Zeybek H. (2007)	İntermodal terminallerin gelişiminde lojistik merkezler ve dağıtım parklarının Türkiye’deki durumu incelenmiştir.	Kavramsal Çalışma	Türkiye’deki lojistik merkezler Avrupa ve Asya’daki Lojistik Merkezler ile karşılaştırılmış ve Türkiye’de yer aslan terminaller değerlendirilmiştir.
6	Elgün M.N. ve Aşıkoğlu N.O., (2016)	Lojistik köylerin yeri seçiminde merkezlerin değerlendirilmesi	TOPSİS Yöntemi Uygulaması	Çalışmada lojistik köy olmaya en uygun merkez veya merkezlerin tespit edilebilmesi için aday merkezler TOPSİS yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Tablo.1 Literatür Araştırması (devamı)

7	Derviş R., Erbaş vd. (2015)	Mevcut lojistik tesislerin AHP ve CBS ile değerlendirilmesi.	AHP ve Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemi	Mevcut lojistik tesisler AHP ve CBS metodu ile belirlenmiş. Ve uygun olanlar değerlendirilmiştir.
8	Hamzaçebi C. vd.	Karadeniz bölgesine kurulacak lojistik merkezlerin kuruluş yerinin seçimi	MOORA Yöntemi Uygulaması	Karadeniz bölgesine kurulacak lojistik merkezlerin hangi illere kurulmasının uygun olacağı 10 farklı kriter kullanılarak MOORA metodu ile belirlenmiştir.
9	Aydın S. (2016).	Lojistik Merkez Seçimi problemine çözüm önerisi geliştirmek	Bulanık AHP Yöntemi Uygulaması	Lojistik Merkez Yer seçimi problemi için Bulanık AHP yönteminin uygulanabilirliğini göstermek için TCDD tarafından inşa edilecek üç farklı lojistik merkezin değerlendirilmesi yapılmıştır.
10	Özbilgin M., Bayraktutan Y. (2014)	Türkiye’de illerin lojistik merkez yatırım düzeylerinin belirlenmesi	Bulanık Mantık Yöntemi	Lojistik merkez yatırım düzeylerinin belirlenmesinde klasik ve bulanık mantık yöntem uygulamaları karşılaştırılmıştır.

3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ MODELİ

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP), 1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan ve karmaşık karar problemlerinde, karar alternatif ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle, yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılmasına dayalı bir işlemdir. AHP, bir dizi değerlendirme kriteri ve en iyi kararın alınacağı bir dizi alternatif seçenek göz önüne alır.

AHP üç basit ardışık basamakta uygulanabilir; Kriterler ağırlıklarının vektörünü hesaplamak, seçenek puanlarının matrisini hesaplamak ve seçenekleri sıralamak. Öz vektör hesaplanarak kriterlere ait göreceli önem dereceleri belirlendikten sonra, karar vericinin kriterler arasında karşılaştırma yaparken tutarlı davranıp davranmadığının belirlenmesi için tutarlılığının hesaplanması gerekir. İkili karşılaştırma sonrası yapılan hesaplamada tutarlılık oranının 0,10 veya 0,10’un altında bir değer alması gerekir. Uyum oranının 0,10’un üzerinde olması durumunda yeniden değerlendirme yapılması gerekir.

4. AĞIRLIK MERKEZİ MODELİ

Taşıma miktar ve maliyetlerini dikkate alarak en düşük toplam taşımacılık maliyetini veren depo yerini belirlemede kullanılan model “Coğrafi Koordinatlar Yöntemi” olarak da bilinir. Depo, ikmal merkezi, üs, lojistik köy gibi bazı problemlerde taşımacılık maliyetlerinin ya da süresinin en küçüklenmesi, öteki etmenlere göre daha çok önem taşır. Bu yöntem, kuruluş yeri seçiminin salt taşıma maliyetlerine bağlı olduğunu ve bu maliyetlerin de uzaklıkla doğrusal olarak değiştiğini varsayar. Kuşkusuz kuruluş yeri seçimini etkileyen tek etmen taşıma maliyeti değildir. Ancak, yalnızca bu etmen göz önüne alınarak, en azından bir başlangıç çözümü elde edilebilir. Müşterilerin talepleri, birim taşıma maliyetleri ile müşteri ve tedarikçilerin coğrafi koordinatları bilinirse, en az maliyetli bir kuruluş yerinin koordinatları hesaplanabilir.

$P_i (X_i; Y_i)$: Var olan i tesisinin koordinatları

$T (X; Y)$: Kurulacak tesisin koordinatları

$d (T-P_i)$: T ile P_i tesisleri arasındaki uzaklık (km)

C_i : T ile P_i arasında, bir birim yükü, bir birim uzaklığa taşıma maliyeti (PB/kg*km)

Q_i : T ile P_i arasında taşınacak birim yük miktarı (kg)

TM : Toplam maliyeti

Amaç fonksiyonu 1 numaralı denklemdeki gibi tanımlanır:

$$TM_{enk} = \sum_{i=1}^n [C_i * Q_i * d(T-P_i)] \quad (1)$$

Amaç, toplam mâliyeti enküçükleyecek şekilde T (X; Y) tesisinin koordinatlarını belirlemektir. C_i; Q_i ve n değerleri sabit olup tek değişken uzaklık, yâni d (T-P_i) değeridir.

W_i; taşıma maliyetleriyle ağırlıklandırılmış yük değeri olarak (Ağırlıklı yük değeri) hesaplanacak ise buna göre toplam maliyet fonksiyonu 2 numaralı denklemdeki gibi tanımlanır:

$$W_i = C_i * Q_i \quad (2)$$

denklemi olarak ifade edilir. Aşağıda, uzaklığın düz uzaklığın karesi varsayımına göre gerçekleştirilecek hesaplama formülasyonu verilmektedir.

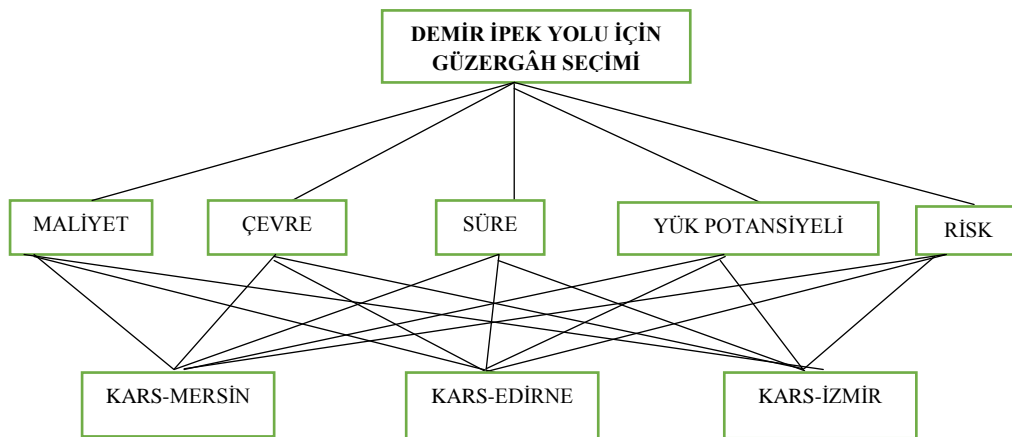
(W_i=C_i*Q_i), yine ağırlıklı yük değerleri olup toplam maliyet fonksiyonu 3 numaralı denklemdeki gibi yazılır:

$$d(T-P_i) = (X-X_i)^2 + (Y-Y_i)^2 \quad (3)$$

5. DEMİR İPEK YOLU TÜRKİYE KESİMİ İÇİN KORİDOR VE LOJİSTİK MERKEZLERİN YER SEÇİMİ

Transit geçişler, özellikle demiryolu ile gerçekleştiğinde büyük kazanımlar sağlamaktadır. Özellikle de uzun mesafeli geçişler söz konusu olduğunda bu fırsatın önemi iyice artmaktadır. Asya-Avrupa arasındaki orta koridorun önemli aşamalarından biri olan Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu geçişi ile Çin ve Avrupa arasında kesintisiz bir demiryolu hattı sağlanmıştır. Azerbaycan'ın başkenti Bakü'den çıkan hat Gürcistan'ın başkenti Tiflis'e gitmekte ve Tiflis'in 23 km güneyinden batıya doğru ayrılan hat Ahılkelek ve oradan da Kars'a gelmektedir. Türkiye, Çin ve Avrupa arasındaki ticari ilişkileri geliştirecek bir coğrafi öneme sahiptir. Türkiye üzerinden yapılan yük taşımacılığında yüklerin hangi demiryolu hattı ile diğer ülkelere ulaştırılacağı belirlenmelidir. Bu bağlamda BTK hattının yük taşımacılığında daha kısa mesafe ve taşıma süresi ile birlikte düşük maliyet avantajlarını sağlaması gerekmektedir.

Bu çalışmada, uygun demiryolu hattı seçiminde AHP yönteminin uygulanması için literatürde yer alan çalışmalara uygun olarak belirlenen kriterlere göre oluşturulan hiyerarşi tablosu Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Güzergah Seçimi Hiyerarşi Yapısı

Şekil 2'de belirlenen ana kriterlerin ikili matrisleri oluşturulup üç akademisyen ve bir sektör temsilcisi tarafından değerlendirilmiş olup verilerin geometrik ortalaması alınarak normalize edilmiştir. Tablo 2'de normalize edilmiş matrisin satırlarının ortalaması alınarak oluşturulan öncelikler vektörü görülmektedir. Son aşamada ise; karar vericilerin yargılarının tutarlı olup olmadığını ölçmek için yapılan tutarlılık analiz sonucu %5,32 olarak hesaplanmıştır. Bu oran 0 ile 10 arasında olduğu için cevapların tutarlı olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 2. Ana Kriterlerin Ağırlıkları

NORMALİZE	MALİYET	ÇEVRE	SÜRE	YÜK POTANSİYELİ	RİSK	Ağırlıklar
MALİYET	0.44	0.43	0.56	0.30	0.34	42%
ÇEVRE	0.12	0.12	0.10	0.17	0.07	12%
SÜRE	0.17	0.24	0.22	0.38	0.30	26%
YÜK POTANSİYELİ	0.16	0.08	0.06	0.11	0.21	12%
RİSK	0.11	0.14	0.06	0.04	0.08	9%

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi belirlenecek güzergahta maliyet faktörü ilk sırada yer almaktadır. Bundan sonraki adımda Şekil 2’de belirlenen güzergahların ana kriterlere göre üstünlükleri belirlenmiş ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Tablo 3’de uygulamanın sonucu görülmektedir.

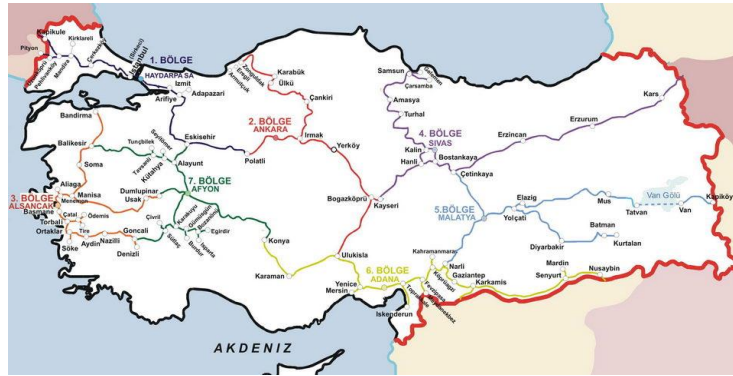
Tablo 3. Uygulama Sonucu

SEÇENEKLER	MALİYET	ÇEVRE	SÜRE	YÜK POTANSİYELİ	RİSK	TOPLAM	
Kars-Mersin	0.5205	0.5553	0.6420	0.1934	0.2024	0.48923095	48.92%
Kars-Edirne	0.2230	0.1620	0.1410	0.4340	0.5160	0.2459183	24.59%
Kars-İzmir	0.2570	0.2830	0.2170	0.3720	0.2820	0.2661537	26.62%

Sonuç olarak güzergah seçimi için uygulanan AHP yöntemi uygulamasına göre BTK hattında Kars’tan gelen yüklerin en uygun maliyet ve sürede Mersin limanına indirilmesi ve buradan Avrupa’ya ve diğer ülkelere aktarılması uygun olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın bu aşamasında belirlenen güzergah üzerinde yer alan illerin üretim ve tüketim miktarları ile birlikte dış ticaret hacimleri belirlenerek bu hat üzerinde olması gereken lojistik merkezlerin konumları Ağırlık Merkezi Yöntemi ile belirlenecektir.

Şekil 3’de görülen TCDD demiryolları haritasına göre Kars’tan çıkan bir tren, Erzurum, Erzincan, Sivas, Malatya, Kahramanmaraş, Osmaniye, Adana illerinden geçerek Mersin limanına ulaşmaktadır.



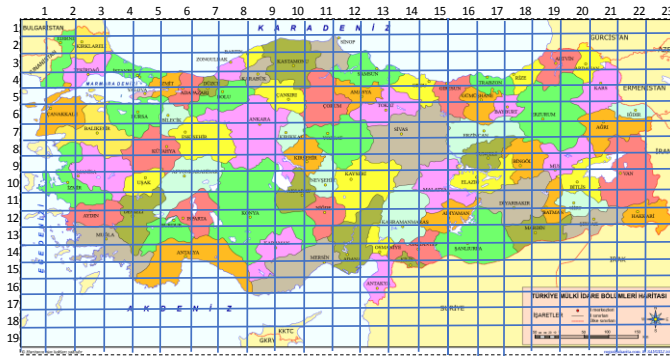
Şekil 3. TCDD Demiryolları Haritası

Lojistik merkez kurulmasında başlıca ölçütler dış ticaret verileri, taşımacılık altyapısı ve sanayi verileridir. Bu çalışmada ise BTK hattı üzerinde yer alan illerin ithalat ve ihracat verileri ekonomik değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Tablo 4’de 2016 ve 2017 yılları için söz konusu illerin dış ticaret verileri Türk Lirası değeri üzerinden görülmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi lojistik merkezlerin değerlendirmesi iki adımda gerçekleştirilecektir. İlk uygulama Erzurum, Erzincan ve Sivas illeri için yapılacaktır. Bu aşamada Kars ili kapsam dışında bırakılmıştır. Çünkü boji değiştirme istasyonu Gürcistan tarafında olup bu istasyonda duran bir yük treninin Kars’ta tekrar durmayacağı varsayılmıştır. İkinci uygulamada Malatya, Kahramanmaraş, Osmaniye, Adana ve Mersin illeri değerlendirilecektir. Sivas ili, Kars’tan gelip kuzey, güney ve batı yönlerinde giden demiryolu hatlarının kesişim noktası olmasından dolayı iki adımlı bir uygulama yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Tablo 4. Güzergah Üzerindeki İllerin Dış Ticaret Verileri (TL)

	2016			2017		
	İthalat	İhracat	Toplam	İthalat	İhracat	Toplam
Erzurum	52.863.756	93.121.621	145.985.377	62.269.682	144.417.199	206.686.881.
Erzincan	28.136.887	20.760.180	48.897.067	38.860.530	31.159.660	70.020.190
Sivas	243.248.863	209.073.684	452.322.547	336.552.305	212.418.191	54.897.0496
Malatya	759.906.805	257.892.814	1.017.799.619	873.337.376	535.566.905	1.408.904.281
Kahramanmaraş	2640578611	3894498659	6.535.077.270	3.494.469.729	5.037.049.758	85.31.519.487
Osmaniye	428944411	1800231313	2229175724	601754556	2395338281	2997092837
Adana	4877927095	5425684480	10303611575	6664063083	7903953780	14.568.016.863
Mersin	4571504058	3573186707	8144690765	5589390421	4905705492	10495095913

Şekil 4’de Türkiye’deki illerin koordinatlarının belirlenmesi için oluşturulmuş harita görülmektedir.



Şekil 4. Türkiye Haritası ve İllerin Koordinatları

Aşağıdaki Tablo 5’de Şekil 4’e göre oluşturulan güzergah üzerindeki illerin koordinatları ile dış ticaret verileri TL cinsinden görülmektedir.

Tablo 5. Güzergah Üzerindeki İllerin Koordinatları

Talep Noktaları	Koordinatlar	Dış Ticaret Verileri (Qi- *100.000TL)
Erzurum	P1 (6,19)	207
Erzincan	P2 (7,16)	70
Sivas	P3 (8,15)	549
Malatya	P4 (10,15)	1.409
Kahramanmaraş	P5 (12,14)	8.532
Osmaniye	P6 (13,13)	2.997
Adana	P7 (14,12)	14.568
Mersin	P8 (14,11)	10.495

Uygulamanın ilk aşamasında Erzurum, Erzincan ve Sivas illeri arasında bir yer seçimi yapılacaktır. Uygulama için oluşturulan tablo aşağıda görülmektedir. Bu tablo kapsamında yapılan hesaplama sonucunda ilk lojistik merkezin koordinatları 7,41; 16,08 olarak belirlenmiştir. Haritada 7 ve 16 koordinatlarının olduğu ilimiz Erzincan’dır.

X	Y	Wi	Wi*Xi	Wi*Yi	$\sum Wi*Xi=$	6.124	$Wi*Xi/Wi=$	7,41
6	19	207	1242	3933	$\sum Wi*Yi=$	13.288	$Wi*Yi/Wi=$	16,08
7	16	70	490	1120				
8	15	549	4392	8235				

Uygulamanın ikinci aşamasında yapılan hesaplama göre ikinci lojistik merkezin koordinatları 13,32; 12,36 olarak belirlenmiştir. Haritada 13 ve 13 koordinatlarına en yakın olan ilimiz Osmaniye’dir.

X	Y	Wi	Wi*Xi	Wi*Yi				
10	15	1409	14090	21135				
12	14	8532	102384	119448				
13	13	2997	38961	38961	$\sum Wi*Xi=$	506.317	$Wi*Xi/Wi=$	13,3 2
14	12	14568	203952	174816	$\sum Wi*Yi=$	469.805	$Wi*Yi/Wi=$	12,3 6
14	11	10495	146930	115445				

Bu çalışmada BTK hattı üzerinde bulunan illerin dış ticaret verileri dikkate alınarak uygun lojistik merkezi seçiminde ağırlık merkezi yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda Erzincan ve Osmaniye illerinde lojistik merkezi oluşturulmasının verimli olacağı görülmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye'yi ilgilendiren küresel ulaştırma koridorları, TEN-T, TRACECA ve İpekyolu Orta Koridorudur. Ülkemiz, TEN-T ile Orta Koridoru birbirine en etkin şekilde bağlamak ve bu koridoru en verimli bir şekilde işletmek durumundadır. Adı geçen bu koridorlar batı-doğu koridorları olup, Viking gibi kuzey-güney koridorlarının batı-doğu koridorları ile bağlantısı da büyük önem arz etmektedir.

Türkiye açısından bakıldığında, demiryolu yük taşımacılığı sektörünün gelişimi için lojistik köy/merkez kavramı da son derece önemlidir. Çünkü lojistik merkezler yüklerin konsolide/dekonsolide edilme bölgeleridir. Kombine taşımacılık açısından ideal yerler olan lojistik köy/merkezler ülke genelinde demiryolu kullanımının cazip hale gelmesi bakımından da kritiktir. Lojistik hizmet sağlayıcılarının TCDD ve Özel Sektör tarafından işletilen lojistik merkezlerde yer alma isteği, bu merkezlerinin lokasyonunun, büyüklüklerinin ve kapasitelerinin doğru şekilde belirlenmesi ile yakından ilişkilidir.

Orta koridor üzerinde bulunan Türkiye'nin Asya-Avrupa ve Afrika bağlantısının en etkin ve verimli bir şekilde oluşturma sorumluluğu vardır. Bu çalışmada, söz konusu bağlantının belirlenmesindeki kriterler maliyet, süre, çevre, yük potansiyeli ve risk olarak belirlenmiş olup Kars-Mersin, Kars-İstanbul ve Kars-İzmir seçenekleri AHP yöntemi ile değerlendirilmiş en uygun güzergahın Kars-Mersin olduğu bulunmuştur. Bu bağlantının özellikle Güney Avrupa, ortadoğu ve Afrika ülkeleri için çok uygun olduğu görülmektedir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise Kars- Mersin güzergahı üzerindeki illerin dış ticaret verileri dikkate alınarak lojistik merkez yer seçimi çalışması yapılmıştır. Öncelikle Kars-Mersin hattı Kars-Sivas ve Sivas-Mersin olarak ikiye bölünmüştür. Her iki kesim için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak en uygun merkez koordinatları belirlenmiştir. Kars-Sivas güzergahı için Erzincan ili, Sivas-Mersin güzergahı için ise Osmaniye ili en uygun lojistik merkez yeri olarak hesaplanmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda, güzergah seçimi için daha fazla uzman görüşü alınarak Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi uygulanması önerilmektedir. Lojistik merkez yer seçiminde ise; dış ticarete ait tutarsal veriler yerine miktarsal verilerin kullanılması ve komşu illere ait verilerinde dikkate alınması daha etkin sonuçlar verecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Aydın, G., Ögüt, K.S. (2008).” Lojistik Köy Nedir?”, 2. Uluslararası Demiryolu Sempozyumu, 15-17 Ekim 2008. İstanbul.
- [2] Aydın S. (2016). “Lojistik Merkez Değerlendirmesi için Karar Verme Modeli ve Uygulama”. V. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, ss 826-844, Mersin.
- [3] Bayraktutan Y., Özbilgin M. (2014). “Türkiye’de illerin Lojistik Merkez Yatırım Düzeylerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Belirlenmesi”. Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, Ocak-Haziran, Sayı 43, ss.1-36,.
- [4] Derviş R., Erbaş M., Öztürk Z.A., Gürol P. (2015). “Mevcut Lojistik Tesislerin AHP ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi”. IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 21-23 Mayıs, ss.184-192, Gümüşhane.
- [5] Elgün M.N. (2011). “Ulusal ve Uluslararası Taşıma ve Ticarete Lojistik Köylerin Yapılanma Esasları ve Uygun Kuruluş Yeri Seçimi”. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi, C.XIII, S II,.
- [6] Elgün M.N., Elitaş C. (2011). “Yerel, Ulusal ve Uluslararası Taşıma ve Ticaret Açısından Lojistik Merkezlerinin Seçiminde Bir Model Önerisi”. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 2011.

- [7] Elgün M.N. ve Aşıkoğlu N.O, (2016). “Lojistik Köy Kuruluş Yeri Seçiminde Topsis Yöntemiyle Merkezlerin Değerlendirilmesi”. AKÜ İİBF Dergisi-Cilt-XVIII Sayı:1 Yıl: Haziran 2016 ss.161-170.
- [8] Hamzaçebi C., Özet İ.G., Alçı A.İ (2015). “Karadeniz Bölgesi Lojistik Merkez Yer Seçimi İçin Moora Metodu ile Karar Verme”. IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 21-23 Mayıs, ss.480-488, Gümüşhane.
- [9] Kaynak M., Zeybek H., (2007). “İntermodal Terminallerin Gelişiminde Lojistik Merkezler, Dağıtım Parkları ve Türkiye’deki Durum”. Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi 9/2 ss.39-58.
- [10] Tanyaş, M., Erdal, M., Zorlu, F., Gürlesel, C.F. ve Filik, F.(2011) “Türkiye Lojistik Master Planı İçin Strateji Belgesi”, Türkiye İhracatçılar Meclisi Lojistik Konseyi, İstanbul.
- [11] Tanyaş, M (2013) “Türkiye ve Dünya’da Lojistik Merkezler”, Uluslararası Lojistik Sempozyumu. Haziran 2013, Ankara
- [12] Zalluhoğlu A.E., Aracıoğlu B., Bozkurt S. (2014). “Lojistik Köy Kurulumunun Lojistik Hizmet Sağlayıcılar Açısından Değerlendirilmesi: İzmir Örneği”. Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, ss.81-104.

URL1, Council of Supply Chain Management Professionals (2018), Definition of Logistics, www.cscmp.org, 24.12.2017.

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNE İLİŞKİN LOJİSTİK DESTEK İÇİN ÖNCELİK TABANLI TEDARİKÇİ-GÖREV ÇİZELGELEME

Mehmet Karakoç¹

¹Kepez, Antalya, pamukkaleli@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, tedarikçi-görev atamalarını verimli bir biçimde yapacak zeki bir planlama/çizelgeleme önerilmektedir. Tedarik zinciri yönetimine ilişkin lojistik destek programları kapsamında, mevcut görevlerin hangi tedarikçiler tarafından ve hangi sıralarla gerçekleştirileceğini belirleyecek bir çizelgeleme programı geliştirilmiştir. Bir dizi tedarikçiden her biri tüm görevlerin bir kısmını belirli bir sırada gerçekleştirir ve tüm görevlerin en az maliyetle gerçekleştirilmesi amaçlanır. Her tedarikçinin gerçekleştirebileceği sınırlı görev sayısı önceden belirlidir. Çalışmanın temel katkısı, problemin her görevin farklı bir önceliği/ağırlığı olabilecek şekilde modellenmiş olmasıdır. Bu amaçla tasarlanan çok-hedefli maliyet fonksiyonu iki alt-maliyetten oluşmaktadır: (1) kaynak-görev ikilisi arasındaki maliyet ve (2) aynı kaynak tarafından gerçekleştirilecek görevlerin tamamlanmalarına ilişkin sıralama önceliğini ifade eden ağırlık değerleri. Çözüm için genetik algoritmalar tabanlı meta-sezgisel bir yöntem kullanıldı. Algoritmanın başarısını test edebilmek için çeşitli görev ağırlıkları ile farklı sayılarda görevler ve tedarikçiler içeren örnekler oluşturuldu. Geliştirilen algoritma bu örnekler üzerinde işletilerek elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Doğru ve uygun çizelgelerin kayda değer sürelerde üretilebildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atama Problemi, Çizelgeleme, Genetik Algoritmalar, Lojistik, Tedarik Zinciri.

SUPPLIER-TASK SCHEDULING FOR THE LOGISTIC SUPPORT REGARDING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT BASED ON PRECEDENCE

ABSTRACT

In this study, an intelligent scheduling to efficiently make supplier-task assignments is proposed. As the logistic support regarding supply chain management, a scheduling program was developed to determine the suppliers to perform the existing tasks with the orders. Each of a number of suppliers performs a subset of all tasks with a certain order and it is aimed to perform all of them with the minimum cost. The limited number of tasks to be performed by each supplier is predetermined. The main contribution here is to model the problem so that each task can have a different precedence/weight. The multi-objective cost function hereby designed consists of two sub-costs: (1) the cost between source-task pair, and (2) the weights referring to the ordering precedence regarding the completion of the tasks to be performed by the same source. For the solution, a genetic algorithms based meta-heuristic was used. To test the success of the algorithm, instances including different numbers of tasks and suppliers were created with various task weights. The results obtained by executing the developed algorithm on these instances are presented. Moreover, it was observed that accurate and appropriate schedules could be generated within significant times.

Keywords: Assignment Problem, Scheduling, Genetic Algorithms, Logistics, Supply Chain.

1. GİRİŞ

Organizasyonların ihtiyaçlarını çıkış noktasından varış noktasına kadar verimli bir biçimde ve en düşük maliyetle karşılamaları süreklilik için son derece önemlidir. Kaynakların yerinde ve zamanında sağlanabilmesi amacıyla, dağıtım, depolama, envanter girişi, etiketleme, gümrükleme, nakliye, paketleme, pazarlama, satın alma, sevkiyat, sipariş yönetimi, stok kontrolü, talep tahmini, üretim, yer seçimi vb. etkinliklerin başarı ile yerine getirilmesi gerekir. Bu nedenle de lojistik desteğe (*geri hizmet*) ihtiyaç duyulur. Lojistik sürecin işleyişi kapsamında, süreç içerisindeki hareketin planlanması, uygulanması, kontrol altında tutulması ve finanse edilmesi söz konusudur.

Tüm sektörlerde, işin hangi düzey ve aşamada olduğu ile ilgili denetimler yapılır ve tedarikçilerden (başlangıç noktası - kaynak) son kullanıcılara (nihai tüketiciler) uzanan ve *tedarik zinciri* olarak adlandırılan içe ve/veya dışa odaklı bir akış mevcuttur.

Çizelgeleme problemi, bir dizi görevin yerine getirilmesi için kaynakların (derslikler, gözetmenler, öğrenciler vb.) *zaman üzerinden* tahsisi/dağıtımı olarak ifade edilebilir. Çizelgeleme, her çalışma alanı için söz konusu olan ve dağıtım, planlama, sıralama vb. gerektiren problemlerin çözümü kapsamında dikkate alınan bir uygulamadır: (i) ders ve derslik dağıtımlarının yapılması, (ii) ders/sınav programlarının hazırlanması ve (iii) tedarikçi-görev atamalarının yapılması gibi. Karmaşık ve zor bir problem olup, kâğıt üzerinde çözülmesi günler ve hatta haftalarca sürebilmektedir. Öte yandan, bu süreç bireylerden alınan geri-bildirimler ile yinelemeli bir biçimde iyileştirilmelidir.

Tedarik zinciri yönetimine ilişkin tüm etkinliklerde, araç, eğitmen, makine ve tedarikçi gibi kaynaklar ve ziyaret edilecek müşteri, verilecek ders, yapılacak iş ve sağlanacak ürün gibi görevler söz konusudur. Pek çok paydaş ve tarafın da yer aldığı bu etkinliklerin verimli bir biçimde gerçekleştirilebilmesi için araç-müşteri, eğitmen-ders, makine-iş ve tedarikçi-ürün gibi kaynak-görev ikilileri arasında atamaların yapılması gerekir. Bu işlem, sınırlı kaynakların görevlere en uygun şekilde tahsis edildiği planlamaları/çizelgeleri içermektedir. Bu problem, *yöneylem araştırması* alanına ilişkin bir *gerçek-dünya* problemi olup, literatürde *atama problemi* olarak yoğun bir biçimde çalışılmaktadır. Bir dizi kaynak ve bir dizi görev için toplam atama maliyetini en aza indirecek eşleşmelerle, her göreve tam olarak bir kaynak atayarak tüm görevlerin gerçekleştirilmesi amaçlanır.

Tek tedarikçinin gerçekleştirilmesi gereken az sayıda görev söz konusu olduğunda, problem kâğıt üzerinde kolaylıkla çözülebilir. Çok sayıda görev söz konusu olduğunda ise çözüm uzun sürebilir. Öte yandan, çok tedarikçinin gerçekleştirilmesi gereken çok sayıda görev söz konusu olduğunda, problemin kâğıt üzerinde çözümü olanaksız olabilmekte, klasik yöntemlerle ise çok uzun sürebilmektedir. Bununla birlikte, her biri farklı önceliklere sahip olabilen çok sayıda görev için dikkate alınması gereken farklı durumlar da oluşur. Görev sayısının ve/veya tedarikçi sayısının artmasıyla, problemin karmaşıklığı (*çözüm zamanı*) üstel olarak artar. Bu nedenle de bu eniyileme (*optimization*) probleminin çözümü için *bilgisayar bilimleri* alanına ilişkin genetik algoritmalar (*genetic algorithms* - GA), tavlama benzetimi (*simulated annealing*) ve yasaklı arama (*tabu search*) gibi sezgisel yöntemlerden (*heuristics*) yararlanılarak zeki *bilgisayar uygulamaları* geliştirilebilir.

Bu çalışmada, tedarikçi-görev atamalarını verimli bir biçimde yapacak zeki bir planlama/çizelgeleme önerilmektedir. *Tedarik zinciri yönetimine* ilişkin *lojistik destek* programları kapsamında, mevcut görevlerin hangi tedarikçiler tarafından ve hangi sıralarla gerçekleştirileceğini belirleyecek bir *çizelgeleme programı* geliştirilmiştir. Bir dizi tedarikçiden her biri tüm görevlerin bir kısmını belirli bir sırada gerçekleştirir ve tüm görevlerin en az maliyetle gerçekleştirilmesi amaçlanır. Her tedarikçinin gerçekleştirebileceği sınırlı görev sayısı önceden belirlidir. Metnin geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir. 2. Bölüm'de, yapılan alan yazını taraması sunulmuştur. 3. Bölüm'de, ele alınan problem ve geliştirilen model ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çözüm yöntemi ve örnek senaryolar 4. Bölüm'de verilmiş, elde edilen sonuçlar ise 5. Bölüm'de özetlenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Phillips vd. (2015), üniversite ders çizelgeleme (*university course timetabling*) kapsamında derslik atama problemini (*classroom assignment problem*) çalışmışlardır. Elen ve Çayiroğlu (2010), ders çizelgeleme problemini (*course scheduling problem*) çalışmışlar ve çözüm için GA kullanmışlardır. Öğrenci işleri otomasyonu kapsamında, yönetim, ders ve sınav olarak üç modülü ele almışlardır. Abbaszadeh vd. (2012), üniversite sınıf çizelgeleme problemini (*university class scheduling problem*) ele almışlar ve bir taklitçi algoritma (*memetic algorithm*) önermişlerdir. Fong vd. (2014) ise üniversite çizelgeleme problemini (*university timetabling problem* - sınav ve ders) çalışmışlar ve *great deluge* ve yapay arı kolonisi (*artificial bee colony*) algoritmalarının birleşiminden oluşan yeni bir melez yöntem önermişlerdir. Deneysel çalışmaları, bu yöntemin temel *yapay arı kolonisi algoritmasından* daha iyi kalitede çözümler ürettiğini göstermiştir. Chen ve Shih (2013), *üniversite ders çizelgeleme problemini* çalışmışlardır. Çözüm için parçacık sürüsü eniyilemesi (*particle swarm optimization*) uygulamışlar ve çözüm kalitesini artırmak amacıyla bir takas sezgiselinden (*interchange heuristic* - yerel arama / *local search*) yararlanmışlardır. Deneysel çalışmaları, önerdikleri çözümün hocalara ve sınıflara ilişkin gereksinimleri karşılayan en uygun ders çizelgelerini üretebileceğini göstermiştir. Badoni vd. (2014) ise *üniversite ders çizelgeleme probleminin* çözümü için GA ve *yerel aramayı* birleştiren yeni bir melez algoritma tanımlamışlardır. Algoritma, öğrencileri gruplandırma temelli olayları kullanır. Öğrencilerden oluşan nesne kümesi karşılıklı ayrık öğrenci gruplarına ayrılır, öğrenci grupları için söz konusu olan ders anlatımları ve seminerler gibi olaylar zaman-dilimleri ve dersliklere atanır. Tüm keskin kısıtlar sağlanarak makul çözümler elde edilir ve bunu koruyarak esnek kısıtları eniyilemek amaçlanır.

Huang vd. (2012), TV-tabanlı etkileşimli öğrenme ortamında veri yayını (*data broadcast*) için uygun bir izleme modu (*watching mode*) tasarlamışlardır. Onlara göre, sayısal bir dersin uzun bir süre için sürekli olarak izlenmesinde, hem cihazların gücü hem de kullanıcı sabrı müsait öğrenme zamanını sınırlandırmaktadır. Öğrencinin (*learner*), verilen süre içerisinde olabildiğince çok farklı derse erişebilmesinde (*ders çizelgeleme* söz konusu), *izleme modunu* eniyilemenin hesaplama maliyetini düşürmek amacıyla *GA* kullanmışlardır.

Ayob ve Malik (2011), zaman-dilimlerine zaten atanmış olan sınavları dikkate alarak, *sınavları dersliklere atama problemini* çalışmışlar ve yeni bir model önermişlerdir. Modelde, tek sınavın birden fazla dersliğe bölünmesi zorunlu olduğunda, bu sınava atanacak derslik sayısını en aza indirme (*minimization*) amaçlanmaktadır. Acar ve Şevkli (2013), öğretim üyelerinin ve öğrencilerin isteklerini dikkate alarak sınav çizelgeleme problemini (*examination timetabling problem*) çalışmışlardır. Çözüm için matematiksel bir model oluşturmuşlar ve büyük problemler için bu modele dayalı *sezgisel* bir yöntem geliştirmişlerdir. Alzaqebah ve Abdullah (2011) ise *sınav çizelgeleme problemleri* için arı algoritması (*bees algorithm*) kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarında, algoritma üzerindeki değişikliklerle önerdikleri yaklaşımın, problemi çözmeye umut verici sonuçlar ürettiğini ve aynı problemler üzerinde test edildiğinde *temel arı algoritmasından* daha iyi başarımlar gösterdiğini belirtmişlerdir. Arogundade vd. (2010), *sınav çizelgeleme problemi* için yeni bir *gerçek-dünya* veri kümesi sunmuşlardır. Probleme ilişkin çözüm yöntemi kısıt hiyerarşisi kullanan *GA'dır*. Bu hiyerarşi, bireysel talepler veya kurumsal gereksinimleri birtakım ölçütlere göre ağırlıklandırarak dâhil edebilir. Sınav veri kümelerinde her derslik için kapasite söz konusudur. Yeni *amaç fonksiyonları* her sınava atanmış hem zaman-dilimlerini hem de günleri dikkate almaktadır. Ayrıca, öğrenci grupları için sınavlar arasında boşluk oluşacak şekilde sınavlar belirli bir döneme yayılırlar. Jha (2014) ise *sınav çizelgeleme problemini* çözecek bir algoritma önermiş, probleme uygun çözüm için *GA* kullanmıştır.

Kayacı ve Yiğit (2012), *tek makine çizelgeleme problemini* çalışmışlar, erken veya geç tamamlanan iş sayısını en aza indirmek amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Sirkeci (2015), operasyonların verilen makine kümesi içerisindeki alternatiflerden birinde gerçekleşebiliyor olduğu (işlerin makinelere atanması) *esnek atölye tipi çizelgeleme problemini* ele almıştır. Çözüm için matematiksel modelleme (karışık tamsayı doğrusal programlama modeli), *yerel arama* ve tabu arama yöntemlerini kullanmıştır. *Yerel arama*, tabu arama ile daha iyi çözüm elde edilebilmesi için başlangıç çözüm olarak kullanılmıştır. Son işin tamamlanma zamanının en aza indirilmesi amacıyla, *işlerin makinelerde sıralanması problemine* yönelik çözüm yaklaşımları sunmuştur. Dilaver (2015) ise *iş atölye çizelgeleme problemine* ilişkin olarak, siparişlerin en kısa sürede tamamlanması için *GA* kullanan üç farklı çalışma incelemiştir. Yaptığı karşılaştırmalı incelemeyle, en iyi çözüme ulaşmada bu yöntemin şirketler için önemini vurgulamıştır. Kaya ve Engin'e (2009) göre, *sabit iş çizelgeleme problemi* ile ilgili olarak literatürde çok az çalışma yapıldığı bilinmektedir. Son yirmi yılda literatürde yapılan çalışmaları incelemişler; *operasyonel sabit iş çizelgeleme problemlerinin* çözümünde, *GA* ve tavlama benzetimi gibi *meta-sezgisel* yöntemlerin klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar (en uygun ve/veya en uyguna yakın çözümler) verebileceğini belirlemişlerdir. Rinehart vd. (2003) ise çoklu-işlemci çizelgeleme problemi (*multiprocessor scheduling problem*) için *GA'nın* yeni bir türünü tanıtmışlardır. Yaklaşımlarında, sadece görevlerin (*tasks*) değil, kümelerin (*clusters*) de sıralanması söz konusu olup; algoritmalarında aramanın karmaşıklığını azaltmak için kümeleme/birleştirme (*clustering/merging*) eniyilemesini kullanmışlardır.

Ersöz ve Türker (2016), siparişe dayalı üretim gerçekleştiren işletmelerde siparişlerin *dinamik çizelgeleme uygulaması* için benzetim (*simulation*) paket programı ile oluşturulan modeller aracılığıyla iş yüklemeye öncelik stratejilerini denemişler ve en uygun olanını belirlemeye çalışmışlardır. Karaöz (2014) ise üretim planlamasını kısa vadeli olarak yapan orta büyüklükte bir işletme için uzun vadeli üretim planlama ve çizelgeleme yapılmasını ele almıştır. İşletmenin sahip olduğu kömür madeni ocağında yaşanan sorunların çözülebilmesi amaçlanmıştır. Üretimsel kısıtları ve sahip olduğu cevherin özellikleri, tamsayı matematiksel modellere uyarlanmıştır. Beş yıllık üretimde sağlayacağı toplam kârın en çoğa çıkarılması (*maximization*) ve çıkarılacak blokların sırasının belirlenmesi için planlama yapmıştır.

Çetin vd. (2008), *ekip planlama problemi* kapsamında, iki aşamasını oluşturan *ekip eşleştirme* ve *ekip atama* problemlerini çalışmışlardır. Havayollarında çalışan *uçuş ekibi personelinin çizelgelenmesinde* (üyelerin maliyetini en aza indirecek çözümleri üretmek amaçlanıyor), *ekip eşleştirme* sonuçlarını *ekip atama* için girdi olarak kullanmışlar; çözümü *küme bölme modeli* biçiminde *tamsayı programlama* ile gerçekleştirmişlerdir. Kılıç ve Kaylan (2005), *uçak çizelgeleme problemini* çalışmışlar ve çözüm için *meta-sezgisel* bir yöntem olarak *karınca kolonileri eniyilemesini* kullanmışlardır. Her uçak için önceden belirli olan ve iniş yapılabilecek zaman-aralığını belirleyen alt ve üst sınırlar vardır ve tek veya çok pist kullanımında iniş ve kalkışların çizelgelenebilmesi söz konusudur. Aickelin ve Dowland (2004), hemşire çizelgeleme problemini (*nurse scheduling problem*) çalışmışlar ve haftalık çizelgeler oluşturmak amacıyla *GA* kullanmışlardır. Yaldır ve Baysal (2012) ise *sınav takvimi uygulamalarını* ele almışlar ve ilgili uygulamanın geliştirilmesinde *evrimsel hesaplama* yöntemi olarak *GA* kullanmışlardır.

Çalışmanın temel katkısı, problemin her görevin farklı bir önceliği/ağırlığı olabilecek şekilde modellenmiş olmasıdır. Bu amaçla tasarlanan çok-hedefli maliyet fonksiyonu iki alt-maliyetten oluşmaktadır: (1) kaynak-görev ikilisi arasındaki maliyet ve (2) aynı kaynak tarafından gerçekleştirilecek görevlerin tamamlanmalarına ilişkin *sıralama önceliğini* ifade eden ağırlık değerleri.

Bu kapsamda, tedarikçiler, gönderici, imalatçı, müşteri/personel, toptancı, üretici vb. paydaşlar, görevler ise cephane, donanım, insan, malzeme, teçhizat, tesis, yakıt ve yiyecek gibi mal/ürün ve/veya hizmet olabilir. Tüm görevleri tedarikçilere *atama* ve *sıralama* eniyilemesini yapacak bir uygulama geliştirilmiştir.

3. YÖNTEM

Planlama/çizelgeleme genel bir problem olup, bir örneği *rotalama problemi* olabilir. Örneğin bir tedarikçinin gerçekleştireceği bir grup görev, bir aracın takip edeceği rota üzerindeki ziyaret edilecek bir dizi müşteri/konum olarak düşünülebilir. Bu karmaşık ve zor problemin çözümü, görevlerin atanacağı bir dizi tedarikçi için hem *atama* hem de *sıralama* gerektirir. Bu çalışmada, bir önceki çalışmamızda ele aldığımız *zeki rotalama yaklaşımı* kapsamında *kapasiteli araç rotalama probleminin* çözümü için geliştirmiş olduğumuz yöntemi (Karakoç, 2017), ele aldığımız *çizelgeleme probleminin* çözümü için uyarladık. Bu amaçla mevcut model üzerinde yaptığımız değişiklikler Tablo 1’de verilmiştir. Diğer ayrıntılar için bir önceki çalışmamıza başvurulabilir.

Tablo 1: Geliştirilen Model

Rotalama (Karakoç, 2017)		Çizelgeleme (bu çalışma)	
Araç		Tedarikçi	
Müşteri		Görev	
(her araç için)	Rota	Görev sırası	(her tedarikçi için)
	Depodan hareket	Tamamlanacak ilk görev	
	Depoya dönüş	Tamamlanacak son görev	
Rota/araç sayısı		Tedarikçi sayısı	
İki konum arasındaki uzaklık simetriktir.		Daha önemli görev daha önce atanır.	

Probleme ilişkin varsayımlar şunlardır:

- Her göreve diğer görevlerden önce ve/veya sonra başlanır ve bu görev tamamlanır.
- Tüm görevleri gerçekleştirebilecek yeterli sayıda tedarikçi mevcuttur.

Probleme ilişkin keskin kısıtlar ise şunlardır:

- Her tedarikçi belirli bir sırada bir dizi görevi gerçekleştirir.
- Her görev tam olarak bir tedarikçi tarafından ve sadece bir kez gerçekleştirilir.
- Herhangi bir tedarikçinin gerçekleştirebileceği maksimum görev sayısı sınırlıdır.

Her tedarikçiye en uygun sırayla maksimum sayıda görev atanarak ve tüm görevlerin yerine getirilmesi amaçlanarak, gerekli tedarikçi sayısı en az ve toplam maliyet en düşük olacak şekilde, her tedarikçinin gerçekleştireceği bir grup görev ve sırası belirlenir. Ele alınacak senaryolar için yerine getirilmesi gereken altı görev ve bu görevleri gerçekleştirebilecek *özdeş* altı tedarikçi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Örnek Altı Görev ve Altı Tedarikçi Tanımı

Görev	Tanım	w_i	Tedarikçi	Tanım
T_1	1. görevin tamamlanması	2.00	S_1	1. tedarikçi
T_2	2. görevin tamamlanması	1.80	S_2	2. tedarikçi
T_3	3. görevin tamamlanması	1.60	S_3	3. tedarikçi
T_4	4. görevin tamamlanması	1.40	S_4	4. tedarikçi
T_5	5. görevin tamamlanması	1.20	S_5	5. tedarikçi
T_6	6. görevin tamamlanması	1.00	S_6	6. tedarikçi

Tablo 2’de, T_i “i.” görev ve w_i bu görevin *tamamlanma önceliğine* ilişkin ağırlığı olup, S_k ise “k.” tedarikçidir. Ağırlığı “1”den fazla olan görevler, normalden daha yüksek önceliklere sahip olurlar. Örneğin en yüksek ağırlıklı ilk görevin önceliği son görevin önceliğinin iki katı olup, ilk olarak T_1 tamamlanmalıdır. İlgili bazı çözümler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: Örnek Tanımlama için Bazı Çözümler

Senaryo	n	q	m	Çözüm	Kromozom Gösterimi (<i>aday çözümler</i>)
(1)	6	6	1	$S_1: T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6$	" $T_0 T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6$ "
(2)	6	2	3	$S_1: T_1 T_4$ $S_2: T_2 T_5$ $S_3: T_3 T_6$	" $T_0 T_1 T_4 T_0 T_2 T_5 T_0 T_3 T_6$ "
(3)	6	1	6	$S_1: T_1$ $S_2: T_2$ $S_3: T_3$ $S_4: T_4$ $S_5: T_5$ $S_6: T_6$	" $T_0 T_1 T_0 T_2 T_0 T_3 T_0 T_4 T_0 T_5 T_0 T_6$ "

Tablo 3'te, n görev sayısı ve q herhangi bir tedarikçinin gerçekleştirebileceği maksimum görev sayısı olup; m ise tüm görevleri yerine getirmek için gerekli tedarikçi sayısıdır ve Denklem (1)'de verildiği gibi hesaplanabilir. Senaryo (1)'de, S_1 tüm görevleri " $T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6$ " sırasıyla yerine getirmelidir. Örneğin *üçüncü* ve *dördüncü* görevlerin aynı ağırlığa sahip oldukları durumda, çözüm " $T_1 T_2 T_4 T_3 T_5 T_6$ " olur. Senaryo (2)'de, her birinin ikişer görevi yerine getirmesi gerektiği üç tedarikçiye; senaryo (3)'te ise her birinin birer görevi yerine getirmesi gerektiği altı tedarikçiye ihtiyaç duyulur. Senaryo (2)'de, her tedarikçiye atanan ilk görev en önemli görevler, son görev ise en önemsiz görevlerdir. Aynı/benzer önceliğe sahip görevler için benzer *atama* ve *sıralamalar* yapılabilir. Senaryo (2) için olası 36 ($3! \times 3!$) ve senaryo (3) için toplam 720 ($6!$) çözüm söz konusudur. Bununla birlikte, *kromozom gösterimlerinde*, tedarikçilere ilişkin sıralamaları birbirlerinden ayırabilmek için her birinin başına hiçbir etkisi olmayan boş görev (T_0) dâhil edilir.

$$m = n \div q \quad (n \bmod q = 0 \text{ ise}) \quad (1)$$

$$m = [n - (n \bmod q)] \div q + 1 \quad (\text{diğer durumda})$$

Aynı tedarikçiye atanmış ardışık $T_i T_j$ görev çifti için T_i tamamlandıktan sonra T_j gerçekleştirilir ve ara maliyeti (c_{ij}) Denklem (2)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$c_{ij} = w_j - w_i \quad (2)$$

Basit örnek bir senaryo Tablo 4'te, ilgili maliyet tablosu Tablo 5'te ve bu maliyet tablosu temel alınarak elde edilebilecek tüm olası çözümler ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 4: Üç Görev için Örnek Senaryo ($q = 3$)

Görev	T_1	T_2	T_3
w_i	3	2	1

Tablo 5: Örnek Senaryo için Maliyet Tablosu

Görev Çifti	$T_1 T_2$	$T_1 T_3$	$T_2 T_1$	$T_2 T_3$	$T_3 T_1$	$T_3 T_2$
c_{ij}	-1	-2	1	-1	2	1

Tablo 6: Örnek Senaryo için Tüm Olası Çözümler ($m = 1$)

Alternatif	Çözüm	Ara Maliyetler	Toplam Maliyet	Sıfır Tabanlı Maliyet
(1)	$S_1: T_1 T_2 T_3$	-1 + -1	-2	0
(2)	$S_1: T_1 T_3 T_2$	-2 + 1	-1	1
(3)	$S_1: T_2 T_1 T_3$	1 + -2	-1	1
(4)	$S_1: T_2 T_3 T_1$	-1 + 2	1	3
(5)	$S_1: T_3 T_1 T_2$	2 + -1	1	3
(6)	$S_1: T_3 T_2 T_1$	1 + 1	2	4

Tablo 6'da, Tablo 4'teki senaryo için olası 6 ($3!$) çözüm söz konusudur ve *birinci* çözüm en düşük maliyetli olanıdır.

4. ÇÖZÜM/BULGULAR

Çözüm için bir önceki çalışmamızda geliştirmiş olduğumuz ve istatistiksel başarısını ortaya koyduğumuz GA tabanlı *meta-sezgisel* yöntem (Karakoç, 2017) kullanıldı. Bu yöntemin temel aldığı model, bu çalışmada geliştirdiğimiz modele genişletildi. Ayrıca algoritma, işletimi süresince nüfus içerisinde uygun-olmayan (*kullanılamaz*) herhangi bir aday çözüm olmayacak şekilde yapılandırıldı.

Çözüm için takip edilen akış şu adımlardan oluşmaktadır:

1. her tedarikçinin gerçekleştireceği bir grup görev ve sırası belirlenir
2. çözüm kümesi üretilir
3. görev listeleri oluşturulur
4. oluşturulan listeler geliştirilen kullanıcı arayüzleri üzerinden görsel olarak sunulur
5. elde edilen sonuçlar raporlama için dosyalara yazdırılır

Örnek bir senaryo Tablo 7’de, ilgili tüm olası çözümler ise Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7: Altı Görev için Örnek Senaryo ($q = 3$)

Görev	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
w _i	1.0	2.5	1.5	2.0	1.0	3.0

Tablo 8: Örnek Senaryo için Tüm Olası Çözümler ($m = 2$)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
S ₁ : T ₆ T ₄ T ₁ S ₂ : T ₂ T ₃ T ₅	S ₁ : T ₆ T ₄ T ₅ S ₂ : T ₂ T ₃ T ₁	S ₁ : T ₆ T ₃ T ₁ S ₂ : T ₂ T ₄ T ₅	S ₁ : T ₆ T ₃ T ₅ S ₂ : T ₂ T ₄ T ₁	S ₁ : T ₂ T ₄ T ₁ S ₂ : T ₆ T ₃ T ₅	S ₁ : T ₂ T ₄ T ₅ S ₂ : T ₆ T ₃ T ₁	S ₁ : T ₂ T ₃ T ₁ S ₂ : T ₆ T ₄ T ₅	S ₁ : T ₂ T ₃ T ₅ S ₂ : T ₆ T ₄ T ₁

Tablo 8’de, Tablo 7’deki senaryo için olası $8 (2! \times 2! \times 2!)$ çözüm söz konusudur. Her çözümde, en yüksek ağırlıklı *altıncı* ve *ikinci* görev tedarikçilere ilk atanan, en düşük ağırlıklı *birinci* ve *beşinci* görev ise tedarikçilere son atanan görevlerdir. Görüldüğü gibi, görev sayısının ve/veya tedarikçi sayısının artmasıyla, problem oldukça karmaşıklaşmaktadır. Önerilen çözüm, mevcut kaynağın verimli kullanımı için önemli çıktılar sağlayabilecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tedarikçi-görev atamalarını verimli bir biçimde yapacak zeki bir planlama/çizelgeleme önerildi. *Tedarik zinciri yönetimine* ilişkin *lojistik destek* programları kapsamında, mevcut görevlerin hangi tedarikçiler tarafından ve hangi sıralarla gerçekleştirileceğini belirleyecek bir *çizelgeleme programı* geliştirildi. Çözüm için GA tabanlı *meta-sezgisel* bir yöntem kullanıldı. Algoritmanın başarısını test edebilmek için çeşitli görev ağırlıkları ile farklı sayılarda görevler ve tedarikçiler içeren örnekler oluşturuldu. Geliştirilen algoritma bu örnekler üzerinde işletilerek elde edilen sonuçlar sunuldu. Doğru ve uygun çizelgelerin kayda değer sürelerde üretilebildiği gözlemlenmiştir. Düşük maliyetli çizelgelerin üretilebilmesiyle, özellikle kritik-zamanlı uygulamalarda görevlerin tamamlanmalarına yönelik yanıt zamanları azalabilecek; böylelikle, oluşabilecek kesintiler önlenerek tüketicilere daha güvenilir hizmet sağlanabilecektir. Geliştirilen uygulama, akışın sürekliliğini sağlamak için dinamik hâle getirilebilir. Model, *özdeş olmayan* tedarikçiler ve görevler için ek olarak *tamamlanma zamanları* da dikkate alınarak genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Abbaszadeh, M., Saedvand, S., Mayani, H. A. (2012), “Solving University Scheduling Problem with a Memetic Algorithm”, International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI), 1(2), pp.79-90.
- [2] Acar, M. F., Şevkli, M. (2013), “Sınav Çizelgelemesi için Matematiksel Model Yaklaşımı”, Verimlilik Dergisi, 1, ss.75-86.
- [3] Aickelin, U., Dowsland, K. A. (2004), “An Indirect Genetic Algorithm for a Nurse Scheduling Problem”, Computers & Operations Research, 31(5), pp.761-778.
- [4] Alzaqebah, M., Abdullah, S. (2011), “The Bees Algorithm for Examination Timetabling Problems”, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 1(5), pp.105-110.
- [5] Arogundade, O. T., Akinwale, A. T., Aweda, O. M. (2010), “A Genetic Algorithm Approach for a Real-World University Examination Timetabling Problem”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), 12(5), pp.1-4.

- [6] Ayob, M., Malik, A. (2011), "A New Model for an Examination-Room Assignment Problem", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 11(10), pp.187-190.
- [7] Badoni, R. P., Gupta, D. K., Mishra, P. (2014), "A New Hybrid Algorithm for University Course Timetabling Problem using Events Based on Groupings of Students", Computers & Industrial Engineering, 78, pp.12-25.
- [8] Chen, R. M., Shih, H. F. (2013), "Solving University Course Timetabling Problems using Constriction Particle Swarm Optimization with Local Search", Algorithms, 6, pp.227-244.
- [9] Çetin, E. İ., Kuruüzüm, A., Irmak, S. (2008), "Ekip Çizelgeleme Probleminin Küme Bölme Modeli ile Çözümü", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 3(4), ss.47-54.
- [10] Dilaver, D. (2015), "Genetik Algoritmalar Yardımıyla İş Atölye Çizelgelemesi Üzerine Bir Çalışma", Dokuz Eylül Üniversitesi, Ekonometri Programı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [11] Elen, A., Çayıroğlu, İ. (2010), "Solving of Scheduling Problem with Heuristic Optimization Approach", Technology, 13(3), pp.159-172.
- [12] Ersöz, O. Ö., Türker, A. K. (2016), "Üretim Planlama ve Kontrolün Atölye Yüğü ile Eşzamanlı Gerçekleştirilmesi", MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5(5), ss.229-245.
- [13] Fong, C. W., Asmuni, H., McCollum, B., McMullan, P., Omatu, S. (2014), "A New Hybrid Imperialist Swarm-Based Optimization Algorithm for University Timetabling Problems", Information Sciences, 283, pp.1-21.
- [14] Huang, Y. M., Chen, C. C., Wang, D. C. (2012), "Optimizing T-Learning Course Scheduling Based on Genetic Algorithm in Benefit-Oriented Data Broadcast Environments", TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 11(3), pp.255-266.
- [15] Jha, S. K. (2014), "Exam Timetabling Problem using Genetic Algorithm", IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, 03(05), pp.649-654.
- [16] Karakoç, M. (2017), "Intelligent Routing Approach for the Distributions Regarding to the Supply Chain Management of Agricultural Products and Foods", Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML), 4(2), pp.168-177. --- "Tarım Ürünleri ve Gıdaların Tedarik Zinciri Yönetimine İlişkin Dağıtım İşlemleri için Zeki Bir Rotalama Yaklaşımı", 6. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (ULTZK 2017), 17-19 Mayıs, Aska Lara Hotel, Antalya/Kundu.
- [17] Karaöz, B. (2014), "Maden Üretim Planlaması ve Çizelgelemesi Üzerine Bir Tam Sayılı Programlama Önerisi: Kar Maden Örneği", Hacettepe Üniversitesi, Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [18] Kaya, S., Engin, O. (2009), "Sabit İş Çizelgeleme Problemleri: Literatür Araştırması ve Meta Sezgisel Yöntemler ile Çözüm Önerisi", İTÜ Dergisi Mühendislik, 8(1), ss.37-47.
- [19] Kayacı, M., Yiğit, V. (2012), "Üretim Çizelgeleme Problemlerine Bulanık Yaklaşım", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(3-4), ss.287-296.
- [20] Kılıç, S., Kaylan, A. R. (2005), "Uçak Çizelgeleme Probleminin Karınca Kolonileri Optimizasyonu ile Çözümü", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 2(1), ss.87-95.
- [21] Phillips, A. E., Waterer, H., Ehrgott, M., Ryan, D. M. (2015), "Integer Programming Methods for Large-Scale Practical Classroom Assignment Problems", Computers & Operations Research, 53, pp.42-53.
- [22] Rinehart, M., Kianzad, V., Bhattacharyya, S. S. (2003), "A Modular Genetic Algorithm for Scheduling Task Graphs", Technical Report UMIACS-TR-2003-66, Institute for Advanced Computer Studies, University of Maryland at College Park, June.
- [23] Sirkeci, E. (2015), "Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemi için Çözüm Yaklaşımları: Savunma Sanayinde Bir Uygulama", Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [24] Yaldır, A., Baysal, C. (2012), "Evrimsel Hesaplama Tekniği Kullanarak Sınav Takvimi Otomasyon Sistemi Geliştirilmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(2), ss.105-122.

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

Batuhan Kocaoğlu ¹

¹ Piri Reis Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, batuhan.kocaoglu @ gmail.com

ÖZET

Dijital dönüşüm günümüzde lojistik ve tedarik zinciri dahil olmak üzere, pek çok sektörde bir konsept olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı firmalar ve farklı yayınlar, dijital dönüşümün kapsamını veya örneklerini farklı yorumlayabilmektedir. Bir stok takibi yazılımı kullanan firma veya e-fatura kesen firma bu süreçte olduğunu ifade ederken, 3D yazıcı kullanan başka bir firma endüstri 4.0'ı yakaladığını anlatabilmektedir. Dijital dönüşüm konusunda Türkçe literatür sınırlı olup, danışmanlık firmalarının raporları ve bloglar ön plandadır. Bu şekilde kavramların biraz iç içe geçtiği, biraz da karışabildiği bir ortamda, bu çalışmada öncelikli hedef, kavramları netleştirmektir. Ardından tedarik zinciri yönetiminde dijital dönüşüm konusuna girilerek, literatür taraması ve uzman görüşü ile, hangi uygulama örneklerinin kapsam dahilinde olduğuna değinilecektir. En son olarak dijital dönüşüm sürecindeki işletmelere bir çerçeve ve yol haritası sunulurken, tedarik zinciri süreçlerinde yer alan firmalara bir yol gösterici, araştırmacılara da Türkçe kaynak sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, Transformasyon, Tedarik zinciri

DIGITAL TRANSFORMATION IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

ABSTRACT

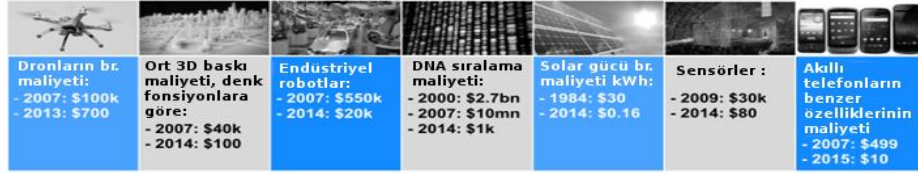
Today, digital transformation emerges as a concept in many sectors, including logistics and supply chain. Different companies and different publications can explain the scope or cases of digital transformation differently. A company that uses a inventory tracking software or e-invoicing application can tell that it has reached the industry 4.0., while another company using a 3D printer. Academic literature in Turkish of digital transformation is limited and the reports of the consulting firms and the blogs are the forefront. In the environment of concepts that are a bit intertwining, and somewhat confusing, the primary goal in this study is to clarify the concepts. Later in the term of digital transformation in supply chain management, literature review and expert opinion will be addressed as to which application examples are covered. Finally, a framework and a roadmap for companies was presented in the digital transformation process, and it was aimed to provide a guide for the companies in the supply chain processes and to provide a Turkish resource to the researchers.

Keywords: Dijital transformation, Transformation, Supply chain

1. GİRİŞ

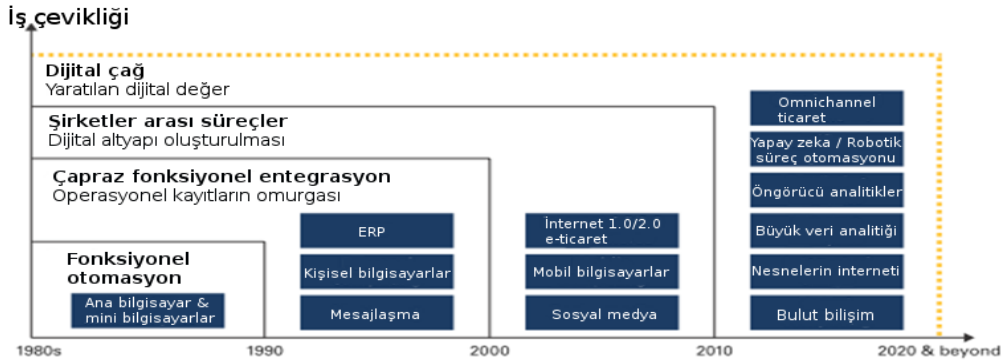
Çoğu endüstrideki inovasyon ve değişimde (yıkımda), dijital teknolojinin rolü hızla artmaktadır. Dijitalleşme, büyük çaplı bir dönüşümü gerektirmektedir. Bu, değer yaratacak fırsatlar sağlar, aynı zamanda da, oluşacak büyük risklerin kaynağıdır. Bu süreçte stratejik bakış açısı öne çıkmaktadır. Dijital dönüşümün yarattığı geniş etki değerlendirilirken, yaratacağı ekonomik ve sosyal sıkıntılar dikkate alınmalıdır (World Economic Forum, 2016).

Günümüzde internet, robotlar ve yapay zekâ gibi teknolojiler tüm sektörlerde bir devrim yaratmaktadır. Değişimin hızı artmakta, Moore Kanunu (Laudon, Laudon, 2014) da aşılmaktadır. Gelişmiş teknolojiler ile etrafındaki dünya, daha da birbiri ile bağlantılı ve haberleşir hale gelmektedir. 2005'te internete sadece 500 milyon cihaz bağlı iken; bugün 8 milyar cihaz bağlıdır. 2030 yılına kadar, bu rakamın 1 trilyon olacağı tahmin edilmektedir (World Economic Forum, 2016). Teknoloji gelişmektedir, diğer taraftan da ucuzlamaktadır. Bu yüzden eskiden hayal, bilim kurgu gözüyle bakılan çözümler artık uygulanan iş çözümleri haline gelmiştir (Şekil 1). Sonraki şekilde ise, işlerde çevikliği artıran teknolojilerin tarih çizgisi üzerindeki dağılımı ve gelişimi görüşmektedir (Şekil 2).



Şekil 1: Hızla Maliyetleri Düşen Anahtar Teknolojiler (World Economic Forum, 2016)

Dijital dönüşüm kurumsal bir düşünce yaklaşımı gerektirir ve organizasyonun her fonksiyonunu ve iş birimini etkiler. Dijital ortamda dijital teknoloji, işletmenin işleyişi için merkezi olmalı ve organizasyonlar etkin bir şekilde iş modellerini yeniden düşünmeye ve muhtemelen yeniden icat etmeye ihtiyaç duymalıdır. Bu sayede firmalar iş ekosisteminde rekabetçi kalabilmek için müşteriler, tedarikçiler ve iş ortaklarıyla etkileşim sağlayarak, sürekli öğrenirler. Bu değişiklikler, geleneksel düşüncelerden farklı bir bakış gerektirmektedir. Çoğu firma için de, mücadele gerektiren bir “değişim” demektir (Carcary vd., 2016).



Şekil 2: Zaman İçinde İşlerin Çevikliğini Geliştiren Teknolojiler (Hackett Group, 2017)

Dijitalleşme, tedarik zinciri dahil olmak üzere, tüm işletmelere bir şekilde nüfus etmektedir. RFID (Radio Frequency Identification: Radyo Dalgalı Kimliklendirme), GPS (Global Positioning System: Küresel Konumlandırma Sistemi), sensör gibi teknolojiler, firmaların tedarik zincirlerine daha esnek, açık ve çevik şekilde bağlanmasını sağlamıştır (önceki kağıtla yürüyen ve IT destekli hibrit süreçlere göre). Dijital tedarik zincirleri iş süreçleri otomasyonunu, örgütsel esnekliği ve kurumsal varlıkların dijital yönetimini etkinleştirir (Capgemini Consulting, 2018). Bu çalışmanın amacı, kuruluşları dijital dönüşüme girmelerine yönelik destekleyen, bir dizi temel kavramı sunmaktır.

2. TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ

Yıkıcı teknolojiler zaten tedarik zincirinde yer almakta, operasyonel mükemmeliyet için farklı şekillerde kullanılmaktadır. Dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 ile ön plana çıkan teknolojilerden bazıları şunlardır: Sensörler; RFID ve NFC (Near Field Communication: Yakın Alan İletişimi - uyumlu elektronik cihazlar arasında yakın mesafeli kablosuz haberleşmeyi sağlar); M2M (Machine To Machine: makineler arası iletişim; Robotik; 3D (3 Dimensional: 3 boyutlu) baskı; Dronlar; Blok zinciri (Blockchain) ve kripto paralar; Sanal (VR: Virtual reality) ve artırılmış gerçeklik (AR: Augmented Reality); Yapay zeka (AI: Artificial Intelligence) (World Economic Forum, 2016); Büyük veri; Analitikler; Kontrol Kuleleri. Bu kavramlar pek çok kaynakta açıklanmakta olup, bu çalışmada daha az Türkçe kaynakta karşılaşılabilen “**kontrol kuleleri**” kavramına kısaca yer verilecektir.

Nesnelerin interneti ile artan bulut ve web platformlarının kullanımıyla, lojistik unsurlar arasındaki iletişim sağlanmakta ve otomatik olarak izlenebilmektedir. Ortaya çıkan sorun, muazzam miktardaki verinin, en yüksek faydayı elde etmek için, nasıl izlenip kontrol edileceğidir. Teknoloji, izleme kontrolünü merkezden uzaklaştırabilir. Ama uygulamadaki en iyi örnekler, izleme ve kontrol işlemlerinin bir noktada (kontrol kulesi) merkezileşmesi yönündedir. Tipik olarak bir kontrol kulesi, üç seviyeye sahiptir: 1. **Süreç yürütme**: Nakliye planlaması, izleme ve takip, faturalandırma, denetim ve ödeme fonksiyonlarını içerir. 2. **Analitikler**: Değerlendirme ve değer hedefleme, tedarik ve optimizasyon, uyumluluk yönetimi ve performans analizleri fonksiyonlarını içerir. 3. **Görünebilirlik ve veri entegrasyonu**: Gösterge paneli(dashboard) kontrolü ve alarm üretme fonksiyonlarını içerir. Bu tip kontrol kuleleri, çeşitli avantajlara sahiptir. Toplanan veriler, izleme ve otomasyon amaçları için, “bulut” içerisinde organize edilebilir. Bulut tabanlı teknoloji, daha sonra, sorunları tespit etmek ve tahmin etmek ve karar vermeyi optimize etmek için, verileri analiz edebilir. Son olarak, yeni teknolojileri yönetebilen ve değerlerini sürekli geliştiren, yetenekli personelin gelişimini teşvik ederler. Kontrol kuleleri, değer zinciri boyunca eşsiz seviyelerde şeffaflık sağlayarak, lojistik operasyonları optimize eder ve böylece emisyonları düşürür. Ayrıca, lojistik sağlayıcıların beklenmedik durumlara daha esnek bir şekilde tepki göstermelerine yardımcı olarak, müşteri memnuniyet düzeylerini artırabilirler (World Economic Forum, 2016).

Genel olarak “analitikler” ve “bulut” verimlilik, maliyet ve görünürlük kazandırdıklarıyla, günümüz iş modelleri için de geçerlidir. Öte yandan, giyilebilir teknolojiler, 3D baskı ve makine öğrenmesi ortaya çıkmasıyla, bu alanlarda yeni yetenekler, genişletilmiş erişim ve yeni ürün ve hizmetler bulunmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre “makine öğrenmesi” beklenen en yüksek büyümeye sahip olan “giyilebilir giysiler”, “3D baskı” gibi dijital dönüşüm teknolojilerine göre, daha hızlı büyüyecektir (IDC, 2017).

3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM

Endüstrideki dijital dönüşüm, tüm uygulama alanlarında, aynı hızla ilerlememektedir. Dijital verinin toplanması ve kullanılması için, 2000’li yılların öncelerinden beri, sayısız çabalar gerçekleştirilmiştir. Örneğin, 1990’lı yıllarda lojistik ve satın almada stoklar, üretim hacimleri ve nakliye süreçleri hakkında daha iyi bilgi ve görüş sağlamak için büyük veri ambarları ve enformasyon ağları kurulmuştur (Stadtler, 2015). Bu, şirketlerin, endüstriyel operasyonların organizasyonu ve imalattaki iş faaliyetinin genel yapısı üzerinde büyük etkisi olan yeni Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM: Supply Chain Management) ve Kurumsal Kaynak Planlama (ERP: Enterprise Resource Planning) formlarına girmelerini sağlamıştır (Gunasekaran, Ngai, 2004) (Oberriedermaier, Sell-Jander, 2002) (Goelzer, Fritzsche, 2017). Elde edilenlere göre, ERP sistemlerinin entegrasyonu ve organizasyonun yeniden yapılandırılması derecesinde önemli bir ilişki bulunmaktadır (Jungbae, Hong, 2015). Bugün, veri toplama hacmi, skalası ve hızı katlanarak büyümüştür. ERP ve SCM deneyimlerini incelemek, dijital teknolojinin firmalar ve toplum üzerindeki etkisini görmek için, iyi bir başlangıç olabilir. Devam etmekte olan bu dönüşüm, 20. yüzyılda gerçekleşen herşeyin hem teknolojik hem de sosyo-ekonomik açıdan değişimine neden olma potansiyeline sahiptir (Lee, 2008) (Goelzer, Fritzsche, 2017). Bununla birlikte, dijital dönüşümün gelecekteki etkisi, daha önceki bilgi teknolojileri deneyimlerinden geçmiş değerlerden hareketle, nicel öngörülerle yeterince tahmin edilemez. Bir yandan sistem mimarileri ve donanımlardaki ileri gelişmeler dikkate alınırken, diğer yandan konunun özeline uygun farklılık gösteren nitel durumlar dikkate alınmalıdır (Brettel vd., 2014).

“Dijital dönüşüm” terimi için, günümüzde yaygın olarak kabul gören bir tanım yoktur (Schallmo vd., 2017). Daha çok “dijitalleşme ve “dijitalizasyon” terimleri genellikle birbirinin yerine kullanılmaktadır. Farklı kaynaklardaki tanımlamalar (Schallmo vd., 2017)’den uyarlanarak aşağıda özetlemiştir:

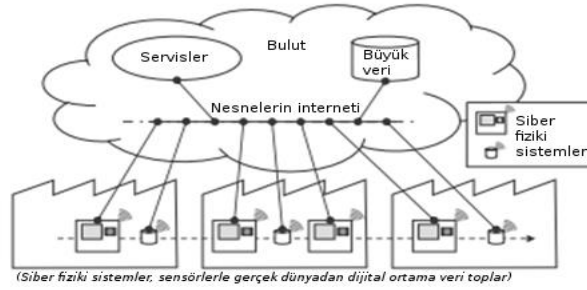
(BMW, 2015) tanımında, Dijitalizasyon (Digitisation), ekonominin ve toplumun tüm sektörlerinin eksiksiz bir şekilde ağa bağlanmasının yanı sıra, ilgili bilgileri toplamak, bu bilgileri analiz etmek ve bunları eyleme çevirmek anlamına gelmektedir. Değişiklikler avantajlar ve fırsatlar getiriyor, ancak tamamen yeni zorluklar yaratıyorlar. (Bowersox vd., 2005) tanımında, Dijital İş Dönüşümü (DBT: Digital Business Transformation) işlemleri dijitalleştirmek ve genişletilmiş tedarik zinciri ilişkilerini formüle etmek için, bir işletmeyi yeniden keşfetmek için kullanılan bir süreçtir. DBT liderliği girişimi, toplam tedarik zinciri boyunca, bilgi teknolojisinin tam potansiyelini yakalamada zaten başarılı olabilen işlerin, yeniden canlandırılmasıyla ilgilidir. (Capgemini, 2011) tanımında Dijital dönüşüm (**DT: Digital Transformation**) işletmelerin performansını veya erişimini, radikal arttırmak için teknoloji kullanımınıdır. Dünya genelindeki şirketler için, sıcak bir konu haline gelmektedir. Tüm endüstrilerdeki yöneticiler, müşteri ilişkilerini, iç süreçleri ve değer önerilerini değiştirmek için analitik, mobilite, sosyal medya ve akıllı gömülü cihazlar gibi dijital gelişmeleri kullanıyorlar -ve ERP gibi geleneksel teknolojilerin kullanımını geliştirmektedir-. (Mazzone, 2014) tanımında DT, hem stratejik hem de taktiksel olarak bir şirket, iş modeli, fikir süreci veya metodolojisinin kasıtlı ve devam eden dijital evrimidir. (PwC, 2013) tanımında DT, internet temelli yeni teknolojilerin topluma entegrasyonu yoluyla, tüm iş dünyasının temel dönüşümünü açıklamaktadır. (Bouéé, Schaible, 2015) tanımında DT, ekonominin tüm sektörlerinin tutarlı bir ağ oluşturması ve oyuncuların dijital ekonominin yeni gerçekleriyle uyumlu hale getirilmesidir. Ağa bağlı sistemlerde alınan kararlar arasında veri değişimi ve analizi, seçeneklerin hesaplanması ve değerlendirilmesi yanı sıra, eylemlerin başlatılması ve sonuçlar getirilmesi de yer almaktadır (Schallmo, Williams, 2018).

“Örgütsel dönüşüm”, temel faaliyet alanlarında aynı anda, kısa bir zaman aralığı boyunca eşzamanlı olarak büyük değişiklikler, olarak tanımlanır. Böyle bir dönüşüm, örgütsel normların ve değerlerin yeniden değerlendirilmesine ve hizmet sunum sistemlerinin değiştirilmesine yol açabilir (Liu vd., 2011). Bu bağlamda, “dijital dönüşüm (DT) de, “dijital teknolojileri” ve “iş süreçleri”ni bir dijital ekonomide bütünleştiren, bir “organizasyonel dönüşüm” olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte DT, sadece süreçlerin yeniden tasarımıdan çok daha fazlasıdır. Rekabet avantajı elde etmek için, firmaların temel yeterliliğini dijital teknoloji ile kolaylaştıracak ve tamamen kaldıracak yeni iş operasyonlarının yapılandırılmasıyla ilgilidir (Brynjolfsson, Hitt, 2000). Bu nedenle, kuruluşların dijital teknolojilerin getirilerinden yararlanabilmek için, dönüşümlerini nasıl yönettikleri tam olarak anlaşılmalıdır (Liu vd., 2011). Dijital dönüşüm, bir şirketin rekabet üstünlüğünü ve sinerji kaynaklarının tanımlanmasını sağlamak için kaynakların değerlendirilmesiyle başlar.

Dijital dönüşüm bireyleri, kuruluşları, cihazları ve hükümetleri birbirine bağlarken daha kolay işlemler, işbirliği ve sosyal etkileşim sağlanır ve erişilebilir büyük veri kaynakları ortaya çıkar (Loebbecke, Picot, 2015). Nesnelere arasındaki etkileşim, buna çok sayıda veri kaynağı daha ekler. Makinelere bağlı sensörler ve ekipmanlarla çalışılması ile, veri akışı yönetimi konusunda zorluklarda ortaya çıkacaktır. Organizasyonlar genişlemesiyle müşteri, tedarikçi, paydaşlar ve diğer nesnelere eklenmesi, daha fazla bağlantı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Sánchez, 2017).

Olgunlaşmakta olan dijital işletmeler sosyal, mobil, analitik ve bulut gibi dijital teknolojileri, işletmelerinin çalışma biçimini değiştirme hizmetine entegre etmek üzerine yoğunlaşmaktadır (Kane vd., 2015). “Dijitalleşme” ile işletmelerde global verimliliği, hizmetleri ve ürün kalitesini artırmak için, mevcut süreçleri optimize etmek amaçlanmaktadır. Dijitalleşme veri toplama, iletişim ve kontrol faaliyetlerini kolaylaştırır ve sağlar ve bu şekilde işlem maliyetlerini düşürür. Bununla birlikte, bu çözümlerin standartlaştırılması ve büyük çapta benimsenmesi, “sürdürülebilir” bir “rekabet avantajı” elde etmek için yeterli değildir (Markus, Loebbecke, 2013). “Süreçlerin dijital dönüşümü işletmeler” yetenek katılımı ve iş modelleri ile, açık ve tutarlı bir dijital stratejiye sahiptir. Ayrıca, dijital olarak olgunlaşan kuruluşlar, daha az dijital olgun firmalara göre, risk alırken daha rahattır (Sánchez, 2017).

“Dijitalleşme”, verilerin dijital formatta kodlanması anlamına gelir. Daha önceleri dijital veri işleme için mevcut olmayan veriler, kullanılabilir hale gelir. Endüstride dijitalleşme, güncelleme sıklığı düşük yüksek dereceli verilerle başlamıştır. Günümüzde fiziksel süreçlere ait veriler, sensörler ile toplanmakta ve toplanan verinin miktarı hızla artmaktadır. Toplanan bu veri, ağ sistemlerinde iletilir. Yerel iş zekası (BI: Business Intelligence) sistemlerinde değerlendirilir, otonom kontroller için kararları oluşturur, birbirleri ile iletişim kurarak, gerekli veriyi iletir ve aksiyonları tetikler. Böylece ilgili işlerde, oto-kontrol ve oto-optimizasyon sağlanır (Lee, 2008) (Goelzer, Fritzsche, 2017). Aşağıda şekilde (Şekil 3) dijital dönüşüm ile sıkça bahsedilen endüstri 4.0 uygulamaların teknik bileşenlerinin bir kısmı resmedilmiştir.



Şekil 3: Teknik Bileşenler (Goelzer, Fritzsche, 2017)

(IDC, 2017)'ye göre dijital dönüşüm, işletmelerin dijital yeterliliklerini kullanarak iş modelleri ve ekosistemlerindeki değişiklikleri sürdürecekleri yaklaşımdır. Bu bulut, mobilite, büyük veri analizi, nesnelerin interneti (IoT: Internet of Things), makine öğrenmesi, robotik ve B2B (Business to Business) ağları gibi alanları içermektedir. Birçok önemli yönden, B2B ağları, işin işleyişini gerçek anlamda destekleyen ERP, CRM (Customer Relationship Management: Müşteri İlişkileri Yönetimi) ve PLM (Product Lifecycle Management: Ürün Yaşam döngüsü Yönetimi) gibi, bu dijital teknolojilerden farklıdır.

4. DİJİTAL TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik zinciri yönetimi “tedarikçiden nihai müşteriye bir dağıtım kanalının toplam akışını yönetmek için entegre bir felsefedir” (Scuotto vd., 2017). “Kişiselleştirilmiş ürünler”e olan artan talebi gidermek için, özel üretim için ortak-ışbirlikçi tedarik ağları gerekmektedir (Fornasiero vd., 2016) (Goelzer, Fritzsche, 2017). “Dijital tedarik zinciri”nin temeli nakliye modları ve nakliye birimlerini içerecek şekilde, gerçek zamanlı ve global bilginin karşılıklı alışverişidir (Hajdul, Mindur, 2015).



Şekil 4: Firmaların Dijital Dönüşüm ve Tedarik Zinciri Yönetimi Arasındaki İlişkiye Bakışı (IDC, 2017)

“Tedarik zincirinin dijitalleşmesi” ana firmanın dijital tedarik zinciri sistemlerinin elektronik olarak müşteri ve tedarikçilerle etkileşim sağlayacak şekilde genişlemesidir (Xue vd., 2013). İç sistemler ile karşılaştırıldığında bu yapı, firmanın kontrolü dışındaki faktörlerden daha fazla etkilenmektedir ve teknolojik riskler ile işlem riskleri söz konusu olmaktadır (Kumar, Van Dissel, 1996) (Xue vd., 2013). “Dijital dönüşüm”, tedarik zincirlerinin çalışma biçimini hem bir BT (Bilgi Teknolojisi) perspektifinden, hem de bir iş süreci perspektifinden etkilemelidir. IDC’nin yaptığı bir çalışma sonucu ortaya çıkanlara göre dijital dönüşümü, tedarik zinciri yeniden yapılanması takip etmektedir. Dijital dönüşüm ile tedarik zinciri yeniden yapılanması arasında, güçlü bir ilişki olduğunu düşünülmektedir. Yeni teknolojilerde en yüksek olgunluk “bulut”, “analitikler” ve “B2B”dedir. “IoT” ve “bilişsel analizler”, ortaya çıkan en ilginç yeni teknolojiler olarak görülmektedir. Yapılan araştırmaya katılan şirketlerin çoğunluğu (%66’sı) B2B altyapısı ve kabiliyeti için, dış kaynak kullanımını düşünmektedir; bu yatırım daha hızlı ve daha çevik dijital dönüşümü destekleyebilir (IDC, 2017). Şekilde (Şekil 4), firmaların “dijital dönüşüm” ve “tedarik zinciri yönetimi” arasındaki ilişkiye nasıl baktıkları özetlenmiştir.

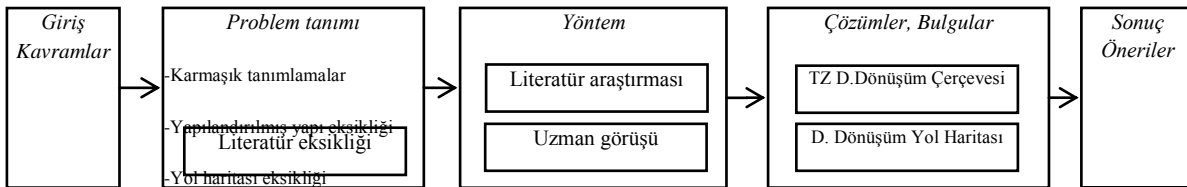
Firmaların artık müşterilere ürün üretmek ve sunmak için, işbirliği yapmaları gerekmektedir. “Dijital tedarik zinciri” sistemi aracılığıyla, firmalar ürünler ve faaliyetleri hakkında enformasyonu paylaşabilir. Bir “dijital tedarik zinciri” sistemi, dünya çapında dağıtılmış kuruluşlar arasındaki etkileşimi destekleyen, tedarik zincirindeki ortaklarının faaliyetlerini düzenleyen sistemlerden (donanım, yazılım, iletişim ağları) oluşur. Bu faaliyetler, bir ürünün satın alınması, üretilmesi, depolanması, taşınması ve satılması gibidir (Bhargava vd., 2013).

“Tedarik zinciri”nde kullanılan enformasyon, ürünler üretildikçe veya müşteriye teslim edildikçe değişir. Satın alma siparişi onayı, konteyner yükleme, nakliyenin zamanında veya geç varması gibi. Tedarik zincirinde bilgi akışı, sabittir. “Dijital tedarik zinciri”nde kullanılan enformasyon, çok sayıda taraf tarafından dağıtılıp, kontrol edilir (kullanımları, paylaşımı ve izlenmesi). Dijital tedarik zinciri, global olarak dağıtılmış partnerlerin tedarik zinciri süreçlerini içerir. Bu yüzden, “dijital tedarik zinciri”ndeki enformasyon, tek bir ana merkez organizasyonun kontrolü ile sınırlandırılmaz (tek bir kuruluşun sınırları içerisinde yer almaz). Bu organizasyonlar, tedarik zincirindeki bir partner veya işin dış kaynaklı olduğu bir alt yüklenici olabilir. Bir tedarik zincirindeki her partner veri kullanır, veri üretir, diğer ortaklarla veriyi paylaşır. Tüm bu işbirliği, ürün veya hizmetlerin üretilmesi ve sunulmasına katkıda bulunur (Bhargava vd., 2013).

5. PROBLEM TANIMI VE ÇALIŞMANIN AKIŞI

Dijital teknolojilerin yayılımı son on yılda hızla ilerlemiştir (Goelzer, Fritzsche, 2017). Dünya hızlı bir şekilde değişmektedir ve endüstri çağından, “zeki” ve “birbirine bağlantılı” ürünler dönemine geçilmiştir. Kuruluşlar, dijital teknolojiler (sosyal, mobil, büyük veri, bulut bilgi işlemi, nesnelerin interneti) nedeniyle, bir dönüşüm yaşamaktadır. Dijital dönüşüm “liderlik”, “veri yönetimi”, “küresel tedarik zinciri süreçleri” gibi çeşitli düzeylerde zorluklar ortaya koymaktadır. Bununla beraber, firmaların dönüşümü sağlayacak şekilde uygun iş modelleri ile, teknolojiyi nasıl entegre edecekleri bir sorun olmaktadır. Firmaların hem dijitalleşme ile kazanılacak fırsatları elde edemediği, hem de bu alt yapıyı başarılı kuramadıkları vurgulanmaktadır (Weill, Woerner, 2015). Diğer yandan Uber veya AirBnb gibi firmalar, yeni teknolojileri uygun bir “iş modeli” ile entegre şekilde sunarak, başarılı olmuşlardır (Sánchez, 2017).

Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşümün tanımını açıklamak ve aşamaları, faaliyetleri ve sonuçları ile yapılandırılmış bir yaklaşım sunmaktır. Araştırmamız tedarik zincirinde dijital dönüşümün temel anlayışına dair bir fikir sağlayan, bir literatür taramasına dayanmaktadır. Dolayısıyla, bu makalenin amacı, firmaların örgütsel hazırlık süreçlerinde destek olabilecek bir çerçeve tanımlamaktır. Çerçeve, incelenen fenomenle alakalı bir kavramlaştırmaya olanak tanıyacak ve örnek olay incelemeleri çalışmalarında temel alınabilecektir. Literatür peşinden geliştirilen çerçeve, araştırmayı tamamlamakta ve dijital dönüşümde kullanılacak yol haritasını da göstermektedir. Ortaya çıkan bu çalışma ile, Türkçe literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma akışı aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 5). (TZ: Tedarik Zinciri; D: Dönüşüm)



Şekil 5: Çalışmanın Akışı

6. METOD

WebofScience veritabanında (Web Of Science, 2018) tedarik zincirinde dijital dönüşüm kavramının aydınlatılması için, ilgili literatür taranmıştır.

Kaynakları bulmak için arama stratejisi olarak 2010 ve 2018 yılları arasında yayınlanan literatür için, şu Boolean arama dizelerini kullanarak arama yapılmıştır: (1) “*digital supply chain*”, (2) “*digital transformation*” VE “*supply chain*”, (3) “*digital transformation*” VE “*literature review*”. Sonuçta (1):8, (2):6, (3):6 farklı sonuca ulaşılmıştır. Sonuçlardan “dijital dönüşüm” ve “tedarik zinciri yönetimi” çalışmaları ile alakalı olanlar süzölmüştür. Sonraki bölümde, bu çalışmaların kısa bir özetine yer verilmiştir.

7. LİTERATÜR ÖZETİ

“Dijital tedarik zinciri” ile ilgili, “*digital supply chain*” anahtar kelime grubu ile yapılan arama sonucundaki, 2010 yılı sonrasındaki çalışmalar bu paragrafta özetlenmiştir. (Scuotto vd., 2017) çalışması sonucunda, KOBİ (Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletme)’lerdeki karar vericilerin, ICT (Information and Communication Technology: Bilgi ve İletişim Teknolojileri)’lerin yanı sıra, opportunizm riski ve yetersiz uyum gibi tedarik zinciri yönetiminin dijitalleşmesinde sorunların üstesinden gelmeye yardımcı olabilecek, ICT vasıflı insan kaynaklarına daha fazla yatırım yapmaları gerektiğini, bir anket çalışması sonuçlarıyla vurgulamıştır. (Hajdul, Mindur, 2015) çalışmasında yalın ve güvenli dijital tedarik zincirlerinin kaynak paylaşımına ve nakliye birleştirme işlemlerine imkan vererek, olumlu bir etki yarattığını vurgulamıştır. Yazarlar global nakliye yönetimi ekosistemi kavramını, örnek bir dijital platformu kullanarak, pratik uygulaması ile sunmuştur. Makalede anket, araştırma ve gerçek vaka analizleri sonuçları kullanılmıştır. Nakliye emrinin izlenmesi için gerekli statülerin listesini tanımlamıştır. (Wilding, Wheatley, 2015) çalışmasında dijital tedarik zincirinde güvenlik konusuna ve çözüm seçeneklerine odaklanmıştır. (Xue vd., 2013) çalışmasında geliştirilen teorik çerçeveye göre sistem “modülerlik” özelliğinin dijital tedarik zinciri sistemlerini benimseme riskini hafiflettiğini ve bu nedenle firmaların tedarik zinciri operasyonlarını dijitalleştirmeye ittiğini vurgulamaktadır. (Moneimne vd., 2016) çalışmasında M2M teknolojisini uygulayan tedarik zincirlerinde, kesintisiz iletişim sağlandığını ve veri toplamanın etkinliğinin arttığını vurgulamıştır. Çalışmada sorunsuz iletişim sağlayan, bulut temelli örnek bir açık taşımacılık yönetim sistemi gösterilmiştir. Nakliye yürütülmesi ve izlenmesi sırasında, gerçek zamanlı otomatik alınması gereken veriler belirtilmiştir. (Bhargava vd., 2013) çalışmasında dijital tedarik zincirlerinde paylaşılan verilerin korunması için, denetime dayalı bir yaklaşım önerilmektedir.

“Dijital dönüşüm ve “tedarik zinciri” (“*digital transformation*” VE “*supply chain*”) ile ilgili, anahtar kelime grubu ile arama sonucundaki, 2010 yılı sonrasındaki çalışmalar bu paragrafta özetlenmiştir. (Fukui, 2016) makalesinde, yeni teknolojiyi, var olan tedarik zinciri yönetimine minimum eforla entegre etmenin önemini vurgulamıştır. Belirtilen, “SoR” (Systems of Record) transactional (operasyonel kayıt) sistemlerdir. “SoE”(Systems of Engagement) ise, kullanıcıların ve ekipmanların, IoT tarafından temsil edildiği gibi, mobil cihazlar veya sensörler vasıtasıyla birbirleriyle etkileşimde bulunduğu yeni bir sistem grubudur. Bir bulut temelli platform örneği anlatılmıştır. (Pfouga, Stjepandic, 2018) çalışmasında, endüstriyel standartlara dayalı olarak tüm yaşam döngüsü boyunca 3D CAD (Computer Aided Design: Bilgisayar Destekli Tasarım) verileri için, sanal ürün geliştirmede kullanılan yöntemleri ve araçları analiz etmektedir. Elektronik keşif için gereklilikleri yerine getiren ve dijital işletme için çok alanlı işbirliği ve uzun vadeli veri saklama olanağı sağlayan bir öneri sunmaktadır. (Liu vd., 2011) çalışmasında, “kaynak uyumu” konseptine dayalı bir e-bankacılık projesi yoluyla, dijital dönüşümün gelişim sürecini göstermektedir. Literatürün ötesinde yeni anlayışlar sunmak için dijital dönüşüm için, bir “kaynak uyumu” çerçevesi oluşturulmuştur. Başarılı e-bankacılık projesinin uygulanması için gerekli olan, sekiz kritik faktörü incelemiştir. (Ranganathan vd., 2011) çalışmasında, tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerinin “web etkinliğinin” altında yatan dinamikleri araştırmış, potansiyel olarak web-destekli SCM'nin boyutunu etkileyen kilit faktörleri incelemiş ve web-destekli tedarik zinciri yönetiminin performans üzerindeki etkilerini incelemiştir.

“Dijital dönüşüm ve “literatür araştırması” (“*digital transformation*” VE “*literature review*”) ile ilgili, anahtar kelime grubu ile, biraz daha genişletilerek yapılan arama sonucundaki, 2010 yılı sonrasındaki çalışmalar bu paragrafta özetlenmiştir. (Sánchez, 2017) çalışmasında sistem dinamiği ve Porter’in modelini temel alarak, bir yapı sunmuştur. (Carcary vd., 2016) makalesinde, herhangi bir dijital dönüşümün temelleri olarak, kuruluşların başlangıçta bir dizi temel temaya, özellikle de çevik bir “dijital kültür”ün kurulması, “dijital liderlik” becerilerinin geliştirilmesi, “dijital yetenek” geliştirilmesi ve dönüşümlü “dijital iş stratejisi”nin oluşturulması konularına odaklanması gerektiğini savunmuştur. (Goelzer, Fritzsche, 2017) çalışmasında, tekrar eden büyük veri yönetimi ve analiz kalıplarını çıkarmak için, sayısal teknolojiler üzerine mevcut literatürü gözden geçirilmiştir. Bu, işlenmesi gereken içerik türleri ve bu verilerin dijital ortamda işlenmesi hakkında kapsamlı bir görünüm sağlamıştır.

8. ARAŞTIRMA SORULARI VE TASARIMI

Önceki bölümlerde dijital dönüşüm kavramına temel olabilecek bir literatür çalışmasına yer verilmiş idi. Dijital dönüşümün “ne” olduğunu tanımladıktan sonra, işletmeler için için sonraki aşama, bunun “nasıl” olacağıdır.

Sonraki bölümde, geliştirilecek dijital dönüşüm stratejilerine ve yol haritasına rehberlik etmesi için, bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu süreçte, farklı ilave kaynaklar incelenmiştir.

Konu literatürde oldukça yeni olduğundan, Google (Google, 2018) arama motorunda (*supply chain digital transformation roadmap*) anahtar kelime grubu ile arama yapılmıştır. Arama sonucunda gelen ilk 100 sayfa detaylı incelenmiş ve pdf dökümanlar değerlendirilmiştir. Elde edilen dökümanlar incelenirken, aşağıdaki araştırma sorularına yanıt verebilmek esas alınmıştır:

- Dijital tedarik zinciri dönüşümünde hangi ana süreçler için, hangi uygulamalar uygundur?
- İnovasyon için, hangi süreçlerde neler yapılabilir?
- Gerekli teknoloji altyapısı bileşenleri ve sağlayıcıları nelerdir?
- İşletmelerde dijital dönüşüm yol haritası oluştururken, hangi faktörler dikkate alınmalıdır?

“Dijital dönüşüm”ün var olan tanımları ve yaklaşımları incelenmiş di. “Tedarik zincirinde dijital dönüşüm” için güncel araştırmalar hakkında fikir edinmek için, literatür taraması yapılmıştır. Sonraki bölümde örnekleri de dahil ederek, tedarik zincirinde dijital dönüşüm için bir çerçeve (framework) geliştirilmiş ve peşinden de bir yol haritası sunulmuştur.

9. GELİŞTİRİLEN ÇERÇEVE VE YOL HARİTASI

9.1. Çerçeve

Dijital dönüşüm, sadece bir teknoloji konusu değildir. Dijital dönüşüm iş modellerini değiştirmektedir ve şirketlerin operasyonlarının her yönünü tekrar gözden geçirmesi gerekmektedir. Bu, operasyonel verimlilikleri artırmak için, dijital bir işletim modelinin tanımlanması ve buna yeni teknolojilerin benimsenmesi çalışmalarını içermelidir.

Şekilde (Şekil 6) literatür araştırmasına dayanarak, yeni ortamda rekabet avantajı sağlamak üzere, örgütsel hazırlığı değerlendirmeyi amaçlayan bir çerçeve önerilmiştir. Amaç, ilgili koşulları, kaynakları ve yetenekleri vurgulamak ve gelecekte yapılacak vaka incelemesi çalışmalarında kullanılmak üzere, bir başlangıç noktası önermektir. Çalışma farklı kaynaklar ((Sánchez, 2017), (Capgemini, 2011), (World Economic Forum, 2016), (Deloitte University Press, 2016), (Cognizant, 2015), (Capgemini Consulting, 2018), (Schallmo vd., 2017) sentezlenerek ve uygun eklemelerle oluşturulmuştur. Çerçeve, mevcut literatürden türetilen birkaç önemli değişkeni ayırarak, soyut karmaşıllığı da önlemeyi amaçlamıştır. Çerçeve üzerinde yer alan özellikle “tedarik zinciri dönüşümü”, “inovasyon”, “T.Z. teknolojisi”, “teknoloji stratejisi”, “bilgi hizmetleri” başlıklarında analitikler, kontrol kuleleri, sensörler, 3D baskı, AR, otonom kamyonlar vd. teknolojilere ve yer aldığı süreçlere yer verilmiştir.

9.2. Yol Haritası

Önceki çalışmalar değerli katkılarda bulunsalar da, dijital dönüşümün tamamını kapsamamakta ve dijital dönüşümün uygulamasını belirtmemektedir. Bu çalışmada katkı olarak, hazırlanan çerçeve peşinden kullanılabilir, çeşitli safhaları içeren bir Yol Haritası da sunulmuştur. Dijital dönüşüm uygulama sürecinde, yer alacak olası adımlar şunlardır:

1-Değerlendirme: İlk adım, kurumun mevcut(as-is) ve hedef(to-be) hallerini iyice anlamayı gerektirir. Bu aşama, şirket paydaşları ve dış konu uzmanlarıyla çeşitli atölye çalışmaları ve röportajlar yürütülmesini içerir. Ayrıca, yerel ve küresel oyuncularla, rekabetçi analiz yapılmalıdır.

*1.1.Mevcut durumu değerlendirme: Operasyonel mükemmeliyet / çeviklik / inovasyon / müşteri merkezlilik

*1.2.Hedef durumu değerlendirme: Rekabetçilik / Yalın / Çevreci / Güvenilir / Bağlanabilir

Şirketler işletmelerini yeniden düşünmeye başladıkça, dönüşüm için gerekli olan temel kurumsal yetenekleri ve becerileri de ele almaları gerekir.

2-Planlama: Bu aşamada, toplanan bilgilerin daha fazla analizi yapılır. Sonunda dijital dönüşüm yol haritasını hazırlamak için, önceliklendirilmiş bir girişim listesi oluşturulur.

*2.1.Boşluk analizi: Kısıtlamaları belirle → sistemi gözden geçir → çözümü konsept haline getir → onaylat

*2.2.Önceliklendirme yap ve örnek iş senaryosunu (riskler, maliyet ve faydalar dikkate alınarak) hazırla: Her faaliyeti puanla → ROI (Return of Investment: Yatırımın Geri Dönüşü)lerini hesapla → örnek iş senaryosuna üst yönetim onayına sun.

*2.3.Yol haritasını oluştur

3-Dönüşümü gerçekleştirme:

*3.1.Workshop yapma: Detaylı bir örnek senaryo, nihai bütçe onayı için hazırlanmalıdır. Paydaşlar, zaman çizelgesi ve riskler üzerinde uzlaşmış olmalıdır.

*3.2.Yol haritasını uygulama: Yol haritasına göre, planlanan çalışmalar devreye alınmalıdır. Tamamlanana kadar, ilerleme izlenmelidir. Etkisini değerlendirmek için, performans sürekli ölçülmelidir (Cognizant, 2015). Bu süreçte dikkat edilecekler:

-1. Adım: Daha Fazla Gecikmeden Başlayın: Dijital değişim (yıkılma) hızı, tüm sektörlerde önemli ölçüde artmaktadır. Dönüşümün ilk günlerinde geç kalmış olan endüstriler, artık bağımsızlık taşımamaktadır.

-2. Adım: İşletmeyi Yeniden Düşünün: Şirketler işletmelerini yeniden düşünmeye başladıkça, dönüşüm için gerekli olan temel kurumsal yetenekleri ve becerileri de ele almaları gerekir.

-3. Adım: Örgütü Yeniden Haritalayın: Uçtan uca dönüştürme, müşteri yolculuğuyla eşleşen operasyonel uyum gerektirir. Doğrudan eşleşme yapmayan işlevlerin, birlikte çalışması gerekir. Örgüt yapısının yeniden düzenlenmesi, geleneksel işlevlerde yeni yetenekler gerektirmektedir.

-4. Adım: Bir İşletim Platformu Tasarlayın: İşletim platformu grupları, uyum ve işbirliğini yönlendirmek amacıyla, dönüşümün merkezinde olacaktır. İşletim platformu grubunun kesin kompozisyonu ve raporlama yapısı, genellikle CEO (Chief Executive Officer)'ya ve diğer C(chief) grubuna rapor vermelidir.

-5. Adım: Kültür Değişikliğini Yönlendirin: Meydana gelmemiş kurumsal kültürler, dönüşüm için önemli engellerdir. Yeni hedefler, teknolojiler, süreçler ve yetenek, yeni bir değişim hızı için hazır olmayan bir ortamda gelişemez.

-6. Adım: Yönetim Kurulunu Etkinleştirin: Çalışmalara yönetim kurulu katılımı ihtiyacı, giderek aciliyet kazanmaktadır. Uzlaşma ve katılım, yönetişimin anahtarıdır - iş modeli evrimi ve yedekli planlama için, uzun vadeli bir bakış açısı ile.

Diğer önemli başlıklar: [Anahtar sorumluluk: UZLAŞMA, yetenek yönetimi] / Vizyon ve strateji / CEO yedek planlaması / organizasyon ve kültür / sermaye tahsisi / risk yönetimi (RRA, 2017)

*3.3.Hedef durumuna ulaşma (Cognizant, 2015).

7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, ULTZK 2018 Bildiriler Kitabı
3-5 Mayıs 2018, Bursa

Yol haritası	Zorlayanlar ve Sorunlar	Fırsatlar ve zorluklar Firmadaki değişiklikler Rekabet ve iş ortamındaki değişiklikler	yükselen işgücü maliyetleri: otomasyon gereksinimi genişleyen ve karmaşıklaşan küresel zincirleri: görünebilirlik yüksek kalite, düşük fiyat beklentisi / Özelleşmiş ürünler azalan ürün yaşam süresi: hızlı ürün gelişime gereksinimi çevreci ve sürdürülebilir inovasyonlar: cezalar daha iyi ürün kullanımı ile, servis deneyimine artan talep			
Yol haritası	İş Hedefleri ve Stratejisi Dijital Tedarik Zinciri Stratejisi	Dijital tedarik zinciri vizyonu ve strateji geliştirme Dijital Tedarik Zinciri ekonomik modeli T.Z. modellerinin, diğer süreçlerin dijitalleşmesi ile uyumlaştırılması (çok kanallı pazarlama stratejisi vb.)				
Yol haritası	Strateji ve Yönetişim	Dijital stratejinin olgunluğu Dijital yaklaşım üzerine KPI'ler, Tanımlı hedefler Konsept ve uyarılma için rol ve sorumluluklar Değişime tepeden aşağıya doğru yön verilmesi Bütçeleme				
Yol haritası	T.Z. Çalışma ve Yönetişim Modeli	Dijital yönetişimin kurulması Mali tablolarındaki K/Z Merkezlerin Küreselleşmesi / finansal yönetişim Fonksiyonel yapı taşlarının tasnifi Paylaşılan hizmetler, off-shoring ve tedarik zinciri faaliyetlerinin dış kaynak kullanımı				
Stratejik Varlıklar	Ürünler ve içerik Ürün inovasyonu	Kültür Marka	Satış noktası ve dağıtım kanalları Satış ekibi Müşteri bilgisi Partnerlik ağı			
Firmanız için dijital geleceği hayal edin						
Dijital T.Z. Uygulaması	Ana(core) süreçlerin dijitalleşmesi / Eko-sistem ile açık inovasyon ve işbirliği / Değer zinciri boyunca görünürlük					
	Tedarik	Arge	Üretim	Sevkiyat	Satış	Satış Sonrası
Tedarik Zinciri Dönüşümü (ana süreçler) Ekin süreçler ve sağlayan teknolojiler	Tedarikçi işbirliği • Analitik kaynaklı tedarik • Varlık paylaşımı • Blockchainle etkinleştirilmiş saydamlık • Bulut / kontrol kulesi optimizasyonu • Tedarikçi ekosistemi • Çok kanallı tedarik • Her katmadaki tedarikçi için, büyük veri görünebilirlik. Risk profillerinin dinamik değerlendirilmesi • Dil işleme yetenekli araçlar ile, şartname ve kontrat analizleri	Tasarım işlemleri optimizasyonu • Sensör / veri odaklı tasarım geliştirmeleri • Açık inovasyon / crowdsourcing • Hızlı prototipleme • Sanal tasarım simülasyonu • Sosyal etkin ürün geliştirme Ürün optimizasyonu • Ürün veya hizmet olarak veri • 3D baskı ile kullanım için üretim(make to use) • Ultra gecikmeli farklılaşma Matrix çalışma *Omnichannel	Operasyonların verimliliği • Artırılmış gerçeklikle (AR) güçlendirilmiş operasyonlar • Öngörücü(predictive) bakım • Sensörle çalışan işçi gözlüğü • Otomatize üretim • Blockchain ile uçtan uca izlenebilirlik • gelişmiş planlama çözümleri gerçekleştirilerek öngörülebilir tedarik planlarını elde edilmesi • Temel raporlama veya BI	Lojistik optimizasyonu • Artırılmış gerçeklikle (AR) geliştirilmiş lojistik • Otomatize lojistik teslimat • Sürücüsüz kamyonlar • Dinamik / öngörülü rotalama • Dronlar • Kamyonda 3D Printing • Crowdsourcing • Sigorta sözleşme dönüşümü • Farklı sipariş türleri (doğrudan tüketici, B2B) için WMS • Temel raporlama veya BI	Satış optimizasyonu • Envanter tabanlı dinamik fiyatlandırma • Yenilemelerde sensör tabanlı itme • Hedefli pazarlama • Omni channel platformlar • Ödeme cihazları olarak telefonlar • Akıllı promosyon • Sosyal-liderlik üretimi • Konum tabanlı pazarlama • M-Ticaret • Daha derin müşteri segmentasyonu • Temel raporlama veya BI	Satış sonrası satış ve hizmetler • Artırılmış gerçeklik özellikli müşteri desteği • Müşterilere uçtan uca şeffaflık • 3D baskı ile kullanım için üretim(make to use) • Öngörücü satış sonrası bakım
Inovasyon (Fırsatlar) Inovasyon-Çalışanlar & Partnerler	Crowdsourcing ve co-inovasyon platformu Çalışan blog yazısı, dahili Facebook			İşbirlikçi operasyonel Planlama ve Yürütme / Makine Öğr. ve açıklayıcı analitikler		
Operasyonel Mükemmeliyet	What if senaryoları ile prediktif analitikler					
Esneklik	Kent lojistiği / Aynı Günde Teslimat					
Lojistik Pazar fırsatları (Fırsatlar)	Paylaşılan: Nakliye Kapasitesi / Depo kapasitesi / İşgücü kapasitesi					
Fiziksel varlıkların paylaşımı (Fırsatlar)	Müşteri merkezlilik					
Mevcut durum faktörleri	Operasyonel mükemmeliyet	Inovasyon	Operasyonel mükemmeliyet	Çeviklik	Müşteri merkezlilik	
Hedef durum faktörleri	Rekabetçi / Yalın / Çevreci / Güvenilir / Cihazlara Bağlanabilir					
Yol haritası	Ürünler & Hizmetler Ürün ve hizmet portföyünün uyarlanması Dijital satışların payı Gelişim sürecindeki değişiklikler			Müşteri yönetimi Dijital müşteri payı Dijital satışların paylaşımı ve etkileşimi Dijital pazarlama payı, müşteri veri analitiği		
Tedarik Zinciri Dönüşümü (ana süreçler)	PLANLAMA Planlama ve stok verimliliği • Analitik odaklı talep algılama • Dinamik envanter karşılama • POS'la çalışan otomatik yenileme • Gerçek zamanlı envanter optimizasyonu • Sensör temelli tahminleme					
KALİTE KONTROL & İADELER						
Yol haritası	Operasyonlar ve Tedarik Zinciri			Dijital işlemlerin olgunluğu Hedef resim ve dönüşüm yol haritası Dinamik adaptasyonun derecesi		
Yol haritası	Bilgi Teknolojisi			Dijital yetenekleri sağlamak için, BT alanının esnekliği Dijitalizasyonda, BT işlevinin rolü Dijitalleşmeye ayrılmış bütçe		
Teknoloji stratejisi	Dijital Platformlar / Büyük Veri / Bulut / Güvenlik / Mobilite / Ekosistemlerin işbirliği / Entegrasyon / Ölçeklenebilirlik Yapay Zeka / IoT / ERP / Sosyal medya - Mükün kılanlar: Dijital veri / Otomasyon / Müşterinin dijital erişimi / Networking					
T.Z. Teknoloji Mimarisi ve Altyapısı	Tedarik zinciri için teknoloji altyapısı (GPS, RFID, dijital cihazlar vb.)					
Bilişim Hizmetleri	Tedarik Zinciri & Lojistik Kontrol kuleleri / Analitikler					
Entegre T.Z. Performans Yönetimi	Analitik olarak yönlendirilen, tedarik zinciri performans yönetimi (İzleme, Tahminleme) / Hedef belirleme / KPI lar / Hesap verebilirlik					
Yol haritası	Kurumsal Hizmetler ve Kontrol			Şeffaflık üzerinde dijitalleşimin etkisi Dijital destek süreçlerinin olgunluğu		
Yol haritası-çalışanlar & partnerler	İşyeri ve Kültür			İletişim ve işbirliğinin olgunluğu Hareketlilik, mobilite Çevik çalışma yöntemleri BPR		
Yol haritası-çalışanlar & partnerler	DİJİTAL YETENEKLER			Dijital girişimlere ve becerilere yatırım yapılması		
	DİJİTAL YATIRIM					
	BE CERİLER			GİRİŞİMLER		
	DİJİTAL KATILIM					
	DİJİTAL YÖNETİŞİM					
Yinelemeli Dönüşüm Yol Haritası						

Şekil 6: Tedarik Zinciri Yönetiminde Dijital Dönüşüm İçin Bir Çerçeve

10. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dijital dönüşüm kavramı günümüzde oldukça popüler olmasına karşın, aslında dijital ürün ve hizmetler ile ilgili konular, 1990'lar ve 2000'lerden beri ilerlemektedir. Örneğin 1990'lar ve 2000'lerde perakende endüstrisi için kampanyalardaki dijital reklamların, müşterilere ulaşmada önemli bir yeri olmuştur. 2000'lerden günümüzde kadar akıllı cihazların ve sosyal medya platformlarının yükselişi, müşteri ile iletişim kanallarında, tepki süresi ve erişilebilirlik

beklentilerinde büyük değişikliğe neden olmuştur (Schallmo vd., 2017). Son on yılda, dijital teknolojilerin iş dünyasındaki etkileri önemli ölçüde değişerek, birçok iş modelini geçersiz kılmıştır. Buna göre “dijital dönüşüm”, dijital teknolojilerin iş süreçlerine entegrasyonu, dijital ekonomide hayatta kalmak ve rekabet avantajı elde etmek isteyen çağdaş kuruluşlar için zorunlu hale gelmiştir (Bharadwaj, 2000) (Liu vd., 2011). **Başarılı bir dijital dönüşüm için** firmalar, teknolojiyi ayrı kendi başına düşünen bakış açısından vageçip, bunu başaracak organizasyonun yeteneklerine odaklanarak, bütünlük bir yaklaşım sergilenmelidir (Carcary vd., 2016) (Wilmott, 2013) (Sandberg, 2014) (McGee, 2014).

Bu çalışmada öncelikle akademik bir veritabanı temele alınarak, 2010 yılı sonrası konu ile ilgili kaynak azlığına dikkat çekilmiştir. Kavram yenidir, konu ile ilgili de literatür doğal olarak azdır. Yönetim bilişim sistemleri alanında akademik literatür, sürekli gelişen yeni teknolojiler nedeniyle, saha uygulamalarının gerisinde kalabilmektedir (Benbasat vd., 1987). Bu çalışma ile, bu literatür boşluğuna bir katkı sağlanmıştır. “**Dijital dönüşüm**” yaygın olarak bilinen bir kavram olmasına rağmen, literatürde “tedarik zincirinde dijital dönüşüm” için yapılandırılmış bir yaklaşım eksiktir. Bu çalışma, dijital dönüşüm kavramını ve aşamalarını tanımlamaktadır. Dahası, bu çalışma eksikliğe gidermeye yönelik etkinleştiriciler ve örnekler ile, bir çerçeve sunmaktadır. Hem süreçler, hem teknoloji çözüm örneklerini de barındırmaktadır. Çerçeveye, KAYNAKLARda gösterilen farklı araştırma firmalarının önerdiği bakış açıları ile başlansa da, diğer akademik çalışmalar ve uzman görüşü sentezlenerek, uygun karma bir yaklaşım sunulmuştur. Dikkate alınacak faktörler strateji, süreç, değişim, teknoloji ve fırsatlar olareak vurgulanmış ve resmedilmiştir.

Konu üzerinde çalışacak araştırmacı ve uygulayıcılar, bu çalışma üzerinden dijital dönüşümün açık bir tanımı ve süreçlerdeki uygulama şekillerini görerek, bundan yararlanmaları mümkün olacak ve tedarik zinciri dijital dönüşümü sürecindeki iş moldellerini yeniden düşünmelerine imkân verecektir. Araştırmacılar en sondaki yol haritasını uygulayarak ta, mevcut işletme modellerini optimize edebilir ve ayrıcalıklı bir rekabet avantajı yaratabilir.

Bu çalışmanın geliştirilmeye müsait tarafları da mevcuttur. Mevcut çerçeve temel alınarak, vaka analizi çalışmaları ve röportajlar yapılması katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, literatür araştırması bölümünde, Web Of Science arama motoru temel alınmıştır. Farklı akademik arama motorları sonraki çalışmalara dahil edilerek, incelenen yayın sayısı artırılabilir. İlaveten literatür 2010 yılı sonrasına aittir. Bu bir kısıt gibi görünse de, aslında teknoloji ile ilgili bir konuda, daha güncel yayınların dikkate alınması, olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir.

Bundan sonraki çalışmalarda dijital dönüşümün firmalara ve tedarik zinciri performansına etkisi ile ilgili araştırmalar yapılabilir. Bunlar farklı sektör ve şirket ölçeklerinde değerlendirilebilir. Dijital dönüşümde “inovasyon”un rolü de, farklı bir araştırma konusu olabilir. Son olarak, ileride yapılacak çalışmalar dijital dönüşümün ölçeklerini ve ölçülebilir yararlarını ortaya koymalıdır. Bu çalışma referans alınarak, genişletilerek ileride yapılabilecek çalışma başlıkları: Firma dijital dönüşüme hazır mı? Ne kadar hazır? Eksikleri neler? Hazırlık değerlendirmesi; Firmanın dijital dönüşüm olgunluk durumu ne aşamada? Üst aşamaya çıkmak için neler yapılmalı?→Olgunluk değerlendirmesi; Dönüşüm sürecini izleyecek performans ölçütleri neler olmalıdır?→Bu ölçütleri izleme periyodu ve performans hesabı; Dönüşümdeki kısıtlar nelerdir, etkileri ne şekilde olacaktır?→Kısıtlara karşı izlenecek yol; Dijital dönüşümde, inovasyonun rolü; Dijital dönüşümün, tedarik zinciri performansına etkisi; Soru listeleri oluşturulması (hazırlık ve olgunluk düzeyi değerlendirilmesi için); Skor hesaplamaları (hazırlık ve olgunluk düzeyi değerlendirilmesi için); Dijital dönüşüm için, uygun strateji ve teknoloji kararı ve seçimi; Dijital dönüşüm için, maliyet bütçe optimizasyonu ve karar modelleri. Dijital dönüşüm hızla devam etmektedir. Gerek akademik, gerek uygulayıcılar açısından pek çok araştırma ve çalışma alanıyla, uygulamalar sonucunda elde edilecekler, firmalara ve ülke ekonomisine kısa sürede fayda yaratabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Benbasat, I., Goldstein, D. K., & Mead, M. (1987). The case research strategy in studies of information systems. *MIS Quarterly*, 11,(3), 369–386.
- [2] Bharadwaj, A. (2000). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: an empirical investigation. *MIS Quarterly*, 24, (1), 169-196.

- [3] Bhargava, B., Ranchal, R., & Ben Othmane, L. (2013). Secure Information Sharing in Digital Supply Chains. *3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, (s. 1636-1640). Location: Ghaziabad, India, Feb 22-23.
- [4] BMWi. (2015). *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft - Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*. Berlin.
- [5] Boueé, C., & Schaible, S. (2015). *Die Digitale Transformation der Industrie*. . Studie: Roland Berger und BDI.: https://bdi.eu/media/user_upload/Digitale_Transformation.pdf
- [6] Bowersox, D., Closs, D., & Drayer, R. (2005). The digital transformation: Technology and beyond. *Supply Chain Management Review*, 9,(1), 22-29.
- [7] Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape : An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering*, 8, (1), 37-44.
- [8] Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14, (4), 23-48.
- [9] Capgemini. (2011). *Digital transformation: a roadmap for billion dollar organizations*. https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Digital_Transformation__A_Road-Map_for_Billion-Dollar_Organizations.pdf
- [10] Capgemini Consulting. (2018, 02). *Digital Transformation of Supply Chains. Creating Value – When Digital Meets Physical*. https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2017/07/Digital_Transformation_of_Supply_Chains.pdf
- [11] Carcary, M., Doherty, E., & Conway, G. (2016). A Dynamic Capability Approach to Digital Transformation: a Focus on key Foundational Themes. *Proceedings of the 10th European Conference on Information Systems Management* (s. 20-28). Evora, Portugal: Univ Evora, Sep 08-09.
- [12] Cognizant. (2015). *A Framework to Speed Manufacturing's Digital Business Transformation*. <https://www.cognizant.com/whitepapers/A-Framework-to-Speed-Manufacturing-Digital-Business-Transformation-codex1614.pdf>
- [13] Deloitte University Press. (2016). The rise of the digital supply network: Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3465_Digital-supply-network/DUP_Digital-supply-network.pdf
- [14] Fornasiero, R., Zangiacomi, A., Franchini, V., Bastos, J., Azevedo, A., & Vinelli, A. (2016). Implementation of Customisation Strategies in Collaborative Networks Through an Innovative Reference Framework. *Production Planning & Control*, 27, (14), 1158-1170.
- [15] Fukui, T. (2016). A Systems Approach to Big Data Technology Applied to Supply Chain. *4th IEEE International Conference on Big Data*, (s. 3732-3736). Washington, DC, DEC 05-08.
- [16] Goelzer, P., & Fritzsche, A. (2017). Data-driven operations management: Organisational implications of the digital transformation in industrial practice. *Production Planning & Control*, 28, (16), 1332-1343.
- [17] Google. (2018). 02 2018 tarihinde www.google.com adresinden alındı
- [18] Gunasekaran, A., & Ngai, E. (2004). Information Systems in Supply Chain Integration and Management. *European Journal of Operational Research*, 159, 269-295.
- [19] Hackett Group. (2017). Supply Chain Transformation for the Digital Era: <https://www.thehackettgroup.com/supply-chain-digital-transf-1706/>
- [20] Hajdul, M., & Mindur, L. (2015). Lean And Reliable Digital Supply Chains - Case Study. *Logforum*, 11,(1), 15-27.
- [21] IDC. (2017, July). *Digital Transformation Drives Supply Chain Restructuring Imperative*. [supplychainbrain.com:](http://www.supplychainbrain.com/) http://www.supplychainbrain.com/index.php?id=11531&fn=KellysFiles/WhitePapersAndBenchMarkReports/OpenText/opentext_idc_digital_transformation_supply_chain.pdf
- [22] Jungbae, R. J., & Hong, P. (2015). Taxonomy of ERP Integrations and Performance Outcomes: An Exploratory Study of Manufacturing Firms. *Production Planning & Control*, 26, (8), 617-636.

- [23] Kane, G., Palmer, D., Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, not technology, drives digital transformation*. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/strategy/dup_strategy-not-technology-drives-digital-transformation.pdf
- [24] Kumar, K., & Van Dissel, H. (1996). Sustainable collaboration: Managing conflict and cooperation in interorganizational systems. *MIS Quarterly*, 20, (3), 279-300.
- [25] Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2014). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (14 b.). USA: Pearson.
- [26] Lee, E. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges. *IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-time Distributed Computing*, (s. 363-369). Orlando, FL.
- [27] Liu, D.-Y., Chen, S.-W., & Chou, T.-C. (2011). Resource Fit in Digital Transformation: Lessons Learned from the CBC Bank Global E-banking Project. *Management Decision*, 49, (9-10), 1728-1742.
- [28] Loebbecke, C., & Picot, A. (2015). Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 24, 149-157.
- [29] Markus, L., & Loebbecke, C. (2013). Compositized digital processes and business community platforms: new opportunities and challenges for digital business strategies. *MIS Quarterly*, 37,(2), 649-653.
- [30] Mazzone, D. (2014). *Digital or Death: Digital Transformation -The Only Choice for Business to Survive Smash and Conquer*. Mississauga, Ontario: Smashbox Consulting Inc.
- [31] McGee, K. (2014, 05). *Gartner Identifies Six Key Steps to Build a Successful Digital Business*. Gartner: <https://www.gartner.com/newsroom/id/2745517>
- [32] Moneimne, W., Hajdul, M., & Mikolajczak, S. (2016). Seamless Communication In Supply Chains Based On M2M Technology. *Logforum*, 12, (4), 213-226.
- [33] Oberniedermaier, G., & Sell-Jander, T. (2002). *Sales and Distribution with SAP*. Braunschweig/Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [34] Pfouga, A., & Stjepandic, J. (2018). Leveraging 3D geometric knowledge in the product lifecycle based on industrial standards. *Journal Of Computational Design And Engineering*, 5, (1), 54-67.
- [35] PwC. (2013). *Digitale Transformation – der große Wandel seit der Industriellen Revolution*. Frankfurt: PricewaterhouseCoopers.: https://merger-mi.de/wp-content/uploads/2017/10/2017-09-10_digitale-transformation.pdf
- [36] Ranganathan, C., Teo, T. S., & Dhaliwal, J. (2011). Web-enabled supply chain management: Key antecedents and performance impacts. *International Journal Of Information Management*, 31, (6), 533-545.
- [37] RRA. (2017). *russellreynolds.com*. Digital Transformation- The Final Chapter:An Organizational Roadmap for Digitally- Enabled Businesses: <http://www.russellreynolds.com/en/Insights/thought-leadership/Documents/Digital%20Transformation%20-%20The%20Final%20Chapter%20-%20FINAL.pdf>
- [38] Sánchez, M. A. (2017). A framework to assess organizational readiness for the digital transformation. *Dimensión Empresarial*, 15, (2), 27-40.
- [39] Sandberg, J. (2014). *Digital capability investigating coevolution of IT and business strategies*. Sweden: Doctoral Dissertation. Umeå University, .
- [40] Schallmo, D. R., & Williams, C. A. (2018). *Digital Transformation Now! Guiding the Successful Digitalization of Your Business Model*. Springer.
- [41] Schallmo, D., Williams, C. A., & Boardman, L. (2017). Digital Transformation Of Business Models — Best Practice, Enablers, And Roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21, (8), 1-17.
- [42] Scuotto, V., Caputo, F., & Villasalero, M. (2017). A multiple buyer - supplier relationship in the context of SMEs' digital supply chain management. *Production Planning & Control* , 28,(16),1378-1388.
- [43] Stadtler, H. (2015). Supply Chain Management: An Overview. H. Stadtler, C. Kilger, & H. Meyr içinde, *Supply Chain Management and Advanced Planning* (s. 3–28). Berlin Heidelberg: Springer.
- [44] Web Of Science. (2018, 02). 02 2018 tarihinde https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=D3o7dGQLHX3UQDnDmoj&preferencesSaved= adresinden alındı
- [45] Weill, P., & Woerner, S. (2015). Thriving in an increasingly digital ecosystem. *MIT Sloan Management Review*, 56,(4), 27-34.

- [46] Wilding, R., & Wheatley, M. (2015). Technology Innovation Management Review. *Q&A How Can I Secure My Digital Supply Chain?*, Apr, 40-43.
- [47] Wilmott, P. (2013, 11). *The digital enterprise*. McKinsey: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-digital-enterprise>
- [48] World Economic Forum. (2016). *Digital Transformation of Industries: Digital Enterprise*. weforum.org: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>
- [49] World Economic Forum. (2016). *Digital Transformation of Industries: Logistics Industry*. <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-logisticswhitepaper-final-january-2016.pdf>
- [50] Xue, L., Zhang, C., & Ling, H. (2013). Risk Mitigation in Supply Chain Digitization: System Modularity and Information Technology Governance. *Journal Of Management Information Systems*, 30, (1), 325-352.

LOJİSTİK BİLGİ SİSTEMLERİNİN LOJİSTİK PERFORMANS YÖNETİMİNE ETKİSİ: BURSA İLİNDE FAALİYET GÖSTEREN LOJİSTİK İŞLETMELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

İlker Turan¹, Tansu Özbaysal¹

¹ Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Programı

ÖZET

Küreselleşme ve artan rekabet koşulları ülkeler arasındaki ticari duvarları kaldırmış ve uluslararası faaliyet gösteren işletmeleri yeni stratejiler geliştirmeye yöneltmiştir. Günümüzde ulusal ve uluslararası pazarlarda faaliyet gösteren işletmeler, genel maliyet kalemleri içerisinde büyük paya sahip olan lojistik operasyonlarda etkinlik sağlanması ile daha fazla rekabet gücü elde edebilmektedirler. Bu doğrultuda lojistik performans yönetimi son yıllarda büyük bir önem kazanarak tedarik zincirinin kritik başarı faktörü haline gelmiştir. Bu çalışma lojistik performans yönetimini etkileyen faktörler ışığında lojistik bilgi sistemlerinin etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında; Bursa ilinde faaliyet gösteren lojistik işletmeleri üzerinde derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırma deseninin kullanıldığı çalışmada "Kolayda Örneklem Yöntemi" seçilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular, betimsel analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Bu araştırmanın sonucunda; lojistik işletmelerinin kullandıkları lojistik bilgi sistemlerinin işletme performans göstergeleri üzerinde pozitif katkı sağladığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda araştırmanın seçilen örneklem arasında gözlemlenen uygulama farklılıkları ile lojistik bilgi sistemleri geliştiren işletmelerin ar-ge faaliyetlerine de katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Bilgi Sistemleri, Lojistik Performans Yönetimi, Uluslararası Lojistik

THE IMPACT OF LOGISTICS INFORMATION SYSTEMS ON LOGISTICS PERFORMANCE MANAGEMENT: A STUDY ON LOGISTICS OPERATIONS IN BURSA

ABSTRACT

Globalization and increasing competition have lifted the commercial walls between countries and led international businesses to develop new strategies. Today, businesses operating in national and international markets, they can gain more competitiveness by ensuring efficiency in logistics operations, which have a large share in general cost items. In this direction, logistics performance management has become a critical success factor of the supply chain by gaining importance in recent years. This study aims to analyze the effects of logistics information systems on the factors affecting logistics performance management. In the scope of the research; In-depth interviews were conducted with logistics companies operating in Bursa. In the research using the qualitative research design "Easy Sampling Method" was chosen. Findings obtained within the scope of the research were evaluated using descriptive analysis technique. As a result of this research; Logistics information systems used by logistics firms have been found to contribute positively to operational performance indicators. At the same time, it is expected that the application differences observed among the selected samples of the research will contribute to the research and development activities of enterprises developing logistic information systems.

Keywords: Logistics information systems, Logistics performance management, International Logistics

1. GİRİŞ

Günümüzde “lojistik” ve “lojistik yönetimi” olarak adlandırılan kavramlar, geçmişten bu güne çok farklı isimlerle ifade edilmiştir. “İşletme lojistiği, kanal yönetimi, dağıtım yönetimi, endüstriyel lojistik, lojistik yönetimi, malzeme yönetimi, fiziksel dağıtım, hızlı cevap sistemi, tedarik yönetimi, tedarik zinciri yönetimi” kavramları “lojistik” ve “lojistik yönetimi” terimleri yerine kullanılmıştır. Bu ifadelerin tamamı ürün ve malzemelerin çıkış noktasından tüketim merkezine doğru akışının yönetimi ile ilişkilidir (Stok ve Lambert, 1998). En genel anlamıyla lojistik, ürün akışının, çıkış noktasından varış noktasına kadar planlanması, uygulanması ve kontrolü olarak nitelendirilebilir. Kanalcı (2005)’ya göre lojistiği kısa bir tanımla açıklamak gerekirse; üreticinin üreticisinden, müşterinin müşterisine kadar bir zincirde, doğru malzemenin doğru zamanda, doğru yerde bulundurulmasını sağlayan faaliyetler bütünüdür.

Sürekli olarak gelişen bilgi teknolojileri, küreselleşme ve artan rekabet şartları işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için ürün ve hizmetlerini rakiplerinden çok daha hızlı bir şekilde hedef pazarlara ulaştırmaları ve bunu yaparken de maliyet kalemleri içinde önemli bir yere sahip olan lojistik maliyetlerini en aza indirmeleri gerekmektedir. Günümüzde iş hayatını şekillendiren gelişmeler ve yaşanan hızlı değişim işletmelerin dinamik olmalarını gerektirdiği için lojistik bilgi sistemlerinin etkin kullanımı, firmalara rekabet avantajı sağlarken, firma içindeki operasyonları da daha kolay yürütmelerine ve yönetmelerine yardımcı olmaktadır. Bunun sonucunda işletmeler, lojistik performanslarını artırarak lojistik süreçleri en etkin şekilde planlayabilmektedirler. İşletmelerin kar maksimizasyonu sağlayabilmeleri için etkin bir lojistik performans yönetimi son derece büyük önem arz etmektedir. Sağladığı avantajlar açısından değerlendirildiğinde; Parashkevova, (2007) işletmelerin, lojistik yönetimi sayesinde, düşük üretim maliyetlerini ve belirleyici bir rekabet avantajı olan teslimatlarda kaliteyi garanti altına aldığına değinmiştir. Benzer şekilde Kenyon ve Meixell, (2010) firmanın lojistik faaliyetlerindeki performansının, maliyet ve gelirlerini önemli ölçüde etkileyebildiğini belirtmiştir.

Bilgi teknolojilerini takip etmek ve uygulamak işletmeler açısından her zaman büyük önem taşıyan bir konu olmuştur. İşletmelerin hemen her faaliyetinde performans ölçümü yaptığı bilinmektedir. Performans ölçüm sistemleri işletmenin ölçüm yapmak istediği faaliyet alanına göre farklılık göstermektedir. Son yıllarda lojistik yönetimi faaliyetlerinin önemli bir rekabet aracı olması nedeniyle özellikle lojistik yönetiminde performans değerlendirmesi yapmak işletmeler açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Bu bağlamda Bursa ilinde faaliyet gösteren lojistik işletmelerinde kullanılmakta olan lojistik bilgi sistemleri incelenerek, lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkileri ortaya konmaya çalışılacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Lojistik Kavramı Tanımı ve Önemi

Lojistik kavramının ilk olarak 1905 yılında “ordulara ait malzeme ve personelin taşınma, tedarik, bakım ve yenilenmesi“ şeklinde askeri bir fonksiyonu tanımlamak amacı ile kullanıldığı bilinmektedir (Kobu, 2003). Yirminci yüzyılın başlarında ABD’de askeri yazında kavramsal olarak “personel ve malzemenin iyileştirilmesi, devamlılığının sağlanması, dağıtımı ve yeniden yerleştirilmesi faaliyetleri” olarak nitelendirilen lojistik, 1960’lı yıllardan bu yana iş dünyasında da kullanılmaya başlanmıştır.

Lojistiğin günümüzde kabul gören en geçerli tanımı The Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) kuruluşu tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre Lojistik; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır (URL1).

Lojistik, hammadde ve ürünün fiziki akışını ve bunlarla ilgili bilgi akışının bütününe içine alır. Malzeme taşıma, depolama, dağıtım, satın alma, satış, ithalat ihracat, envanter yönetimi, iş hazırlama, yer değiştirme ve düzenlenmesine ilişkin bütün faaliyetlerin işletme fonksiyonları lojistik yönetiminin faaliyet alanı içerisine girmektedir (Ratliff ve Nulty,1996).

Lojistik faaliyetler, işletme faaliyetlerine değer katmanın yanında işletme etkinliğinin artırılmasını da sağlayarak müşteri değeri yaratılması ve bütünsel olarak işletmenin başarısının tesis edilmesinde son derece büyük bir öneme sahiptir. Pazarda yaşanan değişimle beraber rekabet, tedarik zincirleri ve lojistik faaliyetleri arasında yaşanan rekabete dönüşmüştür. Bu nedenle işletme hedeflerinin yüksek bir performans düzeyinde gerçekleştirilmesi büyük oranda tedarik zinciri yönetimi ve lojistik yönetimi faaliyetlerine bağlıdır (Özdemir ve Kayabaşı, 2008).

Lojistik sürecin amacı lojistiğin 7 temel kuralı tarafından formüle edilmiştir; 7R prensibi: doğru miktardaki, doğru kalitedeki, doğru ürünü, doğru zamanda ve doğru maliyetle doğru müşteriye, doğru yerde teslim edilmesidir.

Yukarıdaki koşullardan herhangi birinin dikkate alınmaması müşteri kayıplarının yanında şirketin rekabet avantajı ve pazar payının azalmasına yol açabilir. (Parashkevova, 2007)

Lojistik yönetimi; satın alma, tedarik, talep tahmini, üretim planlama, sipariş işleme, müşteri hizmetleri, envanter yönetimi, depo yönetimi, paketleme ulaştırma, tesis yeri seçimi ve dağıtım faaliyetlerini kapsayan operasyonel bir süreç olarak nitelendirilebilir (Tilokavichai vd.,2012).

2.2. Lojistik Performans Yönetimi

Lojistik performans yönetimi, örgütün ve çalışanların hedeflerini gerçekleştirmelerini sağlayan ve yönetsel amaçları olan bir süreçtir. Lojistik performans yönetimi faaliyetlerinin temel amaçları, performans göstergelerini belirlemek, performans göstergelerini sürece ve çalışanlara zamanında ve eşit şekilde uygulamak, hedefleri gerçekleştirecek faaliyetlerden beklenen performans sonuçlarıyla gerçekleşen başarıyı karşılaştırmak ve değerlendirmek biçiminde sıralanmaktadır (Bilgin,2004).

Şirketlerde güncel lojistik yönetiminin uygulanması, üretim maliyetlerinin düşmesi, stokların azalması, siparişlerin teslimat sürelerinin düşmesi, sermayenin geri dönüşünün hızlanması, üretim esnekliği ve genişleme gibi avantajları beraberinde getirmektedir. Bir başka deyişle lojistik yönetimi sayesinde şirketler düşük üretim maliyetlerini ve belirleyici bir rekabet avantajı olan teslimatlarda kaliteyi garanti altına alır (Parashkevova, 2007).

Tedarikçilerden gelen hammadde ve malzeme akışının düzensiz olması halinde, güvenlik stoğunu yüksek tutmadan firmanın iç operasyonlarını ve üretim stratejilerini gerçekleştirmesi mümkün olmayacaktır. Benzer şekilde müşteriye ürün akışının düzensiz olması firmanın müşteri memnuniyeti sağlamasını mümkün kılmayacaktır. Bu doğrultuda işletmelerin lojistik faaliyetlerindeki performansının, maliyet ve gelirlerini önemli ölçüde etkileyebilir (Kenyon ve Meixell, 2010).

Birçok üretim işletmesi lojistik performanslarını ölçmek için farklı yöntemler kullanmaktadırlar. İşletmelerin kullandıkları performans ölçüm yöntemleri, üretim hattına, üretim tipine ve ürünün dağıtım şekline göre farklılık göstermektedir. Tüm firmalar için standartlaşmış ve genel kabul görmüş bir lojistik performans ölçüm yöntemi olmadığı söylenebilir (Özdemir ve Kayabaşı, 2008).

2.3. Lojistik Bilgi Sistemleri

Bilgi teknolojileri işletmelerin bilgi ihtiyaçlarının karşılayabilmek amacıyla mevcut faaliyetler sonucu elde edilen bilgilerin yönetilmesinde yararlanılan bilgisayar tabanlı araçları faydalı hale getirir. Bilgi teknolojilerinin herhangi bir yatırıma uygulaması üç farklı şekilde kullanılabilir. İlk tür bilgi, bilgisayar teknolojisinin bilginin otomasyonu için kullanılması üzerinde yoğunlaşmıştır. İkinci tür bilgi, teknolojilerinden üretken ve yönetici süreçlerde faydalanılması ile ortaya çıkar. Üçüncü ve en karmaşık bilgi ise insanların bilgiyi ortak bir görev, fikir ve istek ağı kurarak bilgi ve deneyim oluşturmak için kullanması ile ortaya çıkar (Başaran ve Karadeniz, 2014).

Bu bağlamda bilginin tanımının da ayrıntılı bir şekilde yapılması önemlidir. Bir bilginin entelektüel bir etkisi olması için; korunmuş, aktarılmış ve içerik açısından anlamsız olmayan ifadelerden oluşması gereklidir (Long, 2003). Lojistik bilgi sistemi adaptasyon, depolama, transfer bilgilerinin etkili bir şekilde toplanması ve kullanıcılara bu bilgilerin sunulması için oluşturulan bir sistemdir (Lambert, 2004). Lojistik bilgi teknolojisine sahip olmak isteyen işletmeler, kuşkusuz faydalarını maksimize etmek isteyeceklerdir. Fakat elde ettiği faydayı da katlandığı maliyeti en aza indirgeyerek elde etmeye çalışacaktır (Adewoye ve Somuyiwa, 2010). Bu nedenle şirketler, genellikle bu yazılım sistemlerini ayrı ayrı satın alıp kullanmak yerine hepsini ya da çoğunu modüller olarak içeren entegre Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) / Enterprise Resource Planning (ERP), yazılımları kullanmaktadırlar (Ertek ve Aba, 2012).

Karmaşılaşan lojistik faaliyetlerin yönetiminde bilgi sistemleri vazgeçilemez unsurlar haline gelmiştir. İlk olarak B2B (İşletmeler Arası) ticarette ve daha sonraları son müşteriler tarafından bilgi sistemlerinin yoğun olarak kullanılmasıyla B2C (İşletmeden Tüketiciye) ticarette lojistik bilgi sistemleri artan şekilde kullanılmaktadır. Lojistik bilgi sistemleri içinde işletmelerin tüm faaliyetlerini müşterek bir sistem üzerinde yönettiği Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) yazılımları ile işletmeler arasında veri paylaşımını sağlayan Elektronik Veri Paylaşımı (EDI) yazılımları sayılabileceği gibi son müşteriler tarafından kullanılan SMS bilgilendirmeleri, akıllı telefon uygulamaları da bulunmaktadır (Başaran ve Karadeniz, 2014).

3. METODOLOJİ

3.1. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Bu araştırma kapsamında nitel araştırma deseni kullanılmıştır. Nitel araştırma deseni; sosyal olguları bağlı oldukları ve içinde yer aldıkları ortamda doğal görünüşleriyle gözlem, görüşme ya da belgeleri değerlendirmek yoluyla bilgi edinme ve bu bilgileri analiz etme sürecinin izlendiği araştırma biçimi olarak tanımlanmaktadır (İslamoğlu ve Alnaçık, 2016). Araştırma verileri, yüz yüze görüşme tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkisi Bursa ilinde faaliyet gösteren lojistik işletmeleri üzerinde araştırılmıştır. Görüşme yöntemi; ankete göre daha derin veriye ulaşılması, görüşülen kişinin görüş ve açıklamaları doğrultusunda yeni fikir ve izahların gelişmesi, cevapların daha güvenilir ve doğru olması, yanlış anlaşılmalara ve verilerin geçerliliğine olumsuz yönde etki edecek hataların azalması ve ilave sorular sorma imkânı ile konuların daha iyi açıklanabilmesi gibi faydaları sunmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006) .

Araştırmanın amacı, Lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda görüşmede kullanılan soru formunun oluşturulmasında öncelikli olarak yapılan literatür incelemesi sonucunda ulaşılan Tilokavichai vd. (2012) tarafından yapılan çalışma etkili olmuştur. Ayrıca sektör temsilcileri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda soru formu son halini almıştır. Bu kapsamda görüşme soruları aşağıdaki şekilde dizayn edilmiştir:

1. Şirketinizde bilgi toplayıp analiz etmek için kullanılan lojistik bilgi sistemlerini tanımlar mısınız?
2. Mevcut bilgi paylaşımı uygulamaları şirketinizde nasıl geliştirilmelidir? Bu alandaki ar-ge faaliyetleriniz hakkında bilgi verir misiniz?
3. Şirketiniz, en önemli müşterileri ve / veya tedarikçileriyle karşılıklı mutabık kalınmış ve tutarlı bilgi paylaşımı uygulamalarına sahip mi? Önemli tedarikçileriniz ve / veya müşterilerinizle bilgi paylaşımını artırmaya ihtiyaç duyuyor musunuz? Hangi alanlar için bu artışa ihtiyaç duyulmaktadır?
4. Şirketinizde kullanılan lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkileri nelerdir? Şirketinizin mevcut bilgi sistemleri, en önemli müşterileri ve / veya tedarikçileriyle bilgi paylaşımına ilişkin ne gibi avantajlar sağlamaktadır?
5. Şirketinizin mevcut bilgi sistemlerinin size gerçek zamanlı ve karar vermede yeterli bilgi sağladığını söyleyebilir misiniz? Lojistik Bilgi Sistemi kullanımının lojistik faaliyetlerinizdeki belirsizlik yönetimi üzerindeki etkileri nelerdir?
6. Şirketinizde kullanılan bilgi sistemlerinin etkinliğini ölçmede kullanılan yöntemler nelerdir?

Çalışma konusunun benzerine ulaşamaması nedeniyle araştırmanın literatüre önemli katkılar sağlayacağı tahmin edilmektedir. Görüşülen işletmelerin uluslararası hizmet sağladıkları göz önünde bulundurulduğunda lojistik performans yönetimi ve lojistik bilgi sistemlerini enternasyonel boyutta incelenmesi imkânı sağlamaktadır.

3.2. Araştırmanın Örneklemi

Nitel araştırma deseninin kullanıldığı araştırmada “Kolayda Örneklem Yöntemi” seçilmiştir. Bu yöntemin temel özelliği, ana kütlede seçilecek örneğe ait birimlerin her birine eşit seçilme şansı veren ve seçimin etki altında kalmadan farklı seçim şekilleri ile yapılabilmesidir. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular, betimsel analiz tekniği kullanılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Betimsel analiz, çeşitli veri toplama teknikleri ile elde edilmiş verilerin daha önceden belirlenmiş temalara göre özetlenmesi ve yorumlanmasını içeren bir nitel veri analiz türüdür. Bu analiz türünde gözlemlenen bireylerin görüşlerini açık bir şekilde sunabilmek amacıyla doğrudan alıntılara sık sık yer verilebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2003). Araştırma Bursa ilinde faaliyet gösteren lojistik işletmelerini kapsamaktadır. Bu doğrultuda aşağıda araştırma kapsamına dâhil edilen işletmeler ve görüşülen yöneticilere ilişkin genel bilgiler yer almaktadır.

Tablo1: Görüşülen Yöneticilere İlişkin Bilgiler

İşletme Adı	Yönetici Adı-Soyadı	Unvanı
Ekol Lojistik	Can Kervancı	Planlama Sorumlusu
Omsan Lojistik	Gökşin Göktürk	Müşteri İlişkileri Uzmanı
Arkas Denizcilik ve Nakliyat A.Ş.	Murat Şahin	Genel Müdür Yardımcısı
Tarros Denizcilik ve Nakliyat A.Ş.	Kağan Aközec	Pazarlama Müdürü

3.3. Omsan Lojistik

1978 yılında bir OYAK şirketi olarak kurulan OMSAN Lojistik; uluslararası teknik standartlara sahip, farklı özelliklerde 841 öz mal ve 600'e yakın tedarikçi aracından oluşan karayolu nakliye filosu, 82 adet öz mal vagon, 430 adet kiralık vagon, 15 adet lokomotif, 170 adet öz mal trampa gövdesi, 180 adet konteynerden oluşan demiryolu filosu, 30.000 DWT (Dead Weight Tonnage) büyüklüğünde kuru yük gemisi, 4.500 DWT büyüklüğünde pnömomatik tahliye sistemine haiz çimento gemisi, hava taksi hizmetleri için bir adet yolcu tipi helikopteri, depolama hizmetleri kapsamında yurtiçinde (İstanbul, Kocaeli, İzmir, Bursa, Ankara) ve yurtdışında (Fransa, Romanya, Fas) 250 bin metrekareye yakın depolama alanı ve 3.000 çalışanı ile müşterilerine entegre lojistik hizmetler sunmaktadır.

OMSAN, otomotiv, demir çelik, çimento-inşaat, akaryakıt, tekstil, perakende, gıda ve iletişim sektörleri başta olmak üzere, birçok sektörün öncü firmalarına yurtiçi ve yurtdışı karayolu, denizyolu, havayolu, demiryolu taşımacılığı, depolama, dağıtım, antrepo yönetimi, ev ve ofis lojistiği, gümrükleme ve sigorta hizmetleri kapsamında lojistik hizmetler sunmaktadır (URL2).

3.4. Arkas Denizcilik ve Nakliyat A.Ş.

Türkiye'nin öncü holdinglerinden Arkas Holding çatısı altında faaliyet gösteren Arkas Lojistik, 1989 yılında kurulmuştur. Çeyrek asırdan fazladır lojistik sektöründe var olan Arkas Lojistik bugün deniz, hava, kara, demiryolu kombine taşımaları yapan, açık yük ve proje taşımaları, sevkiyat ve depo hizmetleri sunmaktadır. Türkiye'de İzmir, İstanbul, Bursa, Mersin, Ankara, Eskişehir, Gaziantep, Kayseri, Konya, Samsun, Trabzon, Denizli, İskenderun ve Antalya'daki ofislerinde 850 çalışanı ile hizmet üretmektedir. Arkas'ın lojistik altyapısında yer alan İstanbul, İzmir, Bursa, Mersin, Konya, Kayseri, Gaziantep, İzmit, Denizli, Van ve İskenderun'da 395 bin metrekarenin üzerinde açık konteyner sahası ve 12 bin metrekare kapalı depo tesisleri bulunmaktadır. Ayrıca 706 vagon, demiryolu ile taşımaya uygun 1250 konteyner, 500 çekici, çok sayıda yükleme boşaltma araç ve ekipmanı ayrıca geniş konteyner depolama sahaları ile müşterilerine özel taşıma çözümleri geliştirmektedir. Hızlı, güvenilir ve kaliteli lojistik hizmeti sağlayan küresel bir lojistik şirketi olma vizyonuyla yatırım yapan Arkas Lojistik yurtdışında Arlogic markası adı altında yapılanmaktadır. Bu doğrultuda Rusya, Ukrayna, Gürcistan, Kazakistan, Azerbaycan, Çin ve Yunanistan'da faaliyet gösteren ofislerinde 93 kişiye istihdam sağlamaktadır. Ofislerinin olmadığı dünyanın diğer önemli ticaret merkezlerinde de partnerleri bulunmaktadır (URL3)

3.5. Tarros Denizcilik ve Nakliyat A.Ş.

Dünyanın önde gelen armatörlerinden Tarros SPA'nın Türkiye acenteliği 1985 yılından bu yana Arkas tarafından yürütülmekte iken, Türkiye'nin artan dış ticaret hacmi doğrultusunda Tarros SPA ve Arkas yeni bir ortaklığa girerek Ocak 2011'de Tarros Denizcilik ve Nakliyat'ı kurmuştur. Tarros Denizcilik ve Nakliyat, Akdeniz ve Kuzey Afrika'ya konteyner taşımacılığı yapmaktadır. Şirket, iki modern konteyner gemisi ile İtalya'nın Salerno, Cenova ve La Spezia limanlarından İstanbul, Gemlik, Gebze ve İzmir'e haftalık düzenli servis vermektedir. Ayrıca İstanbul ve Mersin limanları ile Mısır,İtalya,Fas ve Portekiz limanları arasında ayda 4 gemi ile direkt servis sağlamaktadır. Tarros Denizcilik İzmir merkez olmak üzere İstanbul, Bursa ve Mersin'deki üç şubesiyle faaliyet göstermektedir (URL4).

3.6. Ekol Lojistik

Ekol, 1990 yılında kurulan; taşımacılık, kontrat lojistiği, dış ticaret, gümrük ve tedarik zinciri yönetimi alanında 15 ülkede kusursuz hizmet anlayışıyla faaliyet gösteren entegre bir lojistik şirkettir. Türkiye, Almanya, İtalya, Yunanistan, Fransa, Ukrayna, Bosna Hersek, Romanya, Macaristan, İspanya, Polonya, Çekya, Bulgaristan ve Slovenya'da olmak üzere, kapalı alanı 1.000.000 m²'ye yaklaşan dağıtım merkezinin yanı sıra Intermodal taşımacılığa fırsat veren 6 Ro-Ro gemisi, haftalık 48 sefer yapan blok trenleri ve 5.500 aracıyla da Ekol, Avrupa'nın önde gelen lojistik sağlayıcıları arasındadır. (URL5)

4. BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde Bursa ilinde faaliyet gösteren lojistik işletmelerinde lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkisinin incelenmesine ilişkin bu çalışmaya ait bulgular sunulacaktır. Araştırma kapsamında görüşülen yöneticilerden bazıları görüşlerinin gizli tutulmasını istediklerinden işletme isimleri ve görüşülen yöneticilerin isimleri kodlanmıştır.

Tablo 2: Araştırmaya Dâhil Edilen İşletmeler ve Görüşülen Yöneticilere İlişkin Yapılan Kodlama

İşletmeler	Yöneticiler
A İşletmesi	Katılımcı 1
B İşletmesi	Katılımcı 2
C İşletmesi	Katılımcı 3
D İşletmesi	Katılımcı 4

4.1. İşletmelerde Kullanılan Lojistik Bilgi Sistemlerine İlişkin Bulgular

Katılımcıların tamamı kara ve deniz nakliyesinde GPS (Global Positioning System) sistemlerinden faydalanmakta olduğu tespit edilmiştir. A ve C işletmelerinin GPS sistemi olarak ARVENTO araç takip sistemlerinden faydalandıklarını belirtmişlerdir. Katılımcıların tamamı kullandıkları B2B lojistik bilgi sistemlerinin kendi bünyelerindeki IT (Information Technology) departmanları aracılığı ile geliştirildiğini belirtmiş, katılımcı 2 ve katılımcı 4, bu sistemlerin SAP (Systems Analysis and Program Development) ile entegre olarak çalıştığını ifade etmişlerdir. Katılımcı 4 ayrıca ERP (Enterprise Resource Planning) ve CRM (Customer Relations Management) sistemlerinin de tüm bilgi sistemleri ile entegre olarak çalıştığına değinmiştir. Aynı zamanda işletmelerin tamamında Android ve IOS tabanlı uygulamaların kullanıldığı bilgisi paylaşılmıştır.

4.2. Bilgi Sistemlerinin Geliştirilmesi ve Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Bulgular

Araştırma kapsamında ziyaret edilen B işletmesi 130 üzerindeki IT personeli tarafından yazılım ve Ar-Ge faaliyetlerinin yürütüldüğünü, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının onayı ile şirket bünyesinde kurulan Ar-Ge merkezinin sektöründe ilk olduğunu vurgulamıştır. Katılımcı 4, D işletmesinin benzer şekilde şirket bünyesinde kurulan Lojistik Laboratuvarı ile bu alana yönelik Ar-Ge faaliyetlerini çeşitli operasyonel süreçlere göre geliştirdiğini belirtmiştir. C şirketi Ar-Ge faaliyetlerinin şirket bünyesindeki IT departmanı tarafından yönetildiğini belirterek geliştirilen uygulamaların şirket çalışanları ve müşteriler ile yapılan toplantılar aracılığıyla sistemin geliştirilmesinde katkı sağlamaları amaçlandığı gözlemlenmiştir. Araştırma kapsamında işletmelerin tamamının yeni bilgi sistemlerinin geliştirilmesinde müşteri geri dönüşleri ve şirket çalışanlarının kullanımlarına ilişkin raporlamaları göz önünde bulundurdıkları bilgisine ulaşılmıştır.

4.3. Müşteri ve Tedarikçiler ile Mutabık Kılınmış Bilgi Sistemlerine İlişkin Bulgular

Müşteri ve tedarikçiler ile mutabık kılınmış bilgi sistemlerinin belirlenmesi amacı ile görüşülen yöneticilerin bilgilerine başvurulmuştur. Konu ile ilgili olarak Katılımcı 3, C işletmesinin tarafından geliştirilen esnek bilgi sistemleri sayesinde hizmet verilen firmalar ile en hızlı şekilde bilgi aktarımı sağlayarak süreci etkin olarak yönetebilmekte olduklarını, sistemlerinin müşteri ve tedarikçileri tarafından kullanılan sistemler ile entegrasyonu sayesinde tek bir sistem üzerinden tüm sistemlere gerekli bilgilerin iletilebilmekte olduğunu, teslimat saati gibi müşterilerine ulaştırılması gereken bilgilerin de otomatik olarak birçok iletişim kanalından müşterilerine iletildiğini belirtmiştir. Aynı zamanda müşterilerinin kullandığı sistemler ile entegrasyonun sağlanamaması durumunda da başka yardımcı yazılımlar sayesinde aradaki bağlantıyı dönüştürerek iki sistemin de gerekli bilgilere ulaşabilmesini sağladıkları bilgisini paylaşmıştır. İşletme, JIT (Just in Time) stratejisi ile çalışan müşterilerinin teslimat saatini net olarak öğrenmek istediklerine ancak uluslararası lojistikte özellikle de denizyolu taşımacılığı koşulları nedeni ile bu durumun çok mümkün olmadığına değinen katılımcı 3 gümrük süreçlerine hakim olamamaları nedeni ile teslimat zamanı açısından bazı aksaklıklar yaşanmakta olduklarını ve gümrük süreçlerinde işletmeden bağımsız olarak yaşanan problemler nedeni ile ürünün teslimat süresinde kısa süreli de olsa gecikmeler yaşanabildiğini belirtmiştir.

Görüşülen yöneticilerden Katılımcı 4, D işletmesinin tedarikçiler ile gerçekleşen bilgi akışının genellikle taşımaların nitelik ve zaman ile ilgili kısımlarından oluşmakta olduğunu belirtmiştir. Bu konular dışındaki bilgi talepleri müşterinin talep etmesi halinde iletılmekte olduğu aktarılmıştır. Katılımcı 4 müşteri veya tedarikçiler ile birlikte veri transferlerinin gerçekleştirilebilmesi için her müşteri ile müşterinin istediği bilgiler ışığında bilgi paylaşımının yapıldığını, müşterinin istediği ve ihtiyaç duyduğu yazılımların D işletmesinin mevcut bilgi sistemlerine ara yazılımlar ile entegre edildiği

bilgisini paylaşmıştır. Ayrıca işletmenin bazı müşterileri ile kendi aralarında özel data hattına sahip olduğu ve çift taraflı olarak korunan web tabanlı servislerin kullanıldığı bilgisi aktarılmıştır. Katılımcı 2, B işletmesi tarafından oluşturulan web tabanlı bilgi sisteminin müşteri odaklı çalışarak, müşterinin talepleri doğrultusunda ulaşmak istedikleri bilgileri sunabilen esnek bir altyapıya sahip olduğunu aktarmıştır. A işletmesi, işletme kullanılan ve müşteriler ile entegrasyonu sağlanabilen bir sisteme sahip olmalarının yanında genellikle müşteriler tarafından e-mail yolu ile bilgi paylaşıldığına değinerek kendileri tarafından iletilen bilginin sistemlerine işlenmesi sonucunda sistem tarafından geri dönüşün otomatik olarak yapıldığını belirtmiştir. Bu kapsamda müşterilerin direkt olarak internet sitesi üzerinden bilgi girişi yapabildikleri bir sistem oluşturma konusunda çalışmalarının devam ettiğini söylemiştir.

4.4. Kullanılan Lojistik Bilgi Sistemlerinin Lojistik Performans Yönetimi Üzerindeki Etkilerine İlişkin Bulgular

Araştırma sürecinde lojistik bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkilerine ilişkin görüşlerine danışılan Katılımcı 3, C işletmesinin sahip oldukları bilgi sisteminin müşteri ve tedarikçileri tarafından kullanılan sistemler ile entegrasyonu sayesinde gerekli bilgilerin hızlı ve etkin bir şekilde iletilmesini, teslimat saati gibi müşterilere ulaştırılması gereken bilgilerin de sistem tarafından birçok iletişim kanalından ulaştırılması ile yönetilen süreçlere ilişkin zaman ve maliyet avantajı elde ettiklerini belirtmiştir. Öte yandan müşterilere otomatik olarak yapılan SMS, mesajlaşma servisleri (WhatsApp) ve e-mail bilgilendirmeleri sayesinde bu amaç için harcanacak işgücünden tasarruf ederek, zamanı daha verimli kullanabildiklerini, müşteri memnuniyetinin yanında işletme açısından farklılık ve prestij gibi avantajlar sağladıklarını belirtmiştir. Katılımcı 1, A işletmesinin kullandıkları bilgi sistemleri sayesinde hız zaman ve işgücü avantajı sağlamalarının yanında sistem ara yüzü sayesinde operasyonel hatalarını minimum seviyelere indirdiklerini belirtmiştir. Konu ile ilgili olarak Katılımcı 4, D işletmesi bünyesindeki tüm süreçlerin takibi açısından bilgi sistemlerinin kullanılmasının zaman ve maliyet açısından işletmeye önemli avantajlar sağladığını, işletmenin faaliyet gösterdiği tüm alanlara uygulanabilirliği sayesinde işletme olası tüm ihtiyaçlarına uyumlu hale getirilerek rekabet avantajı oluşturduğunu belirtmiştir. Ortak olarak kullanılan mevcut bilgi sistemleri aracılığı ile müşterilerin KPI (Anahtar Performans Göstergesi) verilerine istedikleri anda ulaşabilmeleri, müşteri tatmini sağlamanın yanında müşteriler açısından işgücü ve maliyet avantajı oluşturduğu bilgisine ulaşılmıştır. Katılımcı 2 kullandıkları web tabanlı sistem sayesinde örneğin depolama hizmeti alan müşterilerinin stoklarını sistem üzerinde takip edebildiklerini belirterek hizmet verdikleri işletmelerin verilen hizmet doğrultusunda birçok avantaja sahip olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda müşterilerin istekleri doğrultusunda uyarlanabilen bilgi sistemlerinin müşteri memnuniyetinin yanında rakiplerine göre avantaj sağladığından söz etmiştir.

4.5. Bilgi Sistemlerinin Gerçek Zamanlı Karar Alma Üzerindeki Etkilerine Yönelik Bulgular

Bilgi sistemlerinin gerçek zamanlı karar alma süreci üzerindeki etkilerine yönelik olarak Katılımcı 2, kullandıkları bilgi sistemlerinin senkronize bir çalışma alanı oluşturduğu için kriz dönemlerini yönetmenin daha kolay ve basit bir hale geldiğini aktarmıştır. Aynı zamanda sistem tarafından yapılan tüm faaliyet ve işlemlerin her adımının kaydedilmesi hata oranlarını azaltarak, olası problemlerin kaynaklarının belirlenmesinde işletmeye kolaylık sağladığını belirtmiştir. Katılımcı 1, Katılımcı 3 ve Katılımcı 4, ilgili işletmelerin karar alma süreçlerinde hız ve verimlilik sağlamanın nedeni ile olumlu etkilerini gözlemlediklerini fakat bu sistemlerin günümüzün hızlı değişen ihtiyaçlarına uyarlanması gerektiğini, bu anlamda müşterilerden alınan geri dönüşlerin IT departmanlarına iletilerek sürekli olarak güncellenmesinin ve yenilenmesinin sağlanmasının önemine değinmişlerdir. Diğer taraftan bilgi sistemlerinin işletme faaliyetlerindeki önemine değinerek yaşanabilecek aksaklık veya siber saldırılar karşısında kullanılabilecek yedek sistem uygulamaları ve alternatif yol haritaları konularında gereken çalışmaların yürütüldüğünü belirtmişlerdir.

4.6. Bilgi Sistemlerinin Etkinliğini Ölçmede Kullanılan Yöntemlere İlişkin Bulgular

Katılımcıların tamamından alınan bilgiler doğrultusunda müşterilerden alınan geribildirimlerin bu anlamda en yaygın olarak kullanılan yöntem olduğu belirlenmiştir. Katılımcı 2 ve Katılımcı 4, ilgili işletmeler tarafından uygulanan müşteri memnuniyeti anketlerine ilişkin yapılan değerlendirmeleri ilgili birimler ve müşterileri ile paylaşarak bu doğrultuda görülen eksikliklere ilişkin düzenlemeler yaptıklarını belirtmişlerdir. C işletmesinin dış müşteriler olarak tanımladığı yüklerini taşıdıkları ve nakliyelerini gerçekleştirdikleri firmalar ile iç müşteriler olarak nitelendirdikleri şirket bünyesinde bulunan departmanlar arasından oluşturulan örneklemeler ile yaptıkları görüşmeler doğrultusunda geliştirilmesi gereken noktalar üzerindeki tavsiyelerinden ve görüşlerinden faydalandığı aktarılmıştır. A ve C işletmelerinin müşteri ziyaretleri sonrasında oluşturulan görüşme raporlarında da bilgi sistemlerine ilişkin geri dönüşlerin kaydedilerek etkinliği ölçmede dikkate alındığını, müşteri ilişkileri yönetimi departmanınca müşteri memnuniyetinin değerlendirilerek gerekli birimlere konu ile ilgili bilgilendirmelerin yapıldığından söz edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilgi teknolojilerindeki değişim, küreselleşen ekonomi ve artan rekabet koşulları ışığında şekillenen ticari faaliyetler işletmelerin ayakta kalabilmeleri için ürün ve hizmetlerini rakiplerinden çok daha hızlı ve farklılaştırılmış bir şekilde müşterilerine ulaşturmalarını ve bunu yaparken de maliyet kalemleri içinde giderek önem kazanan lojistik maliyetlerini en aza indirmelerini gerektirmektedir.

Bu durum lojistik hizmet sağlayıcılarının, enformasyona ve bilgi sistemlerine olan ihtiyacını arttırarak, uzmanlaşmaya ve yeni stratejiler geliştirmeye yöneltmiştir. Bu doğrultuda lojistik performans yönetimi son yıllarda büyük bir önem kazanarak tedarik zincirinin kritik başarı faktörü haline gelmiştir.

Araştırma sürecinde elde edilen sonuç ve önerilere aşağıda yer verilmiştir,

- Araştırma kapsamında görüşülen işletmelerin tamamının lojistik süreçlere ilişkin kendilerine ait özgün bilgi sistemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bunun yanında SAP, ERP, CRM gibi uygulamalar ile uyumlu hale getirildiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda kullanılan birden fazla bilgi sisteminin bulunması, daha kapsamlı ve sistematik bir altyapının gerekli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.
- İşletmelerin bilgi sistemlerini geliştirme ve Ar-Ge faaliyetlerini yönetme konusunda çeşitli stratejiler geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Tüm işletmelerin kendilerine ait Ar-Ge departmanlarının bulunmasının yanında genellikle sürecin IT departmanlarınca yönetildiği ve bu faaliyetlerin şekillenmesinde en önemli kriterlerin işletme çalışanları ve müşterilerinin geri dönüşleri olduğu tespit edilmiştir.
- İşletmelerin genellikle kendi geliştirdikleri yazılımlar ile müşterileri tarafından kullanılan uygulamaların entegrasyonunu sağlayarak verilerin sistemler arasında iletilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca bazı işletmeler tarafından web tabanlı sistemlerin geliştirilmesi tüm kullanıcılara erişim imkanı sağlayarak sürecin müşterilere kolaylık sağlayacak şekilde daha esnek kullanılmasına olanak tanımaktadır. Öte yandan işletmelerin tamamının mevcut bilgi sistemleri dışında müşterileri ve tedarikçileri ile e-mail, telefon, vb. iletişim araçlarını kullanmaya devam ettikleri gözlemlenmiştir.
- Bilgi kirliliği yaratmamak adına işletmeler yalnızca müşterilerin ihtiyaç duydukları ve istedikleri bilgileri sistemleri üzerinden müşteri ile paylaşmaya özen göstermektedirler. Bu durum müşterilere operasyonel süreçlerde fayda yaratarak zaman tasarrufu sağlamaktadır.
- Bilgi sistemlerinin lojistik performans yönetimi üzerindeki etkilerinin hız, maliyet, zaman ve hata minimizasyonu çevresinde şekillendiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda işletme bünyesinde kullanılan sistemlerin birbiri ile uyumlu hale getirilmesi, kaynak ve zaman israfını önlemektedir.
- Kullanılan bilgi sistemleri işletmelerin karar alma süreçlerinde hız ve verimlilik sağlayarak olumlu sonuçlar doğurduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda bilgiye kolay erişebilme avantajı da karar alma süreçlerine pozitif yönde katkı sağlamaktadır.
- Sürekli olarak değişen teknolojik gelişmeler ışığında şirketlerin kullandıkları bilgi sistemleri ve enformasyon teknolojilerini güncel tutmaların işletmelere değer katarak rekabet avantajı sağladığı anlaşılmıştır.
- Bilgi sistemleri şirketleri kullanılan uygulamalara bağımlı hale getirerek olası bir olumsuzluk durumunda tüm süreçlerin durması sonucunu doğurmaktadır. Dünya çapında önde gelen lojistik işletmelerinin bilgi güvenliği konusunda karşılaştıkları sorunlar lojistik süreçlerin tamamen durmasına sebep olarak dünya ticaretini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durum lojistik işletmelerine bilgi güvenliğinin önemini ve ciddiyetini hatırlatarak tüm işletmelerin bilgi sistemlerinin ve şirket gizliliğinin korunması amacı ile ilgili güvenlik uygulamalarını arttırmalarını ve olası sorunlar karşısında alternatif stratejik planlar oluşturmalarını sağlamıştır.
- İşletmeler tarafından kullanılan bilgi sistemlerinin etkinliğini ölçmede yaygın olarak müşteri geri dönüşleri, müşteri memnuniyet anketleri ve müşteri ziyaretlerinden faydalandığı belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında; lojistik işletmelerinin kullandıkları lojistik bilgi sistemlerinin işletme performans göstergeleri üzerinde pozitif katkı sağladığı ve müşteri memnuniyetini arttırarak lojistik süreçlerde etkinlik sağladığı tespit edilmiştir. Bu avantajların yanında bazı müşterilerin karşılarında etkileşimde bulunabilecekleri bir muhatap bulmak istedikleri ve bilgi sahibi olmalarına rağmen teyit amaçlı olarak görüşme isteğinde buldukları da gözlemlenmiştir. Aynı zamanda araştırmanın seçilen örneklemeler arasında gözlemlenen uygulama farklılıkları ile lojistik bilgi sistemleri geliştiren işletmelerin ar-ge faaliyetlerine de katkı sağlaması beklenmektedir. Zaman kısıtı altında araştırma dâhilinde az sayıda işletmeye ulaşılabilmektedir. Daha fazla işletme üzerinde ilgili çalışma tekrar test edilebilir. Aynı zamanda bu çalışmanın yazılım mühendisliği boyutunda da değerlendirilebileceği gözlemlenmiştir. Yapılacak olan gelecek çalışmalarda lojistik sektöründe yeni uygulanmaya başlayan endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörü üzerindeki etkilerinin incelenmesi faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Adewoye J.O., Somuyiwa A.O., (2010), Managing Logistics Information System: Theoretical Underpinning, Asian Journal of Business Management 2(2): 41-47.
- [2] Başaran H., Karadeniz M., (2014), Lojistik İşletmelerde Kullanılan Bilgi Sistemlerinin Müşterilerin Hizmet Algısı Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yönetim Bilimleri Dergisi Cilt: 12, Sayı: 24, ss. 239-273.
- [3] Ertek, G., Aba, B. (2012), Lojistik Bilişim Sistemleri İçin Bir Sınıflandırma (Taksonomi) Loder, Sayı: 25.

- [4] İGEME (İhracatı Geliştirme Merkezi), 2006, KOBİ'lerin Uluslararası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi, İhracatı Geliştirme Merkezi, İhracatta Pratik Bilgiler Serisi, Ankara.
- [5] İslamoğlu, A.H., Alnaçık, Ü. (2016), Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri, 5.Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- [6] Kayabaşı, A. ve Özdemir, A., (2008), Üretim İşletmelerinde Lojistik Yönetimi Faaliyetlerinde Performans Yönetimine Bakış: Beklenti-Fayda Farkı Analizi Uygulaması”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22 (1),195-209.
- [7] Kobu, B. (2003), Üretim Yönetimi, Avcıol Yayınları, İstanbul.
- [8] Lambert D.M., (2004), Supply Chain Management: Processes, Partnership, Performance. Supply Chain Institute, Sarasota Florida
- [9] Lambert, D. M., J. R. Stock (1998), Fundamentals of Logistics Management, Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- [10] Long, D., (2003), International Logistics: Global Supply Chain Management, Massachusetts: Kluwer Academic Publisher, Norwell.
- [11] Parashkevova, L. (2007), Logistics Outsourcing – A Means of Assuring The Competitive Advantage for An Organization, Vadyba / Management. Vol.15, (2): 29-38.
- [12] Ratliff, H. D., Nulty, W. G. (1996), Logistics Composite Modeling, The Logistics Institute at Georgia Tech, USA.
- [13] Tilokavichai V., Sophatsathit P. and Chandrachai A., (2012), Analysis of Linkages between Logistics Information Systems and Logistics Performance Management under Uncertainty, European Journal of Business and Management (Online) Vol 4, No.9,:55-65.
- [14] URL1, <http://cscmp.org>, 01.02.2018.
- [15] URL2, Omsan Lojistik Resmi İnternet Sitesi (2018), <http://www.omsan.com/lojistik/hakkimizda/sirket-profil>, 27.01.2018.
- [16] URL3, Arkas Denizcilik ve Nakliyat A.Ş. Resmi İnternet Sitesi (2018), <http://www.arkaslojistik.com.tr/tr-TR/hakkimizda>, 28.01.2018.
- [17] URL4, Tarros Denizcilik ve Nakliyat A.Ş. Resmi İnternet Sitesi (2018), http://www.tarros.com.tr/firma_hakkinda.html, 30.01.2018.
- [18] URL5, Ekol Lojistik Resmi İnternet Sitesi (2018), (<http://www.ekol.com/tr/kurumsal/> (E.T.: 01.02.2018).
- [19] URL6, Kanalıcı, Ö. (2005), Türkiye ve Lojistik”, Araştırma ve Meslekler Geliştirme Müdürlüğü, Ar-Ge Bülteni, Kasım, 28-33, <http://www.izto.org.tr/portals/0/iztogenel/dokumanlar>, 20.12.2017.
- [20] Yıldırım, A., Şimşek, H. (2003), Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [21] Yıldırım, A., Şimşek, H. (2006), Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

DENİZ-DEMİR YOLU ULUSLARARASI KOMBİNE YÜK TAŞIMACILIĞI OPERASYONLARI İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ

Aysun Mutlu¹, Yaşanur Kayıkcı², Bülent Çatay³

¹Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, aysunmutlu@sabanciuniv.edu

²Türk-Alman Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, yasanur@tau.edu.tr

³Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, catay@sabanciuniv.edu

ÖZET

Kombine taşımacılık, diğer bir isimle çok türlü taşımacılık, uluslararası yük taşıma zincirinde genellikle tek tip taşıma türü olan kara yolu yerine, en az iki farklı taşıma türünün birleştirilmesi ile yapılan taşımacılığı ifade etmektedir. Literatürde kombine taşımacılık ile yüklerin nasıl daha etkili ve verimli taşınacağı araştırılmış, avantajları ile dezavantajları irdelenmiş olmakla beraber fiyatlandırma politikası ayrıntılı incelenmemiştir. Günümüzde uygulanan kombine taşımacılıkta esasen sabit fiyat politikası güdülmektedir. Ancak, hava yolu taşımacılığı ve otel yönetimi gibi sektörlerde görülen dinamik fiyatlandırma yaklaşımlarının kombine taşımacılık operasyonel planlamasında uygulanmasıyla geliri artırmak mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada, gelir yönetimine göre uluslararası deniz-demir yolu kombine yük taşımacılığı senkronize operasyonları için web tabanlı bir karar destek sistemi (KDS) sunulmuştur. Ship2Rail adlı projenin operasyonel planlama çıktılarını kullanıcıya sunmak amaçlı hazırlanan bu web tabanlı platformu oluşturan kullanıcı arayüzü, mantık arayüzü ve veri tabanlarını içeren bir prototip tasarımı betimlenmiştir. Buna temel teşkil eden ER modeli (Entitiy-Relationship Diagram, Varlık-Bağıntı Modeli) sunulmuş, veri tabanı tasarımı için kullanılan veri modelinin çalışma prensipleri açıklanmıştır. Ayrıca, talebe göre sabit ve dinamik fiyatlandırma politikalarını içeren senaryolarda gözetilen, farklılaşan unsurlar vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Türlü Taşımacılık, Dinamik Fiyatlandırma, Karar Destek Sistemi, Uluslararası Yük Taşımacılığı

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SEA-RAIL MULTIMODAL FREIGHT TRANSPORTATION OPERATIONS

ABSTRACT

Multimodal transportation refers mainly to international freight transport using a combination of at least two different transport types as transport mean, rather than unimodal road transportation. In the literature, multimodal freight transportation is investigated to discover more effective and efficient usage of multimodal transportation. Its advantages and disadvantages have been studied, but the pricing policy has not been examined in detail. In Turkey, the fixed price policy is mainly driven at the freight transport sector. However, it is possible to increase revenues at the operational level of multimodal transportation by applying dynamic pricing approaches which are methods usually appreciated in airline and hotel management.

In this study, a revenue-driven web-based decision support system for international sea-rail multimodal freight transport operations was presented. A prototype design that contains the user interface, logic interface and knowledge bases founding this web-based platform is prepared to present the operational planning outputs of the project named Ship2Rail.

The underlying ER model (Entity-Relationship Diagrams) is presented and the working principles of the data model used for database design are explained. In addition, elements of fixed and dynamic pricing policies are compared and emphasized regarding to demand and time constraint.

Keywords: Decision Support Systems, Dynamic Pricing, International Freight Transport, Multimodal Transportation

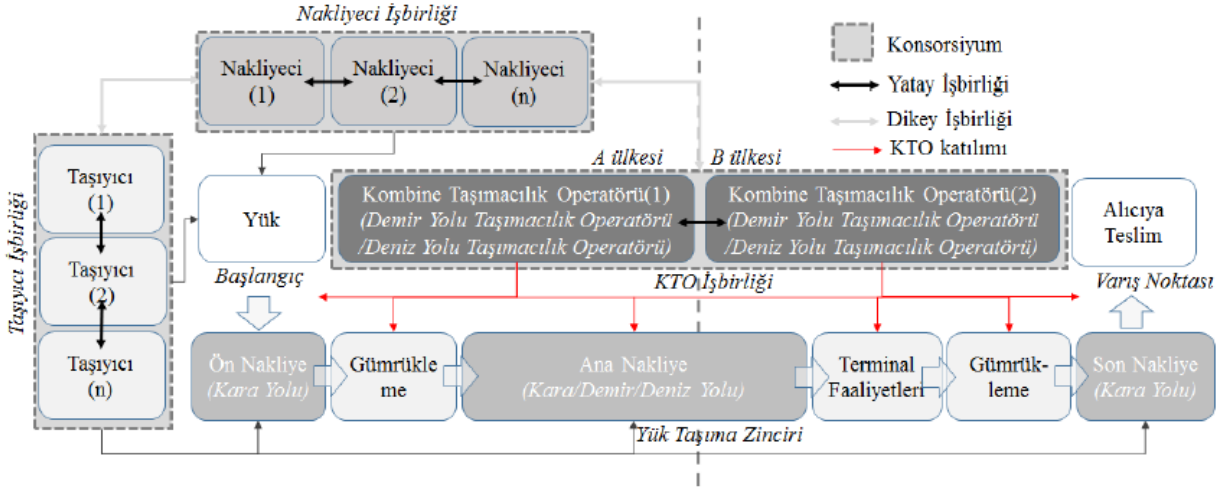
1. GİRİŞ

Kombine taşımacılık, artan yük taşıma taleplerini karşılamak üzere tek türlü (unimodal) yapılan taşımacılığın yanında bir alternatif olarak sektöre katılmıştır. Dinamik bir süreç olan çok türlü (multimodal) taşımacılık, genel olarak kara yolları, deniz yolları, hava yolları ve raylı sistemlerden en az ikisinin kullanılması ile kapıdan kapıya yapılan yük taşımacılığı olarak kabul edilir. Kombine taşımacılık, tek bir türün kullanılmasına göre daha esnek olması ve çevre dostu bir ulaşım sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Son yıllarda artan çevre sorunları, karbondioksit salınımı, kara yollarındaki kaza oranları ve yol aşınmaları; deniz ve demir yolu taşımacılığına verilen önemi daha da arttırmıştır. Bu taşımacılık türlerinin kara yolu taşımacılığına göre karbon ayak izlerinin azaltılmasında önemli rol oynadığı saptanmıştır. Ayrıca, bu taşımacılık türlerinin verimliliği, gerekli ve doğru karar sistemlerinin bulunup uygulanmasıyla daha da artmaktadır. Aynı zamanda verimlilik, operasyonların planlanmasındaki koşul ve seçimlerle de doğru orantılıdır. Bu sayede, hem maliyetlerin, hem nakliyat süresinin azaltılması, hem de kullanıcının tercihinin uygun ulaşım imkânlarının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar; birbirinden üstün olmayan, müşterinin tercihiyle belirlenecek uygulanabilir rotaların seçilmesi ve bununla birlikte yürütülen gelir yönetimi çalışmalarıyla özetlenebilir. Çok türlü taşımacılığın başarılı bir şekilde uygulanması, gelişen teknolojiye entegre olmayı ve yenilikçi kavramlar kullanmayı gerektirir: farklı bakış açısı ile operasyonel planlama ve çok türlü taşıma hizmeti için uygun bir fiyatlandırma stratejisi.

Bu bildiriye, deniz-demir yolu taşımacılık zinciri dikkate alınmakta olup gemi ve tren taşımacılığı hizmetlerini veren kombine taşımacılık operatörlerinin, kombine ve senkronize bir şekilde nakli sağlamak için aynı web tabanlı platform altında birleşip müşterilerin seçimine göre karar destek sistemi ile en uygun rota ve fiyat kararına ulaşım, hizmet vermesi amaçlanmaktadır. Bu web tabanlı platformun çalışma prensibi, karar destek sistemi kullanıcı arayüzü, iş mantık arayüzü ve veri tabanlarını içeren bir prototip tasarımı ve sistemin temelini oluşturan aktivite diyagramları ayrıntılı şekilde tanıtılmıştır. Çok türlü taşımacılık kullanılan bu sistemin sabit ve dinamik fiyatlandırma süreçlerini etkileyen kriterler ve veri tabanının yönetim biçimine temel teşkil eden ER modelinin çalışma prensipleri irdelenmiştir. Bunların ışığında web tabanlı ortak platform değerlendirilmiş, sonuç olarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yük taşımacılığı, her modern tedarik zincirinin temel bir parçasıdır, çünkü hammaddelerin, yarı mamullerin ve nihai ürünlerin üreticiden tüketiciye ulaştırılmasını sağlar. Şekil 1'de tasvir edildiği üzere, yük taşımacılığına katılan paydaşlar çoğunlukla taşımacılık talebinde bulunan nakliyeciler, nakliye araçlarını kontrol eden taşıyıcılar ve politikaları oluşturup, çeşitli ulaşım altyapıları yürüten hükümetlerdir (Ghiani vd., 2004). Bunlara ek olarak, aracılar (forwarder) da genellikle deniz yollarında nakliyecilerin müşterilere ulaşmasını kolaylaştırmada önemli bir rol oynamaktadır (Lu, 2013). En az iki taşımacılık türünün kombinasyonunu kullanarak yükleri başlangıçtan varış noktasına kadar ulaştırmayı amaçlayan çok türlü taşımacılık için, kombine taşımacılık operatörleri (KTO) adıyla sınıflandırılan bir paydaş zincire dahil olur. KTO'lar, sektörde ulusal ve uluslararası ticaret ve taşımacılık uygulamaları çerçevesinde çok türlü taşımacılık operasyonları sunabilen şirketlerdir (Lu, 2013). Çoğu durumda, nakliyeciler, bir yükün gönderimini başlatan, bazen de navlun maliyetini belirleyen sorumlu şirkettir (Crujssen, 2012). Genelde tedarik zincirinde kontrolü elinde tutan zincirin bu katılımcısı, maliyet düzeni, karbon izinin azaltılıp çevreyle dost bir ulaşımın sağlanması konularında elinde olan seçenekler üzerinde çalışmaktadır. Kombine taşımacılığın sürdürülebilirlik konusunda faydalı ve etkili oluşu ülkelerin ulaşım politikaları ve mevzuatları ile de desteklenmektedir. Böylelikle bu parametre, rekabet avantajı için bir basamak daha eklemiştir (Pruzan-Jorgensen vd., 2010).



Şekil 1: Yük Taşıma Zinciri Üzerinde KTO İşbirlikleri

Birbirleriyle etkileşime giren çeşitli aktörler tarafından kurulan bu çok türlü ulaşım sistemi iki kademedен oluşur: karar destek sistemi ve operasyonel faaliyetler. Bu sistem pek çok aktör içerdiğinden ve gerçek zamanlı karar verilmesi gerektiğinden, kapsamlı bir incelemeye ve operasyon yönetimine ihtiyaç duyan karmaşık bir sisteme dönüşür (Crainic vd., 2017). Nakliyeciler talebi oluşturur, taşıyıcılar hizmet verir, ilgili makamlar kuralları belirler, her aktör kendi menfaatleri ve sistemin kazançları doğrultusunda karar verir ve buna göre stratejiler geliştirir. Çok türlü taşımacılıkta, müşterinin karar vermesi gereken tek şey KTO'dur ve seçilen KTO başlangıç noktasından varış noktasına kadar servis sağlama sorumluluğunu üstlenir. Talebi karşılamak için gerekli taşımacılık zincirini kurup, rotaları seçip, gerekli sayıda araçtan oluşan sistemi düzenlerler (Crainic vd., 2017). Bazı operatörler tek bir müşteriye özel hizmetler sunarken birçoğu konsolidasyon esasına göre çalışır ve araçlara sahip olabildiği gibi, ihtiyaca göre gerekli rotalarda araç kiralayabilirler.

Taşımacılık zinciri esas itibarı ile üç bölümden oluşmaktadır, Şekil 1'de gösterildiği üzere sırasıyla bu bölümler: ön nakliye (pre-haulage), ana nakliye (main-haulage) ve son nakliye (end-haulage)'dir. Ön nakliye ve son nakliye çoğunlukla kısa mesafeler için kara yolu taşımacılığı ile sağlanırken, ana nakliye daha ziyade uzun mesafeler için demir yolu, deniz yolu gibi diğer taşımacılık türlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Taşınan mesafeler 300 km'den fazla ise, kamyonla taşınmanın bir günden daha uzun olması durumunda çok türlü taşınmanın ana nakliye sırasında rekabetçi olduğu bilinmektedir (SteadieSeifi vd., 2013). Bu taşıma zincirinde, taşıyıcılar, nakliyatçılar ve tüm KTO'lar arasında işbirliği kurulabilir. Şirketlerin rekabet gücünü artırmak için hem dikey hem de yatay işbirlik biçimleri önemlidir. Operatörlerin ve nakliyecilerin birlikte çalıştığı işbirliği, konsorsiyum oluşturması, en verimli işbirliği şekli olmasına rağmen kurması ve sürdürmesi en zor sistemdir. Bu sistemin maliyet unsurları belirlenmeli ve gelir dağılımı dikkatle düzenlenmelidir; çünkü gelir ve maliyet dağılımları, her operatörün risk ve katılımını göz önünde bulundurarak yapılmalıdır. Farklı paydaşların işbirliğinde performanslarını tanımlamak ve ölçmek, gelir tahsis etmede kilit noktalardan biridir. Ortaklıklarının özünde, nakliyecilerin taleplerini yerine getirirken her nakliye şirketinin maliyetlerini azaltması veya en azından maliyetleri paylaşması gerektiği yatmaktadır (Ergun vd., 2007). Bu işbirliği maliyetleri düşürür ve üretkenliği artırır. Boş konteyner sevkiyatlarının koordine bir şekilde dolu olanlarla değiştirilmesi ve depolama işleminin yapılmasını beklemek yerine yüklerin hızlı bir şekilde koordine edilip değiştirilmesi buna iyi birer örnektir. Öte yandan, bu işbirliklerinin sürdürülebilir olması bilgi paylaşımının ve ortak fedakarlıkların üst seviyede olmasına bağlıdır, dolayısıyla ortak paydaşlar arasında karşılıklı güven ve şeffaflığın sağlanması gereklidir (Caris vd., 2008).

Mevcut literatür "birden fazla taşıma türünün kombine edilerek kullanımı"nın farklı tanımlarla ortaya koymaktadır. Farklı durumlarda, koşullarda ve ulaşım ağlarının kullanılmasına bağlı olarak, 4 genel tanım üzerinde fikir birliğine varılmıştır: multimodal (çok türlü), intermodal, ko-modal, eş zamanlı (synchronomodal) olarak. Beşinci tanım olarak, Reis (2015), farklı açıdan bakarak sınıflandırıp, sürdürülebilirliği gözetken kombine taşımacılığı eklemiştir. Bu tanımların her biri orijinal kavram olan çok türlü taşımacılığı barındırıp ve ondan ayrılan başka özellik veya özellikler edinerek daha karmaşık bir süreç yapısı kazanır (Mutlu vd., 2017).

Rotalama ve planlama sırasında kapasite yönetimi, özellikle deniz-demir yolu ulaşım ayaklarında, çok türlü taşımacılığın sürdürülebilirliği için çok önemli bir başarı faktörüdür. Karlılığı korumak için yük gemileri ve trenlerin kapasitesi en azından yolculuk başına %70'in üstünde bir oranla kullanılmalıdır (Kayıkcı, 2014). Bu noktada, gelir yönetimi ve fiyatlama stratejileri özellikle KTO'lara yardımcı olabilir; kapasite kullanım oranını artırarak kârlarını artırmak, çok türlü taşımacılığın da sektörde rekabetçi olmasını sağlar.

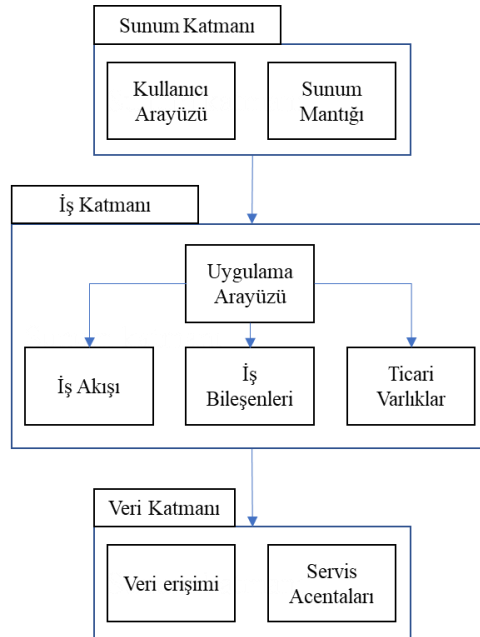
Gelir yönetiminin asıl amacı, maliyetlerin en aza indirgenmesi, alanların tahsisi ve dinamik fiyatlandırma ile geliri en üst düzeye çıkarmak için mümkün olan her ulaşım ayağı boyunca seyahat eden azami yükün bulunmasıdır. Dinamik fiyatlandırma yaklaşımını kolaylaştırmak ve geliştirmek için, mevcut talep verilerini ve talep yapısını analiz etmek ve zaman içinde biriken verilerin analizleri ile mevcut karar destek sistemlerinden yararlanmak teşvik edilir (Elmaghraby vd., 2003). KDS, basitçe, toplanmış bilgileri belirlenmiş işlemlerden geçirerek, çözümü ile bilgi sağlayan veya belirli kararlara ilişkin önerilerde bulunarak sonuca varmayı kolaylaştıran sistemlerdir (Gökçen, 2007).

3. OPERASYONEL PLANLAMA

Operasyonel planlama, temel olarak, hangi yükün kabul edileceğini veya reddedileceğine karar verip; seçilen gemi, tren ve kamyonlar ile yükü taşımak için rota planlanmasından oluşur. Yükü taşıma türünün seçimi, çok türlü taşımayı tercih ederken karşılaşılan en problemlilerden biridir. Karar verme sürecinin başlıca etkenleri maliyet, ulaşım süresi, güvenilirliği ve hizmetin sıklığıdır. Bunlara ek olarak, taşıma yolları ve limanların kapasite kısıtları ile yükün kabul, gönderim ve teslim süreleri de önemli kısıtlarlardır. Bu çalışmanın bakış açısı sadece deniz ve demir yollarını kapsar ve çok türlü taşımacılığın KTO'lar tarafından, müşterilerine uygun, tercih edilebilir fiyatlarla güvenli taşıma hizmeti sağlarken gelirini artırmasını hedefler. Dolayısıyla KTO'ların ortak bir tabanda buluşup kendi hizmetlerini sunması ve çok zor olsa da şeffaf bir iletişime açık olmaları, bu operasyonları kesintisiz ve birbiri ile senkronize bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlayacaktır (Mutlu vd., 2017). Bu bağlamda da geçmiş verilerin doğru tutulması, gerekli kalemlerin saptanması ve veri analizlerinin modele girdi olarak eklenmesi, talebe bağlı doğru ve uygulanabilir taşıma türü, operatör ve zaman çizelgesi belirlemek için en önemli adımdır. Bu karmaşık problemde karar vermeyi kolaylaştıracak, sistematik hale getirecek araçlara yani gelişen teknolojiyle birleştirilmiş, ihtiyaca uygun hazırlanmış web tabanlı KDS'lere ihtiyaç duyulmaktadır.

3.1. Web Tabanlı Karar Destek Sistemi

KDS'nin esas amacı kullanıcılara (gönderici, hizmet sağlayıcılar) karar verirken destek sağlamaktır. Genel olarak bu destek; sistemde karşılaşılan sorunların tespitini yapmak, analizler oluşturabilmek, analizlerin raporlarını oluşturmak ve problemin sonucuna göre alternatif çözümler üretip sunabilmektir. Bir KDS kendi içinde üç ana katmandan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla sunum katmanı, iş katmanı ve veri katmanıdır. Şekil 2'de bu katmanları içeren bir KDS model diyagramı verilmiştir. Sunum katmanı kullanıcı arayüzü ve sunum mantığını içermektedir. Burada web tabanlı platformu kullanan birimlerin bilgi girişlerinin yapıldığı bir arayüz bulunmaktadır. İş katmanı uygulama arayüzünü içeren, iş akışı, iş bileşenleri ve ticari varlıkları göstermektedir. Temel olarak iş mantığını oluşturacak iş süreçlerinin, bileşenlerinin ve kısıt oluşturabilecek varlıkların belirlenmesi yapılmaktadır. Veri katmanı ise KDS'ye konu olacak tüm veri tabanı erişimi ve servis acentalarını ihtiva etmektedir.

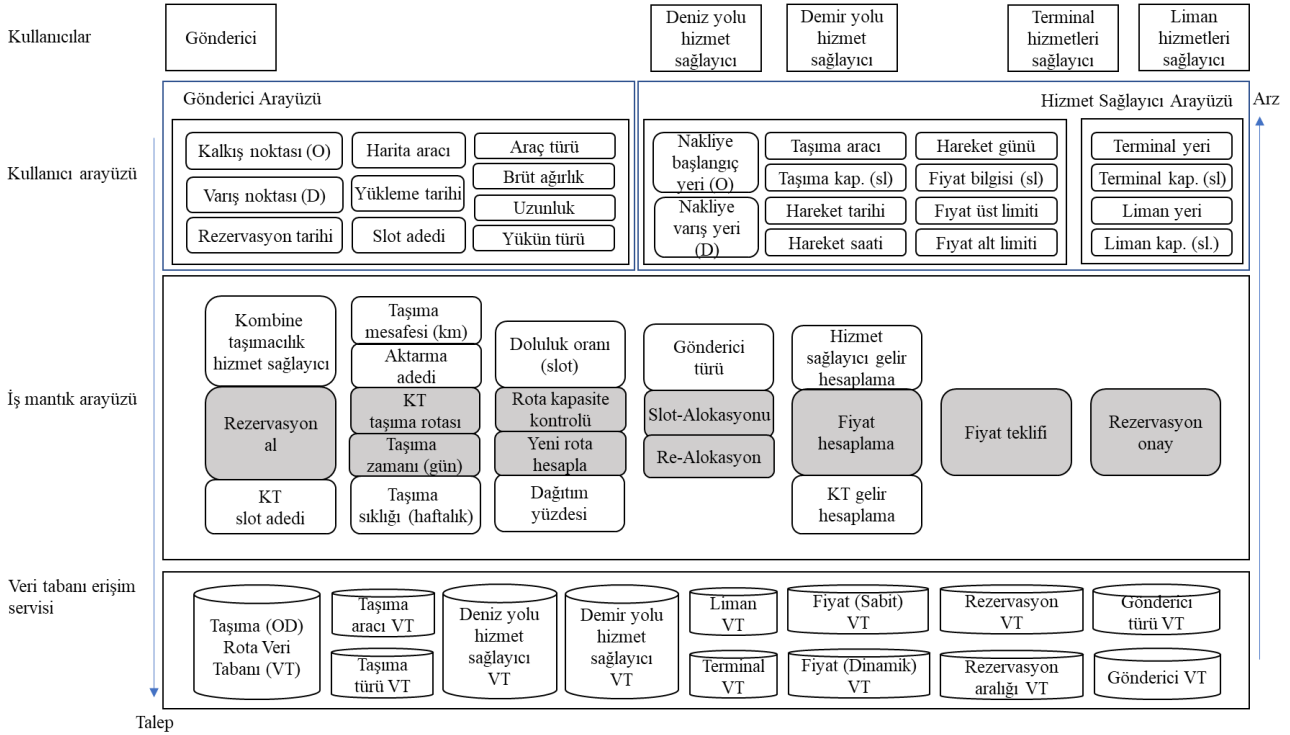


Şekil 2: Model Diyagramı

Şekil 3'te görülen web tabanlı KDS platformunun çalışma prensibi şu şekildedir. Sunum katmanında bilgilerin girildiği gönderici ve hizmet sağlayıcı olarak iki kullanıcı ara yüzü mevcuttur.

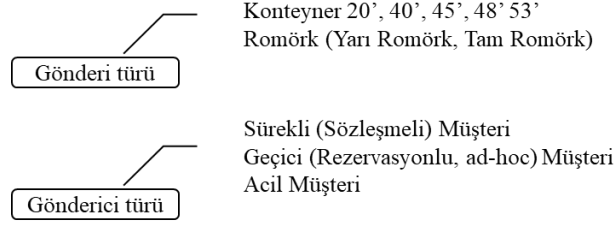
Gönderici (taşıyıcı, yüklenici, nakliyecisi) arayüzü Ship2Rail platformuna kalkış ve varış noktalarını, rezervasyon tarihini, taşıma aracının (kamyon, yarı römork, konteyner) ve taşınacak yükün (frigorifik, tehlikeli madde, dökme yük) fiziksel özellikleri ve toplam slot adedinin girildiği bilgileri içermektedir. Bu bilgiler ile gönderici rezervasyon talebini girer. Hizmet sağlayıcı ise hizmet sağlayıcı arayüzü ile sunduğu nakliye hizmetinin başlangıç ve varış noktalarını, taşıma aracını (burada RoRo, konteyner gemi çeşitleri ya da RoLa, konteyner tren çeşitleri), taşıma aracının slot bazında toplam kapasitesini, fiyat bilgisini, dinamik fiyatlandırma için üst ve alt limiti, nakliye gönderimi ile ilgili olarak hareket günü, hareket tarihi ve saati bilgisi vermektedir. Hizmet sağlayıcı arayüzüne deniz yolu ve demir yolu hizmet sağlayıcılarının yanında iç terminal ve liman hizmet sağlayıcılarından da oluşmaktadır. Terminal ve liman hizmet sağlayıcıları nakliyenin deniz ve demir yolu bağlantısı ile gönderimini yapabilmek için terminal ve liman yerini girerken ayrıca liman ve terminaldeki toplam slot kapasitesini de girmektedirler.

İş katmanı uygulama arayüzü iş akışı, bileşenler ve ticari kısıtları içermektedir. Öncelikle göndericinin rezervasyon talebi alınarak, göndericinin girdiği kalkış ve varış noktasına göre hizmet veren deniz-demir yolu hizmet sağlayıcılarının iş birliği ile oluşturulan kombine taşımacılık ve bu taşımacılığa ait toplam slot adedi belirlenir. En kısa taşıma zamanına göre taşıma rotası belirlenir. Aslında taşıma rotasının belirlenmesi tamamen müşterinin tercihine bağlıdır, sunulacak birbirinden üstün olmayan sonuçlar arasından müşterinin kendi tercihini seçebilmesi güvenilirliği ve memnuniyeti artırır. Örneğin bir müşteri göndereceği yükün en kısa sürede gitmesini isterken, bazısı en az sayıda aktarma yapmasını ister, diğerleri taşımanın doğaya zararının ve CO2 salınımının en az olması kriterini önde tutar. Akabinde, doluluk oranına göre slot alokasyonu (yer tahsisi) yapılır. Burada göndericinin türü, yani göndericinin sürekli müşteri, geçici müşteri ya da acil müşteri olmasına göre yer tahsisi önceden belirlenen oranlara göre yapılır.



Şekil 3: Web tabanlı platform çalışma prensibi

Genel düzende müşteri türleri (Şekil 4) şu şekilde açıklanmaktadır: (1) Sürekli (sözleşmeli) müşteri: bu gönderici, sabit taahhüt sözleşmesi ve üzerinde anlaşılmış sözleşmeli piyasa fiyatı ile nitelendirilir. Bu gönderici türünde büyük nakliyatçı ve yüklenici firmaları rezervasyonlarının yerine getirilmesinde önceliğe sahiptirler ve onlar için gemi ve tren üzerinde belirli bir yer payı (taşıma piyasa payı) ayrılmaktadır. (2) Geçici (ad-hoc) müşteri: gönderici spot piyasa fiyatı ile yer satın alır. Normalde bu fiyat gemi ve trenin kalkmasından bir-iki hafta öncesine kadar sunulur. (3) Acil müşteri: doğal olarak daha yüksek ücret ödemeye istekli göndericiye alışılmış biçimde son dakika taşımacılık hizmeti sağlanır. Rezervasyon süreci, gemi ve trenin kalkışından iki-üç gün öncesine kadar devam eder. Taşıma ücretleri kalkışa yakın süre zarfında kapasitenin doldurulması için piyasa şartlarına ve ani talep dalgalanmalarına bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük hale gelebilir. Eğer taşıma rotası üzerindeki kapasite tamamen kullanılmış ise aynı kalkış ve varış noktaları arasında diğer uygun rotaya göre tahsis işlemi yani re-alokasyon yapılır. Daha sonra gönderici sürekli müşteri ise sabit fiyat üzerinden, eğer geçici müşteri ise rezervasyon aralığına göre dinamik fiyat üzerinden, ya da acil müşteri ise hizmet sağlayıcıların belirlediği en yüksek fiyat limiti üzerinden fiyatlandırma yapılır. Hizmet sağlayıcının kombine taşımacılık açısından elde edeceği gelir hesaplanır. Buna göre fiyat teklifi göndericiye ulaştırılır. Göndericinin onayından sonra, rezervasyon onaylanır.



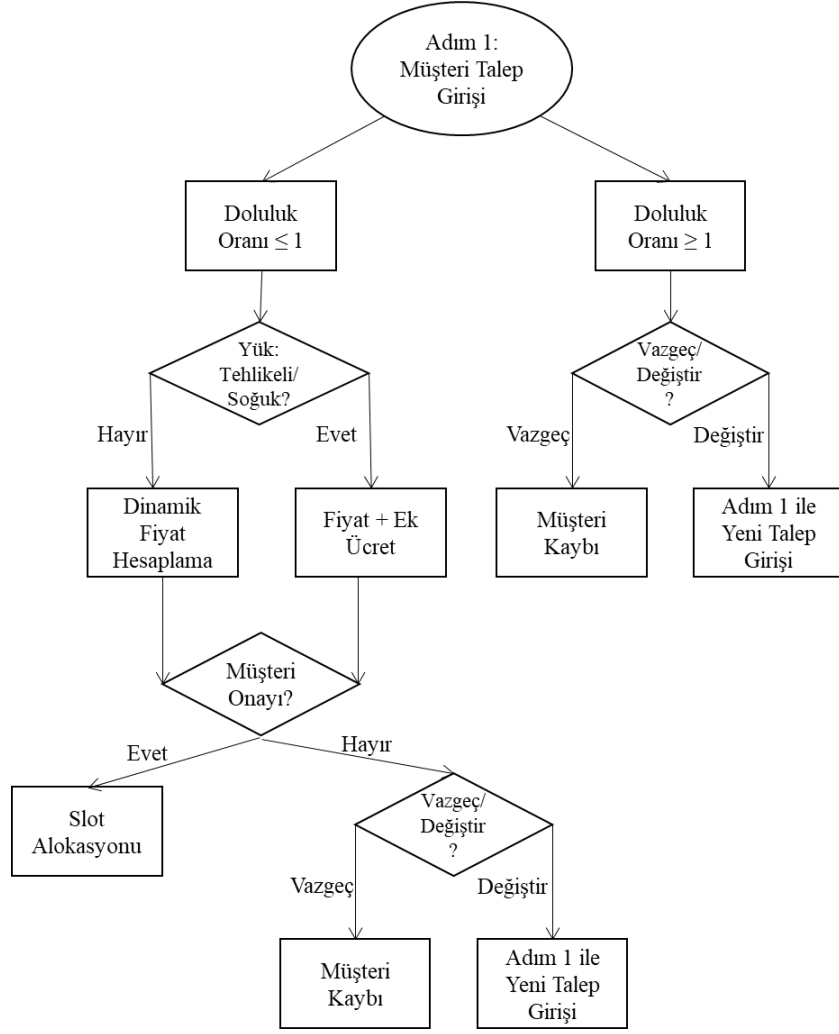
Şekil 4: Araç ve Gönderici Türleri

Veri katmanı, karar destek sistemine konu olan bütün bileşenlerin veri tabanını göstermektedir. Burada kayıtlı olan gönderici türleri, göndericilerin, deniz yolu hizmet sağlayıcılarının, demir yolu hizmet sağlayıcılarının, terminal ve liman hizmet sağlayıcılarının tüm detaylı bilgileri bulunmaktadır. Bunun yanında taşıma türleri, taşıma araçları, taşıma rotaları (OD), rezervasyon aralığı, fiyat bilgisinin de olduğu veri tabanları mevcuttur.

4. GELİR YÖNETİMİ VE DİNAMİK FİYATLANDIRMA

Geleneksel olarak, gelir yönetiminin amacı kapasite kontrolü yaparak ve farklı sabit fiyat sınıflarını kullanarak geliri artırmaktır, ancak çevrimiçi rezervasyon sistemleri ile yapılan dinamik fiyatlandırma yaklaşımları, gerçek zamanlı ve anında fiyat değişimlerine ve müşteriye uygun fiyat politikalarının güdülmesine izin verir. Web tabanlı KDS ile yapılan gelir yönetiminde amaç, hizmet sağlayıcılar açısından deniz-demir yolu kombine taşımacılığı ile elde edilen gelirleri dinamik fiyatlandırma uygulaması ile maksimize edebilmektir. Dinamik fiyatlandırma ile toplam gelirden %1-2 arasında bir gelir artışı elde edilmesi hedeflenilmektedir.

Dinamik fiyatlandırma süreci şu şekilde çalışmaktadır. Gönderinin yapılacağı her bir tarihten geriye doğru on gün rezervasyon aralığı olarak tespit edilir. Her bir slotun en düşük ve en yüksek fiyatları sırasıyla sürekli ve acil müşteriler için tahsis edilir, bu en düşük ve en yüksek fiyat arasında kalan aralık ise dinamik fiyatlandırma için kullanılacak ve geçici müşteri yani rezervasyon süresi içinde talep belirten müşteri için tahsis edilecek fiyat aralıklarını gösterecektir. Burada slot fiyatı; talebin geldiği zamanda aracın doluluk oranına, rezervasyon aralığının kaçınıcı gününe geldiğine, talep edilen slot miktarına, ve belirlenen rotanın giderlerine göre rastlantısal olarak ya da belirli bir korelasyon esasına göre kural olarak tespit edilir. Bu dinamik fiyatlandırma ve slot alokasyonu akışı Şekil 5'te şematize edilmiştir. Bu çalışmada, Ship2Rail isimli web sayfasında, bir rastlantısal fiyat aralığı eldeki girdilerin analiz edilmesi sonucu belirlenmiştir. Mevsimsel değişkenlikler, hatların bakım onarım durumları, olası politik ve sosyoekonomik riskler, genel konjonktür de bu istatistiğin içerisine dahil edilmiştir.



Şekil 5: Dinamik Fiyatlandırma ve Slot Alokasyonu Akış Şeması

Şekil 6'da detaylıca oluşturulmuş Varlık-Bağıntı modeli tüm web tabanı içindeki iş akışını ve veritabanı bağlantılarını göstermektedir. Girdi olarak hangi verilerin istenip tutulduğu, dinamik fiyatlandırma için hangi bağıntıların kurulduğu, slot alokasyonunun hangi bilgilerin sorgulanmasıyla karara bağlanıp kesinleştirildiği gibi modelin temelini oluşturan ilişkiler görülüp, bilgiler alınabilir.

5. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇ

Günümüzde deniz-demir yolu kombine taşımacılığı tamamen sabit fiyat esaslı ve senkronize olmayan bir şekilde yürütülmektedir. Bu durum bir sürü operasyonel sorunu beraberinde getirmektedir. En önemli handicap sürdürülebilir ve efektif bir işleyişin hayata geçirilememesinden dolayı hizmet sağlayıcılarda büyük maddi kayıpların görülmesidir. Ship2Rail (<http://www.ship2rail.com/>) projesi ile dinamik fiyat uygulanarak hizmet sağlayıcılar için sürdürülebilir bir gelir yönetiminin elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Web tabanlı bu KDS ile dinamik fiyatlandırmanın belirlenen kurallar esas alınarak uygulanmasını sağlayıp, hizmet sağlayıcılar açısından uygun bir gelir yönetiminin oluşturulabilmesi gözetilmiştir. Bu uygulanan kurallar çok amaçlı matematiksel model ile sisteme eklenip optimize edilebileceği gibi zaman içinde toplanacak verilerle öğrenme ve yapay zeka birleştirilerek karar verme sürecinin iyileştirilmesi mümkün olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK 2232 Burs Programı çerçevesinde 116C048 proje numarasıyla desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Caris, A., Macharis, C., Janssens, G. (2008), “Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects”, *Transportation Planning and Technology*.
- [2] Crainic, T. G., Perboli, G., Rosano, M. (2017), “Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy”. *European Journal of Operational Research*.
- [3] Cruijssen, F. (2012), “Collaboration Concepts For Comodality’(CO³)”, ArgusI BV.
- [4] Elmaghaby, W., Keskinocak, P. (2003), “Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: Research overview, current practices, and future directions”, *Management science*, 49(10), 1287-1309.
- [5] Ergun, Ö., Kuyzu, G., and Savelsbergh, M. (2007), “Shipper collaboration”, *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp 1551–1560.
- [6] Ghiani, G., Laporte, G., Musmanno, R. (2004), “Introduction to logistics systems planning and control”, John Wiley & Sons.
- [7] Gökçen, H. (2007), “Yönetim bilgi sistemleri”, Palme Yayıncılık.
- [8] Kayıkcı, Y. (2014), “A Collaborative Slot Allocation Model for the Sea-Rail Multimodal Transport Service Providers Based on Revenue Management”, *EurOMA 2014*, 20-25 June 2014, Palermo, Italy.
- [9] Lu, H., Chu, C., Che, P. (2010), “Slot Allocation Planning for an Alliance Service with Ship Fleet Sharing”, *Asia Pacific Management Review*, Vol. 15(3), pp. 325-339.
- [10] Mutlu A, Kayıkcı Y, Çatay B (2017), “Planning multimodal freight transport operations: A literature review”, In: KS Pawar et al. (eds.) *Proc. of the 22nd International Symposium on Logistics (ISL 2017)*, Ljubljana, Slovenia:553–560.
- [11] Pruzan-Jorgensen, P., Farrag, A., (2010), “Sustainability Trends in the Container Shipping Industry”, BSR.
- [12] Reis, V. (2015), “Should we keep on renaming a+ 35-year-old baby?”, *Journal of Transport Geography*, 46, 173-179.
- [13] Van Woensel, T., SteadieSeifi, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W., Raoufi, R. (2013), “Multimodal freight transportation planning: A literature review”, *European Journal of OR*, Vol. 233, pp 1-15.

BİR ENDÜSTRİYEL DONANIM ÜRETİCİSİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK PROJE TEKLİF HAZIRLAMA VE YÖNETİM SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Aslı Aksoy¹, Mehmet Akansel¹, Canberk Atalay¹, Dilara Yaşar¹, Duygu Keseroğlu¹, Atalay Meriç Çamlıbel¹,
Serdar Vanlıoğlu²

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa

asliaksoy@uludag.edu.tr, akansel@uludag.edu.tr, ezgidilarayasar@gmail.com, duygukeseroglu1@gmail.com,

atalaymrc@gmail.com

²Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa

Serdar.Vanlioglu@tr.bosch.com

ÖZET

İşletmeler üretim sistemlerinde yer alacak donanımları, rekabet üstünlüğü sağlayacak biçimde seçmek ve verimliliklerini üst düzeyde tutmak zorundadır. Özellikle, donanım tedarikçisi bir işletmenin geliştirdiği projelerin rekabetçi olabilmesi için teklifini olası en kısa sürede ve gerçekçi bütçe ile hazırlaması, üstlendiği yeni projeleri mevcut projelerle birlikte kaynak kısıtlarını dikkate alarak yürütmesi ve geliştirilen donanımın müşteri firmalardaki kurulumunu tamamlaması gerekmektedir. Çalışmaya konu olan işletmenin geçmiş proje deneyimleri gözden geçirilmiş ve proje sürenin uzunluğunu ve değişkenliğini etkileyen etmenler incelenmiştir. Kritik süreyi belirleyen etkinliklerin değişkenliğini azaltmak amacıyla ilgili süreçler iyileştirilmiştir. Yenilenmiş süreç tanımları ile ortalama proje teklif süresinin yaklaşık olarak üçte bir düzeye indiği ve işletmenin müşterilerin gittikçe kısalan proje teklifi taleplerine yüksek bir olasılık ile karşılık verebileceği PERT yöntemi ile belirlenmiştir. Maliyetlerin güncel tutulmasının ekonomik bir teklif vermede etkin rolü bulunmaktadır. Bu nedenle, işletmenin çoklu projeleri öncelik ilişkilerine göre, kaynak kısıtları altında ve bütçe hedeflerini gözetererek yönetmesini sağlayacak bir yazılım geliştirilmiştir. İşletmenin yazılımı kullanmasıyla yıllık kârında % 45 düzeyinde artış sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kaynak kısıtlı proje yönetimi, PERT, Proje bütçeleme, Proje teklifi hazırlama süreci.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED PROJECT PROPOSAL PREPARATION AND MANAGEMENT SYSTEM FOR AN INDUSTRIAL EQUIPMENT MANUFACTURER

ABSTRACT

Companies must choose their manufacturing equipment based on their potential advantage in the competition and keep their productivity at a high level. Especially, an industrial equipment supplier must prepare its customer offer based on realistic cost data in the time as short as possible and once earned the bid, keep a smooth development of the new project along with the ongoing ones while regarding the resource limitations and completely install the manufactured equipment in the customer facilities.

In this work, the project experience of the company in which this study took place was analyzed. The factors that affect the project duration and its variation were determined. In order to reduce the variation of the factors that define the critical time, the related processes were improved. It was observed that the average project duration dropped to the one-third of the previous value by considering the updated process definitions and a PERT analysis showed that the company was now able to positively respond to the customer requirements in terms of the ever-decreasing project durations with a higher probability. Keeping a frequently updated database on project costs has an important role in submitting an economical project offer. Therefore, a software was developed to help the company manage its multiple projects considering the precedence relationships in each project and also regarding the resource limitations and expected budgets. It is estimated that the company will realize a 45 % increase in its annual profit provided that this new software was used by its project teams.

Keywords: Resource constrained project management, PERT, Project budgeting, Project proposal preparation process.

1. GİRİŞ

Özel makine tasarım ve imalat projelerinin yönetim süreçlerinde, proje teklif aşamasında belirlenen değerlerle projenin gerçekleştirilmesi sırasında ortaya çıkan değerler arasında farklar gözlenmektedir. Bu çalışma, pilot olarak seçilen montaj hatlarının projelendirme süreçlerinde, maliyet hesaplamalarında ve mühendislik süreçlerindeki sapmaların incelenmesi, en aza indirilmesi ve standartlaştırılması aşamalarını kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında, projelendirme sürecinde ortaya çıkan sapmaların kök nedenleri belirlenmiş, tespit edilen nedenlerin ortadan kaldırılması için çözüm yöntemleri araştırılmış ve proje yönetim sürecinde işletmenin kullanabileceği bir proje yönetim aracı geliştirilerek projelendirme süreci standartlaştırılmıştır.

Projelendirme sürecinde gözlenen problemlerin kök nedenlerinin tespiti için anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları incelendiğinde, projelendirme sürecindeki sapmaların temel nedenlerinin, organizasyonel yapıdaki sıkıntılar, zaman planının doğru yapılamaması ve maliyet planlama aracının yetersiz olması ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Mevcut durumdaki projelendirme süreci PERT yaklaşımı ile incelenerek projelendirme süresinin kaç günde tamamlandığı belirlenmiştir. Sistem analizi yaklaşımıyla projelendirme sürecinde eşzamanlı yürütülebilecek faaliyetler belirlenerek yeni bir organizasyonel yapı önerilmiş ve önerilen sistem işletme tarafından uygulanmıştır. Zaman planındaki problemlerin giderilmesi amacıyla, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için tamsayı doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve kaynak kısıtları ile gerçekleştirilen projelendirme sürecinin en kısa tamamlanma süresi belirlenmiştir. Maliyet planlama aracında yaşanan problemlerin giderilmesi amacıyla yeni bir veri tabanı sistemi tasarlanmıştır. Veri tabanı ile entegre çalışan bir kaynak kısıtlı proje çizelgeleme algoritması geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen proje yönetim aracı, işletmede projelendirme sürecindeki tüm malzeme, proje maliyet ve zaman gereksinimlerini belirlemekte ve ilgili proje için kaynak kısıtları da dikkate alarak zaman çizelgesini oluşturmaktadır.

Geliştirilen yazılım sayesinde, proje zaman ve bütçe gereksinimleri belirleme süreçleri standartlaştırılmış, ortaya çıkabilecek sapmalar azaltılmış ve dolayısıyla proje teklifi hazırlama süreci kısaltılmıştır. Böylece işletmenin olası kayıpları azaltılmış ve proje teklifi tüm kullanıcıların ortak erişimine açık bir yazılım aracılığıyla oluşturulduğu için projenin maliyet ve zaman planlamasında kullanılan verilerin doğruluk düzeyi yükselmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Temel Kavramlar

Proje yönetimi, üretim, ticaret ya da hizmet sektöründeki bir organizasyonun yürüttüğü bir projenin amaçlarına erişebilmesi için proje faaliyetlerini planlama, organizasyon, yönetme, koordinasyon ve kontrol fonksiyonlarının bütünüdür (Barutçugil, 2008). Proje bütçesinin etkin biçimde kullanılması amacıyla uygulanan yaklaşımlardan biri olan faaliyet tabanlı maliyetlendirme (FTM) yöntemi adından da anlaşılacağı gibi faaliyetler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu yöntemde bir ürünün ya da hizmetin maliyeti, hammaddenin maliyeti ile mamul ya da hizmeti üretmek için gerekli olan tüm faaliyetlerin maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır (Büyüksalvarcı, 2006). Proje maliyet yönetimi, projenin kabul edilebilir süresi içinde çıktılarının hem kapsamını hem de kalite düzeyini koruyarak projenin maliyetini azaltma sürecidir (Rad, 2002). Proje maliyet yönetimi ile maliyetlerin düşürülmesi, kalitenin artırılması, iş zaman planının etkin olarak gerçekleştirilmesi, ürünün hedeflenen bütçe sınırları içerisinde gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

2.2. Süreç Odaklı Proje Planlama

Süreçler belirli bir girdiyi, belirlenen bir çıktıya dönüştüren yapılar iken projeler de belirli zaman, maliyet ve kapsam çerçevesinde girdileri çıktılarına dönüştürür. Projeler süreçlerin ve faaliyetlerin mantıksal bir sırayla planlanarak bir araya getirilmiş halidir. Proje bir ana süreç, bu projeyi oluşturan alt süreçler ve alt süreçlerin içerdiği faaliyetler süreç olarak değerlendirilebilir. Böylece herhangi bir organizasyonun bir ana sürecini içeren alt süreçler ve faaliyetler belirlenip, bu faaliyetler hakkında bilgi toplanarak süreç akış şemaları oluşturulabilir (Tecim ve Gülbin, 2009).

Süreç odaklı olarak belirlenen proje faaliyetlerinin planlaması yapılır. Bu şekilde süreçleri oluşturan faaliyetlerin fonksiyonel yapıdaki bağlantı noktaları çalışanlar tarafından daha iyi anlaşılır, süreçlerin izlenebilmesi sağlanarak faaliyetler zamanında, belirlenen kapsam ve maliyet çerçevesinde tamamlanır. Organizasyonun ana süreçlerinden biri olan proje, organizasyonun belirli dönemlerle gerçekleştirdiği süreçlerden oluşuyorsa ve proje yeniden planlanabiliyorsa, projeyi oluşturan süreçlerin iyileştirmeleri yapılabilir. Projenin işleyişini kısıtlayan, etkinlik ve verimliliği azaltan, katma değer yaratmayan, zaman kaybına dolayısıyla maliyet artışına neden olan faaliyetler belirlenerek incelenir, ölçümler gerçekleştirilerek gerekli iyileştirmeler için düzenlemeler yapılabilir (Tecim ve Gülbin, 2009).

2.3. Proje Zaman Yönetimi

Proje planlama ve programlama tekniklerinin geliştirilmesiyle ilgili ilk çalışmalar 1950'li yılların sonlarına rastlamaktadır. Bu konuda geliştirilen temel yöntemler, Gantt diyagramları, PERT ve CPM'dir (Temiz, 2001). PERT'te önemli olan projenin ne kadar sürede bitirilebileceğini tespit etmek iken, PERT'in farklı bir biçimi olan PERT/Maliyet'de ise önemli olan, projenin maliyetiyle ilgili bilgileri ortaya koymaktır. Bu teknikte, her faaliyet için maliyetin minimum olması durumunda süre tahminleri ve sürenin minimum olması durumunda maliyet tahminleri yapılır (Turan, 1995).

PERT'in tarihsel gelişimi incelendiğinde, Gantt diyagramlarının PERT'e temel oluşturduğu görülmektedir. Ancak Gantt diyagramı, yapılacak işin safhaları arasındaki ilişkiyi kısıtlı düzeyde gösterebilen bir yöntemdir (Levin ve Kirkpatrick, 1966). Bu nedenle PERT'e Gantt diyagramlarının daha gelişmiş bir biçimi de denilebilir (Turan, 1995).

2.4. Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Modeli

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi (KKPCP), kısıtlı kaynaklar kullanılarak bir projeyi oluşturan faaliyetlerin, öncelik ilişkilerini ihlal etmeden amaç fonksiyonunu eniyileyecek biçimde çizelgelemesidir (Ulusoy, 2002).

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi literatürde yoğun olarak incelenmekte olan bir problemidir. Bu konuda yayınlanmış tarama makaleleri olarak, Oğuz ve Bala (1994), Özdamar ve Ulusoy (1995), Kolisch ve Padman (1997) gösterilebilir. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin proje yönetimi için ifade ettiği pratik değer yanında, teorik açıdan da araştırmacılar için bir çekiciliği vardır. Proje süresinin enazlandığı kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin etkin bir eniyi çözüm algoritması geliştirilmesinin güç olduğu Blazewicz ve ark. (1983) tarafından gösterilmiştir. Problemin temel varsayımları şunlardır:

- Faaliyet süreleri deterministiktir.
- Faaliyetlerin birim zamanındaki kaynak kullanımı sabittir.
- Bir faaliyete atanan kaynak faaliyet süresince sadece o faaliyet tarafından kullanılır.
- Başlatılan faaliyetler tamamlanmaya kadar kesintisiz sürdürülmek zorundadır, ara verilemez.
- Faaliyetler iptal edilemez. Proje ağındaki her faaliyet gerçekleştirilmek zorundadır.

Genel olarak proje yönetim sistemlerinde projelerin tamamlanma sürelerinin enküçülenmesi her zaman istenen bir hedefdir. Yapılan literatür araştırması sonucu tek modlu kaynak kısıtlı proje çizelgeleme metodunun, üzerinde çalışılan proje yönetim sistemi için en uygun model olduğu saptanmıştır. Tek modlu kaynak kısıtlı proje çizelgeleme yöntemi ele alınan problemle benzerlik göstermektedir. Tek modlu kaynak kısıtlı proje çizelgeleme yönteminde uygulanan ve optimum çözüm elde edilen matematiksel model proje planlama süresinin en küçülenmesi için kurgulanmıştır.

Amaç fonksiyonu projelendirme aşamasının bitiş süresini enazlamaktır. Kısıtlar ise, projede belirli zaman aralığında yapılması gereken işlerde ihtiyaç duyulan işçi sayısı, projede var olan toplam işçi sayısının kısıtı altındadır. Faaliyetler açısından bakıldığı zaman, herhangi bir faaliyetin başlayabilmesi, bu faaliyetin öncülü olan faaliyetlerin bitmesi ve kullandığı kaynağın o anki doluluğuyla çakışmaması kısıtı altındadır. Kaynak kısıtları ve faaliyet öncüllükleri gibi projeye ait özelliklerin birleşmesi projenin süresi boyunca uyulması gereken kısıtları ortaya çıkarır.

3. ÇÖZÜM/BULGULAR

Bu çalışmada, işletmenin mevcut problemin çözmek için öncelikle sistem analizi yapılmış, firmanın organizasyonel iş akışı ile ilgili veri analizi yapılmış, işletmenin organizasyonel iş akışında değişiklikler önerilmiştir. Projelendirme sürecini minimize etmek amacıyla kaynak kısıtlı proje çizelgeleme modeli oluşturulmuştur. İşletmenin projelendirme sürecini sistematik yönetmesini sağlamak amacıyla, işletmenin kullanabileceği, veri tabanı bağlantılı projelendirme süreci yönetim aracı geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan çalışmaların ayrıntıları aşağıdaki alt başlıklarda ayrıntılı incelenmiştir.

3.1 Organizasyonel İş Akışı İçin Veri Analizi

İşletmenin mevcut organizasyonel yapısı çözüm önerileri kapsamında gözden geçirilmiş ve detaylı analizi yapılmıştır. Bu analize göre;

- Proje liderinin dâhil olduğu birçok süreç görülmektedir.
- Proje liderinin çok fazla sürece dâhil olması projelendirme sürecinin daha kısa sürede tamamlanmasını engellemektedir.
- Dengeli bir iş bölümü bulunmamaktadır.
- Aralarında öncelik ilişkileri bulunmayan ve paralel yürütülebilecek süreçler sıralı olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla projelendirme süreci olması gerekenden daha uzun sürmektedir.

Tüm bu bulgular göz önünde bulundurulup organizasyonel iş akış şemasında değişiklikler yapılmıştır.

3.2 Matematiksel Model Veri Analizi

Projelendirme sürecini incelemek için yapılan sistem analizi kapsamında uygulanan PERT tekniği ile her bir faaliyetin en erken başlangıç, en erken bitiş, en geç başlangıç ve en geç bitiş süreleri bulunmuş, maliyet planı aşaması üzerinden geçen kritik yol tespit edilerek, projelendirmenin tamamlanma süresinin 47 gün olduğu belirlenmiştir.

Projelendirme süresini enküçüklemek amacıyla tek modlu kaynak kısıtlı proje çizelgeleme modelinden yararlanılmıştır. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi, kısıtlı kaynaklar kullanılarak bir projeyi oluşturan faaliyetlerin, öncelik ilişkilerini dikkate alarak amaç fonksiyonunu eniyileyecek biçimde çizelgelemesidir.

PERT üzerinde zaman ve faaliyet indisleri dikkate alınarak, çift yönden kısıtlı kaynakların ne olacağı maliyet ve zaman açısından kullanılanlara bakılarak karar verilmiştir. Kaynakların sınıflandırılmasında hem birim zamandaki kullanım miktarı hem de proje süresi boyunca toplam tüketimi üzerinde kısıt bulunduğu için bu kaynaklar çift yönden kısıtlı olarak nitelendirilmiştir.

Çizelgeleme için yapılan PERT analizinde faaliyetlerin hangi sırada gerçekleştirilecekleri ve ne zaman başlayıp ne zaman biteceği bilgisine yer verilmiştir. Yine ağ diyagramında kullanılan ve yönetsel kararın sonucu olan öncelik ilişkileri faaliyetlerin öncüllerinin kümesini oluşturmuştur. Bu öncelik ilişkileri zaman bazında faaliyetler arasındaki başlangıç ve bitiş ilişkilerini belirlemiştir. Bir faaliyet tüm öncülleri bitmeden başlayamamaktadır. Her bir faaliyetin belirlenen çift yönlü kaynaklardan birim zamandaki kullanım miktarı ve çift yönlü kaynağın birim zamandaki kullanım üst sınırı önceki montaj hattı projelerinde yapılan hesaplamalardan hareketle belirlenmiştir.

3.3 Veri Tabanı Veri Analizi

Mevcut durumda proje liderleri hesaplama aracı yardımıyla maliyet planlamasını gerçekleştirirken, öncelikle projede ihtiyaç duyulan malzemeleri belirlemektedir. Bu malzemelerin maliyetleri ile ilgili çalışma yaparken öncelikle geçmiş projelerin verilerinden yararlanılmaktadır. Geçmiş proje verilerinin yeterli olmadığı durumlarda her malzeme için ERP yazılımından fiyat analizi yapılmakta ya da tedarikçilerden teklif alınmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda, malzeme ve işçilik maliyetleri için bir veri tabanına ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Oluşturulan bu veri tabanı için öncelikle bir veri analizi yapılmıştır. Bu veri analizinde öncelik malzemelerin maliyetlerine, tedarikçi bilgilerine ve bu bilgilerin güncelliğine verilmiştir. ERP yazılımı üzerinden bugüne kadar yapılmış olan montaj hattı projelerinde kullanılan malzemelerin listesi elde edilmiştir. Malzemelerin fiyat ve tedarikçi bilgileri bu listede yer almaktadır. Bu verilerin hesaplama aracında kullanılamayacak karışıklıkta ve büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. Bu malzeme listesinin veri tabanı olarak kullanılabilmesi için mekanik malzemeler ve elektriksel malzemeler olarak gruplandırma yapılmıştır. Daha kolay analiz edebilmek mekanik ve elektriksel malzemeler bileşenlerine ayrılmıştır. Oluşturulan malzeme listelerine ait bilgiler veri tabanına kaydedilmiştir.

3.4 Hesaplama Aracı Veri Analizi

Mevcut durumda kullanılan hesaplama aracının yetersizlikleri sistem analizi çalışmaları ile tespit edilmiştir. Bu yetersizlikler, mevcut hesaplama aracı ara yüzünün karmaşık olması ve veri tabanı eksikliği nedeniyle kullanıcı kaynaklı hatalardan oluşmaktadır. Bu nedenle, oluşturulan veri tabanı ile bağlantılı bir yazılım geliştirilmiştir. MS Access tabanlı geliştirilen yazılım ile maliyet hesabı yapılırken ihtiyaç duyulan tüm bilgilerin kolay elde edilebilir olmasına önem verilmiştir. Oluşturulan tablolar yardımıyla verilerin kolay ve standart bir şekilde girişi sağlanmış ve proje teklifi hazırlamak için dinamik bir yapı oluşturulmuştur.

4. UYGULAMA

İşletme, özel makine tasarım ve imalat süreçlerini gerçekleştirmektedir. Bu imalat sürecinin önemli bir payını montaj hatları oluşturmaktadır. Yönetim, müşteri geri bildirimleri ve iş sonuçlarının değerlendirildiği düzenli toplantılarda bazı aksaklıkların yaşandığını tespit etmiştir ve bu çerçevede proje geliştirme kararı almıştır. Teklif verme sürecinde yaşanan aksaklıkların giderilmesi projenin temelini oluşturmaktadır. Proje, pilot olarak seçilen montaj hatlarının projelendirme süreçlerinde, maliyet hesaplamalarında ve mühendislik sürelerindeki sapmaların incelenmesi, en aza indirilmesi ve standartlaştırılması çalışmalarını kapsamaktadır.

Projenin hedefleri, projelendirme süreci boyunca yaşanan zaman ve maliyet hesaplamalarındaki sapmaların azaltılması, standartlaştırılması ve böylece proje teklifi hazırlama süresinin kısaltılmasını kapsamaktadır. En önemli beklenti olarak, proje teklifi hazırlama süresinin en az %40 oranında azaltılması hedefi belirlenmiştir. Bu hedef belirlenirken, piyasada aynı süreçler için harcanan zamanlar, müşterilerin teklif alma süresiyle ilgili beklentileri ve çalışanların kapasitelerinin dikkate alınması daha gerçekçi bir yaklaşım sergilenmesini sağlamıştır.

İlgili departmanda, montaj hatlarının projelendirme sürecini analiz etmek amacıyla geçmiş yıllarda yapılan 47 önemli montaj hattı projesi seçilmiş, bu projelerin proje liderleriyle problemlerin kaynağını belirlemek amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Süreçlerin ortalama tamamlanma bilgilerini içeren çoktan seçmeli sorular incelenerek PERT analiziyle kritik yol belirlenmiştir. Bu analize göre projelendirme aşamasının ortalama 47 gün sürdüğü görülmüştür ve Tablo-1’ de faaliyetlerin başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir.

Tablo 1: Faaliyetlerin Başlangıç ve Bitiş Süreleri

	Faaliyetler	Öncülük	Başlangıç	Süre	Bitiş
A	Talep Toplama	-	0	1	1
B	Gözden Geçirme	A	1	3	4
C	Teknik Konsept	B	4	26	30
D	Zaman Planı	B	4	11	15
E	Maliyet Planı	B	4	27	31
F	Risk Değerlendirme	C,D	30	2	32
G	Teklif Formu	D,E	31	7	38
H	QG0	F	32	4	36
J	Teklifin İletilmesi	G,H	38	6	44
K	Pazarlık	J	44	3	47

Yapılan çalışmalarda ortaya çıkan ve iyileştirilmesi hedeflenen sapmaların önemli sebeplerini bulmak için anket verileri Pareto analizi ile incelenmiştir. Tablo-2’de görüldüğü üzere Pareto analizinde, mühendislik ve işçilik sürelerinin sağlıklı saptanamaması, deneyimlere göre süre belirlenmesi ve malzeme fiyatlarının doğru saptanamaması ilk incelenmesi gereken sorunlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 2: Projelendirme Aşaması Pareto Verileri

Problemler	Çıkan Sonuçlar	Sonuç %	Küm. Sonuç Toplam	Küm. Toplam %
Mühendislik ve İşçilik Sürelerinin Sağlıklı Saptanamaması	20	26,32	20,00	26,32
Deneyimlere Göre Süre Belirlenmesi	18	23,68	38,00	50,00
Malzeme Fiyatlarının Saptanamaması	17	22,37	55,00	72,37
Müşteri Spesifikasyonu Sebebiyle Değişiklik Yapılması	11	14,47	66,00	86,84
Tasarımın Karmaşıklığı	4	5,26	70,00	92,11
Malzeme Tedarik Süresinin Uzaması	2	2,63	72,00	94,74
Malzemeler Sebebiyle Değişiklik Yapılması	2	2,63	74,00	97,37
Kalkülasyon Aracının Yetersizliği	2	2,63	76,00	100,00
TOPLAM	76			

Belirlenen problemlerin kök nedenleri sebep-sonuç analizi yapılarak tespit edilmiştir. Bu analizde yöntem olarak balık kılıcı diyagramı kullanılmıştır. Belirlenen kök nedenlere çözüm bulmak amacıyla beyin fırtınası çalışması gerçekleştirilmiş, öneriler “organizasyonel yapılanma” ve “hesaplama aracı” olarak iki ana başlıkta toplanmıştır.

Organizasyonel yapılanma kapsamında proje yönetiminde proje teslim süresinin en küçüklenmesini amaçlayan modeller üzerinde durulmuş ve yapılan literatür araştırması sonucu kaynak kısıtlı proje çizelgeleme yaklaşımının proje yönetim sistemi için en uygun model olduğu saptanmıştır.

Bu doğrultuda oluşturulan matematiksel model aşağıda açıklanmıştır:

D_i : i faaliyetinin süresi,

S_{it} : i faaliyetinin t zamanında başlaması halinde 1, aksi halde 0,

E_{it} : i faaliyetinin t zamanında bitmesi halinde 1, aksi halde 0.

$\text{önc}[i, k]$: i faaliyetinin k faaliyetinin öncülü olması halinde 1, aksi halde 0.

$q[i, j]$: j kaynağının i faaliyetinde kullanılması halinde 1, aksi halde 0.

Amaç fonksiyonu

Bitiş süresinin bitiş zamanını diğer bir deyişle proje süresini en azlamaktır.

$$\min Z = \sum_{i=1}^{i=t} t E_{it} \quad (1)$$

Kısıtlar

Faaliyet Süresi Kısıtları:

Faaliyet i , S_{it} zamanında başladıktan sonra D_i süresi boyunca devam eder ve E_{it} zamanında sona erer.

$$\sum_t t S_{it} + D_i = \sum_t t E_{it} \quad \forall i \quad (2)$$

Doğruluk Kısıtları:

Faaliyet i 'nin başlangıç (S_{it}) ve bitiş (E_{it}) zamanı tektir ve bu zamanlarda faaliyet devam etmektedir.

$$\sum_t E_{it} = 1 \quad \forall i \quad (3a)$$

$$\sum_t S_{it} = 1 \quad \forall i \quad (3b)$$

Öncelik Kısıtları:

Faaliyet k faaliyet i 'den hemen sonra geliyorsa, faaliyet i 'nin başlangıcı S_{it} , faaliyet k 'nin başlangıcından D_i zaman birimi önce olmalıdır (4a). Kaynak j 'nin faaliyetlerdeki kullanımı öncelik matrisine uygun biçimde olmalıdır (4b).

$$\sum_t t S_{it} + D_i \leq \sum_t t S_{kt} \quad \text{prec}[i, k] = 1 \quad (4a)$$

$$\sum_t t S_{it} + D_i \leq \sum_t t S_{kt} \quad q[i, j] = 1, q[k, j] = 1 \quad (4b)$$

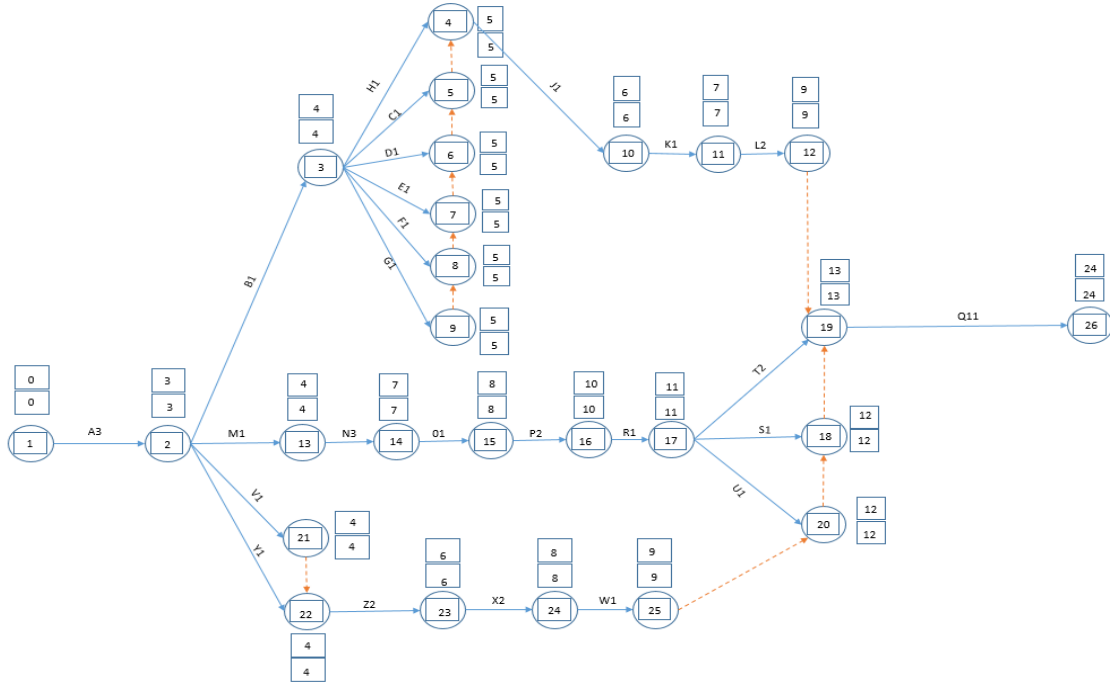
İkili tamsayı değişken kısıtları:

S_{it} ve E_{it} , ikili tamsayı değişkenlerdir.

$$E_{it}, S_{it} = \{1, 0\} \quad \forall i, t \quad (5)$$

Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT) uygulaması sonucunda mevcut durumda bulunan 47 günlük sürenin zaman kaybı açısından bazı aksaklıklara yol açtığı gözlenmiş ve eş zamanlı yürütülebilecek işlerin olduğu sonucuna varılmıştır. Yeni önerilen organizasyonel yapı için belirlenen veriler kaynak kısıtlı doğrusal programlama modelinde yerine konularak, faaliyetler, en geç tamamlanan faaliyetin, tamamlanma süresini minimize edecek şekilde çizelgelenmiş ve kaynak kısıtı olmadığı durumda projelendirme sürecinin 24 günde tamamlanabileceği belirlenmiştir. Ağ diyagramı Şekil-1'de verilmiştir.

Doğrusal programlama modeline kaynak kısıtı da eklendiğinde projelendirme süreci için en iyi tamamlanma süresi 33 gün olarak hesaplanmıştır. Doğrusal programlama modeli MPL Gurobi Solver ile çözülmüştür. İşletmenin projelendirme faaliyetlerinde yaşadıkları problemlere ve zaman kaybına çözüm bulabilmek amacıyla oluşturulan matematiksel modelin firmada uygulanabilmesi amacıyla MS Excel üzerinde VBA tabanlı bir sezgisel algoritma yazılmıştır. Algoritma her çalıştığında iki durum için çizelgeleme yapmaktadır.



Şekil 1: Ağ Diyagramı

Bunlardan ilki çalışanların %100 performans ile çalıştıkları varsayılarak yapılan çizelgedir. Bu çizelgede yapılan işlemler şu şekilde sıralanabilir;

- 1- Öncülü bulunmayan faaliyetlerin belirlenip çizelgelenebilmesi için faaliyetler öncelik matrisinden okutularak seçilir.
- 2- Seçilen bu faaliyetler çalışan bakımından bir kısıt taşımıyorsa aynı anda çizelgelenebilir. Eğer bu faaliyetlerde ortak kullanılan bir çalışan mevcut ise önce ilk sıradaki faaliyet daha sonra diğer faaliyetler çizelgelenir.
- 3- Çizelgenen ilk faaliyetin ardından bir sonraki faaliyet için öncelik matrisi tekrar okutularak bu ilk faaliyetin öncülü olduğu tüm faaliyetlerin başlangıç zamanı, çizelgelenen faaliyetin bitiş zamanı olarak alınır. Başlangıcı ve öncülü aynı olan tüm faaliyetler için o faaliyette görev alan kişilerin oluşturduğu matris okutularak çalışan kısıtına dikkat edilir. Bir çalışan birden fazla faaliyette aynı anda görev alamaz varsayımından hareketle; çalışan kısıtı durumunda paralel faaliyetlerin birer ilk faaliyet olarak seçilir.
- 4- Algoritma son faaliyet süresini okuyana kadar ilk üç adımı tekrarlar ve son faaliyetin çizelgelenmesi ile algoritma son bulur.

İkinci çizelge ise çalışanların birden fazla farklı projelerde görev aldıklarını varsayarak ve çalışanların doluluk oranlarının hesaba katıldığı durumda yapılan çizelgelemedir. Doluluk oranları, ilgili satıra yüzde cinsinden girilmektedir. Örneğin %50 doluluğu bulunan bir çalışan için algoritmaya girilmesi gereken doluluk oranı 0,5 olmalıdır. Doluluk oranlarının dikkate alındığı çizelgede bir öncekinden farklı olarak algoritmanın en başında aşağıdaki adım gerçekleşmektedir:

Her faaliyet çizelgelenmeden önce o faaliyette görev alan çalışanların doluluk oranlarına bakılarak en yüksek doluluk oranı seçilmektedir. Seçilen bu oran faaliyet süresi ile çarpılıp tekrar faaliyet süresinin üzerine eklenmektedir. Buradaki amaç çizelgeleme işleminin en yoğun çalışana göre yapılarak gerçekçi sonuçların alınmasını sağlamaktır. Sonraki adımlar ilk çizelgede anlatılan algoritma adımlarını içermektedir. Faaliyet sürelerine ait bilgiler ve çalışanların faaliyetlerde yer alma matrisi Tablo-3'de yer almaktadır.

Hesaplama aracı kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda proje planlama aşamasında kullanılmak üzere yeni bir yazılım oluşturulmuştur. Teklif oluşturmak için ihtiyaç duyulan malzeme listesi ve fiyat bilgileri firmada kullanılan SAP programı yardımıyla bir veri tabanına dönüştürülmüştür. Mekanik ve elektrik olarak gruplandırılan malzemelerin yer aldığı veri tabanının bir kesiti Tablo-4'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Yeni Durumda Faaliyetlerin Süresi ve Kaynakların Faaliyetlerde Kullanımı

Faaliyet Süre Öncül			Proje Lideri	Elektrik Tasarımcı	Mekanik Tasarımcı	Üretim	Satın Alma
a	1	-	1	0	0	0	0
b	3	a	1	1	1	1	1
c	10	b	0	1	1	0	1
d	5	b	0	1	1	0	1
e	6	b	0	1	1	1	0
f	3	c,d	1	0	0	0	0
g	1	d,e	1	0	0	0	0
h	4	f	0	1	1	1	1
j	1	g,h	1	0	0	0	0
k	3	j	1	0	0	0	0

Tablo 4: Mekanik ve Elektrik Malzemelerden Oluşan Veri Tabanı

Malzeme	Proje	Tedarikçi Firma	Açıklama	Tarih	Birim Fiyat
M.8010307.040.0.1	M.8010307	A Firması	Silindir	11.08.2015	X
M.8010307.120.0.1	M.8010307	A Firması	Durdurucu	11.08.2015	X
M.8010163.130.0.1	M.8010163	A Firması	Açılı Kıskaç	10.11.2014	X
M.8010412.093.0.1	M.8010412	A Firması	Koruyucu Kapak	9.02.2017	X
M.8010412.098.0.1	M.8010412	A Firması	Sensör	5.01.2017	X
M.8010413.160.0.1	M.8010413	A Firması	Kamera	24.11.2016	X
M.8010413.140.0.1	M.8010413	A Firması	Konveyör	15.11.2016	X
M.8010419.140.0.1	M.8010419	B Firması	Açılı Kıskaç	15.11.2016	X
M.8010339.120.0.1	M.8010339	B Firması	Silindir	11.11.2015	X
M.8010339.120.0.1	M.8010339	B Firması	Durdurucu	11.11.2015	X
M.8010340.120.0.1	M.8010340	B Firması	Sensör	2.10.2015	X
M.8010340.120.0.1	M.8010340	B Firması	Kamera	2.10.2015	X
M.8010307.120.0.1	M.8010307	B Firması	Ayıklık	25.06.2015	X
M.8010307.120.0.1	M.8010307	B Firması	Konveyör	25.06.2015	X
M.8010305.420.0.1	M.8010305	C Firması	Açılı Kıskaç	19.02.2015	X
M.8010269.420.0.1	M.8010269	C Firması	Koruyucu Kapak	30.12.2014	X
M.8010268.120.0.1	M.8010268	C Firması	Durdurucu	5.11.2014	X
M.8010268.120.0.1	M.8010268	C Firması	Sensör	5.11.2014	X
M.8010103.090.0.1	M.8010103	C Firması	Kamera	21.11.2014	X
M.8010140.720.4.1	M.8010140	C Firması	Ayıklık	6.05.2014	X

Veri tabanı oluşturulurken güncel bilgiler göz önünde bulundurularak standardizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu veri tabanı MS Access ile programlanan kullanıcı ara yüzüne entegre edilmiştir. Böylece maliyet hesabı yapılırken ihtiyaç duyulan tüm bilgilerin güvenilir ve kolay ulaşılabilir olması sağlanmıştır. Aynı zamanda geliştirilmiş olan kaynak kısıtlı proje çizelgeleme algoritması da yazılıma entegre edilmiştir. Sonuç olarak, kaynak doluluk oranlarının görülebileceği, teklif çalışması yapılabilen, yönetim ve müşteri için rapor oluşturulabilen ve projelendirmenin kaç gün süreceğinin öngörülebileceği bir proje yönetim aracı elde edilmiştir. Geliştirilen aracın genel görüntüsü Şekil-2' de verilmiştir.

Şekil 2: Geliştirilen Yazılımın Genel Görüntüsü

Uygulama planına göre hayata geçirilen önlemlerin etkinliğini yitirmemesi ve benzer sorunların gelecekte tekrar etmemesi için veri tabanının belirli aralıklarla güncellenmesi ve gerçekleşen proje planlama sürelerinin ölçülmesi, gerektiğinde önlem tanımlanması öngörülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İşletmede, projelendirme sürecinin mevcut iş akışı incelendiğinde uygulanan PERT tekniği sonucu projelendirme sürecinin tamamlanması 47 gün olarak bulunmuştur. Teklifin müşterilere geç iletilmesi zaman planını aksatmakta ve müşteri memnuniyetsizliğine neden olmaktadır. Eşzamanlı yürütülebilecek faaliyetler belirlenerek yeni organizasyonel yapı oluşturulmuştur. Yeni organizasyonel yapı dikkate alınarak PERT tekniği ile projelendirme süreci incelenmiş ve sürenin 24 güne düştüğü tespit edilmiştir. Oluşturulan yeni organizasyonel yapıyla projelendirme süreci gün bazında yaklaşık % 49 oranında azaltılmıştır.

Kaynak kısıtı dikkate alınarak projelendirme sürecinin 33 günde tamamlanacağı belirlenmiştir. Öte yandan oluşturulan veritabanı sayesinde malzeme grupları ve bileşenleri standartlaştırılmış olup bilgilere erişim kolaylığı sağlanmıştır. Bu proje kapsamında geliştirilmiş olan program ile hem proje teklif süreci kısaltılmış, hem de proje teklifi tüm kullanıcılar tarafından ortak tek bir araç tarafından ortaya çıkarılacağından, projenin maliyet ve zaman planlaması ile ilgili bilgilerin doğruluğu ve kesinliği artmıştır. Oluşturulan proje yönetim aracı, projelendirme süreci içerisinde zaman planı ve maliyet hesaplama adımlarını standartlaştırarak, ortaya çıkabilecek hataların ve sapmaların en aza inmesini sağlamıştır. Mevcut duruma kıyasla maliyet planlama sürecinde gün bazında %77'lik kazanç sağlanmıştır.

Genel olarak projelendirme sürecindeki kapasite kullanımında %60'lık verimlilik artışı sağlanarak proje hedefine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo-5'de özetlenmektedir.

Tablo 5: Azalan Mühendislik Kullanımının Çalışma Saatlerine Etkisi

	Proje Lideri	Mekanik Tasarım	Elektrik Tasarım	Satınalma	Mavi Yaka	Toplam
Mevcut Durumda Harcanan Çalışma Saatleri	387	252	252	54	162	1107
Geliştirilen Durumda Harcanan Çalışma Saatleri	162	108	117	27	27	441
Elde Edilen Fark (Saat)	225	144	135	27	135	666
Elde Edilen Fark (%)	58.14%	57.14%	53.57%	50.00%	83.33%	60.16%
				Elde Edilen Yüzde Kar (%)		60.16%

KAYNAKLAR

- [1] Barutçugil, İ.S., Proje Yönetiminde Örgütlenme Sorunu ve Proje Örgütü, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 4, Sayı: 2, 157-175 (2008).
- [2] Blazewicz, J., Lenstra, J.K. ve Kan, R. "Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity." *Discrete Applied Mathematics* 5.1 (1983): 11-24.
- [3] Büyüksalvarcı, A., "Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Bankalarda Bir Uygulama", Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı 10, ss. 160-180 (2006).
- [4] Kolisch, R., ve Padman, R., "An integrated survey of deterministic project scheduling." *Omega* 29.3 (2001): 249-272.
- [5] Oguz, O., ve Bala, H., "A comparative study of computational procedures for the resource constrained project scheduling problem." *European Journal of Operational Research* 72.2 (1994): 406-416.
- [6] Özdamar, L., ve Ulusoy, G., "An iterative local constraints based analysis for solving the resource constrained project scheduling problem." *Journal of Operations Management* 14.3 (1996): 193-208.
- [7] Rad, P.F., ve Levin, G., *The Advanced Project Management Office: a Comprehensive Look at Function and Implementation*. CRC Press, (2002).
- [8] Tecim, V., ve Sinan, G.. "Süreç Odaklı Proje Planlama: Bir Uygulama." *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 1.2 (2009): 165-180.
- [9] Temiz K, N.T., "Proje planlama teknikleri ve PERT tekniğinin inşaat sektöründe uygulanması üzerine bir çalışma." *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 3, Sayı:2, (2001).
- [10] Turan, A.P., 1995, "Proje Planlama ve Kullanılan Teknikler" Ankara, MPM
- [11] Ulusoy, G., 2002, "Proje planlamada kaynak kısıtlı çizelgeleme", Sabancı Üniversitesi

BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TEDARİK YÖNETİM MODELİ

Sara Uygur, Ash Aksoy

Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa,

suygur92@gmail.com, asliaksoy@uludag.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda hem resmi kurumlarda hem de özel kuruluşlarda enerji verimliliği ile ilgili yapılan çalışmalar önem kazanmış, Avrupa Birliği ülkeleri için 2030 yılı itibarıyla %27 enerji verimliliği hedefi konulmuştur. İşletmelerde enerji tedarik planının doğru yapılması, enerji firmalarının taahhüt, üretim ve bakım planlaması gibi konularda en iyi kararı vermesinde fayda sağlamakta, işletmelerin enerji kesintisi kaynaklı üretim kayıplarının önüne geçmektedir. Bu çalışmada dönemsel farklı üretim kapasitesine sahip gıda işletmesi için, işletmenin toplam enerji üretim ve tedarik maliyetini en azlayan istatistiksel enerji tedarik yönetim modeli geliştirilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Çalışmada öncelikle enerji tüketim miktarını etkileyen parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin enerji tüketim miktarı ile ilişkisini ortaya çıkaran sayısal bir yöntem geliştirilmiştir. Modelde, günlük üretim miktarlarındaki olası değişime bağlı olarak enerji tüketim tahmini istatistiksel yöntemlerle gerçekleştirildiğinden işletme için enerji tedarik miktarı ile ilişkili belirsizlik azalmaktadır. Ayrıca, işletme geliştirilen enerji tüketim tahmin modelini kullanarak, ileride yapacağı enerji tedarik anlaşmalarında farklı tedarik stratejileri de geliştirebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tedarik modeli, Enerji verimliliği, Kantil regresyon

ENERGY SUPPLY MANAGEMENT MODEL IN FOOD COMPANY

ABSTRACT

In recent years, both in public institutions and private organizations have increasingly focused on the studies related to energy efficiency, and it has been set up a target for 27% energy efficiency for the European Union countries as of 2030. The ideal energy supply plan for enterprises provides more accurate decisions for energy companies on the specific issues such as commitment, production and maintenance planning and enterprises are leading to prevent production losses caused by energy cuts.

In this study, a statistical model for the energy supply management, which tries to minimize total energy production and supply cost of the enterprise is presented, and the results have been analyzed for food processing company, which has seasonal different production capacities. The parameters, which have influences on the amount of energy consumption are determined, and they have proceeded with a statistical method to explain the relationship between those parameters and the amount of energy consumption. Since the presented model in this requires daily data, energy consumption estimation is performed by using statistical model depending on the possible changes in daily production quantities. The presented model reduces the uncertainty associated with the amount of energy consumption for the food processor company. Moreover, the company will be able to develop different energy supply strategies for energy supply agreements by using the developed energy consumption forecasting model.

Keywords: Energy supply model, Energy efficiency, Quantile regression

1.GİRİŞ

Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilecek kaynakların gün geçtikçe tükenmesi dünyada ve ülkemizde enerjiyi güncel bir sorun olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu durum yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesinin önemini arttırmış, enerji verimliliği ile ilgili çalışmaların da artmasına neden olmuştur.

Elektrik enerjisinin depolanamaması ve üretildiği anda hemen tüketilmesi gerekliliği sebebiyle talep değişiminin takip edilip, talebe karşı gelecek arzın oluşturulması ve enerji darboğazlarının yaşanmaması için üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin planlamalarının doğru şekilde yapılması gereklidir. Bu planlama stratejilerinin belirlenebilmesi için en önemli safhayı enerji talep tahmini oluşturmaktadır. Yapılacak tahminler ne kadar doğru olursa, yapılan çalışmalarda o kadar etkili sonuçlar yaratacaktır.

Bu çalışmada kendi enerjisini üreten bir gıda işletmesi ele alınmıştır. İşletmede, üretim kapasitesinin mevsimler arasında yüksek değişkenlik göstermesi nedeniyle, üretilen enerji bazı dönemlerde yeterli olurken, bazı dönemlerde de ulusal dağıtım firmalarından tedarik edilmektedir. Bu çalışmada istatistiksel yöntemler kullanılarak, işletmede doğru elektrik tüketim stratejisini belirleyecek analitik bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde, işletmede enerji tüketim miktarını etkileyen parametreler belirlenmiş, bu parametrelerdeki olası değişimin enerji tüketimindeki değişime etkisi gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan istatistik modelin yeterliliği ve güvenilirliği test edilmiştir.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Enerji talep tahmini için literatürde birçok farklı tahmin teknikleri kullanılmıştır. Çoklu regresyon, kantil regresyon, yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi tahmin teknikleri kullanılarak modeller geliştirilmeye çalışılmıştır.

Hsu ve Chen (2003) çalışmalarında, yapay sinir ağı (YSA) yöntemini kullanarak saatlik elektrik yük tahmini yapmışlar, regresyon modeli ile YSA'nın sonuçları karşılaştırarak, YSA'nın daha doğru sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Badri vd. (2012), kısa dönem yük tahmini için YSA ve bulanık mantık (BM) yöntemlerini incelemişlerdir. Çalışmada 24 saatlik yük verileri toplamışlar, her saat için yük miktarı ve ona ilişkin sıcaklık değeri belirlemişlerdir. İki yöntemin sonuçları incelendiğinde YSA'nın BM'ye göre daha doğru sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. BM yöntemi için doğru ve kapsamlı bir lineer regresyon eğrisi bulmanın zor olmasından dolayı iyi performans gösteremediği, YSA karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilmesinden dolayı daha iyi performans gösterdiğini savunmuşlardır. Kialashaki ve Reisel (2014), ABD'nin endüstriyel alanda kullandıkları enerji tüketim miktarını tahmin etmek için bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada, yıllık veriler üzerinde sanayi sektörü, enerji maliyeti ve GSYİH gibi değişkenleri kullanmışlardır. Talep tahmini için çoklu lineer regresyon modeli ve YSA modeli tasarlanmış ve iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Fumon ve RafeBiswas (2015), çekirdek ailelerde konut enerji tüketim tahmini için regresyon analizi kullanmışlardır. Sonuç olarak verilerin zaman aralığı arttıkça ve uzun zaman periyotlarında bakıldığında daha iyi sonuçların elde edildiğini ortaya koymuşlardır. Hagfors vd. (2016), her ticaret dönemine ait İngiltere elektrik fiyatına ilişkin temel kantil regresyon modelleri geliştirilmişlerdir. Çalışmada, 2005-2012 yılları arasındaki yarım saatlik verileri kullanmışlardır. Elektrik tedariki büyük ölçüde gaz ve kömür tesislerinden sağlandığı için gaz, kömür, karbon emisyonu fiyatını ana faktör olarak belirlemiş olup kantil regresyon yaklaşımıyla incelemiş ve tahminler ortaya koymuşlardır. Niu vd. (2016), elektrik tüketiminin konutların yaşam durumuna etkisinin kantil regresyon yaklaşımıyla analiz etmeye çalışmışlardır. 1128 anket formunun verilerine dayanarak yaptıkları çalışmada, kişi başına düşen tüketim miktarı, elektrikli ev aletlerinin çeşitliliği, kişi başına düşen gelir, elektrikli ev aletleri satın alma fiyatları, evin büyüklüğü gibi faktörlerin konut elektrik tüketimine etkilerini incelemişlerdir. Verilerin normal dağılmaması sebebiyle kantil regresyon yaklaşımı kullanmışlardır. Elektrik tüketimine etki eden ana faktörleri ortaya koyarak öneriler sunmuşlardır. Sonuç olarak elektrik için uygun kullanım politikası geliştirilmişlerdir. Li vd. (2017), günlük elektrik yükü miktarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Gelecekteki yükün belirsizliğini hesaba katmak ve yük koşullarına daha kapsamlı bir çerçeveden bakmak için kantitatif tahmin yöntemlerini kullanmanın daha etkili sonuçlar doğuracağını öne sürerek, kantil yaklaşımıyla verimli model kurmuşlardır. Yük tahminine etki eden faktörleri sıcaklık, haftanın günlerinin etkisi ve mevsimselliğin etkisi olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak iki Bayesian kantil regresyon modeli önermişlerdir.

3.ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON

Değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkisini matematiksel bir model olarak ortaya koymanın yöntemlerinden biri de çoklu doğrusal regresyon denklemini oluşturmaktır. Regresyon modeli bir açıklanan değişken (bağımlı değişken) ve buna etki eden açıklayıcı değişkenlerden (bağımsız değişkenler) oluşmaktadır.

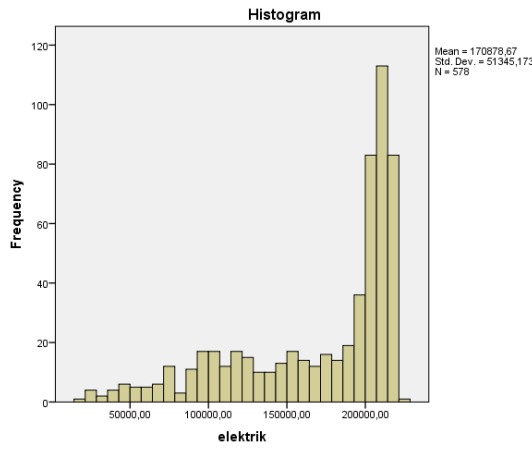
Çoklu doğrusal regresyon modeli gösterimi Eşitlik 1' deki gibi gösterilir. Eşitlik 1' de yer alan; Y bağımlı değişkeni, x_1, x_2, \dots, x_n bağımsız değişkenleri, $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini temsil eder.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

Çoklu regresyonun uygulanabilmesi için bazı varsayımların sağlanması gereklidir (Kutlar, 2009):

- 1.Varsayım: Tahmin hataları tesadüfidir ve normal dağılım gösterirler.
- 2.Varsayım: Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.
- 3.Varsayım: Değişkenler arasında çoklu bağlantı problemi yoktur.
- 4.Varsayım: Bağımlı değişken normal dağılım göstermelidir.

Bu çalışmada kullanılan elektrik tüketimi ile ilgili veriler analiz edildiğinde, çalışmada kullanılan verilerin sağa çarpık dağılım gösterdiği görülmüştür (Şekil 1). Bu durumun, çoklu doğrusal regresyonun varsayımlarından biri olan bağımlı değişkenin normal dağılım göstermesi varsayımını sağlamadığı tespit edilmiştir. Bu varsayımın karşılanmadığı durumlarda verilere belirli dönüşümler uygulanmaktadır. Çalışmada kullanılan Y açıklanan değişkenine, dönüşüm uygulanmasına rağmen normal dağılım göstermemiştir. Literatürde bu gibi durumlarda alternatif yöntemlerin uygulanabileceği belirtilmektedir. Alternatif yöntemlerden biri de kantil regresyon metodudur ve amacı değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaktır.



Şekil 1: Elektrik Tüketim Verileri Dağılım Grafiği

3.1. Kantil Regresyon

Doğrusal regresyon yöntemini uygulayabilmek için hataların normal dağılması ve sabit varyans varsayımlarına uymak gerekmektedir. Bu varsayımlar sağlanmadığı durumlarda modeller anlamlı sonuçlar vermemektedir. Kantil regresyon, daha kapsamlı regresyon görüntüsü sunmak amacıyla Koenker ve Bassett (1978) tarafından ortaya atılan alternatif bir regresyon modelidir. Kantil regresyon modeli son yıllarda tıpta referans çizelgeleri oluşturmada, hayatta kalma analizlerinde, ekonomi alanında ücret ve gelir dağılımı hesaplamalarında, çevresel faktörlerin modellenmesinde hava koşulları açısından zamana bağlı günlük elektrik talebinin modellenmesinde uygulanmaktadır (URL1).

Kantil regresyon modeli

$$Y_i = \beta + \varepsilon_i \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada Y_i simetrik f dağılım fonksiyonuna sahip, bağımsız, özdeş dağılımlı, β medyanlı tesadüfi değişkendir. Bu modelde θ . örnek kantil Eşitlik 3'de gösterilen ifadenin minimizasyonu ile elde edilir (Judge, 1985):

$$\min \beta \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i, Y_i \geq \beta} \theta |Y_i - \beta| \right\} + \left\{ \sum_{i, Y_i < \beta} (1 - \theta) |Y_i - \beta| \right\} \quad (3)$$

Kantil regresyon modelinin özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Elmalı, 2014).

1. Hata terimi normal dağılmadığında, kantil regresyon etkin bir modeldir.

2. Kantil regresyon, regresyon analizi için kantil ve yüzde kavramlarını kullanmaktadır.
3. Bağımsız değişken veya değişkenler tarafından açıklanan bağımlı değişkenin belirli bir yüzdesindeki ilişkiyi tahmin etmektedir. Dolayısıyla regresyon ilişkisini daha ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır.
4. Sapan değerlere karşı da duyarlıdır. Bu durum, koşullu dağılımın farklı noktalarında değişkenler arasındaki farklılıkları araştırma imkânı vermektedir.

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, bir gıda işletmesinin Ocak.2016-Temmuz.2017 tarihleri arasındaki günlük elektrik tüketim verileri esas alınarak enerji tüketiminde etkili olan faktörler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan parametreleri; tesiste üretilen kırma miktarı, kuru früktoz miktarı, früktoz miktarı, glikoz miktarı, doğal nişasta miktarı, modifiye nişasta miktarı ve hava sıcaklığı oluşturmaktadır. Kurulan modelin tahmin performansını değerlendirmek için çoklu doğrusal regresyon metodu varsayımları sağlamaması sebebiyle uygulanamamış, alternatif olarak sunulan robust regresyon yöntemlerinden olan “Kantil Regresyon” uygulanmıştır. Analiz için R paket programı kullanılmıştır. Enerji tüketimi bağımlı değişkenine; bağımsız değişkenlerin etkilerinin farklı kantillerde ($\tau = 0.25; 0.50; 0.75$) incelemesi yapılmıştır. Model seçiminde Eşitlik-4’de yer alan hata kareler ortalaması (Mean Square Error – MSE) yöntemi tercih edilmiştir (URL-2):

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n} \quad (4)$$

Uygulamaya ilişkin farklı kantil değerlerine ilişkin model özet tablosu Tablo 1’ de verilmiştir. Kantil regresyon modelinin parametrelerini test etmek için oluşturulan,

$$H_0: B_j=0 \\ H_1: B_j \neq 0 \quad j=0,1,2,3$$

hipotezleri için p değerleri incelendiğinde, $p < \alpha$ ise değişkenlerin katsayılarının modele katkısının anlamlı olduğu sonucuna varılır.

Tablo 1: Model özet tablosu

	Intercept (β_0)	Kırma	Kuru Fruktoz	Fruktoz	Glikoz	Doğal Nişasta	Modifiye Nişasta	Hava Sıcaklığı
$\tau = 0.25$	17724,80797	90,68866	67,81991	51,85913	38,07714	87,74684	103,95973	-162,21323
	0,00281	0	0	0,00002	0,00137	0	0	0,07319
$\tau = 0.50$	51395,89005	77,27229	58,9777	30,05726	33,48163	73,02584	86,12778	-211,67779
	0	0	0	0,00013	0,00008	0	0	0,00003
$\tau = 0.75$	80771,97349	64,69239	52,25621	32,21992	17,39765	60,56831	68,95119	-175,13497
	0	0	0	0,00265	0,06496	0	0	0,00916

Oluşturulan kantil regresyon modellerinde kırma miktarı, kuru früktoz miktarı, früktoz miktarı, glikoz miktarı, doğal nişasta miktarı, modifiye nişasta miktarı ve hava sıcaklığı parametrelerinin elektrik tüketimi bağımlı değişkeni üzerinde etkisi vardır denilebilir. Farklı kantillerde ($\tau = 0.25, \tau = 0.50, \tau = 0.75$) oluşturulan regresyon modelleri için elde edilen \hat{Y} tahmin değerlerinin gerçek elektrik tüketim değerleri ile karşılaştırılmasının bir kısmı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Uygulama ile elde edilen tahminlerin bir bölümü

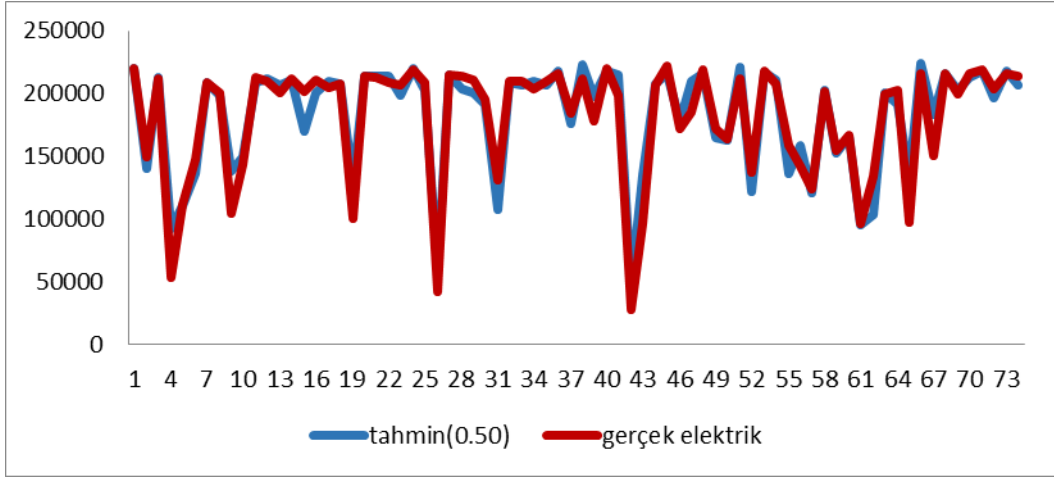
No	Gerçek Elektrik Tüketim Değeri	Tahmin Değerleri			No	Gerçek Elektrik Tüketim Değeri	Tahmin Değerleri		
		$\tau =0.25$	$\tau =0.50$	$\tau =0.75$			$\tau =0.25$	$\tau =0.50$	$\tau =0.75$
1	219747,59	217010,59	219939,26	221829,03	25	208248,83	196808,4	202299,53	208527,92
2	149771,66	124585,57	140611,53	155220,48	26	42204,7	28046,12	59224,23	86152,64
3	211749	207718,3	212977,63	215770,59	27	215071,22	211228,34	215357,62	217983,17
4	53137,69	66719,62	92703,19	115052,86	28	213866,84	198811,19	204151,66	207941,44
5	112029,12	88272,54	110326,3	129561,36	29	210590,72	194969,56	201046,01	205769,05
6	147913,68	117371,83	136435,59	151852,79	30	195308,11	182847,26	191010,53	196321,61
7	208933,92	203290,69	208638,19	212681,55	31	131138,92	85671,62	107809,45	126664,92
8	200667,62	190419,43	198203,28	203928,97	32	210103,91	204151,8	208824,4	213610,32
9	104852,7	120446,8	138164,52	153495,12	33	210038,75	202247,49	206811,76	212334,01
10	143427,7	134706,93	149515,26	163142,44	34	203899,8	205439,42	210006,6	213467,58
11	213145,16	204346,55	209076,76	213093,83	35	210048,85	200593,33	206912,08	212278,09
12	209828	206013,01	211562,52	215771,11	36	216289,44	213867,45	217592,89	220272,84
13	200088,13	199775,41	206234,17	209511,41	37	183841,2	164935,93	176467,78	184180,9
14	211942,46	208878,29	211104,51	215987,3	38	212182,95	222626,65	223492,92	224958,12
15	201140,39	157783,02	170057,34	178700,56	39	177922,23	189126,26	197668,77	202418,55
16	211044,45	195902,7	200672,69	205895,3	40	219716,89	216002,96	217843,76	220392,27
17	204958,02	205684,28	210106,91	213062,89	41	198351,63	211531,76	215335,48	217279,76
18	207648,65	203167,76	207648,65	211189,9	42	28158,73	15755,36	48145,21	77649,71
19	100885,23	110157,28	130518,27	145952,04	43	96468,25	119742,36	135502,9	151847,88
20	214157,43	209060,15	213357,78	216255,67	44	206597,96	201671,45	207734,32	210818,32
21	212767,1	210503,68	214127,18	216708,62	45	221680,82	211942,72	215752,69	218065,41
22	208575,64	209357,25	213662,02	216052,42	46	172166,43	169701,32	178208,5	186896,89
23	206484,75	190965,88	198299,32	204137,97	47	184884,88	205699,09	210046,7	213227,55
24	219312	217224,89	220492,65	222250,08	48	219312	212245,69	216382,3	218818,74

Farklı kantillerde ($\tau =0.25$, $\tau =0.50$, $\tau =0.75$) oluşturulan regresyon modelleri arasında en iyi modeli seçmek için modellerin MSE değerleri dikkate alınmıştır. Oluşturulan regresyon modellerinin MSE değerleri Tablo 3'de yer almaktadır:

Tablo 3: MSE Karşılaştırma Tablosu

	$\tau =0.25$	$\tau =0.50$	$\tau =0.75$
MSE	474505476,50	326835872,70	511276211,00

Oluşturulan modeller arasında en düşük MSE değerine sahip olan iyi bir modeldir. Yapılan uygulamada en düşük MSE değerine sahip $\tau =0.5$ kantil için oluşturulan regresyon modeli en uygun sonuçları vermektedir. İşletmenin gerçek elektrik tüketim değerleri ve $\tau =0.5$ kantil regresyon modelinin tahmin değerleri arasındaki ilişki Şekil-2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Tahmin ve gerçek değerler arasındaki ilişki

5.SONUÇ

Yoğunlaşan rekabet, artan çevre bilinci, yasal düzenlemeler ve yükselen enerji fiyatları global üretim firmalarının ana endişe kaynağıdır. Özellikle enerji maliyeti ve enerji üretiminin çevresel etkileri işletmeler ve resmi kurumlar için farklı stratejilerin geliştirilmesini zorunlu tutmaktadır. İşletmeler enerji maliyetlerini düşürmek için farklı stratejiler geliştirmektedirler. Bu çalışmada dönemsel farklı üretim kapasitesine sahip bir gıda işletmesinde elektrik tüketimine etki eden parametreler belirlenerek, elektrik tüketimi tahmin modeli geliştirilmiştir. Elektrik tüketim değerlerinin normal dağılım göstermemesi nedeni ile, bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kantil regresyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model bazı veri setleri için gerçek değere yakın tahmin yaptığı görülse de bazı veri setleri için yeterli doğrulukta tahmin yapamamaktadır. Çalışmanın ileriki aşamalarında farklı yöntemler uygulanarak, gelecekteki elektrik tüketim tahmin modeli için daha yüksek doğrulukta sonuç veren bir model oluşturulması ve böylece işletmenin enerji maliyetlerini düşürmesi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Altındağ,İ.,(2010), “Quantile Regresyon ve Bir Uygulama”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstatistik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- [2] Badri,A.,Ameli,Z.,Birjandi,A.M., (2012), “Application of Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic Methods for Short Term Load Forecasting.Energy Procedia, 14.
- [3] Elmalı, K.,(2014), “Kantil Regresyon ve Negatif Binomial Regresyon İle İllerde Kullanılan İlaç Sayısına Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi”, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- [4] Fumon,N.,RafeBiswas,M.A.,(2015), “Regression Analysis For Prediction Of Residential Energy Consumption” , Renewable And Sustainable Energy Reviews,47,pp. 332–343.
- [5] Hagfors, L.I.,Bunn,D., Kristoffersen, E., Staver, T.T.,Westgaard, S., (2016), “Modeling The UK Electricity Price Distributions Using Quantile Regression”, Energy, 102, pp. 231-243.
- [6] Hsu, C.,Chen, C.,(2003), “Regional Load Forecasting in Taiwan—Applications of Artificial Neural Networks”, Energy Conversion and Management, 44, pp.1941–1949.
- [7] Kialashaki, A., Reisel, J.R., (2014), “Development And Validation Of Artificial Neural Network Models Of The Energy Demand In The Industrial Sector Of The United State”, Energy, 76,pp. 749-760.
- [8] Kutlar,A.,(2009), Uygulamalı Ekonometri,3.Baskı, Nobel Yayınları, Ankara.
- [9] Li, Z., Hurn, A.S., Clements, A.E., (2017), “Forecasting Quantiles Of Day-Ahead Electricity Load”, Energy Economics, 67, pp.60–7.
- [10] Niu, S., Jia, Y., Ye, L., Dai, R., Li, N., (2016), “ Does Electricity Consumption Improve Residential Living Status In Less Developed Regions? An Empirical Analysis Using The Quantile Regression Approach”, Energy,95, pp.550-560.

- [11] URL1, Finansal ekonometri 1, Kantil Regresyon ve Sağlam Regresyon, <http://www.bys.trakya.edu.tr/file/download/75455336>.
- [12] URL2, İktisat İstatistik2, http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/ntahmin_slides.pdf.

FABRİKA İÇİ MALZEME TEDARİĞİ SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ: BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA UYGULAMA

İlker Küçüköğlü¹, Betül Yağmahan¹, Müge Sinem Çağlıyan¹, Ayşen Yıldız¹, Dilan Aktokluk¹

¹ Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

ÖZET

Bu çalışmada, bir otomotiv yan sanayi firmasına ait fabrika içi malzeme tedariki problemi dikkate alınmıştır. Çalışmanın amacı, makinelere malzeme tedariki yaparken hat yanı stok miktarını ve taşıma maliyetlerini en küçükleyerek katma değersiz işleri azaltmaktır. Firmaya ait malzeme tedariki problemi iki aşamalı olarak dikkate alınmış ve her bir aşamanın çözümü için karışık tamsayı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Birinci aşamada, malzeme tedariki yapacak araç için toplam dolaşım mesafesini en aza indirecek sabit bir rota, gezgin satıcı problemi kapsamında oluşturulmuştur. Gezgin satıcı probleminin temel varsayımlarına ek olarak bu aşamada, teknolojik kısıtlardan dolayı aracın U-dönüşünü engelleyecek ek kısıtlar dikkate alınmıştır. İkinci aşamada ise, birinci aşamada elde edilen rota kullanılarak hat yanı stok miktarları ve araç kapasite kısıtı dikkate alınarak malzeme tedarik planlaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal çalışmalar sonucunda, geliştirilen çözüm yaklaşımının firmada kullanılması durumunda taşıma aracının etkinliğindeki artış ile stok maliyeti, taşıma maliyeti ve katma değersiz işlerden doğan maliyetlerdeki azalmalar ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Araç rotalama, Gezgin satıcı problemi, Malzeme tedariki, Matematiksel modelleme

DEVELOPMENT OF AN IN-PLANT MATERIAL SUPPLY SYSTEM: A CASE STUDY OF AN AUTOMOTIVE SUBSIDIARY COMPANY

ABSTRACT

In this paper a material supply problem of an automotive subsidiary company is considered. The aim of the study is to reduce non-value-added works by minimizing the transportation cost and inventory amounts at the production area while delivering the materials to machines. The material supply problem of the company is taken into account in two stages and a mixed integer mathematical model is proposed to solve each stage. In the first stage, a fixed route plan of the handling truck is formed based on the traveling salesman problem to reduce total travelled distance. Due to the technological restrictions, in addition to the principles of the traveling salesman problem, supplemental constraints are taken into account to avoid U-turn of the handling truck. In the second stage, regarding the truck capacity and inventory amounts at the production area, the material supply planning is realized by using the route plan of the truck found in the first stage. As a result of the computational studies, improvements on the truck utilization and reduction on the inventory cost, transportation cost, and cost of other non-value-added works are indicated in case of the application of the proposed solution approach in the company.

Keywords: Vehicle routing, Traveling salesman problem, Material supply, Mathematical modelling

1. GİRİŞ

Standart ve takip edilebilir olmayan bir iç lojistik sistemi, işletmelerde stok hareketlerinde dengesizliğe ve katma değersiz faaliyetlere sebep olmaktadır. Yüksek miktarda stok birikimi ya da malzemenin zamanında tedarik edilememesi, taşıma sistemindeki taşıma yapan aracın etkin kullanılmamasından dolayı operatörlerin katma değersiz işler yapması işletmeler için önemli bir maliyet unsurudur. İç lojistik faaliyetlerinin frekansiyel ve standart olması ile bu maliyet unsurlarının azalması hedeflenir. İstenilen malzemenin, istenilen yere istenilen zamanda ve miktarda götürülmesi süreçler arası stokları düşürürken, katma değersiz faaliyetleri ve maliyetleri en aza indirmektedir.

Fabrika içi malzeme tedariki sistemlerinin tasarımı en önemli konulardan birisi kullanılan araçlar için doğru rotaların belirlenmesidir. Gezgin satıcı problemi (GSP), araç rotalama problemlerinin özel bir durumu olarak görülmektedir (Eksioglu vd., 2009). GSP, depoda tek bir aracın olduğu ve ek kısıtların olmadığı bir araç rotalama problemi olarak görülmektedir (Toth ve Vigo, 2002). Problem, m şehirden oluşan ve her şehre bir kez uğranılacak şekilde tekrar başlangıç şehrine dönüldüğü rotanın bulunmasıdır. Amaç minimum maliyetli rotanın elde edilmesidir (Hoffmann vd., 2013). Bu problem, NP-tam problem sınıfında yer almaktadır (Rego vd., 2011). Bu problem ilk olarak 1930 yılında Menger tarafından tanımlanmış (Gutin ve Punnen, 2007) ve ilk formülasyonlardan biri olan Dantzig vd. (1954) çalışmalarından bugüne çözümü için çok sayıda kesin çözüm ve yaklaşık çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Konu ile ilgili daha kapsamlı araştırmalara Laporte (1992), Reinelt (1994), Gutin ve Punnen (2007) ve Matai vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalarda bulunabilir.

Fabrika içi malzeme tedariki sistemlerinin tasarımı diğer önemli bir konu ise, malzeme/parça besleme sisteminin geliştirilmesidir. Boysen vd. (2015) parça lojistiği ile ilgili karar problemlerini sınıflandırmışlar ve bunlarla ilgili literatürdeki çalışmaları incelemişlerdir. Böhle vd. (2009) parça besleme ve araç rotalama problemlerini aynı anda ele almışlar ve çözümü için bir matematiksel formülasyon ve sezgisel yaklaşım önermişlerdir. Satoglu ve Sahin (2013), taşıma maliyeti ve elde bulundurma maliyeti toplamını minimize edecek şekilde taşıma araçları için rota oluşturan bir matematiksel model önermişlerdir.

Bu çalışmada, pompa üretimi yapan bir otomotiv yan sanayi firmasındaki malzeme tedariki problemi dikkate alınmıştır. Firmada frekansiyel malzeme tedariki yapan bir iç taşıma sistemi bulunmamaktadır. İstenilen miktarda malzemenin, zamanında üretim birimlerine gelmemesi ihtimaline önlem olarak yüksek miktarda stok tutulmaktadır. Operatörler, süreçler arası taşımaları ise el ile yapmakta ve bu katma değersiz faaliyetler nedeniyle zaman kaybetmektedirler. Çalışmanın amacı, makinelerin boş kalmayacak şekilde malzeme tedariki yaparken hat yanı stok miktarını ve taşıma maliyetlerini en küçükleyerek katma değersiz işleri azaltmak, azalan işleri standartlaştırarak takip edilebilir hale getirmektir. Problemlerin çözümü için iki aşamalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Birinci aşamada, taşıma yapacak aracın toplam taşıma maliyetini en aza indirecek rota için matematiksel model geliştirilmiştir. Bu aşamada gezgin satıcı problemine ait matematiksel model, firmanın operasyonel kısıtlarına göre adapte edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamada elde edilen araç rotasına göre hat yanı stok maliyetlerini en aza indirecek bir malzeme atama modeli formüle edilmiştir. Bu kapsamda, firmaya ait fabrika için malzeme tedariki problemi ikinci bölümde detaylı olarak verilmiştir. Üçüncü bölümde, problemin çözümü için geliştirilmiş olan iki aşamalı yaklaşım tanımlanmıştır. Geliştirilen çözüm yaklaşımı kullanılarak elde edilen uygulama sonuçları ile firmanın mevcut durumu ile ilgili karşılaştırmalar dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

2. PROBLEM TANIMI

Bu çalışma, hidrolik ve pnömatik pompa üretimi yapan bir otomotiv yan sanayi firmasında gerçekleştirilmiştir. Firmada hücrel üretim yapılmaktadır. Tesis içinde dört farklı ana ürün üreten dört farklı bölüm vardır. Bunlar A2, A6, A10 ve MC Üretim ve Montaj birimleridir. A2 bölgesi, fabrikadaki sistemin karakteristik özelliklerini en iyi yansıtan ve bitmiş ürün olarak en çok ciro yapan bölüm olduğu için pilot bölge olarak seçilmiştir ve analizler bu bölgede yapılmıştır.

Pilot bölgede, A2 tip pompa bileşenlerinin üretimi ve montajı yapılmaktadır. Bu bölgede, altı üretim ve iki montaj hücresi bulunmaktadır. Bu üretim hücrelerine ait hammadde tedarik edilmesini sağlayan duraklar mevcuttur. Üretim süreci bitmiş pompa bileşenlerinin montajının yapıldığı ana montaj hücresine, iki hafta önceden bitmiş pompa siparişleri gelmektedir. Bu gelen siparişe göre, ana montaj hücresinden üretim hücrelerine en az 10 gün önceden iş emri açılır. Üretim hücreleri, ana montajdan gelen bu iş emrine karşılık ilgili siparişi karşılayacak şekilde üretime başlamadan en az üç saat önce ambara hammadde talebinde bulunmaktadır. Gelen taleplerin ambarda hazırlanıp üretim hücrelerine tedarik edilmesi, taleplerin ambara geli süresine göre FIFO prensibiyle gerçekleşmektedir. Taşıma aracı bir tur için en fazla beş kasa taşıyabilir. Ambarda taşıma aracına yüklenen hammaddeler ilgili dağıtım noktalarına ulaştırıldıktan sonra, taşıma aracı ambara geri döner ve bir sonraki turun taleplerini karşılamak üzere hazırlanır. Bu nedenle aracın standart bir rotası yoktur ve sadece talebin olduğu duraklara uğramaktadır. Üretim sürecinde boşalan kasalar ise üretim hücresinde çalışan operatörler tarafından boş kasaların toplandığı durağa götürülmektedir. Boş kasalar bu durakta paketleme bölümünden başka bir operatör tarafından ambara geri götürülünceye kadar beklemektedir.

Frekansiyel malzeme tedariki sistemi, belirlenen zaman aralıklarıyla belirlenen duraklara malzeme tedarik etmeyi amaçlayan bir sistemdir. Firmada frekansiyel malzeme tedariki olmamasından dolayı istenilen zamanda istenilen miktarda malzeme gelmemesi ihtimaline önlem olarak yüksek miktarda stok tutulmaktadır. Bu durum hammaddelerde kalite problemine ve malzemenin hat yanında beklerken organizasyonel düzensizliğe yol açmasıyla sonuçlanmaktadır. Yalın üretim bakış açısıyla ele alınan bir diğer problem ise mevcut taşıma sisteminde kullanılan aracın etkin kullanılmamasıdır. Mevcut sistemde hammadde tedariki yapan vagonlu bir taşıma aracı bulunmaktadır, fakat bu araç boş kasaları ve ara taşımaları yapmamaktadır. Firmada boş kasalar operatörler tarafından önceden belirlenen bir durağa

bırakılmakta, paketleme biriminden başka bir işçi kasaları ambara götürmektedir. Operatörler sorumlu oldukları üretim biriminden ayrılarak çeşitli taşıma araçlarıyla (el arabası, forklift, elle) boş kasa taşıma işlemini kendileri yapmaktadırlar. Bu da katma değersiz işlere neden olmaktadır. Tüm sorunlar ele alındığında fabrikada üretim birimlerine frekansiyel olarak malzeme tedarigi sağlanmak için bir sisteminin kurulması hedeflenmiştir.

3. ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Firmada hammadde tedarigini sağlayacak standart bir taşıma sisteminin oluşturulması için, araç rotasının belirlenmesi ve bu rota kullanılarak optimum malzeme tedarik planının üretilmesini sağlayan iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Çözüm yaklaşımın ilk aşamasında taşıma aracının rotasını belirleyecek bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin amacı, malzeme tedarigi yapılacak tüm duraklara hizmet verecek en düşük maliyetli rotanın tespit edilmesidir. İkinci aşamada ise, birinci aşamada elde edilen rota bilgisi dahilinde toplam taşıma ve hat yanı stok maliyetlerini minimize edecek şekilde optimum malzeme tedarik planını oluşturabilen bir matematiksel model formüle edilmiştir.

3.1. Birinci Aşama: Araç Rotasının Belirlenmesi

Birinci aşamada araç rotasının belirlenmesi problemi, gezgin satıcı problemi şekline uyarlanarak taşıma maliyetlerini en aza indirecek bir matematiksel model oluşturulmuştur. Bu kapsamda model için dikkate alınan varsayımlar;

- Aracın hizmet vereceği duraklar ve duraklar arasındaki mesafeler bilinmekte ve sabittir.
- Araç, rotası içerisindeki duraklara sadece bir defa hizmet vermektedir.
- Aracın teknik özelliklerinden dolayı rotası içerisinde **U**-dönüşü yapabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle geriye dönüş yapılan bir rotaya izin verilmemektedir.
- Sistemde tek araç vardır ve bu aracın hızı sabittir. Aracın hareketi sırasında trafik sorunu yoktur.
- Taşıma maliyeti, aracın dolaşım mesafesi üzerinden dikkate alınmaktadır ve elektrikli aracın şarj olma maliyeti üzerinden hesaplanmaktadır.

Tanımlanan varsayımlara göre oluşturulan karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Parametreler

I	Toplam durak sayısı
D	Taşıma aracının gidebileceği yön sayısı
C_c	Aracın saatlik şarj maliyeti
C_w	Aracın bir turu için ihtiyaç duyulan işçilik maliyeti
T	Aracın bir metre yol gidebilmesi için ihtiyaç duyulan şarj süresi
m_{ijdm}	i . durağın d yönünden j . durağın m yönünden olan uzaklığı, $i, j = 1, \dots, I$; $d, m = 1, \dots, D$

Karar Değişkenleri

x_{ijdm}	Taşıma aracı i durağından d yönünde çıkıp j durağına m yönünde geliyorsa 1 , aksi halde 0 değerini almaktadır, $i, j = 1, \dots, I$; $i \neq j$; $d, m = 1, \dots, D$
U_i	Alt tur engellemek amacıyla kullanılan yardımcı değişken, $i = 1, \dots, I$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z_1 = C_w + T \cdot C_c \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I \sum_{d=1}^D \sum_{m=1}^D (m_{ijdm} x_{ijdm}) \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^J \sum_{d=1}^D \sum_{m=1}^D x_{ijdm} = 1 \quad i = 1, \dots, I \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D \sum_{m=1}^D x_{ijdm} = 1 \quad j = 1, \dots, J \quad (3)$$

$$U_i + 1 \leq U_j + I \cdot \left(1 - \sum_{d=1}^D \sum_{m=1}^D x_{ijdm} \right) \quad i = 1, \dots, I \quad j = 2, \dots, I \quad (4)$$

$$1 \leq U_i \leq I \quad i = 1, \dots, I \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D x_{ijdm} + \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D x_{jimd} \leq 1 \quad j = 2, \dots, I \quad m = 1, \dots, D \quad (6)$$

$$x_{jimd} \in \{0,1\} \quad i, j = 1, \dots, I \quad d, m = 1, \dots, D \quad (7)$$

$$U_i \geq 0 \text{ ve Tamsayı} \quad i = 1, \dots, I \quad (8)$$

Amaç fonksiyonunu tanımlayan (1) no.lu ifade taşıma aracına ait toplam maliyeti en küçüklemeyi amaçlamaktadır. (2) ve (3) no.lu kısıtlar aracın rotasını oluşturan temel kısıtlardır. Bu kısıtlar, her bir durağa sadece bir noktadan gelinmesini ve ilgili duraktan sonra sadece bir noktaya gidilmesini sağlamaktadır. (4) ve (5) no.lu kısıtlar alt tur elimine etmeyi sağlamaktadır. (6) no.lu kısıt aracın rotasında U-dönüşü yapmasını engellemektedir. (7) ve (8) no.lu ifadeler modele ait karar değişkenlerinin işaretlerini tanımlamaktadır.

3.2. İkinci Aşama: Malzeme Tedarik Planı Oluşturma

Çözüm yönteminin ikinci aşamasında, ilk aşamada önerilen matematiksel modelin oluşturduğu optimum rota için hat yanı stok miktarını ve maliyeti en küçükleyecek bir malzeme tedarik planı sağlayan matematiksel model formüle edilmiştir. Oluşturulan bu modelin varsayımları;

- Gün içerisinde aracın toplam yapacağı çevrim sayısı ve süresi bilinmektedir ve sabittir.
- Gün içerisinde dağıtım yapılacak kasa adeti ve bu kasaların hangi zaman aralığında duraklara teslim edileceği bilinmektedir.
- Gün başlangıcında hat yanında bulunan kasa adetleri bilinmektedir.
- Bir durağa teslim edilen dolu kutu, durağın işlem süresine bağlı olarak belirli bir süre sonra boş kutu olarak sisteme geri dönmektedir.
- Araç, dinamik doluluğuna göre dolu kutu dağıtım ve boş kutu toplama işlemini eş zamanlı yapabilmektedir.
- Araç her çevrimde, birinci aşamada elde edilen rotayı takip etmektedir.
- Taşıma yapacak aracın belirli bir kapasitesi vardır ve araçta bulunan toplam kasa adeti bu kapasiteyi aşamaz.
- Her durağın belirli bir stok kapasitesi vardır ve duraklara ait bu kapasite aşılamaz.
- Aracın bir çevrim içerisinde gerçekleştirdiği toplam operasyonların süresi çevrim süresini aşamaz.
- Hat yanında üretim hızından kaynaklı malzeme yetersizliği durumu dikkate alınmamaktadır.

İkinci aşama için bu varsayımlara göre oluşturulan karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Parametreler

I	Taşıma aracının uğrayacağı toplam durak sayısı
T	Gün içerisinde gerçekleştirilecek toplam çevrim sayısı
K	Gün içerisinde dağıtım yapılacak toplam dolu kasa sayısı
H_i	i durağına ait hat yanı kasa kapasitesi, $i = 1, \dots, I$
T_i	i durağının bir dolu kasayı çevrim cinsinden bitirme süresi, $i = 1, \dots, I$
BS_i	i durağına ait gün başında hat yanı stok miktarı, $i = 1, \dots, I$
HD_k	k kasanın bırakılacağı/alınacağı durak, $k = 1, \dots, K$
RS_i	Araç rotasına ait i . sıradaki durak, $i = 1, \dots, I$
AK	Taşıma aracının taşıyabileceği en fazla vagon adedi
C_h	Hat yanında bir kasa bulundurma maliyeti
CS	Bir çevrim için izin verilen maksimum süre
TL	Bir kasanın yükleme/boşaltma süresi
TS	Aracın bir turu atma süresi
EE_k	k kasanın durağa bırakılması gereken en erken çevrim, $k = 1, \dots, K$
EG_k	k kasanın durağa bırakılması gereken en geç çevrim, $k = 1, \dots, K$

Karar Değişkenleri

D_{kt}	k . kasa t . çevrimde bırakılırsa 1 , aksi halde 0 değerini almaktadır, $k = 1, \dots, K$; $t = EE_k, \dots, EG_k$
B_{kt}	k . kasa t . çevrimde alınırsa 1 , aksi halde 0 değerini almaktadır, $k = 1, \dots, K$; $t = EE_k, \dots, T + 1$
A_t	t . çevrimde araç tura çıkarsa 1 , aksi halde 0 değerini almaktadır, $t = 1, \dots, T$
TD_{it}	i . durağa t . çevrimde bırakılacak kasa adedi, $i = 1, \dots, I$; $t = 1, \dots, T$
TB_{it}	i . duraktan t . çevrimde alınacak kasa adedi, $i = 1, \dots, I$; $t = 0, \dots, T + 1$
Y_{it}	t . çevrimde i . duraktan geçerken araçtaki kasa adedi, $i = 1, \dots, I$; $t = 1, \dots, T$

S_{it} i . durakta t . çevrimde hat yanında bulunan kasa adedi, $i = 1, \dots, I$; $t = 0, \dots, T + 1$
 TZ_t t . çevrimde aracın turu tamamlama süresi, $t = 1, \dots, T$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{t=1}^T Z_1 * A_t + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^{T+1} C_h * S_{it} \quad (9)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=2}^I TD_{it} = Y_{it} \quad t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$Y_{it} \leq AK * A_t \quad i = 1, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (11)$$

$$S_{it} \leq H_i \quad i = 2, \dots, I \quad t = 1, \dots, T + 1 \quad (12)$$

$$S_{it} = S_{it-1} + TD_{it} - TB_{it} \quad i = 2, \dots, I \quad t = 1, \dots, T + 1 \quad (13)$$

$$S_{i0} = BS_i \quad i = 2, \dots, I \quad (14)$$

$$\sum_{t=EE_k}^{EG_k} D_{kt} = 1 \quad k = 1, \dots, K \quad (15)$$

$$D_{kt} \leq \sum_{h=t+T_{HD_k}}^{T+1} B_{kh} \quad k = 1, \dots, K \quad t = EE_k, \dots, EG_k \quad t + T_{HD_k} \leq T \quad (16)$$

$$D_{kt} \leq B_{k(T+1)} \quad k = 1, \dots, K \quad t = EE_k, \dots, EG_k \quad t + T_{HD_k} = T + 1 \quad (17)$$

$$\sum_{i=2}^I (TD_{it} + TB_{it}) * TL + TS * A_t = TZ_t \quad t = 1, \dots, T \quad (18)$$

$$TZ_t \leq CS * A_t \quad t = 1, \dots, T \quad (19)$$

$$Y_{(RS_i)t} = Y_{(RS_{i-1})t} - TD_{(RS_i)t} + TB_{(RS_i)t} \quad i = 2, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (20)$$

$$TD_{it} = \sum_{\substack{k=1 \\ HD_k=i}}^K D_{kt} \quad i = 2, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (21)$$

$$TB_{it} = \sum_{\substack{k=1 \\ HD_k=i}}^K B_{kt} \quad i = 2, \dots, I \quad t = 1, \dots, T + 1 \quad (22)$$

$$D_{kt}, B_{kt}, A_t \in \{0,1\} \quad k = 1, \dots, K \quad t = 1, \dots, T \quad (23)$$

$$TD_{it}, TB_{it}, S_{it} \geq 0 \text{ ve Tamsayı} \quad i = 1, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (24)$$

$$Y_{it} \geq 0 \text{ ve Tamsayı} \quad i = 1, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (25)$$

$$TZ_t \geq 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (26)$$

Amaç fonksiyonunu tanımlayan (9) no.lu ifade toplam taşıma ve hat yanı stok maliyetini en küçüklemeyi amaçlamaktadır. (10) no.lu kısıt, aracın her çevrimde ambardan ayrılmadan önceki yük miktarını hesaplamaktadır. (11) no.lu kısıt, aracın içerisindeki yük miktarının aracın kapasitesini geçmemesini sağlamaktadır. (12) no.lu kısıt hat yanı kapasite kısıtıdır. (13) ve (14) no.lu kısıtlar hat yanı stok miktarını oluşturan kısıttır. (15) no.lu kısıt k . kasanın belirlenen zaman dilimi içerisinde rotaya atanmasını sağlayan kısıttır. (16) ve (17) no.lu kısıtlar kasanın belirlenen zaman diliminde toplanmasını sağlayan kısıttır. (18) no.lu kısıt aracın her çevrim için toplam dolaşım süresini hesaplamaktadır. (19) no.lu araca ait dolaşım süresinin belirlenen maksimum dolaşım süresini aşmamasını sağlamaktadır. (20) no.lu kısıt aracın içerisindeki yük miktarını hesaplamaktadır.

(21) ve (22) no.lu kısıtlar her çevrim lokasyonlarda bulunan toplam dolu ve toplam boş kasaları hesaplamaktadır. (23)-(26) no.lu ifadeler modele ait karar değişkenlerinin işaretlerini tanımlamaktadır.

4. UYGULAMA

Geliştirilmiş olan iki aşamalı çözüm yaklaşımı, firmanın A2 bölgesine ait bir günlük üretim verileri kullanılarak test edilmiş ve mevcut sistem ile karşılaştırmalara yapılarak yaklaşımın etkinliği analiz edilmiştir. Dikkate alınan gün için 11 durağa 67 adet kutunun dağıtımının planlanması gerekmektedir. Bu analizler için firmanın uygulamış olduğu 30 dakikalık sabit çevrim stratejisine ek olarak 45 ve 60 dakikalık çevrim süreleri için de çözümler elde edilmiş ve malzeme tedarigi için en iyi senaryo belirlenmiştir. Sayısal uygulamalarda çözüm yaklaşımına ait birinci ve ikinci aşamada önerilen matematiksel modeller MPL 5.0 matematiksel modelleme yazılımı (Maximal Software, Inc., 2017) ve Gurobi 7.5.1 çözücü (Gurobi Optimization, Inc., 2017) kullanılarak çözdürülmüştür.

Çözüm yaklaşımının ilk aşamasında A2 bölgesinde yer alan 11 durağa malzeme tedarigi yapacak aracın rotası belirlenmiştir. Modelin çözümü için gerekli olan mesafe matrisi, A2 bölgesinin yerleşim planına göre oluşturulmuştur. Malzeme tedarigi yapacak elektrikli aracın enerji maliyeti üzerinden 11 nokta için optimum rota, geliştirilen matematiksel model ile bir saniyeden daha kısa sürede elde edilmiştir. Elde edilen rota ile firmanın örnek alınan gün için uygulamış olduğu rota karşılaştırması Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen rota, firma tarafından kullanılan rota ile kıyaslandığında yaklaşık %30 daha az dolaşım mesafesi ile bir sonuç elde edildiği görülmektedir. Malzeme tedarigi için işçilik maliyetinin çevrim süresine bağlı olması nedeniyle ancak elektrikli aracın tur maliyeti üzerinde bir tasarruf sağlanabilmiştir. İlk aşama için elde edilen bu tasarruf miktarlarının, çözüm yönteminin firmanın genelinde kullanılmaya başlanması ile daha büyük olması beklenmektedir.

Tablo 1: Birinci aşamada elde edilen rotanın mevcut sistem ile karşılaştırması

Performans Kriteri	Mevcut Rota	Elde Edilen Rota
Rota Uzunluğu (<i>m</i>)	924,0	643,5
Rotaya Ait Enerji Maliyeti (<i>TL</i>)	0,0865	0,0602
İşçilik Maliyeti (<i>TL/saat</i>)	12,5	12,5
Toplam Rota Maliyeti (<i>TL</i>)		
30 dakikalık çevrim	6,3365	6,3102
45 dakikalık çevrim	9,4615	9,4352
60 dakikalık çevrim	12,5765	12,5602

GSP’nin NP-tam problem sınıfında yer alması nedeniyle birinci aşama çözüm yaklaşımı için yapılan diğer bir sayısal analiz ise geliştirilen matematiksel modelin farklı büyüklükte problemler üzerinde test edilmesi olmuştur. Dikkate alınan pilot bölge dışında firma üretim alanında 20’ye yakın durak bulunmaktadır. Dolayısıyla, geliştirilmiş olan çözüm yaklaşımının firma genelinde uygulanışı sırasında birinci aşama için yaklaşık 30 duraklık bir problem büyüklüğü söz konusu olacaktır. Geliştirilmiş olan matematiksel modelin etkinliğini test edebilmek için firmanın toplam durak sayısını da dikkate alarak farklı büyüklüklerde (10, 30 ve 50 durak) 15 adet rassal olarak üretilmiş problem seti oluşturulmuştur. Bu test problemleri için Gurobi ile elde edilen sonuçlar birim uzaklık (*br*) olarak ve çözüm zamanı (*sn*) olarak Tablo 2’de yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, toplam durak sayısı 10 ve 30 olan problemler için ortalama bir saniyeden kısa bir sürede, toplam durak sayısı 50 olan problemler için ise ortalama 5,78 saniyede çözüme ulaşıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, geliştirilmiş olan birinci aşama matematiksel modelin Gurobi çözücü ile etkin bir şekilde firmaya uygulanabileceği görülmüştür.

Tablo 2: Birinci aşama test problemleri için elde edilen sonuçlar

Durak Sayısı								
10			30			50		
Problem No	Sonuç (<i>br</i>)	İşlem Zamanı (<i>sn</i>)	Problem No	Sonuç (<i>br</i>)	İşlem Zamanı (<i>sn</i>)	Problem No	Sonuç (<i>br</i>)	İşlem Zamanı (<i>sn</i>)
1	185,67	0,08	6	365,62	0,12	11	588,82	3,82
2	203,06	0,20	7	378,91	0,48	12	596,98	7,11
3	184,00	0,08	8	404,26	1,13	13	597,65	3,02
4	167,89	0,04	9	382,17	1,02	14	601,50	6,45
5	176,48	0,05	10	390,11	0,41	15	612,47	8,48

Sayısal analizlerin ikinci aşamasında, birinci aşamada elde edilen sabit rota bilgisi kullanılarak 30, 45 ve 60 dakikalık sabit çevrim süresine sahip üç farklı senaryo için malzeme tedariki planı oluşturulmuştur. Birinci aşamada elde edilen rota uzunluğuna göre aracın bir turu dolaşım süresi, aracın hızı 7 km/s olarak varsayılarak 5,5 dk olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde dolu/boş kutuların elektrikli araca yükleme/boşaltma işlemleri için dikkate alınan süre 2 dk olarak sabit kabul edilmiştir. Bu varsayımlar altında 30, 45 ve 60 dakikalık sabit çevrimler için elde edilen ikinci aşama sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir. Elde edilen üç farklı senaryo maliyetleri karşılaştırıldığında, malzeme tedariki için gün içerisinde 30 dakikalık 20 çevrimden oluşan tedarik planı en düşük maliyetli plan olarak tespit edilmiştir. Bu senaryoya ait sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırıldığında toplam tedarik ve hat yanı stok maliyetlerinde %60'ın üzerinde tasarruf sağlanabileceği görülmüştür. Ayrıca dağıtım aracının gün içerisinde yapacağı tur sayısında %15'in üzerinde, ortalama hat yanı stok miktarında %70'in üzerinde ve aracın doluluk oranlarında %30'ın üzerinde önemli iyileşmeler sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Tablo 3: İkinci aşamada elde edilen sonuçlar ve mevcut durum ile karşılaştırması

Performans Kriteri	Mevcut Durum	Elde Edilen Sonuçlar		
		30 Dakikalık Çevrim	45 Dakikalık Çevrim	60 Dakikalık Çevrim
Toplam Maliyet (TL)	3299,00	1225,10	1236,54	1402,68
Gerçekleşen Tur Sayısı	24	20	19	18
Ortalama Çevrim Süresi (dk)	15,0	18,4	19,3	19,9
Ortalama Hat Yanı Stok Miktarı	3,62	1,03	0,99	1,10
Aracın Ortalama Doluluğu (%)	25,83	64,60	69,20	72,20

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada bir otomotiv yan sanayi firmasına ait fabrika içi malzeme tedariki problemi dikkate alınmıştır. Firmada gerçekleştirilen malzeme taşımalarını daha etkin hale getirebilmek ve üretim alanlarında bekleyen stok miktarlarını en aza indirebilmek amacıyla iki aşamalı bir çözümlü yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen çözüm yaklaşımının ilk aşamasında malzeme tedariki yapacak aracın rotasını tespit edecek bir karışık tamsayılı matematiksel model önerilmiştir. İkinci aşamada ise ilk aşamada elde edilen rota bilgisi ve diğer üretim kısıtları doğrultusunda hat yanı stok maliyetlerini minimize edecek bir ürün tedariki modeli formüle edilmiştir. Geliştirilen iki aşamalı modelin geçerliliği ve etkinliği, firmada gerçekleştirilmiş olan bir günlük üretim bilgisi kullanılarak test edilmiştir. Farklı çevrim süreleri üzerinden yapılan analizlerde en düşük maliyetli üretim tedariki planı 30 dakikalık çevrim süresi ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar firmanın mevcut durumu ile karşılaştırıldığında, toplam taşıma ve stok maliyetlerinde, gerçekleştirilen tur sayılarında, ortalama hat yanı stok miktarlarında ve dağıtım yapacak araç doluluklarında önemli iyileştirmeler gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın firmalarında gerçekleştirilmesi için gösterdikleri ilgi ve destekleri için başta Mehmet Onur TOPÇU ve Mustafa Kemal ALTAY olmak üzere tüm firma çalışanlarına teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

- [1] Boysen, N., Emde, S., Hoeck, M., Kauderer, M. (2015), "Part Logistics in the Automotive Industry: Decision Problems, Literature Review and Research Agenda", European Journal of Operational Research, 242(1), pp.107-120.
- [2] Böhle, C., Dangelmaier, W., Hellingrath, B. (2009), "A Lot Sizing Model with Integrated Tour Planning", IFAC Proceedings Volumes, 42(4), pp.588-593.
- [3] Dantzig, G., Fulkerson, R., Johnson, S. (1954), "Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem", Journal of the operations research society of America, 2(4), pp.393-410.
- [4] Eksioğlu, B., Vural, A.V., Reisman, A. (2009), "The Vehicle Routing Problem: A Taxonomic Review", Computers & Industrial Engineering, 57(4), pp.1472-1483.
- [5] Reinelt, G. (1994), The Traveling Salesman: Computational Solutions for TSP Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [6] Gurobi Optimization, Inc. (2017), Gurobi Optimization. <http://www.gurobi.com/>, 20.11.2017.
- [7] Gutin, G., Punnen, A.P. (2006), The Traveling Salesman Problem and Its Variations, Springer Science & Business Media.

- [8] Hoffman K.L., Padberg M., Rinaldi G. (2013), “Traveling Salesman Problem”, Encyclopedia of Operations Research and Management Science, pp.1573-1578, Springer, Boston, MA.
- [9] Laporte, G. (1992), “The Traveling Salesman Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms”, European Journal of Operational Research, 59(2), pp.231-247.
- [10] Mатаi, R., Singh, S., Mittal, M.L. (2010), “Traveling Salesman Problem: An Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches”, Traveling Salesman Problem, Theory and Applications. InTech.
- [11] Maximal Software, Inc. (2017), MPL Modeling System, Arlington, VA, USA. <http://www.maximalsoftware.com/mpl/>, 20.11.2017.
- [12] Rego, C., Gamboa, D., Glover, F., Osterman, C. (2011), “Traveling Salesman Problem Heuristics: Leading Methods, Implementations And Latest Advances”, European Journal of Operational Research, 211(3), pp.427-441.
- [13] Satoglu, S.I., Sahin, I.E. (2013), “Design of A Just-In-Time Periodic Material Supply System for the Assembly Lines and an Application in Electronics Industry”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 65(1-4), pp.319-332.
- [14] Toth, P., Vigo, D. (2002), The Vehicle Routing Problem, Society for Industrial and Applied Mathematics.

TEKSTİL VE KONFEKSİYON SEKTÖRÜNÜN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Selin Hanife Eryürük¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul,
eryuruk@itu.edu.tr

ÖZET

Tekstil ve konfeksiyon endüstrisi dünyada ekolojik olarak çevreyi en çok kirletici endüstrilerden biri olarak kabul edilmektedir. Tekstil ve konfeksiyon sektörünün, yaşam döngüsünü sürdürülemez yapan faktörler arasında kimyasal yapılı geri dönüşümsüz elyaflar, üretimde kullanılan zararlı kimyasallar ve boyar maddeler, yüksek miktarda su ve enerji tüketimi, katı, sıvı, gaz atıklar, yüksek miktarda yakıt kullanımı, bozulmayan ambalaj malzemelerinin kullanımı gelmektedir. Bir tekstil ürününün veya sürecinin tüm yaşam döngüsünün çevresel etkilerini incelemek için sistematik bir bilimsel yaklaşım olan yaşam döngüsü değerlendirmesi kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi tasarım aşamasından başlamaktadır. Günümüzde çevre açısından sürdürülebilir tasarım veya çevreye duyarlı tasarım, ürünlerin olumsuz çevresel etkilerini ortadan kaldırmak için oldukça önemlidir. Çevre dostu ürünler üretebilmek için, enerji kullanımı, toksidite, asitlendirme, CO₂ emisyonları, ozon tüketimi, kaynak tükenmesi ve daha pek çok konuda ürünlerin farklı çevresel girdi ve çıktılarının tasarım aşamasında düşünmesi gerekmektedir. Bu çalışmada amaç, tekstil ve konfeksiyon endüstrisinin dünyadaki durumunu, çevreye etkilerini yaşam döngüsü değerlendirmesi çerçevesinde incelemektir. Tasarım aşamasından başlayarak, doğal ve sentetik elyaf üretimi, iplik ve kumaş üretimi, boya ve son kimyasal bitim işlemleri, konfeksiyon üretimi, tedarik zinciri yönetimi, perakende yönetimi ve kullanım ömrü bitmiş ürünlerin tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve atık yönetimi konuları çevresel etkileri açısından değerlendirilecektir. Çalışmada mevcut durum analizi ile çevreye duyarlı yeşil ürün ve yeşil üretimin metodlarının tekstil ve konfeksiyon sektöründe nasıl gerçekleştirilebileceği üzerine değerlendirmeler yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil ve konfeksiyon sektörü, yaşam döngüsü değerlendirmesi, yeşil üretim

THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF TEXTILE AND APPAREL SECTOR

ABSTRACT

The textile and apparel industry is considered to be one of the most ecologically polluting industries in the world. The factors that make the life cycle of the textile and apparel industry unsustainable are the use of chemically structured irreversible fibers, hazardous chemicals and dyes used in the production processes, high water and energy consumption, solid, liquid, gaseous waste, high amount of fuel use, unspoiled packaging materials. Life cycle assessment, a systematic scientific approach, is used to study the environmental impact of a textile product or its entire life cycle. The life cycle assessment starts with the design phase. Today, environmentally sustainable design or environmentally sensitive design is crucial to remove the adverse environmental effects of products. In order to produce eco-friendly products, different environmental inputs and outputs of products must be considered in the design phase in terms of energy use, toxicity, acidification, CO₂ emissions, ozone depletion, resource depletion and many more. The aim of this study is to examine the state of the textile and apparel industry in the world and its impact on the environment in the context of life cycle assessment. Starting with the design stage, natural and synthetic fiber production, yarn and fabric production, dye and final chemical finishing processes, apparel production, reuse of finished products, recycling and waste management, supply chain management, retail management and service life will be evaluated in terms of environmental impacts of textile products. In the study, it is evaluated how environmental sensitive green products and green production methods can be realized in the textile and apparel sector by analyzing the current situation.

Keywords: Textile and apparel sector, life cycle assessment, green production

1. GİRİŞ

Tekstil ve hazır giyim sektörü dünyada gerek üretim sürecinde yaratılan katma değer gerekse ihracat gelirleri içindeki yüksek payı nedeniyle ekonomik kalkınma sürecindeki birçok ülke için önemli sektörlerden biridir. Tekstil ve hazır giyim sektörü birlikte değerlendirildiğinde, gayri safi yurt içi hasıla, imalat sanayi ve sanayi üretimindeki pay, ihracat, ekonomiye sağladığı net döviz girdisi, istihdam, yatırım gibi makro-ekonomik büyüklükler açısından Türkiye'nin önemli sektörlerinden biridir (URL1). Tekstil ve konfeksiyon sektörü lif, iplik veya kumaşların üretimi, boyama, terbiye işlemleri, konfeksiyon üretimi, perakende dağıtımı ile büyük bir tedarik zinciri yapılanmasına sahiptir. Üretim ve dağıtım işlemleri büyük, komplike, pahalı makinelerin ve çeşitli kimyasal maddelerin yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Tekstil ve konfeksiyon üretiminde kullanılan organik ve organik olmayan hammaddeler, kullanılan tarım ilaçları, kumaşın boyanmasında ve bitim işlemlerinde kullanılan boyar maddeler ve diğer kimyasallar hem çevreye hem de insan sağlığına oldukça zararlı etkiler içermektedir (URL2).

Günümüzde çevre ve insan sağlığına uygun tekstil üretimini esas alan Ekolojik Tekstil kavramı 1990'lı yılların başında ortaya çıkmıştır. Ekolojik tekstil veya eko tekstil, elyaf halinden bitmiş halde ürün oluncaya kadar tüm işlem basamaklarında çevre gözetilerek üretilmiş, kullanım aşamasında kullanıcıya zarar vermeyen ve kullanıldıktan sonra atılacak olan ürünün tekrar geri kazanılabilen (recycling) veya çevreye zararsız ürünlere dönüştürülebilen ürün demektir. Dünyada, çevre, kalite, sağlık vb. alanlarda yaşanan gelişmelerin sonucu olarak çevre ile ilgili çeşitli düzenlemelere ve uygulamalara gidilmekte, çevre etiketleri geliştirilmektedir. Tekstil ve konfeksiyon sektörü çevreye negatif etkileri olan bir sektör olup, tekstil sektörü faaliyetlerinin çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için çevreyle uyumlu temiz üretim yöntemlerinin ve üretim teknolojilerinin kullanılması, üretim sırasında suya, havaya ve toprağa salınan her türlü emisyon, deşarj ve atıkların kontrolünün sağlanması, hammadde ve enerjinin etkin kullanılması, kullanıma ilişkin usul ve esasların düzenlenmesi ve uygulanması gerekmektedir (Uzunluoğlu, 2010; İTKİB, 2005, URL3).

Bu çalışmada, tekstil ve konfeksiyon sektörünün çevresel etkisi ve yaşam döngüsünün değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla detaylı bir literatür araştırması yapılarak, bilimsel çalışmalar değerlendirilmiş, dikkat edilmesi gereken önemli noktalar ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), bir ürün, proses veya hizmetin üretilmesi ya da sunulması sırasında kullanılan enerji, hammadde, kimyasal, su vs. girdilerin tümüne bağlı olarak meydana gelen atıkların ve emisyonların hesaplanmasını, buna bağlı olarak iyileştirmelerin yapılması ve doğal kaynak tüketiminin azaltılması konusunda fırsat yaratan bilimsel bir analiz metodudur (BUTEKOM, 2014). YDD yöntemi dört aşamaya sahiptir. İlk adım, çalışmanın amaçlarının belirlenmesini, değerlendirilecek ürünün tanımlanmasını içerir. Envanter olarak adlandırılan ikinci adımda, ürünün yaşam döngüsünün tüm süreçlerinden gelen veriler beşikten mezara toplanır ve işlenir. Bu aşamada, ürünün enerji ve hammadde gereksinimleri, çevresel emisyonlar ve deşarjlar ve diğer işlemler hesaplanır ve tüm üretim aşamaları için sunulur. Elde edilen bu veriler ürünün yaşam döngüsündeki tüm süreçlerinden tüketim ve boşaltım değerlerini hesaplamak için kullanılır. Üçüncü aşama, etki değerlendirme aşaması olarak adlandırılır. Bu aşamada, envanter verileri, insan sağlığı, ekolojik sağlık ve kaynak tükenmesi üzerine etkiler değerlendirilir. Son adımda, envanter ve etki aşamalarının sonuçlarına dayalı öneriler yapılır. Bu iyileştirme analiz aşamasında, farklı hammaddelerin seçilmesi, üretim proseslerinin modifiye edilmesi veya bir ürünün diğerinden daha fazla seçilmesi gerekebilir (Werf vd., 2008; Laursen vd., 2007). Tekstil ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesinde hammadde eldesi, imalat işlemleri (iplik ve kumaş), kimyasal bitim ve işleme aşaması, hazır giyim imalatı, ambalajlama, nakliye, kullanımı, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve atılması aşamalarını içermektedir. Tekstil ve konfeksiyon sektörü göz önüne alındığında, doğal liflerin yetiştirilmesinde kullanılan ilaçlar, sentetik liflerin üretimindeki emisyonlar, lifleri işleyerek iplik, kumaş, giysi üretiminde kullanılan kimyasallar, arıtılmamış sıvı atıklardan kaynaklanan su kirliliği, katı atıklar, enerji tüketimi, hava kirliliği başlıca çevresel sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Sürdürülebilir Tasarım ve Çevreye Duyarlı Hammadde Seçimi

Günümüzde çevresel olarak sürdürülebilir tasarım veya çevreye duyarlı tasarım, ürünlerin olumsuz çevresel etkilerini ortadan kaldırmak için çok önemlidir. Çevre dostu ürünler için tasarımcılar, enerji kullanımı, su kullanımı, toksik etki, asitleşme miktarı, CO₂ emisyonları, ozon tüketimi, kaynak tükenmesi ve diğerleri gibi sürdürülebilir bir yaşam döngüsü kapsamında ürün tasarımı ve imalatı için farklı çevresel girdileri ve çıktıkları düşünmelidirler.

Örneğin, tasarımcılar kuru temizleme etkisinden kaçınmak için az yıkama gerektiren, az su ve temizlik malzemesi kullanılan, az ütüleme gerektirecek şekilde tasarımlarını geliştirmeleri gerekmektedir. Malzeme ve giysiler yeniden kullanılabilir ve geri kazanımla yeni bir tekstil materyaline dönüştürülebilir olmalıdır.

Üretim süreci hammadde seçimi ile başlar. Doğada iki tür malzeme bulunmaktadır. Birincisi büyüyen, biyolojik olarak parçalanabilen ve yeniden büyüyen yenilenebilir malzemeler, ikincisi yoğun olarak kullanıldığında büyümeyen ve atık olabilmeyen yenilenebilir sonlu malzemeler (Choudhury,2008). Moda ve tekstil üretimi için hammadde seçiminde yenilenebilir (pamuk, keten, yün ve ipek gibi doğal elyaflar) ve geri dönüştürülebilir malzemeler (geri dönüşümlü poliester ve naylon gibi) elyaflar tercih edilmesi gereken tekstil lifleridir.

Pamuk, polyesterden sonra Dünya tekstil ürünlerinin% 40'ını üretmek için kullanılan ikinci elyaf türüdür (Saicheua vd., 2012). Yaygın olarak dünyanın en "kirli" bitkilerinden biri olarak kabul edilen pamuk, çevre ve insan sağlığı üzerinde yıkıcı etkilere sahip olabilmektedir. Mahsul, dünyanın ekili arazilerinin sadece % 2,5'ini kaplarken, sektör, dünya böcek ilaçlarının %16'sını kullanmaktadır. Çevresel Adalet Fonu (ÇAF), dünya çapında 25 ile 75 milyon arasında tarım işçisinin her yıl akut zehirli madde zehirlenmesinden muzdarip olduğunu bildirmiştir (URL4). Günümüzde organik ürün kavramı oldukça yaygın kullanılmaktadır. Organik pamukun, genetiği ile oynanmamış tohumdan üretilmesi, zararlı böcek ve ot ilacı kullanılmadan yetiştirilmesi, etik kurallar çerçevesinde üretilmiş olması gerekmektedir. Diğer selülozik lif türleri, pamuklu olmayan doğal elyaf sektöründe en önemli sürdürülebilir elyaf olarak düşünülen kenevir ve ketendir. Polyaktonik Asit (PLA), mısır, buğday ve diğer nişastalı maddeler gibi yenilenebilir kaynaklar kullanılarak daha çevre dostu kaynaklardan üretilen diğer bir lif türüdür.

Hayvansal lif üretimi sırasında bazı kimyasal gübreler ve zirai ilaçlar da kullanılır. Ayrıca, temizleme ve dekompozisyon işlemi sırasında çıkan atık su tarafından oluşturulan kirlilik, bazı deterjanlar ve kimyasallar içerir. Üstelik yün gibi doğal elyaflar ayrıştıklarında, sera ve metan gazı yaratırlar (Saicheua vd.,2012). Organik yünün elde edildiği koyunların organik olarak beslenmesi, büyümesi ve büyüme sırasında hiçbir böcek öldürücü ve hormonun kullanılmaması gerekmektedir. Süt ve soya gibi protein esaslı kaynaklardan elde edilen biyopolimerleri kullanarak üretilen sürdürülebilir tekstil lifleri de çevreye duyarlı tasarım için yeni olanaklar sunmaktadır.

Sentetik elyaflar dünyanın giysi ihtiyacının yarısından fazlasını üretmek için kullanılır. Polyester dünyada en çok kullanılan sentetik elyaf türüdür. Sentetik liflerin üretim sürecinde daha az su ve toprak kullanılır, ancak çevre üzerinde daha fazla etkiye sahiptir. Sentetik elyaflar çoğunlukla yenilenebilir kaynaklardan (örneğin fosil yakıtlardan) elde edilir ve üretim aşamasında yüksek seviyede enerji gereklidir. Örneğin, akrilik lifinin üretiminde 0,3-15 L/kg suya, pamuk elyafı 200 L/kg'ya ihtiyaç duyulmaktadır. Sentetik lif üretiminde liflerin polimerleştirilmesi, eğilmesi ve finisajı 369-432 MJ/kg enerji gerektirirken, pamuk üretimi daha düşük miktarda enerji, 38-46 MJ/kg enerji gerektirir (Choudhury,2013). Üstelik daha yüksek sera gazı emisyonları serbest bırakılır ve üretim çok miktarda kimyasal madde gerektirir. Atık yönetiminde karşılaşılan diğer çevresel sorunlar, biyolojik olarak parçalanabilirlik, çeşitli sağlık ve toksikolojik tehditler olarak sıralanabilir (Saicheua vd, 2012; Muthu, 2014)

2.2. Üretim Süreçleri

Tekstil ve konfeksiyon firmalarının faaliyetlerinin, çevre konularıyla bütünleştirilebilmesi için ilk aşamada çevreye duyarlı üretimin tanımının anlaşılması gerekmektedir. Yücel ve Ekmekçiler (2008) çevre dostu üretimi şu şekilde tanımlamışlardır: *“Çevreye zarar veren atık bırakmadan, hatta hiç yeni atık üretmeden, diğer üretimlerin atığını hammadde olarak kullanarak, doğa ve doğadaki canlılara, hatta doğal çevre ve tarihsel dokuya zarar vermeden, zehirli atık ve zehir üretmeden, metan ve karbondioksit gibi sera gazlarını oluşturmadan, gelecek kuşakları ve doğanın diğer unsurlarını da düşünerek, doğal kaynakları tüketmeden yararlanarak, doğa ile birlikte çalışarak yapılan üretim çevre dostu üretimdir.”*

Çevre dostu teknolojiler, çevre ve yaşam sağlığını tehdit eden zararlı etkileri en aza indiren, doğal kaynakları verimli bir şekilde kullanan ve sürdürülebilir hale getiren teknolojiler olarak tanımlanır. Çevre dostu teknolojiler dört sınıfa ayrılabilirler. Bunlardan ilki, üretim prosesinde herhangi bir değişiklik yapmadan, üretim sonucunda ortaya çıkan atık ve zararlı etkileri ortadan kaldırmaya yönelik teknolojilerdir. İkincisi, üretim süreçlerinde değişik yapılar, hammadde, yardımcı madde, doğal kaynak girdilerini ve atık çıktılarını en aza indirgeyen teknolojilerdir. Örneğin, daha az enerji, su ve kimyasal madde kullanarak, daha verimli çalışan, daha az/daha zararsız atık üreten prosesler ve son ürünlerdir. Üçüncü tip çevre dostu teknoloji, geri kazanım ve yeniden kullanım teknolojileri olup, atıkların çevreye atılarak zarar vermelerini önleyen, yeni malzemelere dönüştürülerek yeniden kullanımını sağlayan ve böylece doğal kaynak tüketimini azaltan teknolojilerdir. Dördüncü tip teknoloji eski ve geleneksel çevre dostu teknolojileri olup doğal gereği zaten çevre dostu olan teknolojilerdir (Yücel ve Ekmekçiler, 2008).

Çevreye duyarlı üretimin amaçlarına ulaşılmasında, hem ileri doğru hem de geriye doğru tedarik zinciri faaliyetlerinin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Karbon ayakizi bir ürün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca neden olduğu sera gazı salınımını karbondioksit (CO₂) eşdeğeri olarak ifade eden yaklaşımdır (Butekom,2014).

Yapılan bir çalışmaya göre İngiltere’de 2009 yılında, yeni ve kullanılan tüm giysilerin yıllık karbon ayakizi yaklaşık 38 milyon ton (0,6 ton kişi başı yıllık) olup, bu değer İngiltere’nin toplam direk karbon ayakizinin %2’sine denk gelmektedir. 2009 yılında herbir giysinin karbonayakizi 1-17 kg CO₂ arasında değişmektedir (Palamutçu, 2015).

Tekstil ve konfeksiyon firmalarının faaliyetlerinin, çevre konularıyla bütünleştirilebilmesi için ilk aşamada çevreye duyarlı üretim ve çevre dostu üretim kavramlarının anlaşılması gerekmektedir. Şekil 1’de tekstil ve konfeksiyon sektörü tedarik zinciri görülmektedir.



Şekil 1: Tekstil ve Konfeksiyon sektörü üretim süreçleri

Sürdürülemez konvansiyonel kimyasal üretim süreçleri yenilenemez karbon bazlı fosil yakıtlara (petrol ve kömür) bağlıdır ve çevreyi kirleten büyük miktarda atık üretirler. Ağır metaller, büyük atom numarası olan metaller olarak tanımlanır. Suya oranla 4-5 kat fazla özgül ağırlığa sahiptirler ve genellikle 22-34 ve 40-52 atom numaralarına ve periyodik cetvelin lantanidleri ve aktinit üyelerine aittirler (Landage, 2009). Bu maddeler vücuda gıdalar, su, hava yoluyla veya ciltle emilim yoluyla girebilirler ve biyolojik olarak birikim eğilimindedir. Çoğu, hücrelerde biriken lipid çözüner organo-metalik bileşikler oluştururlar ve organların işlevlerini zayıflatırlar. Tekstil atıklarında yaygın olarak bulunan arsenik, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, kurşun, manganez, civa, nikel, gümüş, kalay, titanyum ve çinko ağır metallerden bazılarıdır. Tekstil işlemlerindeki ağır metallerin yoğun olduğu kaynaklar arasında elyaf, su, boyalar, yardımcılar, bitim işlemleri ve kimyasal kirlilikler bulunmaktadır (Panov vd., 2008).

Üretim süreçleri iplik üretimi ile başlar. İplik eğirme işlemleri, açma, taraklama, tarama, çizim, fitil oluşturma, eğirme ve sarma işlemlerini içerir. Yüksek düzeyde enerji kullanımının yanı sıra çeşitli yağlayıcılar, kimyasallar, su, ambalaj malzemeleri kullanılmakta, toz, elyaf ve iplik atığı gibi çevreye zararlı çeşitli atıklar oluşmaktadır. Bu işlemlerdeki en büyük çevresel risklerden biri, tehlikeli bir hastalık olan Byssinosis (yaygın olarak "Brown Lung" olarak anılır) hastalığıdır (Martinez, 2010; Laursen vd., 2007). Kumaş yapısı oluşumunda genellikle örme, dokuma ve dokunmamış üretim olmak üzere üç yöntem kullanılır. Örme kumaş elde etmede işlemler esnasında bazı yağlar veya yağlayıcılar kullanılır. Dokuma kumaş üretiminde, doğal veya sentetik haşıl maddeleri kullanılır. Kumaş üretim sürecinde yüksek düzeyde enerji tüketimi, katı atık üretimi, çeşitli kimyasal maddeler ile su, ambalaj malzemelerinin kullanımı ve gürültü kirliliği ortaya çıkabilir (Kalliala vd., 2000; Kalliala, 2003). Özellikle üretilen kumaşın renklendirilmesi esnasında yoğun kimyasal ve boyarmadde kullanımı, su ve enerji tüketimi çok fazla kirlilik yaratmaktadır. Tekstil bitim süreçlerinde ise tekstil kimyasallarının çevresel etkileri üzerinde durulmalı ve kimyasalların su zehirliliğini azaltmak için daha temiz üretim sistemleri geliştirilmelidir (Moore vd., 2004; Fransson vd., 2013). Su, enerji ve kimyasal tüketim miktarları, üreilmekte olan türüne bağlı olmakla birlikte, tekstil endüstrisi tekstil malzemelerinin kilogramına başına 50-150 litre su kullanmaktadır (You vd., 2009). Bir kilogram lifi boyamak için yaklaşık 80 ila 100 litre suya ve ayrıca boyama işleminde çeşitli kimyasal maddelere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu kimyasallar havaya buharlaşır veya üretim sırasında kullanılan kimyasal kalıntıları içeren kumaşlardan cildimiz yoluyla emilir. Azo boyarmaddelerden formaldehit ve aromatik aminler boyamada kullanılabilir ve bu maddeler cilt kanseri ve alerjilere neden olabilir (Saicheua vd, 2012).

Konfeksiyon üretiminde ise yüksek düzeyde enerji kullanımı; kumaş atıkları, aksesuarlar, atık ve reddedilen giysiler; yağlayıcılar, su ve kimyasal kullanım; nakliye işlemleri sırasında yüksek karbon emisyonlarının üretilmesi gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Kullanılan tekstil hammaddelerinin % 100 doğal elyaf olmasına; düğme, fermuar ve klips gibi aksesuarların nikel ve kromsuz olmasına dikkat edilmelidir (Muthu, 2014).

Üretim aşamasından sonra, farklı miktarlarda enerji tüketimi değerleri ve CO₂ emisyon seviyelerine sahip kara, deniz, demiryolu veya hava taşımacılığı kombinasyonları kullanılarak toptancılara, perakendecilere, dağıtım merkezlerine ve dükkanlara tekstil ve konfeksiyon ürünleri gönderilir. Dünyadaki enerji ile ilgili CO₂ emisyonunun yaklaşık % 8-10 gibi bir oranı yük taşımacılığının oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle yeşil lojistik, ve yeşil tedarik zinciri yönetimine yönelik kurumsal çevresel stratejiler önem taşımaktadır.

2.3. Son Kullanım Süreçleri

Giyim eşyası yaşam döngüsünün "kullanım" evresi genellikle göz ardı edilir, ancak son derece önemlidir. Son kullanıcının, kullanım aşaması sırasında tutum ve davranışlarının çevresel etkilerinin farkında olmaları gerekmektedir. Yıkama sıklığı, kullanılan su miktarı, deterjan miktarı, yumuşatıcı kullanımı, seçilen yıkama sıcaklığı, çamaşır kurutma, ütüleme gibi işlemler doğrudan enerji ve su tüketim miktarını ve doğaya atılan kimyasal miktarını etkiler.

Pamuklu giysiler için, yıkama ve kurutma döngüsü giysinin yaşam döngüsünün enerji açısından en yoğun kısmıdır. Su sıcaklığının 60 ila 40 dereceye düşürülmesi ve yıkanılan giysinin asılı kurutulması ile, pamuklu bir giysinin tüm yaşam döngüsü ile ilişkili enerji kullanımı %50 oranında azaltılabilir. Standart çamaşır deterjanlarında yaygın olarak bulunan fosfatlar, sudaki canlılara zarar verebilir, bu nedenle fosfat içermeyen "eko-deterjanlar" kullanılabilir (URL4).

2.4. Geri dönüşüm, yeniden kullanım veya atık oluşumu

Tüketim sonrası tekstil atıkları; hizmet süresini tamamlamasının ardından atılan tekstil malzemeleridir. Eskime, küçülme ya da moda özelliğini kaybetme gibi nedenlerden dolayı, atılan her türde giysi ve ev tekstili ürünleri bu gruba girmektedir. Tüketici sonrası atıkların hacmi azımsanmayacak kadar yüksek olup, her yıl tonlarca tekstil evsel atıklarla birlikte çöplüklere dökülmektedir. Bu tarz tekstil atıklarının kabul edilebilir kalite özellikleri taşıması durumunda ikinci el giysi olarak başka tüketiciler tarafından kullanılması veya üçüncü dünya ülkelerine satılması çevre açısından önemli bir durumdur. Giyilemeyecek durumda olan giysilerin, liflerine parçalanarak yeni ürünlerde kullanılması mümkündür. Doğal kaynakların tükenmesi ve atık imha maliyetlerinin yükselmesi sebepleriyle, tekstil atıklarının geri dönüşümü veya yeniden kullanımı tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır (Eser vd.,2016).

EPA Katı Atıklar Bürosuna göre, Amerika'da 2008 yılında 12,4 milyon ton tekstil atık atılmıştır, bu da ABD'de her kişi için 10 kilo atık anlamına gelmektedir. Üç "R" -Reduce, Reuse, Recycle- giysiler için büyük önem arz etmektedir. (URL4). Tekstil atık işleme stratejilerini azaltma (reduce), malzemenin ve enerji tüketiminin en aza indirgenmesi için çok önemli bir tekniktir. Azaltma (reduce) bir ürünün tamamının veya parçalarının, mümkün olduğunca fazla süre kullanılabilir olması için tamir edilmesi ve yenilenmesini ifade eder. Yeniden kullanma (reuse), kullanılan ürünlerin bozulmamış kısımlarının aynı kullanım amacıyla imalat faaliyetleri için kullanılması ve yeniden değerlendirilmesi kavramıdır. Ürün ve malzeme iyileştirme, ürün ömrünün sonunda ürün değerini tekrar kazanmak için gerçekleştirilen faaliyetleri içerir ve bu faaliyetler tamir, yenileme ve sökme işlemlerini içerir [Farahani et.al., 2009; Eryuruk, 2012]. 1 kg giysi tekrar kullanıldığında 3,6 kg CO₂ emisyonu, 6000 lt su tüketimi, 0,3 kg gübre kullanımı ve 0,2 kg böcek ilacı tüketimi azaltmaktadır (Cepolina, 2012). Bir giysinin toplanması, tasnif edilmesi ve ikinci el ürün olarak yeniden satılması için gerekli enerji, yeni bir ürün üretmek için gerekli enerjiden 10-20 kat daha azdır (Fletcher, 2008).

Geri dönüşüm (recycle), ürünlerden malzeme geri kazanmak için gerçekleştirilen faaliyetleri ifade eder. İki tip geri dönüşüm mevcuttur. Birincil ya da kapalı çevrim geri dönüşüm (closed loop recycling), en fayda sağlayan geri dönüşüm yöntemidir. Özellikle poliester ve poliamid gibi sentetik liflerin geri dönüşümüne yöneliktir. Bu yöntemde tüketici sonrası atıkların toplanması ve yeni giysilerde kullanılmak üzere bu atıklardan iplik üretilmesini kapsamaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan geri dönüşüm açık çevrimdir (open loop) olup bu yöntemde kısmen değer kazanımı sağlanmakta, ancak hazır giyim üretimindeki hammadde ihtiyacını azaltmaya etki etmemektedir. Geri dönüşüm işlemi sonrasında elde edilen malzemelerin kalitesinin yeni giysilerde kullanmak amacıyla çok düşük olması nedeniyle, daha düşük seviyede ürünlerde, araba döşemelikleri ya da yalıtım malzemesi gibi, kullanımı gerçekleştirilmektedir (Hagoort, 2013; Muthu, 2012; Eser vd.,2016).

3. EKOLOJİK ETİKETLER VE STANDARTLAR

Cotton Incorporated tarafından yapılan 2009 tarihli bir araştırmaya göre, tüketicilerin yalnızca yüzde 16'sı çevreye duyarlı giyim eşyası arama güdüsüne sahiplerdir. Diğer pek çok sanayi gibi, tekstil ve konfeksiyon sektörlerinin ve tüketicilerin çevreyi önleme yönündeki çevre standartlarını ve düzenlemelerini takip etmeleri acil ve önemli bir ihtiyaçtır. Çeşitli tekstil ürün gruplarını kapsayan, eko-etiketleme programları geniş bir yelpazede bulunmaktadır. Tam yaşam döngü analizi yaklaşımına göre geliştirilen her kriter, sadece son ürünün kalitesine yöneliktir (Balpetek ve Gülümser, 2014).

ISO 14001:2015 standardı, bir kuruluşun, yükümlü olduğu yasal ve diğer şartları dikkate alan politika ve amaçları geliştirmesine ve uygulamasına imkân veren bir çevre yönetim sistemi için gerekli şartları ve önemli çevre boyutları hakkında bilgiyi kapsar. Çevre ile ilgili fırsatların ve risklerin verimli bir biçimde yönetilmesine zemin oluşturur ve sanayi kuruluşlarının çevreye verdikleri zararı da mümkün olan en az seviyeye indirerek, enerji ve ham tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır (URL5).

ISO Ekoetiketleri üç sınıfa ayrılır (URL6):

TİP I: Ekoetiketler (ISO 14024): Bu standard, Tip I çevre etiketleme programlarının geliştirilmesi için prensipleri ve işlemleri kapsar.

TİP II: Çevresel Beyan (ISO 14021): Çevre etiketleri ve beyanlar- Çevre ile ilgili iddiaların öz beyanı

TİP III: Çevresel Etki (ISO 14025): Çevreyle ilgili etiketler ve bildirimler - Tip III çevre bildirimleri - İlkeler ve usuller

Doğrudan ve dolaylı olarak tekstil sektörünü kapsayan 100'den fazla ekolojik etiket mevcuttur (URL 7-11).

- **EU Eco-Label:** Avrupa Birliği tarafından 1992 yılında kurulmuştur. Lif Üretimi, Prosesler ve Kimyasallar, • Kullanım (Ürün Performans Kriterleri), Sosyal kısıtlamalar içerir.
- **Blue Sign:** Bluesign etiketi 1997 yılında İsviçre'de kurulmuştur. Kaynak verimliliği, Tüketici güvenliği, Suya emisyonlar, Havaya emisyonlar ve İşyeri sağlığı ve güvenliği hakkında ilkeleri vardır.
- **Blue Angel:** 1978 yılında Almanya'da devlet tarafından kurulan en eski ekolojik etikettir. Tekstil üzerine olan kriterler tekstiller, tekstil oyuncakları ve yer kaplamalarıdır.
- **Swan veya Nordic Ecolabel:** 1989 yılında kurulmuştur. İskandinav ülkelerinde (Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya, İzlanda) 63 ürün grubu için kullanılan ekolojik etikettir. Lif eldesinden bertarafa kadar tekstil ürünün bütün yaşamını inceler.
- **EPD:** International EPD System İsveç Çevre Yönetim Konseyi'nin kuruculuğunu ve yönetimini yaptığı, devlete ait bir etikettir.
- **GOTS:** GOTS (Global Organic Textile Standart), 2008 yılında Almanya'da kurulan, 4 uluslararası organizasyondan oluşan bir şirkettir.

Küresel Organik Tekstil Standardı'nın (GOTS) aşağıdaki belirtilen standartlar ile tamamen uyumlu hale gelmiştir: (URL12).

- ✓ Kuzey Amerika Elyaf Standardı - Organik Ticaret Birliği (ABD)
- ✓ Yönergeler 'Naturtextil IVN Zertifiziert' - Uluslararası Birliği Doğal Tekstil Endüstrisi (Almanya)
- ✓ Organik Tekstilde İşleme ve Üretim Standartları - Toprak Birliği (İngiltere)
- ✓ Organik Pamuk Ürünlerinin Belgelendirilmesi ve Standartları - Japonya Organik Pamuk Derneği (Japonya)
- ✓ EKO Sürdürülebilir Tekstil Standardı - Kontrol Birliği Sertifikaları (eski Skal International, Hollanda)
- ✓ Organik Tekstil Standartları - Ecocert (Fransa)
- ✓ Organik Tekstil Standardı - ICEA (İtalya)
- ✓ Organik Tekstil Standartları - ETKO (Türkiye)
- ✓ Organik Elyaf Standartları - Oregon Tilth (ABD)
- ✓ Organik Tekstil Ürünleri İşleme Standartları - OIA (Arjantin)
- **Organic Exchange (Organic Content Standart):** Textile Exchange tarafından 2003 yılında ABD'de organic Exchange adı altında yayınlanmıştır. Daha sonra adı Organic Content Standart olarak değiştirilmiştir (URL13).
- **OEKO-TEX:** 1992'de piyasaya sunulduğu andan itibaren, OEKO-TEX® tarafından STANDARD 100'in odaklandığı nokta, test kriterleri, limit değerleri ve test yöntemlerinin bilimsel temeller üzerine geliştirilmesidir. OEKO-TEX® tarafından sağlanan STANDARD 100, hammadde, yarı mamul ve bitmiş tekstil ürünlerinin tüm işleme seviyelerinde olduğu gibi aksesuar malzemeleri için de dünya çapında tutarlı, bağımsız bir test ve sertifikasyon sistemidir. Ham ve boyalı / iplikler, dokuma ve örme kumaşlar, düğmeler, fermuarlar, dikiş iplikleri veya etiketler, çeşitli tipte hazır giyim eşyaları (her çeşit konfeksiyon ve ev eşyaları gibi) yatak çarşafı, havlu ürünleri sertifikalı olabilecek eşyalara örneklerdir. OEKOtex100 sertifikası kimyasal içermeyen tekstiller sağlar ve tekstil ekolojisinin dört ilkesine dayanır: üretim, insan, performans ve imhadır (URL14).



Şekil 2: GOTS ve Oeko-Tex, ortak kullanılan tekstil sertifikasyon etiketlerine iki örnek (URL12,URL14)



Şekil 3: Tekstil sertifikasyon etiketlerine örnekler (URL12)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil ve konfeksiyon sektörü çevreye olumsuz etkileri oldukça yüksek bir sektör olup, sektör faaliyetlerinin çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için çevreyle uyumlu temiz üretim yöntemlerinin ve üretim teknolojilerinin kullanılması gerekmektedir. Tüketicilerin bilinçlendirilmesi ile giysi tasarımlarından başlayarak, malzeme seçimleri ve bakım alışkanlıklarının değişime uğraması önem arz etmektedir. Enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtlar çoğunlukla hava kirleticileri üretir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı, hava kirliliğini önlemek için tehlikeli gazların doğrudan emisyonu yasaklanmalıdır. Bitirme işlemlerinin her aşamasında sınırlı su kaynağı kullanılmalı, su, boyar maddeler, köpük gidericiler, ağartıcılar, deterjanlar, optik parlaticılar, dengeleyiciler ve diğer birçok kimyasal maddenin olabildiğince az kullanılması sağlanmalıdır. Çevreyi korumak ve mevcut su kaynaklarını genişletmek için, atık su ıslahı ve yeniden kullanımı önemli bir konudur. Ayrıca giysi atıklarının yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesi konularında tüketiciler ve üretici firmaların bilinçli davranması doğada mevcut hammadde tüketiminin ve karbon ayakzının azaltılması bakımından oldukça önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Balpetek, F.G. ve Gülümser, T. (2014), "Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Ekolojik Etiketler", Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 8, No: 2, ss.48-62.
- [2] Butekom, (Ocak 2014), "Tekstilde Çevre, Tekstil Terbiye Sektöründe Temiz Üretim için Örnek modellerin oluşturulması projesi", Teknolojik Değerlendirme Raporu.
- [3] Cepolina, S. (2012), "Textile and Clothing Industry: An Approach towards Sustainable Life Cycle Production", International Journal of Trade, Economics and Finance, Vol. 3, No. 1, February, pp.7-13.
- [4] Choudhury, Roy, A.K. (2013), "Green chemistry and the textile industry", Textile Progress, 45: pp.3-143.
- [5] Eryuruk, S.H. (2012), "The Greening of Textile and Clothing Industry", Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20, 6A,(95), pp.22-27.

- [6] Eryuruk, S.H. (2015), "Handbook of Life Cycle Assessment of Textiles and Clothing", Woodhead Publishing, Chapter 7: Life cycle assessment method for environmental impact evaluation and certification systems for textiles and clothing, pp.125-148.
- [7] Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D. (2016), "Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları", *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, ss.43-60.
- [8] Farahani, R.Z., Asgari, N., Davarzani, H. (2009), "Supply chain and logistics in National International and Governmental Environment", *Concepts and Models*, Physica-Verlag.
- [9] Fletcher, K. (2008), "Sustainable Fashion and Textiles", *Design Journeys*, Earth Scan, London, UK.
- [10] Fransson, K. and Molander, S. (2013), "Handling chemical risk information in international textile supply chains", *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol 56, No 3, pp.345-361.
- [11] Hagoort, S. (2013), "Evaluating the Impact of Closed Loop Supply Chains on Nike's Environmental Performance and Costs", MSc Thesis, Operations Management and Logistics, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- [12] İTKİB AR-GE ve Mevzuat şubesi, (Mart 2005), "Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Ekoloji ve Ekolojik Etiketler", Rapor.
- [13] Kalliala, E., Talvenmaa, P. (2000), "Environmental profile of textile wet processing in Finland", *Journal of Cleaner Production*, 8, pp.143-154.
- [14] Kalliala E. N. (2003), "Environmental Indicators of Textile Products For ISO (Type III) Environmental Product Declaration", *AUTEX Research Journal*, Vol. 3, No 4, December, pp.206-218.
- [15] Landage S. M. (2009) "Removal of heavy metals from textile effluent", *Colourage*, V.56, Issue 6, pp.51-56.
- [16] Laursen, S.E., Hansen, J., Knudsen, H.H., Wenzel, H., Larsen, H.F., Kristensen, F.M. (2007), *EDIPTEX- Environmental Assessment of Textiles*, Working Report No.24.
- [17] Martínez C.I.P. (2010), "Energy use and energy efficiency development in the German and Colombian textile industries", *Energy for Sustainable Development*, 14, pp.94-103.
- [18] Moore, S.B., Ausley, L.W. (2004), "Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits", *Journal of Cleaner Production*, 12, pp.585-601.
- [19] Muthu, S.S., Li, Y., Hu, J.Y., Ze, L. (2012), "Carbon Footprint Reduction in the Textile Process Chain: Recycling of Textile Materials", *Fibers and Polymers*, 13, 8, pp.1065-1070.
- [20] Muthu, S.S. (2014), "Assessing the environmental impact of textiles and the clothing supply chain", Cambridge, U.K. ; Waltham, Mass, Woodhead Publishing.
- [21] Palamutçu S. (2015), "Handbook of Life Cycle Assessment of Textiles and Clothing", Woodhead Publishing, Chapter 2: Energy footprints in the Textile Industry, p.47.
- [22] Panov V. P., Zykova I. V., Chekrenev S. A. (2008), "Heavy metals: The industry and environmental protection", *Fibre Chemistry*, 40 (3), pp.241-245.
- [23] Rüzgar A., *Tekstilde Ekolojik Etiketler*, Butekom.
- [24] Saicheua, V., Cooper, T., Knox, A. (2012), "Public Understanding Towards Sustainable Clothing and The Supply Chain", *macromarketing.org*.
- [25] Uzunluoğlu, H. (2010), "Tekstil sektöründe çevre akımı: ekolojik tekstil", *Ar-Ge Bülten*, Aralık.
- [26] Werf, H.M.G. (2004), "Life Cycle Analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts", *Euphytica*, 140, pp.13-23
- [27] Yücel M. ve Ekmekçiler Ü.S. (2008), "Çevre Dostu Ürün Kavramına Bütünsel Yaklaşım; Temiz Üretim Sistemi", *Eko-Etiket, Yeşil Pazarlama, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, V.7, N.26, pp.320-333.
- [28] You, S., Cheng, S., Yan, H. (2009), "The impact of textile industry on China's environment", *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, Vol. 2, No. 1, pp.33-43.
- [29] URL1, Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Sektör Raporları, Hazır Giyim Sektörü, 2016, 07.02.2018.
- [30] URL 2 <https://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2012/11/teknik-tekstiller-ve-cevre.html>, 07.02.2018.

- [31] URL 3 <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111214-6.htm>, 07.02.2018.
- [32] URL4 https://alumni.stanford.edu/get/page/magazine/article/?article_id=28834, 07.02.2018.
- [33] URL5 <http://qmsdanismanlik.com/hizmetlerimiz/iso-140012015-cevre-yonetim-sistemi/>,07.02.2018.
- [34] URL6 <https://www.iso.org/standard/38131.html>, <https://intweb.tse.org.tr>, 12.02.2018.
- [35] URL7 <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>,12.02.2018.
- [36] URL8 <https://www.bluesign.com/>, 12.02.2018.
- [37] URL9 <https://www.blauer-engel.de/en>, 12.02.2018.
- [38] URL10 <http://www.nordic-ecolabel.org/>, 12.02.2018.
- [39] URL11 <http://www.environdec.com/>, 12.02.2018.
- [40] URL12 <http://www.global-standard.org/de/ueber-uns/entwicklung-und-umsetzungsstatus.html>, 12.02.2018.
- [41] URL13 <http://www.ecocert.com/en/Organic-Content-standard>, 12.02.2018.
- [42] URL14 https://www.oeko-tex.com/en/business/certifications_and_services/ots_100/ots_100_start.xhtml,
12.02.2018.

TARIM-GIDA TEDARİK ZİNCİRİ YAKLAŞIMI İLE ÜRETİCİ VE LOJİSTİK İŞLETMELERİN ORTAKLAŞA SEÇİMİ: ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ UYGULAMASI

Atiye Tümenbatur¹, Mehmet Tanyaş²

¹ Maltepe Üniversitesi Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, Türkiye, atumenbatur@gmail.com

² Maltepe Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, mehmettanyas@maltepe.edu.tr

ÖZET

Tarımsal ürünler insan yaşamında önemli yeri olan ürünlerdir. Beslenme için temel gıda maddeleridir. Doğal olarak sağlıklı beslenme için bu ürünlerin uygun koşullarda yetiştirilmesi, toplanması, muhafaza edilmesi ve tüketicilere ulaştırılması gerekmektedir. Türkiye’de tarım-gıda ürünlerin tedarik zincirinde en uzun dağıtım kanalı “üretici – toplayıcı – komisyoncu (üretim yerinde) – nakliyecisi- toptancı komisyoncu (tüketim yerinde) – depo (bekletilecek ise) – perakendeci – tüketici” şeklindedir. Üretim yerinde düşük olan tarım ürünleri fiyatı, tüketiciye gelene kadar önemli ölçüde artmakta ve bu durum enflasyon oranını da artırmaktadır. Enflasyonu düşürmenin yollarından biri verimliliği yükseltmektedir.

Entegre olmuş bir tedarik zincirinin, üretim planlaması ve stok kontrolü ile birlikte dağıtım ve lojistik süreçlerini de içermesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle; ürünün zincirin başından itibaren, tüm üretim süreci planlanırken depolama politikaları ve prosedürleri belirlenerek etkin bir stok kontrol yapılmalı ve ürünün depolardan nasıl çıkartılacağı ve nihai kullanıcıya kadar nasıl ulaştırılacağı belirlenmelidir. Tarım-Gıda ürünlerinin üreticileri ve lojistik işletmeler tedarik zincirinin önemli taraflarıdır. İstenilen standartlarda üretim yapılması, ürünün doğru şekilde hasat edilmesi ve müşteriye ulaşana kadar geçen süreçte uygun lojistik hizmet sağlayıcılarının seçilmesi gereklidir.

Bu bildiriye tarım ürünleri üreticisi ve lojistik işletmelerinin müşterek seçimi için Analitik Hiyerarşisi Süreci yöntemi uygulanması yapılmıştır. Bu amaçla lojistik işletme sahibi, üretici ve bir akademisyenden oluşan bir karar verme ekibi ile seçim sürecinin nicel ve nitel kriterleri belirlenmiş ve Analitik Hiyerarşi Süreci modeli kurularak üretici ve lojistik işletmenin ortaklaşa seçimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci, Tedarikçi Seçimi, Tedarik Zinciri Yönetimi, Tarım-Gıda

JOINT SELECTION OF PRODUCER AND LOGISTICS BUSINESS WITH AGRICULTURE-FOOD SUPPLY CHAIN APPROACH: ANALYTIC HIERARCHY METHOD APPLICATION

ABSTRACT

Agricultural products are products that have an important place in human life. They are basic foodstuffs for nutrition. Naturally, for healthy nutrition, these products must be cultivated, collected, maintained and delivered to consumers. The longest channel of distribution of agri-food products in the supply chain in Turkey "producer - collectors - brokers (production site) - shipper - wholesale broker (consumption site) - store (if it is to be held) - retailer - consumer" is. The price of agricultural products, which are low at the production site, is increasing significantly as the consumption of agricultural products and this situation increases the inflation rate. One way to reduce inflation is to increase productivity.

An integrated supply chain should include production planning and inventory control as well as distribution and logistics processes. In other words; From the beginning of the product chain, when all the production processes are planned, storage policies and procedures should be determined so that an effective inventory control can be done and how the product can be extracted from the storage and delivered to the end user.

The producers of agri-food products and logistics are the parties of the supply chain. It is necessary to make production in the desired standards, to harvest the product correctly and to select the appropriate logistics service providers in the process until reaching the customer.

In this paper, a study will be carried out on the application of Analytical Hierarchy Process method for the joint selection of agricultural products producers and logistics enterprises. For this purpose, quantitative and qualitative criteria of the election process will be determined and a model of Analytical Hierarchy Process will be established with a decision making team consisting of logistics business owner, producers and academician.

Keywords: Analytical Network Process, Supplier Selection, Supply Chain Management, Agri-Food

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünler insan yaşamında önemli yeri olan ürünlerdir. Beslenme için temel gıda maddeleridir. Doğal olarak sağlıklı beslenme için bu ürünlerin uygun koşullarda yetiştirilmesi, toplanması, muhafaza edilmesi ve tüketicilere ulaştırılması gerekmektedir. Kolay bozulabilen yapıdaki bu ürünlerin dağıtımında maliyetli olsa bile ürünlerin en hızlı şekilde nihai kullanıcıya ulaştırılmasının gerekliliği etkin bir tedarik zinciri uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Tedarik zinciri boyunca ürün her bir halkada farklı işlemlere maruz kalmaktadır ve bu ürünün kalitesini dolaylı ve dolaysız yollardan etkilemektedir. Tarım Gıda Değer Zinciri (TGDZ), tarım ürünlerinin tarladan tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği aşamaları ve bu aşamalarda kaydettiği değer artışlarını içerir (Su Politikaları Derneği,2017). Değişken hava şartları, ürünlerin bozulabilirliği, gıda güvenliğini düzenleyen çevrenin karmaşıklığı, tüketicilerin sürekli değişen yaşam tarzı eğilimleri, çevresel kaygılar ve sektördeki paydaşların çokluğu, tarım sektörü için sağlam tedarik zincirlerinin geliştirilmesinde önemli zorluklar oluşturmaktadır (Tsolakis vd, 2014). Bu bağlamda, entegre olmuş bir tarım tedarik zincirinin üretim planlaması ve stok kontrolü ile birlikte dağıtım ve lojistik süreçlerini de içermesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle; ürünün zincirin başından itibaren, tüm üretim süreci planlanırken depolama politikaları ve prosedürleri belirlenerek etkin bir stok kontrol yapılmalı ve ürünün depolardan nasıl çıkartılacağı ve nihai kullanıcıya kadar nasıl ulaştırılacağı belirlenmelidir. Ülkemizde bu koşulların yeterince sağlanmadığı bilinmektedir. Halen yaş meyve ve sebzeler açık kasalarda veya soğutmasız araçlarla taşınmakta ve uygun olmayan ortamlarda muhafaza edilmektedir.

Bütün bu faktörler göz önüne alındığında tarım-gıda tedarik zincirindeki ürün akışının uzun olması kayıp ve maliyetleri arttırmaktadır. Bundan dolayı süreçte katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması yoluyla kısa tedarik zincirini oluşturulması gereklidir. Kısa tedarik zincirinin oluşturulması ve üretici ile tüketicinin iletişiminin sağlanabilmesi için web tabanlı bir sistem oluşturulması öngörülmüştür. Ancak web üzerindeki siparişlerin oluşturulması için öncelikle sisteme girecek uygun tedarikçi, üretici ve lojistik işletmelerin seçilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Tarım-Gıda tedarik zinciri üyelerinin seçim süreçlerinin adımları Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Tarım-Gıda Zincirinin Üyelerinin Seçim Süreci

- **Sisteme giriş sürecinde;** tedarikçi, üretici ve lojistik işletmelerin seçiminde belli bir puana sahip olanların sisteme dahil edilmesi öngörülmektedir. Ayrıca periyodik denetimler sonucunda puanı belirlenen seviyenin altına düşenler sistem dışı bırakılacaktır.
- **Operasyon sürecinde ise;** müşteriden gelen talebe göre en uygun üretici ve lojistik işletme eşleştirmesi yapılacaktır.

Geliştirilen modelde denetimden geçirilerek sertifikalandırılmış tarımsal ürün üreticileri, üretici birlikleri ve üretim şirketleri ürünlerini oluşturulacak web sitesinde tanıtılabilecek, standartlara göre tanımlanmayan ürünlerin sitede gösterilmesi önlenecek, fiyatlar tüm kullanıcılar tarafından görülebilecek ve gerektiğinde fiyatları değiştirilebilen bir borsa ortamının oluşması sağlanacak, tüketiciler site üzerinden siparişlerini verip ödemelerini gerçekleştirebilecek, lojistik hizmetler sertifikalandırılmış lojistik şirketler tarafından gerçekleştirilecek, iade sistemi olacak, iadeler lojistik şirketler tarafından teslim alınarak tekrar ekonomik değere dönüştürülmesi çalışmaları yapılacak, müşteri şikayetleri tüm iletişim kanalları kullanılarak alınabilecek, standartlara uygun olmayanlar sistemden çıkarılacaktır. Standartlara ve bu standartların sağlanmasına dayalı olan ve çekme esaslı çalışacak bu sistemde tarımsal ürünler en hızlı şekilde ve en düşük maliyet ile müşterilere teslim edilmiş olacaktır. Tedarikçi Seçimi başka bir çalışmada incelenecektir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde ilgili literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde uygulanan Analitik Hiyerarşi Süreci metodu açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise yukarıda önerilen metodoloji kapsamında öncelikle sisteme girecek olan üretici ve lojistik işletmelerin ortaklaşa seçimi için yapılan literatür taraması kapsamında kriterler belirlenerek AHP yöntemi uygulanmıştır. Dördüncü bölümün son aşamasında ise sisteme ürün talebi geldiğinde en uygun üretici ve lojistik işletme eşleştirmesi için yeni oluşturulan kriterlerle AHP yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Web Of Science, Science Of Direct, Scopus, Google Scholar ve YÖK Ulusal Veri Tabanları “agricultural supply chain, agricultural supply chain management, agricultural logistics, agri-food supply chain, food supply chain, traceability in agriculture, tarım lojistiği, tarımda sürdürülebilirlik, tarım ürünleri tedarik zinciri, AHP” anahtar kelimeleriyle konu taraması yapılmıştır. 2000-2017 yılları arası yayınlanan makalelerin özet ve başlık analizleri sonucu 24 araştırma hedeflenmiş ancak 11 tanesi bu çalışmayı doğrudan ilgilendirmesi açısından dikkate alınmıştır. Tablo 1’de yapılan araştırmalar metod ve anahtar sözcüklere göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 1.Literatür Araştırması

No	Yazar (lar) ve Tarih	Ele Alınan Problem	Çözüm Yöntemi	Kısa Özeti
1	Tsolakis vd, (2014)	Tarımsal gıda tedarik zincirlerinin tasarımı ve yönetimi için kapsamlı bir hiyerarşik karar verme çerçevesi oluşturması ve sınıflandırması	Kavramsal Çalışma	Tarımsal Gıda Tedarik Zincirinin tasarım ve planlanmasında karar verme sürecinin hiyerarşisi tanımlanarak hiyerarşik karar alma kademeleri stratejik, taktiksel ve operasyonel seviyelerinde belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır.
2	Handayati vd., (2015)	Tarımsal gıda tedarik zinciri koordinasyonundaki mevcut literatürdeki boşlukların değerlendirilmesi.	Literatür Taraması	Hakemli dergi ve derlemelerden seçilen makaleler karşılıklı bağımlılık, koordinasyon mekanizması ve metodoloji şeklinde üç kategoriye göre sınıflandırılmış ve tarımsal gıda tedarik zincirinin gelecekteki araştırmaları için önerilerde bulunulmuştur.
3	Yu M., Nagurney A., (2013)	Oligopolistik rekabet ve bozulma koşulları altında taze ürünler için ağ tabanlı bir gıda tedarik zinciri geliştirilmesi.	Euler Metodu Bazlı Algoritma	Euler metodu kullanılarak sebze-meyve tedarik zinciri için bir algoritma geliştirilmiştir.
4	Yindi W., Hongjie L., (2015)	e-Ticaret ortamında taze tarım ürünlerinin güvenlik açığının incelenmesi	Literatür Taraması, Model Önerisi	Taze tarım ürünlerinin tedarik zincirinde belirsizliklerin olasılıklarını belirlemek için Entropi yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş. Entopi teorisi aracılığıyla korelasyon ve risk modeli oluşturulmuştur.
5	Lamsal K., Jones P.C., Thomas B.W., (2015)	Tarım sektöründe ürünün tarladan tesise gönderilmesi veya doğrudan depolanmasına yönelik lojistik organizasyon yapısının incelenmesi.	Model Önerisi	Ürünlerin nakledildiği tesislere araçların varış akışındaki değişimi en aza indirmek amacıyla iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı getirilmiştir. İlk aşama tarlalarda hasatın başlama zamanı deterministik parametreler olarak modellenmiş, ikinci aşamada her bir yük için hazır olması gereken kamyon sayısı belirlenmiştir.

Tablo 1 'in Devamı.

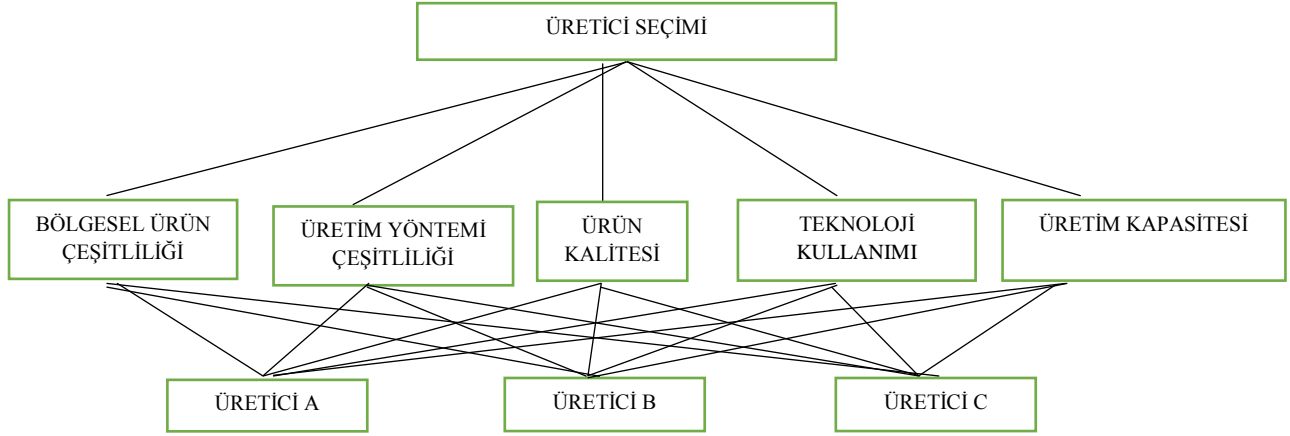
6	Bao L., vd., (2012)	Meyve sebze için e-ticaret platformuna dayanan tedarik zinciri yönetimi stratejisinin oluşturulması.	Kavramsal Çalışma	Meyve ve sebzelerin anlaşmaya dayalı dolaşımının iş süreçlerinin gereklilik analizi ile, meyve ve sebze tarımsal ürünlerinin tedarik zinciri yönetimi için e-ticaret hizmet platformu tasarlanmış ve uygulanmıştır.
7	Li S., Hu L., (2015)	Tarımsal ürün tedarik zincirinin risk yönetimi ile ilgili nitel ve nicel analizlerin ele alınması ve tanımlanması.	AHP yöntemi	Öncelikle Hunan şehrinin tarımsal ürünler tedarik zincirinin risk endeksi belirlenmiş ve bölgedeki çiftçilerin görüşüne göre AHP yöntemi ile tarımsal ürünler tedarik zinciri yönetimindeki mevcut tüm riskler değerlendirilmiştir.
8	Xu Y., vd. (2015)	Shapley değer fayda dağıtım stratejisine dayanarak tarımsal ürünlerin yeşil tedarik zinciri sistemlerinin istikrarını etkileyen faktörlerin incelenmesi.	AHP Yöntemi	AHP aracılığıyla Shapley değeri modife edilerek oluşturulan modelde tarımsal ürünlerin yeşil tedarik zinciri sistemlerinde dağıtım merkezlerinin katkı oranları bir vaka çalışmasında uygulanarak test edilmiştir.
9	Strezebicki D., 2015	Polonya tarımsal ürünlerin ticaretinde e-ticaretin uygulama alanları ve gelecekteki potansiyel yönlerine değinilmiştir.	Kavramsal Çalışma	Polonya'da bulunan tarımsal ürünlerin elektronik marketleri hakkında bilgiler verilmiş ve tarım-gıda zincirindeki işletmelerin Pazar konumlarını güçlendirmek amacıyla e-ticaret çözümlerinin kullanma yöntemleri konusunda kavramsal bir çalışma yapılmıştır.
10	Baran J., Zak J., (2014)	Farklı tarım işletmelerinde gerçekleştirilen nakliye faaliyetlerinin analizi	Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Model Uygulaması	Tarım şirketlerinde faaliyet gösteren nakliye birimlerinin performanslarının değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci modeli uygulanmıştır.
11	Sanjaya S., Perdana T., (2015).	Yerel çiftçinin ürettiği domates ürününün yapılandırılmış pazarda satılması için lojistik sistem modeli geliştirilmesi	Simülasyon Modeli Uygulaması	Mevcut durumda ayrı zaman noktalarında meydana gelen durum simülasyonu, durum değişikliği ile simüle edilen ayrı bir simülasyon yaklaşımı kullanılarak yeni bir lojistik sistem modeli önerilmiştir.

3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ MODELİ

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP), 1970'li yıllarda Thomas L.Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan ve karmaşık karar problemlerinde, karar alternatif ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle, yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılmasına dayalı bir işlemdir. AHP yönteminde problemin çözülmesi için ilk olarak hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır. İkinci adımda oluşturulan hiyerarşik yapıda kriterlerin göreceli önem derecelerini gösteren ikili karşılaştırma matrisi hesaplanır. Göreceli önemlerin hesaplanmasında Saaty'nin özvektör yöntemi kullanılır. Özvektör hesaplanarak kriterlere ait göreceli önem dereceleri belirlendikten sonra, karar vericinin kriterler arasında karşılaştırma yaparken tutarlı davranıp davranmadığının belirlenmesi için tutarlılığının hesaplanması gerekir. İkili karşılaştırma sonrası yapılan hesaplamada tutarlılık oranının 0,10 veya 0,10'un altında bir değer alması gerekir. Uyum oranının 0,10'un üzerinde olması durumunda yeniden değerlendirme yapılması gerekir.

4. ÜRETİCİ ve LOJİSTİK İŞLETMELERİN ORTAKLAŞA SEÇİMİ MODELİ

Üretici seçiminde AHP yönteminin uygulanması için öncelikle problemin amacı belirlenmiştir. Problemin amacı; kısa tedarik zinciri uygulaması için oluşturulması öngörülen sisteme dahil edilecek üreticiyi seçmektir. Bu amaç doğrultusunda kriterler belirlenirken tarım tedarik zinciri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar dikkate alınmıştır. Buna uygun olarak oluşturulmuş olan hiyerarşi tablosu Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Üretici Seçim Hiyerarşi Yapısı

Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikili matrisler oluşturulmuş olup kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. İkili Karşılaştırma Matrisi

ANA KRİTERLER	BÖLGESEL ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRETİM YÖNTEMİ ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRÜN KALİTESİ	TEKNOLOJİ KULLANIMI	ÜRETİM KAPASİTESİ
BÖLGESEL ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	1.00	7.00	0.20	3.00	1.00
ÜRETİM YÖNTEMİ ÇEŞİTLİLİĞİ	0.14	1.00	0.20	1.00	0.20
ÜRÜN KALİTESİ	5.00	5.00	1.00	2.00	7.00
TEKNOLOJİ KULLANIMI	0.33	1.00	0.50	1.00	0.33
ÜRETİM KAPASİTESİ	1.00	5.00	0.14	3.00	1.00

Tablo 3’de ise ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş matris ve elde edilen matrisin satırlarının ortalaması alınarak oluşturulan öncelikler vektörü görülmektedir. Bundan sonraki adım olarak karar vericilerin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olup olmadığını ölçmek için yapılan tutarlılık analiz sonucu %6,19 olarak hesaplanmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi sisteme girecek üreticilerin, “ürün kalitesi” kriteri %47 ile ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 3. Ana Kriterlerin Ağırlıkları

NORMALİZE	BÖLGESEL ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRETİM YÖNTEMİ ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRÜN KALİTESİ	TEKNOLOJİ KULLANIMI	ÜRETİM KAPASİTESİ	Ağırlıklar
BÖLGESEL ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	0.13	0.37	0.10	0.30	0.10	20%
ÜRETİM YÖNTEMİ ÇEŞİTLİLİĞİ	0.02	0.05	0.10	0.10	0.02	6%
ÜRÜN KALİTESİ	0.67	0.26	0.49	0.20	0.73	47%
TEKNOLOJİ KULLANIMI	0.04	0.05	0.24	0.10	0.03	10%
ÜRETİM KAPASİTESİ	0.13	0.26	0.07	0.30	0.10	17%

Bundan sonraki süreçte her bir üreticinin belirlenen beş kriterle göre üstünlükleri belirlenmiş ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Aşağıda Tablo 4’de görüldüğü gibi Üretici-A, ürün çeşitliliği, ürün kalitesi, teknoloji kullanımı ve

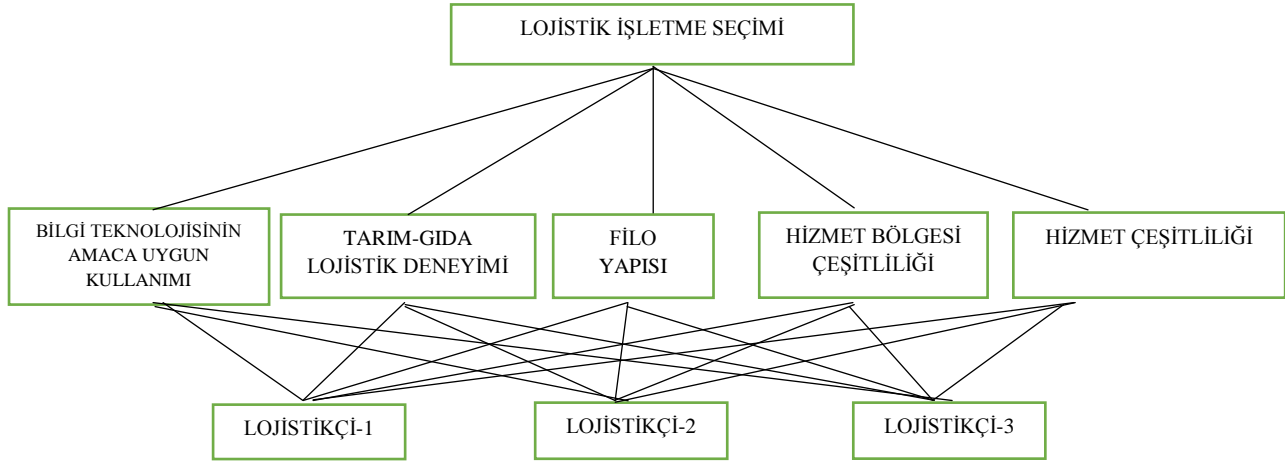
üretim kapasitesi bakımından diğer üreticilere göre daha yüksek paya sahiptir ve sisteme giriş değerlendirmesinde %54 ile ilk sırada yer almaktadır. Üretici-C'nin belirlenen beş kriterde gerekli yetkinlikte olmadığı görülmektedir.

Tablo 4. Uygulama Sonucu

SEÇENEKLER	BÖLGESEL ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRETİM YÖNTEMİ ÇEŞİTLİLİĞİ	ÜRÜN KALİTESİ	TEKNOLOJİ KULLANIMI	ÜRETİM KAPASİTESİ	TOPLAM
ÜRETİCİ-A	0,5491	0,1030	0,4659	0,7498	0,7438	0,5364
ÜRETİCİ-B	0,1730	0,6400	0,3910	0,1550	0,0650	0,2821
ÜRETİCİ-C	0,2780	0,2570	0,1430	0,0960	0,2210	0,1857

Bu aşamada oluşturulması öngörülen kısa tedarik zincirinde sisteme dahil edilecek lojistik işletmelerin seçimi yapılacaktır. Bu amaç doğrultusunda kriterler belirlenirken tarım-gıda lojistiği ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar göz önüne alınarak değerlendirme yapılmıştır. Baran ve Zak'ın lojistik işletme seçimi için öngördüğü kriterler: maliyet, teslim süresi, filo yapısı ve kullanımı, güvenilirlik, kalite, iş emniyeti ve çevresel duyarlılıktır. Bu kriterlerden sadece filo yapısı sisteme dahil edilecek lojistik işletmelerin seçiminde, diğerleri ise talep oluşuktan sonra eşleştirilecek ve üretici ve lojistik işletme kararında kullanılacaktır.

Bu çerçevede lojistik işletme seçimi için oluşturulan hiyerarşi tablosu Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. Lojistik İşletme Seçim Hiyerarşi Tablosu

Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikili matrisler oluşturulmuş olup kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. İkili Karşılaştırma Matrisi

ANA KRİTERLER	BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN AMACA UYGUN KULLANIMI	TARIM-GIDA LOJİSTİK DENEYİMİ	FİLO YAPISI	HİZMET BÖLGESİ ÇEŞİTLİLİĞİ	HİZMET ÇEŞİTLİLİĞİ
BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN AMACA UYGUN KULLANIMI	1.00	1.00	3.00	5.00	5.00
TARIM-GIDA LOJİSTİK DENEYİMİ	1.00	1.00	5.00	7.00	5.00
FİLO YAPISI	0.33	0.20	1.00	5.00	3.00
HİZMET BÖLGESİ ÇEŞİTLİLİĞİ	0.20	0.14	0.20	1.00	3.00
HİZMET ÇEŞİTLİLİĞİ	0.20	0.20	0.33	0.33	1.00

Tablo 6' da ise ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş matris ve elde edilen matrisin satırlarının ortalaması alınarak oluşturulan öncelikler vektörü görülmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi sisteme dahil edilecek lojistik tarım-gıda lojistiğinde deneyimli olması en yüksek değere sahip kriterdir.

Tablo 6. Ana Kriterlerin Ağırlıkları

NORMALİZE	BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN AMACA UYGUN KULLANIMI	TARIM-GIDA LOJİSTİK DENEYİMİ	FİLO YAPISI	HİZMET BÖLGESİ ÇEŞİTLİLİĞİ	HİZMET ÇEŞİTLİLİĞİ	Ağırlıklar
BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN AMACA UYGUN KULLANIMI	0.37	0.39	0.31	0.27	0.29	33%
TARIM-GIDA LOJİSTİK DENEYİMİ	0.37	0.39	0.52	0.38	0.29	39%
FİLO YAPISI	0.12	0.08	0.10	0.27	0.18	15%
HİZMET BÖLGESİ ÇEŞİTLİLİĞİ	0.07	0.06	0.02	0.05	0.18	8%
HİZMET ÇEŞİTLİLİĞİ	0.07	0.08	0.03	0.02	0.06	5%

Bundan sonraki süreçte her bir üreticinin belirlenen beş kriterle göre üstünlükleri belirlenmiş ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Aşağıda Tablo 7' de görüldüğü gibi 3 numaralı lojistikçi bilgi teknolojisinin amaca uygun kullanımı ve tarım-gıda lojistik deneyimi açısından ve genel toplamda diğer lojistik işletmelerden yüksek değere sahiptir.

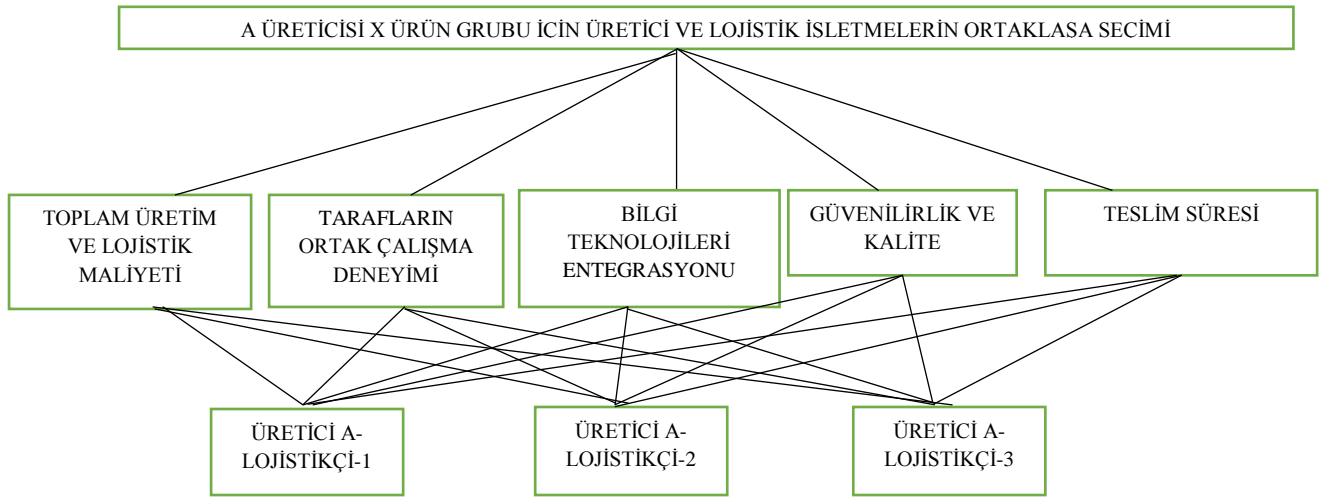
Tablo 7. Uygulama Sonucu

SEÇENEKLER	BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN AMACA UYGUN KULLANIMI	TARIM-GIDA LOJİSTİK DENEYİMİ	HİZMET ÇEŞİTLİLİĞİ	HİZMET KAPASİTESİ	HİZMET BÖLGESİ ÇEŞİTLİLİĞİ	TOPLAM
LOJİSTİKÇİ-1	0,2469	0,2986	0,1011	0,4337	0,2984	0,2621
LOJİSTİKÇİ-2	0,3620	0,2820	0,5700	0,3240	0,4390	0,3633
LOJİSTİKÇİ-3	0,3910	0,4200	0,3290	0,2420	0,2620	0,3749

Bu çalışma sisteme girecek lojistik işletmelerin belirlenmesi için AHP yönteminin uygulanabilirliğini göstermek için yapılmıştır. Sisteme dahil olacak lojistik işletmelerin belirli yetkinliklere sahip olması lojistik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Belirlenen kriterlerin tutarlılık oranı %5,63 olup %10'nun altında olması bu çalışmanın uygulanabilirliğini göstermektedir.

Yukarıda açıklanan üretici ve lojistik işletme seçimi bu işletmelerin sisteme kabulünde kullanılacaktır. Ürün talebi geldiğinde ise en uygun üretici firma ile lojistik işletmelerin eşleştirilmesi yapılacaktır. Öncelikle ilgili lojistik işletmenin talep edilen ürünü üreten üreticinin bulunduğu bölgede hizmet verip vermediğine bakılacak, eğer hizmet vermiyor ise elenecektir. Bu eşleştirme aşamasındaki temel amaç üretici ile lojistik işletmenin birbirleri ile uyumudur. Dolayısıyla sisteme ilk girişte belirlenen en iyi lojistik işletme ile en iyi üretici eşleşebilir.

Bu eşleştirme için kullanılacak AHP modeli Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Üretici ve Lojistik İşletme Ortaklaşa Seçim Hiyerarşi Yapısı

Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikili matrisler oluşturulmuş olup kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 8’ de görülmektedir.

Tablo 8. İkili Karşılaştırma Matrisi

ANA KRİTERLER	TOPLAM ÜRETİM VE LOJİSTİK MALİYETİ	TARAFLARIN ORTAK ÇALIŞMA DENEYİMİ	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU	GÜVENİLİRLİK VE KALİTE	TESLİM SÜRESİ
TOPLAM ÜRETİM VE LOJİSTİK MALİYETİ	1.00	7.00	9.00	5.00	3.00
TARAFLARIN ORTAK ÇALIŞMA DENEYİMİ	0.14	1.00	3.00	0.20	0.20
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU	0.11	0.33	1.00	0.33	0.14
GÜVENİLİRLİK VE KALİTE	0.20	5.00	3.00	1.00	0.20
TESLİM SÜRESİ	0.33	5.00	7.00	5.00	1.00

Tablo 9’da ise ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş matris ve elde edilen matrisin satırlarının ortalaması alınarak oluşturulan öncelikler vektörü görülmektedir. Bundan sonraki adım olarak karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olup olmadığını ölçmek için tutarlılık analizi yapılmış ve %5,69 olarak hesaplanmış olup %10’un altında olması bu çalışmanın uygulanabilirliğini göstermektedir. Tabloda da görüldüğü gibi lojistik işletme ve üreticinin ortak seçiminde en yüksek paya sahip kriter %49 ile toplam üretim ve lojistik maliyetleridir.

Tablo 9. Ana Kriterlerin Ağırlıkları

NORMALİZE	TOPLAM ÜRETİM VE LOJİSTİK MALİYETİ	TARAFLARIN ORTAK ÇALIŞMA DENEYİMİ	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU	GÜVENİLİRLİK VE KALİTE	TESLİM SÜRESİ	Ağırlıklar
TOPLAM ÜRETİM VE LOJİSTİK MALİYETİ	0.56	0.38	0.39	0.43	0.66	49%
TARAFLARIN ORTAK ÇALIŞMA DENEYİMİ	0.08	0.05	0.13	0.02	0.04	7%
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU	0.06	0.02	0.04	0.03	0.03	4%
GÜVENİLİRLİK VE KALİTE	0.11	0.27	0.13	0.09	0.04	13%
TESLİM SÜRESİ	0.19	0.27	0.30	0.43	0.22	28%

Bundan sonraki süreçte her üreticinin ve lojistik işletmelerin belirlenen beş kritere göre üstünlükleri belirlenmiş ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Aşağıda Tablo 10'da görüldüğü üretici A ile Lojistik İşletme 1 eşleşmesi en yüksek toplama sahiptir. Buradan da anlaşıldığı gibi, yukarıda belirlenen en iyi üretici firma ile en iyi lojistik işletme eşleşmesi her zaman söz konusu olmayabilir.

Tablo 10. Uygulama Sonucu

SEÇENEKLER	TOPLAM ÜRETİM VE LOJİSTİK MALİYETİ	TARAFLARIN ORTAK ÇALIŞMA DENEYİMİ	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU	GÜVENİLİRLİK VE KALİTE	TESLİM SÜRESİ	TOPLAM
ÜRETİCİ-A-LOJİSTİK 1	0,5491	0,1030	0,4659	0,7498	0,7438	0,5976
ÜRETİCİ-A-LOJİSTİK 2	0,1730	0,6400	0,3910	0,1550	0,0650	0,1784
ÜRETİCİ-A-LOJİSTİK 3	0,2780	0,2570	0,1430	0,0960	0,2210	0,2318



5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal ürün üreticileri, tarım-gıda tedarik zincirinin en önemli halkalarından birisidir. Üreticiler ise ürünlerini iki şekilde satabilmektedir. Ya ürünü hasat edip kendi imkânları ile toptancı hallerine götürüp orada komisyoncular aracılığı ile satmaktadır ya da doğrudan süpermarket gibi perakendecilere satış yapmaktadırlar. Diğer taraftan, taze sebze meyvelerin, hasat edildiği tarihten tüketimine kadar geçen sürede oluşacak herhangi bir seviyedeki sıcaklık değişiklikleri, fiziksel ve kimyasal yapılarında bozulmalar meydana getirmektedir. Bundan dolayı, birçok sebze ve meyve tarladan nihai müşteriye ulaşana kadar uygun şekilde muhafaza edilmediği için ziyan olmaktadır. Bütün bu faktörler göz önüne alındığında tarım-gıda tedarik zincirindeki ürün akışının uzun olması kayıp ve maliyetleri arttırmaktadır. Bundan dolayı süreçte katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması yoluyla kısa tedarik zincirini oluşturulması gereklidir. Bu çalışmada, kısa tedarik zincirinin oluşturulması ve üretici ile tüketicinin iletişimlerinin sağlanabilmesi için web tabanlı bir sistem oluşturulması öngörülmüştür. Ancak web üzerindeki siparişlerin oluşturulması için öncelikle sisteme girecek uygun tedarikçi, üretici ve lojistik işletmelerin seçilmesi gerekmektedir.

Üreticinin ürünü istenilen standartlarda üretmesi, ürünün doğru şekilde hasat edilmesi zincirin verimliliğini arttıracaktır. Geliştirilen modelde denetimden geçirilerek sertifikalandırılmış tarımsal ürün üreticileri, üretici birlikleri ve üretim şirketleri ürünlerini oluşturulacak web sitesinde tanıtılabilecek, standartlara göre tanımlanmayan ürünlerin sitede gösterilmesi önlenerek, fiyatlar tüm kullanıcılar tarafından görülebilecek ve gerektiğinde fiyatları değiştirilebilen bir borsa ortamının oluşması sağlanacak, tüketiciler site üzerinden siparişlerini verip ödemelerini gerçekleştirebilecek, lojistik hizmetler sertifikalandırılmış lojistik şirketler tarafından gerçekleştirilecek, iade sistemi olacak, iadeler lojistik şirketler tarafından teslim alınarak tekrar ekonomik değere dönüştürülmesi çalışmaları yapılacak, müşteri şikayetleri tüm iletişim kanalları kullanılarak alınabilecek, standartlara uygun olmayanlar sistemden çıkarılacaktır.

Bu çalışma, sisteme girecek olan üretici ve lojistik işletmelerin ortaklaşa belirlenmesi için AHP yönteminin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise sisteme dahil olan lojistik işletmeler ve üreticiler, gelen bir talep doğrultusunda birlikte değerlendirilmekte ve talep yapılan üreticinin ürünün hangi lojistik işletme ile sevkiyatının en iyi performansı göstereceği öngörülmektedir. Bundan sonraki aşamada üreticilerin tedarikçi seçimine yönelik AHP modeli oluşturulacak olup belli bir seviyeye sahip tedarikçilerin sisteme girişi yapılacaktır. Üretici değerlendirmesinde, sistemdeki tedarikçilerden kullanım oranı yeni bir kriter olarak dikkate alınacaktır.

KAYNAK

- [1] Baran J., Zak J., (2014). Multiple Criteria Evaluation of Transportation Performance for Selected Agribusiness Companies. *Procedia – Social and Behavioral Sciences 111 (2014) 320-329*
- [2] Bao L., Huang Y., Ma Z., Zhang J., Lv Q., (2012). On the Supply Chain Management Supported by e-Commerce Service Platform for Agreement Based Circulation of Fruits and Vegetables. *2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering*.
- [3] Bosona T., Gebresenbet G. (2013). Food Traceability As An Integral Part Of Logistics Management In Food And Agricultural Supply Chain. *Food Control 33 (2013) 32-48*.
- [4] Dabbene, F., Gay P., Tortia C., 2013, "Traceability Issues in Food Supply Chain Management: A Review", *Biosystem Engineering*, 2014, pp.65-80.

- [5] Handayati Y., Simatupang T.M., Perdana T., (2015). Agri-food Supply Chain Coordination: The State of the Art and Recent Developments. *Journal Logistich Research* 8:5, 2015
- [6] Lamsal K., Jones P.C., Thomas B.W., (2015). Harvest Logistics in Agricultural Systems with Multiple, Independent Producers and no On-Farm Storage. *Computers & Industrial Engineering* 91 (2016)129-138
- [7] Li S., Hu L., (2015). Risk Assessment of Agricultural Supply Chain Based on AHP-FCS in Eastern Area of Hunan Province. *The National Social Science Foundation of China (No.14BGL158) and the Natural Science Foundation of Hunan Province of China (No.14JJ774)*.
- [8] Sanjaya S., Perdana T., (2015). Logistics System Model Development on Supply chain management of Tomato Commodities for Structured Market. *Procedia Manufacturing* 4 (2015) 513-520.
- [9] Strzebicki D., (2015). The development of Electronic Commerce in Agribusiness- the Polish Example. *Procedis Economics and Finance* 23 (2015) 1314-1320.
- [10] Su Politikaları Derneği Uygulamalı Araştırma Merkezi (2017), *Türkiye Tarımının Yapısal Geleceği; Ön Rapor Ankara*.
- [11] Tsolakis K.N., Keramydas A.C., Toka K.A., Aidonis A.D., Iakovou T.E. (2014). Agrifood Supply Chain Management: A Comphresive Hierarchical Decision-Making Framework and Critical Taxonomy. *Biosystems Engineering* I20, 47-64
- [12] Xu Y., Peng C., Wang C., Xie J., Li Z., (2015). Benefit Distribution of the Agricultural Product Green Supply Chain Based on Modified Shapley Value. *Proceedings of the Ninth Interantional Conference on Management, (2015)*.
- [13] Yindi W., Hongjie L., (2015). Fresh Agricultural Products Supply Chain in the e_Commerce Environment Vulnerability Model. *Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS), 2015 International Conference*.
- [14] Yu M., Nagurney A., (2013). Competitive Food Supply Chain Networks with Applicaiton to Fresh Produce. *European Journal of Operational Research* 224 (2013)273-282.

KONTEYNER TERMİNAL OPERASYONLARININ AKILLI VE YEŞİL BAKIŞ AÇILARI İLE İNCELENMESİ

Serkan Karakaş¹, A. Zafer Acar², Mehmet Kırmızı³

¹Piri Reis Üniversitesi, SBE, İşletme Doktora Programı, İstanbul, serkan.karakas@pru.edu.tr

²Doç. Dr., Piri Reis Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü, İstanbul, azacar@pirireis.edu.tr

³Piri Reis Üniversitesi, SBE, İşletme Doktora Programı, İstanbul, mehmet.kirmizi@pru.edu.tr

ÖZET

Deniz taşımacılığı uluslararası ticaretin ve bu nedenle lojistiğin ana itici unsurudur. Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı 'na göre dünya ticaretinin hacmine göre yüzde 80'den fazlasını ve değerinin yüzde 70'inden fazlasını oluşturması nedeniyle stratejik bir öneme sahiptir. Dünya deniz ticaret hacminin 2017 ve 2022 yılları arasında yıllık %3.2 büyüme oranı ile büyümesi öngörülmektedir (URL1). Buna göre; deniz taşımacılığını ve deniz ticaretini oluşturan liman ve gemi filolarının ticaretin büyümesine paralel bir biçimde gelişerek büyümesi de kaçınılmaz olacaktır. Bu büyümenin çevresel etkilerinin kontrollü bir şekilde ele alınarak değerlendirilmesi, hem yer altı ve yer üstü kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı hem de dünyanın gelecekte yaşanabilir şartlarda kalabilmesi için hayati önem arz etmektedir. Bu çalışmada konteyner terminal operasyonlarının çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesi konusunda yapılmış akademik çalışmalara ve sektörel uygulamalara değinilmiştir. Bu çalışma ve uygulamalar planlama ve sistemsel seviye ile teknoloji ve ekipman seviyesi olmak üzere iki seviyede ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Liman Konsepti, Enformasyon Teknolojileri, Terminal Operasyon Sistemi

INVESTIGATION OF CONTAINER TERMINAL OPERATIONS FROM INTELLIGENT AND GREEN STANDPOINTS

ABSTRACT

Maritime transport is the main driving force of logistics and therefore international trade. According to United Nations Conference on Trade and Development, it has a strategic precaution because it accounts for more than 80 percent of the world's trade volume and more than 70 percent by means of value. The world's maritime trade volume is predicted to grow at a 3.2% annual growth rate between 2017 and 2022 (URL1). It is inevitable that ports' capacities and ship fleets will grow in parallel with the growth of international trade and controlling the environmental effects of this growth is crucial for sustainable use of both underground and surface resources as well as for the world to remain viable in the future. In this study, academic views and industrial applications on the container terminal operations in an environmentally sustainable manner are mentioned. These studies and applications are approached at the planning & systematic and technology & equipment levels.

Keywords: Green Port Concept, IT, Terminal Operation System

1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığının dünya ticaretinde önemi göz önüne alındığında ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacının da ne derece büyük olacağı öngörülebilmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacının önemli bir kısmı fosil yakıtlardan kaynaklanmakta ve kullanımı neticesinde yoğun sera gazı (GHG) oranları atmosfere karışmaktadır.

Dünya enerji ihtiyacının ve bu ihtiyacın karşılanma şeklinin son 15 yıllık süreçteki gelişimi incelendiği zaman fosil yakıtların (petrol, gaz ve kömür) kullanım oranı (2005=%87.46, 2010=%87.03, 2015=%85.99) değişmemekte ve yenilenebilir enerji üretim yöntemlerini önemli ölçüde domine etmektedir (URL2). Benzer şekilde deniz ticaret unsurlarının enerji ihtiyacı da önemli ölçüde fosil yakıtlardan karşılanmakta ve çevreye sera gazlarının salınımı büyüme ile orantılı olarak artmaktadır. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) Üçüncü Sera Gazları Çalışma Raporu-2014'te (URL3) belirtildiği gibi uluslararası deniz taşımacılığı vasıtasıyla 2012 yılında 796 milyon ton CO₂ salınımı yapılmıştır ve bu rakam, o yılın toplam emisyon hacminin yaklaşık % 2.2'si kadardır. Ayrıca, gelecekteki ekonomik büyüme ve enerji gelişimine bağlı olarak uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonlarının % 50 ile % 250 oranında artabileceği IMO tarafından öngörülmektedir. Buna ek olarak, dünya çapında deniz kirliliğinin %20'si denizcilik faaliyetleri sonucu meydana gelmekte (Badurina vd., 2017) ve deniz taşımacılığı sera gazı emisyonunun en temel kaynağı olarak gösterilmektedir (Yang Y. C. , 2016). Literatür incelendiği zaman deniz ticaretinin çevresel etkilerinin iki ana unsura toplandığı görülmektedir: Gemiler ve limanlar (Chiu vd., 2014; Corbett ve Winebrake, 2008). Bu çalışmanın kapsamında liman-çevre ilişkisinin incelenmesi hedeflenmiş, deniz ticaret filosu kaynaklı çevresel etkilerin incelenmesi ise ayrı bir çalışma konusu olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada liman operasyonlarının sürdürülebilirliği, yeşil ve akıllı liman konsepti kapsamında ele alınmıştır. Yeşil liman konsepti, liman operasyonlarının yüksek enerji verimliliği ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilirken, aynı zamanda ekonomik hedeflerin de gerçekleştirilmesi anlamını taşımaktadır (Badurina vd., 2017). Ekonomik, operasyonel ve çevresel açılardan sürdürülebilirliğin sağlanması ise, yüksek teknolojiye sahip ekipman ve sistemlerin yer aldığı akıllı liman konseptinin uygulanması ile mümkün olmaktadır (Yang ve Li, 2017).

2. METODOLOJİ

Çalışma literatür araştırmasına dayanmakta olup, öncelikle, yeşil liman konseptinin tanımı yapılmıştır. Müteakip, literatür araştırması sonucu liman kaynaklı kirleticiler ve Avrupa limanları yöneticilerinin çevresel öncelikleri ortaya çıkarılmıştır. Konteyner terminallerinin enerji profili incelenmiş ve en çok karbon gazı salınımına neden olan liman ekipmanları listelenmiştir. Devam eden bölümlerde ise limanlarda uygulanmakta olan çevre dostu teknolojiler ve karbon salınımının en az düzeye indirilmesine olanak sağlayan sistemsel yaklaşımlar ele alınmıştır. Çevre dostu yöntemler iki seviyede incelenmiştir:

- Sistemsel seviyedeki yaklaşımlar
 - Terminal operasyon sistemleri, entegre araç ve kapı atama sistemleri
- Teknoloji ve ekipman seviyesindeki yaklaşımlar
 - AGV (Automatic Guided Vehicles) türevleri
 - Flywheel sistemi ve boşta çalışma süresinin azaltılması

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Sera Gazı ve Karbon Ayak İzi Kavramları ve Liman Endüstrisi

Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (EPA) verilerine göre insan kaynaklı sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin temel kaynağı olarak gösterilmekte ve salınımı giderek artmaktadır. Bu artış 1990-2010 yılları arasında %35 olarak gerçekleşmiştir (URL4). EPA'ya göre CO₂ salınımı toplam sera gazı salınımının %75'ini oluşturmakta olup CO₂ salınımındaki artış aynı periyot için %42 olmuştur. Kyoto Protokolünde belirtilen diğer sera gazları ise metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) sülfürhekza florid (SF₆) gazlarıdır (URL5). Sera gazlarının iklim değişikliğine olan etkilerinin derinlemesine araştırılmaya başlanması ile birlikte karbon ayak izi kavramı oldukça önem kazanmıştır. Carbon Trust'a göre karbon ayak izi; insanlar tarafından, organizasyonlar tarafından, veya bir ürünün üretilmesi sürecinde, doğrudan veya dolaylı olarak salınımı yapılan toplam sera gazlarıdır (URL6). Wiedmann ve Minx (2008), ve POST (2006)'ya göre karbon ayak izi; doğrudan veya dolaylı olarak bir faaliyetin neden olduğu veya bir ürünün yaşam çevriminde biriken karbon emisyonlarının toplam miktarının ölçüsüdür. (Wiedmann ve Minx, 2008; URL7, 2006). Karbon ayak izinin ölçü birimi literatürde çeşitli tanımlarla yapılmaktadır. Wiedmann ve Minx (2008) ağırlık cinsinden ölçüm yapmakta, POST (2006) ve Yang, (2016) birim kilovat-saat elektriğe eşit olan karbon dioksit ağırlığını (g CO₂ eq/kWh) kullanmakta, Galli vd., (2012) ise sadece CO₂ referans alındığı zaman ağırlık cinsinde (kg CO₂), diğer sera gazları dahil edildiği zaman ise ağırlık cinsinden eşitini (CO₂-equivalent) kullanmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008; URL7, 2006; Yang Y. C. , 2016; Galli vd., 2012).

Küresel ısınma ve çevre kirliliğinin en temel nedeni olarak gösterilen sera gazları etkisi veya karbon ayak izi literatürde en çok incelenen konular olmasına rağmen limanların çevrelerine etkilerini tek maddeyle sınırlamak yeterli olmamaktadır. Liman kaynaklı çevresel etkilerin neler olduğu literatürde incelendiği zaman yapılan çalışmaların benzer sonuçlar verdiği Tablo 1’de olduğu gibi görülmektedir.

Tablo 1: Liman Kaynaklı Çevresel Etkiler

Kaynak	Çevresel Etkiler	Kaynak	Çevresel Etkiler
Bailey ve Solomon (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Operasyonlardan kaynaklı hava kirliliği Sulak alanların yok olması Balıkçılık ve deniz canlılarının tahribatı Atık suların tahliyesi Trafik sıkışıklığı Gürültü ve ışık kirliliği Sızıntı durumunda toprağın ve suyun kirlenmesi Kimyasal işlemler esnasında kimyasalların buharlaşarak havanın kirlenmesi Katı ve tehlikeli atık üretimi Toprak akış erozyonu 	Peris-Mora, v.d. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> Hava kirliliği, Gürültü kirliliği Koku kirliliği Su kirliliği Toprak kirliliği Atık üretimi Kaynakların kullanımı Deniz dibinin değiştirilmesi Kıyı kesimlerindeki doğal yaşam alanlarının değişimi
Dabra, v.d. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> Gaz, partikül v.b. havaya emisyon Atık su v.b. denize tahliye Endüstriyel süreçler sonucu oluşan atıkların toprağa tahliyesi Gürültü Katı atık üretimi Deniz ekosisteminin olumsuz etkilenmesi Kaynakların kullanımı 	Klopott (2013)	<ul style="list-style-type: none"> Gemi atık suyu, Deniz dibinin derinleştirilme işlemler Gürültü Gemi egzoz salınımları Balast suyu Enerji tüketimi Liman bölgesinin genişlemesi

Ayrıca, ESPO/EcoPorts Liman Çevresel İnceleme Raporuna (URL9, 2016) göre, 2016 yılı için Avrupa liman yetkililerinin ilk 10 çevresel önceliği: (1) hava kalitesi, (2) enerji tüketimi, (3) gürültü, (4) yerel halk ile kurulan ilişki, (5) çöp ve liman atıkları, (6) gemi atıkları, (7) limanın büyümesi (arsa), (8) su kalitesi, (9) toz, (10) dip tarama faaliyetleri. Avrupa liman yöneticilerinin önem verdikleri çevresel faktörlerin başında 2013 yılında (URL8, 2013) olduğu gibi hava kalitesi ilk sırayı almaktadır (URL8). Bir diğer çarpıcı sonuç ise; ESPO/EcoPorts (2016) raporuna göre 1996 yılından itibaren toplanan verilerin kıyaslanması ile elde edilen bulgudur. Tablo 2’den görüldüğü üzere 20 yıllık süreçte toplanan veriler neticesinde hava kalitesine verilen önem artarak ilk sırayı almıştır (URL9).

Tablo 2: Liman Yöneticilerinin Çevresel Öncelikleri 2006-2016 (URL8)

	1996	2004	2009	2013	2016
1	Deniz dolgusu	Çöp ve atıklar	Gürültü	Hava kalitesi	Hava kalitesi
2	Su kalitesi	Dip tarama	Hava kalitesi	Çöp ve atıklar	Enerji tüketimi
3	Dip tarama atıkları	Dip tarama atıkları	Çöp ve atıklar	Enerji tüketimi	Gürültü
4	Dip tarama	Toz	Dip tarama	Gürültü	Yerel halk iletişimi
5	Toz	Gürültü	Dip tarama atıkları	Gemi atıkları	Çöp ve liman atıkları
6	Limanın büyümesi	Hava kalitesi	Yerel halk iletişimi	Yerel halk iletişimi	Gemi atıkları
7	Kirletilmiş toprak	Tehlikeli kargo	Enerji tüketimi	Dip tarama	Limanın büyümesi
8	Habitat kaybı	Yakıt transferi	Toz	Toz	Su kalitesi
9	Trafik artışı	Limanın büyümesi	Deniz dolgusu	Limanın büyümesi	Toz
10	Endüstriyel atıklar	Gemi sintine tahliyesi	Limanın büyümesi (arsa)	Su kalitesi	Dip tarama faaliyetleri

Limn işletmecileri Tablo 2 ile belirtilen çevresel hassasiyetleri artırmak, limanlarda bütüncül bir çevre kültürü oluşturmak, veya uluslararası kuruluşlar, devlet regülasyonları vasıtasıyla çevre yönetim sistemlerini benimsemektedirler.

Ayrıca, doğaya ve liman etrafında yaşayan canlılara sürdürülebilir bir yaşam hakkı tanımak için belirtilen çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedirler ve bu hedeflerini çeşitli sertifikasyonlar ile belgelemektedirler. Bu nedenle bir veya birden fazla çevre yönetim sisteminin gereklerini yerine getirmektedirler. Özellikle Avrupa limanlarında 91 limandan 64 adeti Çevre Yönetim Sistemi sertifikasyonuna sahiptir. Bunlardan 46 adeti ISO 14001, 5 adeti EMAS, VE 26 adeti PERS çevre yönetim sistemini benimsemektedir (URL10). Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansına (EPA) göre Çevre Yönetim Sistemi: Bir organizasyonun veya işletmenin çevresel etkilerini azaltmasına ve işletme verimliliğini artırmasına olanak tanıyan bir dizi süreç ve uygulamadır (URL11). Amerikan Kalite Derneğine (ASQ) göre Çevre Yönetim Sistemi ise: İşletme süreçlerini entegre sistem süreçleri ile hizalayan ve bunu yaparken müşteriye en yüksek değeri vermeye odaklanan bir sistemdir. Bu anlamda, Çevre Yönetim Sisteminin birincil müşterisi yerel, bölgesel ve küresel çevredir (URL12). ISO'ya göre çevresel Yönetim Sistemi, işletmelerin çevresel konularını "bütünsel" bir şekilde tanımlamaları, yönetmeleri, izlemeleri ve kontrol etmelerine yardımcı olur (URL13). Avrupa limanlarında yoğun bir şekilde kullanılan ISO 14001, PERS (Port Environmental Review System) ve EMAS (The EU Eco-Management and Audit Scheme) liman özelinde değerlendirildiği zaman yukarıda belirtilen çevre yönetim sistemi tanımlarını içeren çevresel performans artırıcı araçlardır.

3.2. Konteyner Terminali Enerji Profili

Küresel konteyner hareketleri, artmaya devam etmekte olup, 2017 üçüncü çeyreği itibarı ile % 7,7 civarında bir artış göstermiştir (URL14). Bu durum, mevcut konteyner terminallerine yapılan yatırımların artmasının yanında, yeni terminallerin devreye alınmasına da yol açmaktadır. Konteyner terminalleri, ekonomik büyümeye katkı sağladıkları kadar, çevre kirliliği konusunda da önemli paya sahiptirler. Öyle ki, ana konteyner terminalleri kaynaklı hava kirliliği, rafineri ve enerji santrallerinden fazladır (Liu ve Lim, 2017). Kötü-ucuz yakıt kullanımı kaynaklı olarak yüksek miktarda (PM_{2,5}), sulphur oxides (SO_x) ve ozon tabakasına zarar vermekte olan nitrogen dioxides (NO_x) salınımı meydana gelmektedir (Liu ve Lim, 2017). Mamatok ve Jin (2016), çalışmalarında limanlarda sera gazı (greenhouse gasses – GHG) salınımına neden olan kaynakları deniz ayağı ve kara ayağı olarak başlıca iki bölüme ayırmışlardır. Deniz ayağını konteyner gemileri ile liman hizmet gemileri, kara ayağını ise konteyner elleçleme ekipmanları, damperli araçlar ve demiryolu çekicileri olarak sınıflandırmışlardır. Çalışmada, en büyük emisyon kaynağının % 45,8 ile liman içerisinde çalışan damperli araçlar olduğu görülmektedir. En fazla sera gazı üreten ikinci kaynak ise yük elleçleme ekipmanlarıdır. Sera gazı kaynakları birim düzeyinde incelendiğinde ise, en büyük payın terminal traktörlerine ait olduğu ve bunu ağır yük taşınmasında kullanılan forkliftlerin takip ettiği görülmektedir (Mamatok ve Jin, 2016). Chen vd., (2013) tarafından yapılan çalışmada da sera gazlarının en büyük kaynağı olarak damperli araçlar olarak (HDV) gösterilmiştir (Chen vd., 2013).

Tablo 3: Mobil Emisyon Kaynakları (Mamatok ve Jin, 2016)

	Mobil Emisyon Kaynakları	tCO2E	%
1	Konteyner Gemileri	6254	3,0
2	Servis gemileri	37728	18,0
3	Yük elleçleme ekipmanları	68063	32,4
4	Damperli Araçlar	96187	45,8
5	Lokomotifler	1585	0,8
	Toplam	209818	100

Tablo 4: Mobil Emisyon Kaynakları (Mamatok ve Jin, 2016)

Emisyon Kaynağı	%	tCO2E	Emisyon Kaynağı	%	tCO2E
Liman Hizmet Gemileri			Damperli araçlar (HDV)		
Liman römorkörleri	9,3	19572	Terminal Traktörleri (konteyner)	44,9	94131
Yedekleme römorkörleri	7,7	16242	Terminal Traktörleri (diğer)	1,0	2056
İş tekneleri	0,9	1914			
Yük elleçleme ekipmanları			Lokomotifler (RL)		
Ağır forkliftler	17,9	37618	Lokomotif - uzun mesafe	0,4	831
Boş forkliftler	6,3	13300	Lokomotif - kısa mesafe	0,4	754
Küçük forkliftler	1,2	2613			
RTG	6,0	12527			
ITV (In terminal vehicle)	0,9	1968	Konteyner gemileri	3,0	6254
Vinç	0,02	38	Toplam	100	209818

IAPH (2008) raporunda, liman kaynaklı sera gazı emisyonunu azaltmak için yedi strateji ele alınmıştır (URL15). Bu stratejiler tablo 5'te görülmektedir. En fazla karbon salınımına neden olduğu varsayılan ekipman gruplarında yapılacak temel iyileştirmeler, yeni nesil teknolojiye sahip ekipmanların kullanımı ve liman operasyon süreçlerinin daha etkin bir şekilde planlanması ve yönetilmesi olacaktır. Bu doğrultuda, bu çalışmada liman operasyonlarının yeşil bakış açısıyla sürdürülebilirliği teknoloji ve ekipman ile sistemsel seviye olmak üzere iki düzeyde ele alınmıştır.

Tablo 5: IAPH Stratejileri (URL15)

Kaynak	Strateji
Liman Hizmet Gemileri	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, liman elektriği kullanımı.
Yük elleçleme ekipmanları	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemlerinin kullanımı.
Konteyner gemileri	Düşük hızda seyir, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, liman elektriği kullanımı.
Damperli araçlar	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, boşta çalışma süresini azaltan sistemlerin kullanımı.
Hafif hizmet taşıtları	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, boşta çalışma süresini azaltan sistemlerin kullanımı.
Lokomotif grubu	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, boşta çalışma süresini azaltan sistemlerin kullanımı.
İnşaat ekipmanları	Yeni nesil makine sistemlerine geçiş, operasyonel iyileştirme, kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol sistemleri, boşta çalışma süresini azaltan sistemlerin kullanımı.

3.3. Akıllı Liman: Sistemsel Seviyedeki Yaklaşımlar

Konteyner taşımacılığında meydana gelen birleşmeler, giderek daha büyük kapasiteye sahip gemilerin konteyner limanlarını ziyaret etmesine yol açmaktadır. Bu durumun neden olduğu iş hacmi, bilgi teknolojileri sistemlerinin de konteyner terminallerine giderek daha fazla entegre olmasına yol açmıştır. Bu konudaki ilk gelişmelerden birisi, trafik yoğunluğu kaynaklı emisyon miktarını azaltmak için Los Angeles/Long beach limanında 2002 yılında faaliyete geçen ilk araç atama sistemidir (truck appointment system – TAS). Daha sonraki aşamalarda ise, liman kapılarında yoğunluk yaşanmaması için, taşıyıcı firmalar konteyner taşıyan araçlarına RFID etiketleri temin etmeye başlamışlardır (Heilig vd., 2017). Araç atama sistemleri gibi liman kaynaklı emisyon miktarının azaltılmasına izin veren sistemlerden birisi de kapı atama sistemidir. Bu sistemler ile amaçlanan liman yoğunluğunun en fazla olduğu saatlerde araç girişini azaltarak liman girişindeki artan araç trafiği kaynaklı emisyon miktarı da azaltılmış olur (Giuliano ve O'Brien, 2007). Terminal operasyon sistemleri limanlara gelişmiş planlama ve organizasyon yeteneği kazandırmaktadırlar. Bu sistemlerin sağlamış olduğu operasyonel etkinlik, liman sahası içerisinde istenmeyen konteyner hareketlerinin minimize edilmesine

olanak sağlamaktadır (Matczak, 2013). Liman çekicileri iyi planlanmış bir organizasyon içerisinde gemi ve saha istifi arasında daha az mesafe kat etmektedirler. Bu durum şüphesiz olarak operasyonel etkinliğin artmasına ve liman kaynaklı karbon gazı emisyon miktarının azalmasına da olanak sağlamaktadır. Terminal operasyon sistemleri, büyük ölçüde EDI standartlarını desteklemektedirler, UN/EDIFACT sistemi de buna dahildir (Heilig ve Voß, 2016).

3.4. Teknoloji ve Ekipman Seviyesindeki Yaklaşımlar

3.4.1. Agv, B-agv ve I-agv Ekipmanları

Lerliche vd., (2016), “Agent” simülasyonu ile yapmış oldukları çalışmada, Le Havre limanını mercek altına almışlardır. Buna göre, elektrik enerjisiyle çalışan araçların kullanılması sonucu atmosfere salınan CO2 gazlarının miktarının yıllık 500,000 ton kadar azaltılabileceğini öngörmüşlerdir (Lerliche vd., 2016). Bu noktada, ekipman seviyesinde kovansiyonel dizel yakıtı ile çalışan liman için çekicilere alternatif olan AGV ekipmanları ve bunların çeşitli varyanslarının kullanımı modern, otomasyon sistemine sahip limanlarda giderek artmaktadır. AGV ekipmanları da tedarik zinciri sistemi içerisinde giderek adapte edilerek yaygınlaşmaktadır. AGV sistemlerinin, başlıca üç faydasından söz edilebilir; finansal, operasyonel ve çevresel. AGV sistemleri ile, operatör vasıtasıyla kullanılan konvansiyonel araçlara göre daha düşük bakım maliyetleriyle karşılaşılmaktadır. Aynı zamanda işçi maliyeti ve özellikle fazla mesai durumlarında ödenen ücretten tasarruf edilebilmesi gibi avantajlarının yanında, yüksek güvenilirliğe sahip olmaları ve daha emniyetli bir çalışma ortamı sağlanması konusunda da faydalıdır (Bechtsis vd., 2016). Schmidt vd., (2015) , elektrikli AGV’leri (diğer adıyla B-AGV) dizel AGV’ler ile karşılaştırmışlar ve elektrik enerjisiyle çalışanların dizel yakıt kullananlara göre finansal, çevresel ve teknik avantajlara sahip olduklarını doğrulayıcı nitelikte bir çalışma yapmışlardır. (Schmidt vd., 2015). Bahnes vd., (2016) Intelligent Transport System (ITS) kapsamında, IAV (Intelligent Autonomous Vehicles – Akıllı Otonom Araçlar) konusunu incelemişlerdir. Omnet++/SUMO simülasyon programını kullandıkları çalışmada, IAV’lerin terminal sahasında birbirleriyle kaza riskini önleyecek şekilde iletişim kurmaları ve bunun sonucunda özellikle gemi tahliye süresini önemli derecede azaltacak şekilde koordine olabilecekleri vurgulanmıştır (Bahnes vd., 2016).

3.4.2. Enerji Verimliliği: Flywheel Sistemi ve Boşta Çalışma Süresinin Azatılması

Enerji tasarrufu sağlayan yeni nesil teknolojilerden birisi de, bir enerji depolama sistemi olan Flywheel’dir. Özellikle yüksek enerji gerekliliği olan sistemlerde etkin bir şekilde uygulanabilmektedir. Terminalerde bulunan rıhtım ve saha ekipmanlarının ağır tonajlı konteynerleri elleçleyebilmeleri için ihtiyaç duydukları enerji, dizel jeneratörler, kaldırma (hoist) motorları, köprülü portal vinç (gantry) ve elektrikli trolley motorları tarafından sağlanmaktadır. Bu motorlar yardımıyla bir konteynerin indirilme işlemi sırasında direnç bankasında (resistor bank) hareket enerjisi, ısı enerjisine dönüşür. Flywheel sistemi ile, bu enerji depolanır ve sonraki hareket olan kaldırma işlemi sırasında serbest bırakılarak tekrar kullanılır. Burada, yüksek miktarda bir enerji tasarrufu söz konusudur. Helhund ve diğerlerine göre, 50 ton ağırlığındaki bir konteynerin sekiz metre kaldırılmasından doğan 1kWh’dan daha fazla bir enerjinin tasarrufu yapılabilir. Los Angeles ve Long Beach limanlarından elde edilmiş veri ile yapılan çalışmaya göre ise, günde 10 saat ve bütün bir yıl boyunca çalıştığı varsayılan tek bir liman vinci ile, bir yılda 100 MWh kadar bir enerji tasarrufu yapılması mümkündür (Hedlund vd., 2015).

Limanlarda enerji verimliliği sağlayacak stratejilerden birisi, boşta çalışma süresini azaltacak teknolojilerin kullanılmasıdır (URL15). Tablo 6’te, boşta çalışma süresinin azaltılması hakkında hangi yöntem/teknoloji ile hangi oranda yakıt tasarrufu edilebileceğine dair öngörülse veriler bulunmaktadır (Konstantzos vd., 2016).

Tablo 6: Boşta Çalışma Süresi ve Yakıt Tüketimi İlişkisi (Konstantzos vd., 2016)

Yöntem/Teknoloji	Yakıt tüketiminin azaltılmasına etkisi
Yardımcı güç ünitesi	% 60-87
Otomatik motor kapatma sistemi	% 50
(Gelişmiş) araç enerji kesme sistemi	% 68-99

3.4.3. Ekipman Dönüşümü: Greencranes Projesi

Avrupa Birliği'nin Greencranes projesi, konteyner terminallerinin enerji kullanım profillerinin tanımlanması için kullanılacak yöntemlerin ortaya çıkarılması ve konteyner terminalleri kaynaklı GHG ve kirlilik yaratan diğer emisyonların (CO₂, NO_x, PM) azaltılması için kullanılacak farklı çevre dostu teknolojilerin analiz edilmesini amaçlamıştır. Projenin aşamaları, konteyner terminallerinin enerji profilinin ortaya konulması ve GHG emisyon haritasının yapılması, teknolojik ve organizasyonel süreçlerin iyileştirilmesi için uygun fırsatların değerlendirilmesi, çevre performans sisteminin (Eco Efficient Indicators - EEI - System) limanların dengeli skor kart raporlarına entegrasyonu, düşük karbon salınımı sağlayan alternatif yakıtların ne derece kullanılabilir olduğunun ortaya çıkarılması için pilot uygulama yapılması ve proje bulgularına göre hazırlanan yeni politika ve standartların AB limanlarının çoğunluğuna uygulanabilecek şekilde tanımlanmasıdır. Burada, hedeflenen düşük karbon salınımının tesis edilebilmesi için, halihazırda bu teknolojilere sahip makine ve ekipmanların konteyner terminallerinin operasyonel süreçlerine entegrasyonu söz konusudur. Entegrasyon altı bölümde gerçekleştirilmektedir (URL16):

- Terminal çekicilerinin LNG ile çalışacak şekilde düzenlenmesi.
- Dolu konteyner istif makinelerinin (CRS), çevre dostu yakıtları kullanabilecekleri şekilde düzenlenmeleri.
- RTG ekipmanlarının elektrikle çalışacak şekilde düzenlenmeleri.
- Flywheel sisteminin RTG ekipmanlarına entegrasyonu.
- Saha ekipmanlarında enerji tasarruf sistemlerinin kullanılması.
- Enerji yönetim sisteminin (EYS) hayata geçirilmesi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Konteyner terminallerinin, içinde bulunan zamanın şartlarına uygun bir şekilde, çevre dostu teknolojilere geçiş yapması gerekmektedir. Konteyner terminallerinden beklenen küresel lojistik ve tedarik zincirinin katma değer sağlayan komplike birimleri olarak finansal ve operasyonel verimliliğin sağlanmasının yanı sıra, "sürdürülebilirlik" kavramı çerçevesinde liman operasyonlarının çevreye olan etkilerinin de mümkün olan en az seviyeye indirilmesidir. Bu noktada liman ekipmanlarının karbon oranı düşük yakıtlar ve elektrik enerjisi ile çalışacak şekilde modernizasyonu ve "flywheel" gibi yenilikçi teknolojilerin liman ekipmanlarına entegrasyonu gibi ekipman bazında hareket edilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir akıllı ve yeşil bir liman, gelişmiş yeni nesil terminal yönetim sistemlerinin entegrasyonu ile operasyonel verimliliğin artarken, liman kaynaklı çevresel kirliliğin ise minimum düzeyde tutulduğu lojistik ve tedarik zinciri birimi olarak görülebilir. Diğer bir deyişle, yüksek teknolojinin kullanılması vasıtasıyla emisyon oranlarının ve enerji kullanımının azaltılması noktasında "yeşil" ve "akıllı" kavramları kesişmektedir. Bu amaca yönelik olarak sistem ve optimizasyon seviyesinde, liman ritim-saha ve ekipmanlarının mümkün olan en etkin şekilde kullanımına olanak sağlayacak yöntemlerin terminal operasyon sistemleri ile entegrasyonu ve liman bölgesindeki araç trafiği kaynaklı emisyon değerlerinin azaltılması için entegre araç ve kapı atama sistemlerinin kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Araştırmacılar ve akademisyenler tarafından yapılan ritim ve saha optimizasyon çalışmaları, ileri aşamaya götürülerek liman yönetim sistemleri ile entegre edilmelidir. Bu noktada liman yöneticileri tarafından akademisyenlerce hazırlanan çalışmalar dikkate alınmalı, bu çalışmaların sahada pratik şekilde uygulanabilmesi için gerekli destek (personel, ekipman ve zaman gibi) verilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Badurina, P., Cukrov, M., Dundović, Č. (2017), "Contribution to the Implementation of "Green Port" Concept in Croatian Seaports", *Scientific Journal of Maritime Research*, 31, pp.10-17.
- [2] Bahnes, N., Kechar, B., Haffaf, H. (2016), "Cooperation Between Intelligent Autonomous Vehicles to Enhance Container Terminal Operations", *Journal of Innovation in Digital Ecosystem*, 3, pp.22-29.
- [3] Bailey, D., Solomon, G. (2004), "Pollution Prevention at Ports: Clearing the Air", *Environmental Impact Assessment Review*, 24, pp. 749-774.
- [4] Bechtsis, D., Tsolakis, N., Vlachos, D., Iakovou, E. (2016), "Sustainable Supply Chain Management in the Digitalisation Era: The Impact of Automated Guided Vehicles", *Journal of Cleaner Production*, 142, pp.3970-3984.
- [5] Chen, G., Govindan, K., Goliias, M. M. (2013), "Reducing truck emissions at Container Terminals in a Low Carbon Economy: Proposal of a Queueing-Based Bi-Objective Model for Optimizing Truck Arrival Pattern", *Transportation Research Part E*, 55, pp.3-22.
- [6] Chiu, R. H., Lin, L. H., Ting, S. C. (2014), "Evaluation of Green Port Factors and Performance: A Fuzzy AHP Analysis", *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, pp.1-12.
- [7] Corbett, J. J., Winebrake, J. (2008), "The Impacts of Globalisation on International Maritime Transport Activity: Past Trends and Future Perspectives", *OECD/ITF Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World*, Guadalajara.
- [8] Dabra, R. M., Ronza, A., Stojanovic, T. A., Wooldridge, C., Casal, J. (2005), "A Procedure for Identifying Significant Environmental Aspects in Sea Ports", *Marine Pollution Bulletin*(50), 50, pp.866-874.
- [9] Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., Giljum, S. (2012), "Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint into a "Footprint Family" of Indicators: Definition and Role in tracking Human Pressure on the Planet", *Ecological Indicators*, 16, pp.100-112.
- [10] Giuliano, G., O'Brien, T. (2007), "Reducing Port-Related Truck Emissions: The Terminal Gate Appointment System at the Ports of Los Angeles and Long Beach", *Transportation Research Part D*, 12, pp.460-473.
- [11] Hedlund, M., Lundin, J., Santiago, J. D., Abrahamsson, J., Bernhoff, H. (2015), "Flywheel Energy Storage for Automotive Applications", *Energies*, 8, pp.10636-10663.
- [12] Heilig, L., Voß, S. (2016), "Information Systems in Seaports: a Categorization and Overview", *Information Technology and Management*, 18, pp.179-201.
- [13] Heilig, L., Schwarze, S., Voß, S. (2017), "An Analysis of Digital Transformation in the History and Future of Modern Ports", *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Science*, 4-7 Ocak 2017, Shidler College of Business, Hawaii, ss.1341-1350.
- [14] Klopott, M. (2013), "Restructuring of Environmental Management in Baltic Ports: Case of Poland", *Maritime Policy & Management*, 40, pp.439-450.
- [15] Konstantzos, G. E., Saharidis, G. K., Loizidou, M. (2016), "Development of a Model for Assessing Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Terminal and Drayage Operations", *Operational Research*, 17, pp.807-819.

- [16] Leriche, D., Oudani, M., Cabani, A., Hoblos, G. (2016), "A Simulation-Optimisation Study for Comparison of New Logistics Systems at Le Havre Port", 3rd International Conference on Logistics Operations Management, 23-25 Mayıs 2016, Fez, Morocco.
- [17] Liu, Q., Lim, S. H. (2017), "Toxic Air Pollution and Container Port Efficiency in the USA", *Maritime Economics & Logistics*, 19, pp.94-105.
- [18] Mamatok, Y., Jin, C. (2016), "An Integrated Framework for Carbon Footprinting at Container Seaports: The Case Study of a Chinese Port", *Maritime Policy & Management*, 44, pp.208-226.
- [19] Matczak, M. (2013), "Intelligent Container Terminals - ITS Solutions for Seaports", *Transport System Telematics*, 6, pp.35-40.
- [20] Peris-Mora, E., Orejas, D. J., Subirats, A., Ibanez, S., Alvarez, P. (2005), "Development of a System of Indicators for Sustainable Port Management", *Marine Pollution Bulletin*, 50, pp. 1649-1660.
- [21] Schmidt, J., Meyer-Barlag, C., Eisel, M., Kolbe, L. M., Appelrath, H. J. (2015), "Using Battery-Electric AGVs in Container Terminals - Assessing the Potential and Optimizing the Economic Viability", *Research in Transportation Business & Management*, 17, pp.99-111.
- [22] URL1, UNCTAD/RMT (2017), Review of Maritime Transport, http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf, 11.2017.
- [23] URL2, World Energy Council (2016), World Energy Resources 2016, <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>.
- [24] URL3, International Maritime Organization (2014), Third IMO Greenhouse Gas Study 2014, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>, 25.07.2014.
- [25] URL4, United States Environmental Protection Agency, Climate Change Indicators: Greenhouse Gases, <https://www.epa.gov/climate-indicators/greenhouse-gases#major-long-lived-greenhouse-gases-and-their-characteristics>.
- [26] URL5, United Nations (1997), Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- [27] URL6, Carbon Trust (2017), Carbon Footprinting Guide, <https://www.carbontrust.com/resources/guides/carbon-footprinting-and-reporting/carbon-footprinting>, 08.2017.
- [28] URL7, Parliamentary Office of Science and Technology (2006), Carbon Footprint of Electricity Generation, <https://www.parliament.uk/documents/post/postpn268.pdf>, 10.2016.
- [29] URL8, European Sea Port Organisation / EcoPorts (2013), Top environmental priorities of European Ports for 2013: An Analysis Taking Port Size and Geography into Consideration., https://www.ecoport.com/laravel-filemanager/files/common/publications/Analysis_of_top_environmental_priorities_2013.pdf
- [30] URL9, European Sea Port Organisation / EcoPorts (2016), Port Environmental Review 2016: Insight on Port Environmental Performance and Its Evolution Over Time, https://www.espo.be/media/news/ESPO_EcoPorts%20Port%20Environmental%20Review%202016.pdf, 04.2016.
- [31] URL10, ESPO (2016), European Port Industry Sustainability Report. <https://www.waterborne.eu/media/10488/european-port-industry-sust-rep-2016.pdf>
- [32] URL11, United States Environmental Protection Agency (2018), Environmental Management Systems (EMS), <https://www.epa.gov/ems>

- [33] URL12, American Society for Quality (2018), What Are Environmental Management Systems (EMS)? - From Compliance to Policy, <http://asq.org/learn-about-quality/environmental-management-system/>
- [34] URL13, International Organization for Standardization (2015), Introduction to ISO 14001:2015, https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/introduction_to_iso_14001.pdf.
- [35] URL14, Lloyds Loading List (2017), Maritime Intelligence, https://www.lloydsloadinglist.com/freight-directory/news/Box-growth-on-track-to-exceed-6-in-2017/70564.htm#.Woq8aK51_bg, 19.10.2017.
- [36] URL15, International Association of Ports and Harbors (2008), IAPH Tool Box for Port Clean Air Programs, <http://wpci.iaphworldports.org/iaphtoolbox/DRAFT%20IAPH%20TOOL%20BOX%20%20dea.pdf>.
- [37] URL16, Trans-European Transport Network (TEN-T) (2012), GREEN Technologies and Eco-Efficient Alternatives for CRANES and Operations at Port Container Terminals, <http://www.fundacion.valenciaport.com/docs/itgreencranes/29/4-RafaelSapinya.pdf>.
- [38] Wiedmann, T., Minx, J. (2008), "A Definition of 'Carbon Footprint'", ISA UK Research & Consulting, Durham.
- [39] Yang, R., Li, Q. (2017), "Research on the System Technology for Automated Container Terminal", Chinese Control And Decision Conference (CCDC), 28-30 Mayıs 2017, Northeastern University, Chongqing, ss.3463-3466.
- [40] Yang, Y. C. (2016), "Operating Strategies of CO2 Reduction for Container Terminal Based on Carbon Footprint Perspective", Journal of Cleaner Production, 141, pp. 472-480.

OTOMATİK DEPOLAMA VE GERİ-ALMA SİSTEMLERİNDE DEPOLAMA VE GERİ- ALMA MAKİNESİ BEKLEME NOKTASI OPTİMİZASYONU: SINIF-TABANLI DEPOLAMA POLİTİKASI DURUMU

Sema Değirmen¹, Fatih Çavdur², Erdi Şener³

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, degirmensema@gmail.com

²Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, fatihcavdur@uludag.edu.tr

³Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa, erdisener@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, Otomatik Depolama ve Geri Alma (OD/GA) sistemlerinde, Depolama ve Geri Alma (D/GA) makinesi bekleme noktası problemi dikkate alınmaktadır. Bekleme noktası D/GA makinesinin seyahat süresini etkileyen parametrelerden birisidir ve D/GA makinesi herhangi bir işlem gerçekleştiriyorken (boştayken) beklediği konumu ifade etmektedir. Bu konumun, D/GA makinesinin bir sonraki ürün talebini gerçekleştirmek için gereken süreyi minimize edecek şekilde seçilmesi beklenmektedir. Çalışma kapsamında, D/GA makinesinin sadece geri-alma işlemini gerçekleştirdiği bir süreç dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, önerilen yaklaşım kullanılarak depolama süreci için de D/GA makinesinin bekleme noktası benzer şekilde belirlenebilir. Çalışma kapsamında, D/GA makinesinin eksenlerdeki hareketleri doğrusal kabul edilerek, D/GA makinesinin geri-alma işlemindeki bekleme noktası koordinatlarının belirlenmesi için matematiksel programlama-tabanlı bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla, sınıf-tabanlı depolama politikası altında ürünlerin depolandığı, tek koridora sahip örnek bir depo için farklı depo yerleşim stratejileri dikkate alınarak D/GA makinesinin bekleme noktaları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bekleme Noktası, Kontrol Parametreleri, Matematiksel Programlama, Optimizasyon, Otomatik Depolama ve Geri-Alma Sistemleri

STORAGE AND RETRIEVAL MACHINE DWELL POINT OPTIMIZATION IN AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEMS: CLASS-BASED POLICY CASE

ABSTRACT

In this study, we consider the problem of determining the dwell point position of the Storage and Retrieval (S/R) machine in Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS). Dwell point is one of the parameters affecting the average travel time of the S/R machine and represents the position of the S/R machine resides when it does not perform any operations (when it is idle). This position is expected to be determined so that the time it takes for the S/R machine to perform the next operation is minimized. In this study, we consider a time period where the S/R machine performs retrieval operations only. On the other hand, the dwell point position of the S/R machine for storage operations can also be determined similarly using the proposed approach. In this study, assuming that the S/R machine's axial movements are linear, a mathematical programming-based approach is proposed to determine the dwell point position. To illustrate the proposed approach, considering different storage-assignment strategies, dwell point positions of the S/R machine is determined for an example depot with a single corridor where a class-based storage policy is used.

Keywords: Dwell Point, Control Parameters, Mathematical Programming, Optimization, Automated Storage and Retrieval Systems

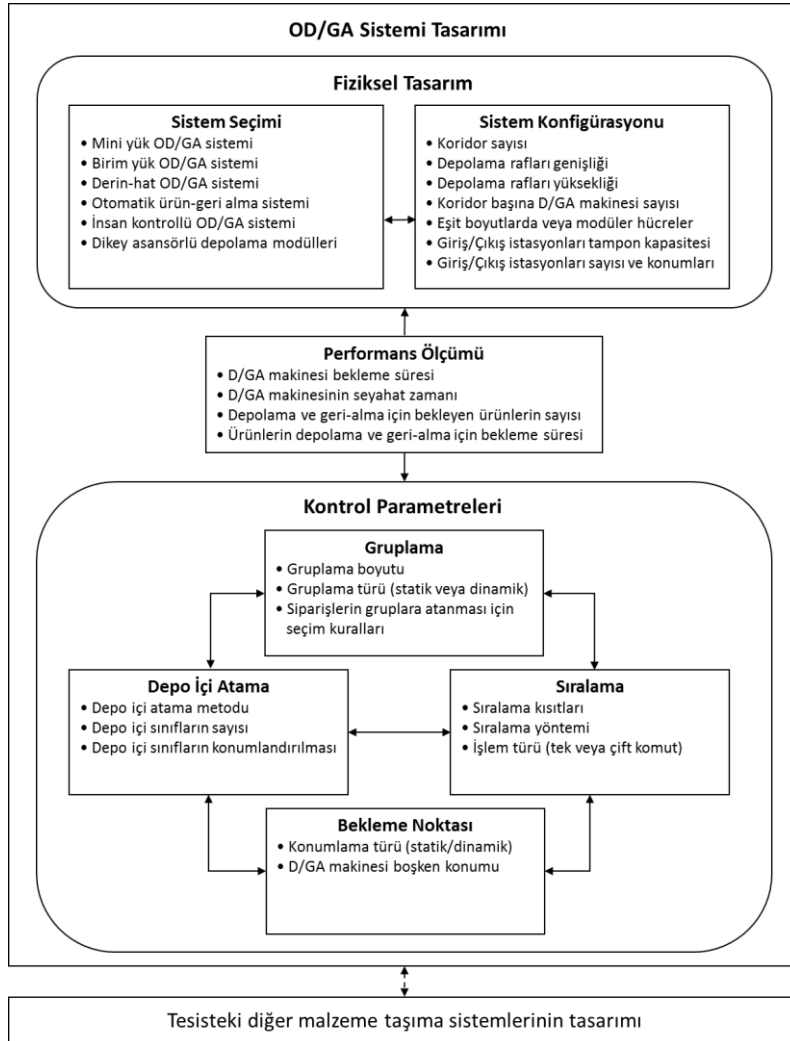
1. GİRİŞ

Otomatik Depolama ve Geri-Alma (OD/GA) sistemleri üretim ve dağıtım ortamlarında, ürünlerin depolanması ve ürün siparişlerinin geri-alınması için sıklıkla kullanılmaktadır. Bir OD/GA sistemi genel olarak; (i) ürünlerin depolandığı konumlar olan raflar, (ii) ürünlerin depolanması ve geri-alınması için kullanılan depolama ve geri-alma (D/GA)

makinaları, (iii) D/GA makinelerinin raflar arasında hareket edebildiği alanlar olan koridorlar, (iv) alınan ürünlerin bırakıldığı ve depolama için gelen ürünlerin alındığı pozisyonlar olan giriş/çıkış noktaları ve (v) bazı sistemlerde mevcut olan, ürün sisteme gönderilmeden önce alınan üründen tek tek parçaların çıkarılması için insanların çalıştığı yerler olan toplama pozisyonlarından oluşmaktadır.

OD/GA sistemleri tasarımı, tesisteki diğer malzeme taşıma sistemlerinin de dikkate alındığı, fiziksel tasarım ve kontrol parametreleri olmak üzere iki unsurdan oluşmaktadır (Roodbergen ve Vis, 2009). Genel olarak fiziksel tasarım parametreleri, sistemin görünümünü belirleyen sistem seçiminden ve sistem konfigürasyonundan meydana gelmektedir. Sistem seçimi, OD/GA sisteminin türünü (birim yük, mini yük OD/GA sistemi vb.) belirlemektedir; sistem konfigürasyonu ise koridor sayısı ve raf boyutlarının belirlenmesi gibi kararların alındığı sistem yapılandırmasını içermektedir. Fiziksel tasarım parametreleri genel olarak; geçmiş ve tahmini veriler, ürün özellikleri, mevcut bütçe, gerekli sistem çıktı hızı, gerekli depolama alanı ve mevcut alan dikkate alınarak seçilmektedir (Roodbergen ve Vis, 2009).

OD/GA sistemlerinde kontrol parametreleri ise sistem tarafından gerçekleştirilen operasyonlar ile ilişkilidir. Genel olarak kontrol parametreleri; depo içi atama, gruplama, sıralama ve bekleme noktası değişkenlerinden oluşmaktadır. Depo içi atama politikaları, depolama raflarına ürünlerin atanması için kullanılan yöntemleri içermektedir (örneğin, atanmış depolama, sınıf-tabanlı depolama, rassal depolama vb.); bekleme noktası, D/GA makinesi hiçbir işlem gerçekleştiriyorken (boşta) makinenin beklediği konumu ifade etmektedir. Gruplama, ürün siparişleri depodan alınırken birkaç siparişin birleştirilerek alınması için belirlenen kurallardan oluşmaktadır; sıralama, ürünlerin depolanması ve geri-alınmasında kullanılan kurallara karşılık gelmektedir (örneğin, ilk gelen ilk hizmet görür). Şekil 1'de fiziksel tasarım ve kontrol parametrelerinin birbirleriyle olan ilişkileri ile birlikte bu unsurlara ait bazı örnekler yer almaktadır.



Şekil 1: OD/GA Sistemi Tasarımı (Roodbergen ve Vis (2009) tarafından yapılan çalışma üzerinde değişiklik yapılarak alınmıştır)

OD/GA sistemleri tasarımında, kapasite aşımı ve darboğazlardan kaçınırken, mevcut ve gelecek talepleri etkin bir şekilde karşılayabilmek önemlidir. OD/GA sistemlerinin performansı, ilişkili olduğu diğer sistemleri de etkilediğinden sistem, ilk seferde doğru bir şekilde tasarlanmalıdır. Diğer bir yandan, OD/GA sistemleri alanın verimli kullanılması, ürünün yüksek hızda depolanıp geri-alınması gibi avantajlara sahipken; yüksek başlangıç yatırımları ve depo tasarımının değiştirilmesinin zorluğu gibi ekonomik faktörleri içeren dezavantajlara da sahiptir. Bu unsurlar göz önüne alındığında, OD/GA sistemi tasarımında dikkate alınan fiziksel tasarım ve kontrol parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesinin önemli olduğu görülmektedir. D/GA makinesinin, bir ürünü depolamak veya geri-almak için geçirdiği sürenin değerlendirilmesi de optimal bir tasarım için gerekli olup (Ghomri ve Sari, 2015), bu süre, farklı fiziksel tasarım ve kontrol parametrelerine göre değişebilmektedir.

D/GA makinesinin, ürünün depolanması ve geri-alınması için geçirdiği süreyi etkileyen parametrelerden birisi de makinenin bekleme noktasıdır. D/GA makinesi hiçbir işlem gerçekleştiriyorken konumlandırıldığı bekleme noktasının, makinenin bir sonraki ürün talebini gerçekleştirmek için geçireceği süreyi minimize edecek şekilde seçilmesi beklenmektedir. İyi bir bekleme noktası politikası ile toplam işlem tamamlanma süreleri azaltılabilmektedir ve böylece toplam işlem süresinin kısılması mümkün olabilmektedir (Park, 2001). Bu çalışmada, D/GA makinesi bekleme noktası optimizasyonu için bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşımda, depoda bulunan ürün gruplarının ağırlık merkezlerinin ve ürün gruplarının bulunduğu sınıfların önem derecelerinin dikkate alındığı bir matematiksel programlama modeli oluşturulmuştur. Modelin çalışmasını göstermek için sınıf-tabanlı depolama politikası altında ürünlerin depolandığı farklı depo yerleşim stratejileri dikkate alınarak, D/GA makinesinin bekleme noktası belirlenmiştir.

Makalenin sonraki bölümünde, literatürde yer alan ilgili çalışmalar özetlenmektedir. Üçüncü bölümde, oluşturulan modelin detayları açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, önerilen yaklaşım ile ilgili sayısal bir örnek ve sonuçları yer alırken; son olarak genel bir tartışma beşinci bölümde verilmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

OD/GA sistemleri, 1950'lerden bugüne kadar hem üretim hem dağıtım ortamlarında ürünlerin depolanması ve ürün siparişlerinin depodan alınması için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Roodbergen ve Vis, 2009). OD/GA sistemlerinin avantajlarının yanında ekonomik faktörleri içeren dezavantajlarının da bulunması, bu sistemlerin performansının değerlendirilmesinin önemini arttırmaktadır. OD/GA sistemlerinin performansı, fiziksel tasarım ve kontrol parametrelerine bağlı olarak değerlendirilmekte olup, D/GA makinesinin depolama ve/veya geri-alma taleplerini gerçekleştirebilmesi için gereken süre (seyahat süresi) de performans ölçütleri arasında yer almaktadır. Bu süre, farklı tasarım ve kontrol parametrelerine göre değişebilmektedir. Örneğin, Sarker ve Babu (1995), literatürde yer alan seyahat süresi modellerini, OD/GA sistemlerinde farklı tasarım parametrelerini dikkate alarak karşılaştırmışlardır. Sari vd. (2005), akan-raf OD/GA sistemleri üzerinde çalışarak seyahat süresi modelleri geliştirmişlerdir. Ghomri ve Sari (2015), D/GA makinesinin ortalama seyahat süresini, rassal depolama politikası altında ürünlerin depolandığı ve depolama ve geri-alma işlemleri için ayrı ayrı kullanılan iki D/GA makinesinin bulunduğu tek derinlikli akan-raf OD/GA sisteminde modelleyerek, simülasyon ile modelin geçerliliğini göstermişlerdir. Hamzaoui ve Sari (2015), depolama ve geri-alma işlemleri için tek makinenin kullanıldığı durumu dikkate alarak, seyahat süresinin minimize edilmesi için en uygun raf boyutlarını belirlemeye çalışmışlardır. Xu vd. (2015), dörtlü-komut çevrimini (quadruple command cycle) temel alan çift-mekikli D/GA makinesinin seyahat süresini hesaplamak için analitik yöntemler geliştirmişlerdir. Liu vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, bölünmüş-platform OD/GA sistemi için giriş/çıkış noktasının bekleme noktası olarak belirlendiği politika dikkate alınarak sürekli seyahat süresi modelleri sunulmuştur. Xu vd. (2017) ise üç-boyutlu kompakt (three-dimensional compact) OD/GA sisteminde, çift-komut çevrimi için seyahat süresi modelleri geliştirmişlerdir.

D/GA makinesinin talepleri gerçekleştirirken seyahat etmesi gereken süreyi, makinenin bekleme noktasının seçimi de değiştirebilmektedir. Bozer ve White (1984), D/GA makinesi için seyahat süresi modellerini, OD/GA sistemleri için alternatif giriş/çıkış noktalarını dikkate alarak geliştirmişlerdir. Ayrıca, çeşitli bekleme noktası stratejileri de Bozer ve White (1984) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Literatürde, D/GA makinesinin bekleme noktasını belirlemeye yönelik olarak yapılan birçok çalışmada, farklı tasarım ve/veya kontrol parametreleri dikkate alınmıştır. Örneğin; D/GA makinesi boşa iken servis yanıt süresini en aza indiren bekleme noktasını seçmek için doğrusal programlamaya dayalı bir metodoloji Egbelu (1991) tarafından sunulmuştur. Egbelu (1991) tarafından geliştirilen minimum beklenen seyahat süresi modelini Hwang ve Lim (1993) tek bir tesis konum modeline dönüştürerek, farklı bir algoritma önermişlerdir. Egbelu ve Wu (1993) ise rassal ve atanmış depolama politikaları altında ürünlerin depolandığı OD/GA sisteminde, çeşitli bekleme noktası kurallarını incelemişlerdir. Peters vd. (1996), sürekli-raf yaklaşımını kullanarak, bekleme noktasının belirlenmesi için analitik modeller önermişlerdir.

Park (1999), bir çalışmasında atanmış depolama stratejisi altında ürünlerin depolandığı kare-zamanlı (square-in-time) raflar için bekleme noktası politikalarını; başka bir çalışmasında ise (Park, 2001) düzgün dağılmış, kare-zamanlı olmayan (non-square-in-time) raflar için bekleme noktası politikasını geliştirmiştir. Van Den Berg (2002), beklenen seyahat süresini minimize etmeye yönelik bekleme noktası seçim problemini, rassal ve sınıf-tabanlı depolama politikaları altında ürünlerin depolandığı sistem için ele almıştır. Hale vd. (2008) ise bekleme noktası problemini otomatik depolama karusel sisteminde inceleyerek, bekleme noktasının belirlenmesi için modelleme yapmışlardır.

OD/GA sistemlerinde, fiziksel tasarım ve kontrol parametrelerinin eş zamanlı olarak dikkate alınması, karmaşık bir yapının meydana gelmesine neden olduğundan, sistemin analizi için analitik modellerin yanında simülasyon modelleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin; OD/GA sistemlerinde gerçek hayatta kullanılan bekleme noktası seçim politikalarından, literatürde önerilen daha gelişmiş politikalara kadar çeşitli bekleme noktası stratejilerini, Meller ve Mungwattana (2005) simülasyon kullanarak incelemişlerdir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, OD/GA sistemlerinde D/GA makinesi için bekleme noktası belirleme politikalarının, sistemin performansı üzerinde etkili olduğu görülmekte olup, bu çalışmada da D/GA makinesi bekleme noktası optimizasyonu için bir yaklaşım önerilmektedir.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada, D/GA makinesinin sadece geri-alma işlemini gerçekleştirdiği (tek-komut) süreç ele alınarak, makine bekleme noktası optimizasyonunun yapılması için matematiksel programlama tabanlı bir yaklaşım önerilmektedir.

D/GA makinesinin, talep edilen ürünlerin geri-alma işlemlerini en kısa sürede gerçekleştirebilmesi için depodaki mevcut ürünlere olan uzaklığını minimize edecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bununla birlikte bu çalışmada, farklı ürün gruplarının farklı talep edilme hızlarına sahip olduğu durum dikkate alınmaktadır. Ürün gruplarının sahip olduğu talep edilme hızlarına göre sınıf-tabanlı yerleşimlerinin yapıldığı bir depoda, belirlenen sınıfların farklı önem derecelerinin olduğu varsayılarak, makinenin önem derecesi daha yüksek olan ürün gruplarına daha yakın olması istenmektedir. Bu amaçla, makine bekleme noktası belirlenirken, ürün gruplarının ağırlık merkezleri ile birlikte, bulunduğu sınıfların önem dereceleri de dikkate alınmıştır.

$$x_i^{(c)} = \sum_{j=1}^{n_i} m_j x_j / \sum_{j=1}^{n_i} m_j \quad (1)$$

$$y_i^{(c)} = \sum_{j=1}^{n_i} m_j y_j / \sum_{j=1}^{n_i} m_j \quad (2)$$

Ürün gruplarının ağırlık merkezleri, Denklem 1 ve 2'de yer alan formülasyonlar ile hesaplanmaktadır. Denklem 1'de yer alan x_j , i . ürün grubunun j . hücrelerinin x koordinatına; Denklem 2'de yer alan y_j ise y koordinatına karşılık gelmektedir. Her iki denklemde de kullanılan m_j ise ilgili ürün grubunun ağırlık merkezi bulunurken dikkate alınan hücrelerdeki toplam ürün sayısını ifade etmektedir. Sonuç olarak, n_i adet ürünü bulunan i . ürün grubunun ağırlık merkezi koordinatları, $(x_i^{(c)}; y_i^{(c)})$ ile gösterilmektedir.

Çalışma kapsamında, D/GA makinesinin doğrusal hareket ettiği varsayılarak, makine bekleme noktası optimizasyonu için bir tamsayılı programlama modeli önerilmiş olup, modelin amaç fonksiyonu (3) ve kısıtları (4-6) aşağıdaki gibidir:

$$\min \sum_{i=1}^n p_i |x_i^{(c)} - x| + \sum_{i=1}^n p_i |y_i^{(c)} - y| \quad (3)$$

$$x \leq x_{\max} \quad (4)$$

$$y \leq y_{\max} \quad (5)$$

$$x, y \in \mathbb{Z}^+ \cup 0 \quad (6)$$

Modelin amaç fonksiyonu doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğundan, modeli doğrusal hale getirmek için $|x_i^{(c)} - x| = u_i$ ve $|y_i^{(c)} - y| = v_i$ değişken dönüşümleri yapılmıştır. Yapılan değişken dönüşümlerinden sonra, D/GA makinesi bekleme noktası optimizasyonu için önerilen tamsayı doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu (7) ve kısıtları (8-14) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\min \sum_{i=1}^n p_i u_i + \sum_{i=1}^n p_i v_i \quad (7)$$

$$x_i^{(c)} - x \leq u_i, \quad \forall i \quad (8)$$

$$-x_i^{(c)} + x \leq u_i, \quad \forall i \quad (9)$$

$$y_i^{(c)} - y \leq v_i, \quad \forall i \quad (10)$$

$$-y_i^{(c)} + y \leq v_i, \quad \forall i \quad (11)$$

$$x \leq x_{\max} \quad (12)$$

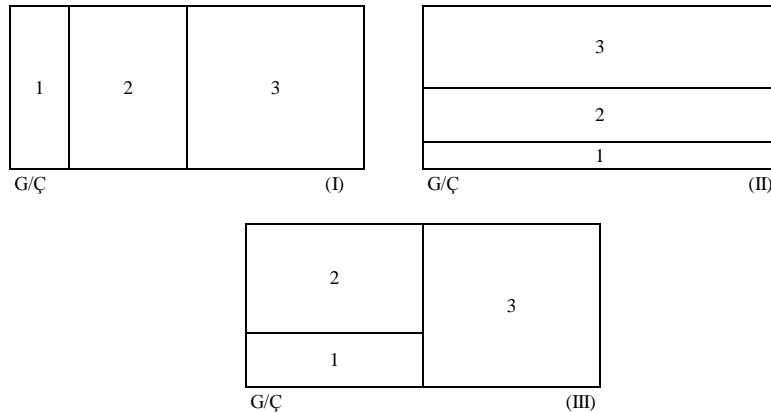
$$y \leq y_{\max} \quad (13)$$

$$x, y \in \mathbb{Z}^+ \cup 0 \quad (14)$$

Yukarıda verilen modelde $(x_i^{(c)}; y_i^{(c)})$, ürün gruplarının ağırlık merkezlerinin koordinatlarına karşılık gelmektedir. Amaç fonksiyonunda yer alan p_i ise i . ürün grubunun bulunduğu sınıfın önem derecesini ifade etmektedir. Bu doğrultuda, Denklem 7’de verilen amaç fonksiyonu ile D/GA makinesi bekleme noktaları olan $(x; y)$ koordinatlarının, depoda yüksek önem derecesine sahip olan ürün gruplarının ağırlık merkezlerine minimum mesafede olacak şekilde belirlenmesi amaçlanmaktadır. Önerilen modelde, D/GA makinesinin depo boyutlarının ulaşabileceği maksimum koordinatlar $((x_{\max}; y_{\max})$ koordinatları) içinde kalması da, Denklem 12 ve 13 ile sağlanmaktadır.

4. SAYISAL ÖRNEK

Metodoloji bölümünde detayları verilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla Ashayeri vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada yer alan sınıf-tabanlı depolamanın uygulandığı depo yerleşim stratejileri dikkate alınmış olup, ilgili stratejiler Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2: Sınıf-Tabanlı Depolama Yerleşimi (Ashayeri vd., 2002)

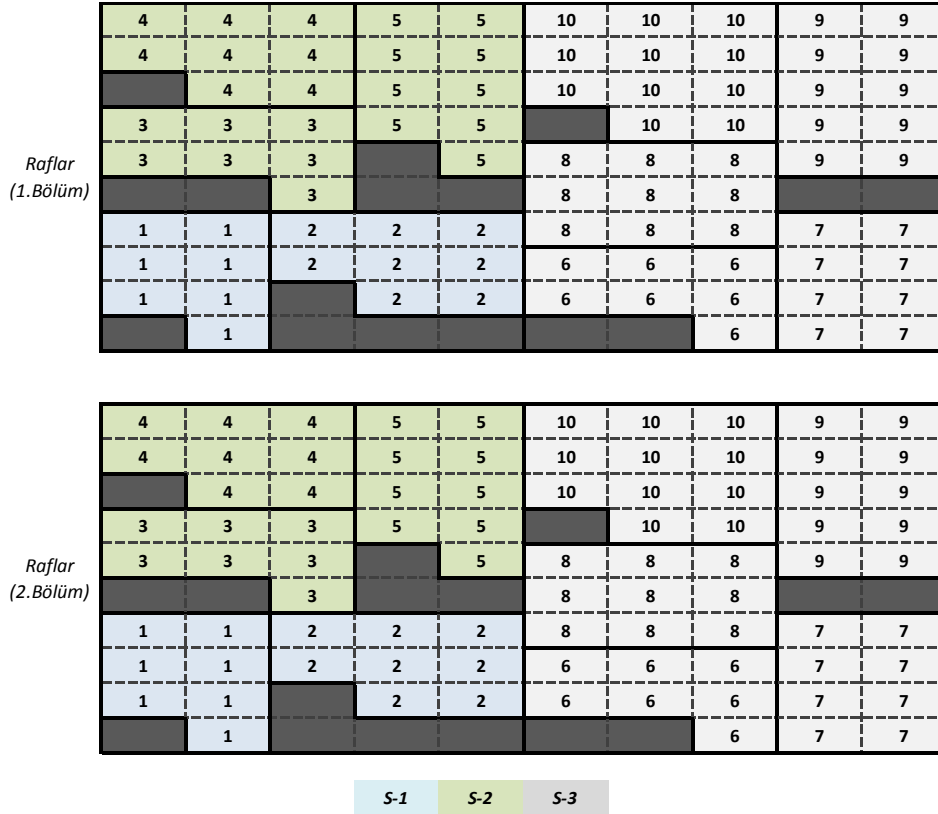
Şekil 2’de yer alan depo yerleşim stratejileri doğrultusunda ele alınan örnekte, 10 farklı ürün grubunun talep edilme hızlarına göre üç farklı sınıfa (S-1, S-2 ve S-3) atandığı varsayılmıştır. Burada, D/GA makinesi bekleme noktasının bazı sınıflara dolayısıyla bazı ürün gruplarına daha yakın olması istendiğinden, ürün gruplarının bulunduğu sınıflar için önem dereceleri belirlenmiştir. Dikkate alınan 10 farklı ürün grubunun stok adetleri ve talep edilme hızlarına göre atandığı sınıflar Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Ürün Gruplarının Stok Adetleri ve Sınıfları

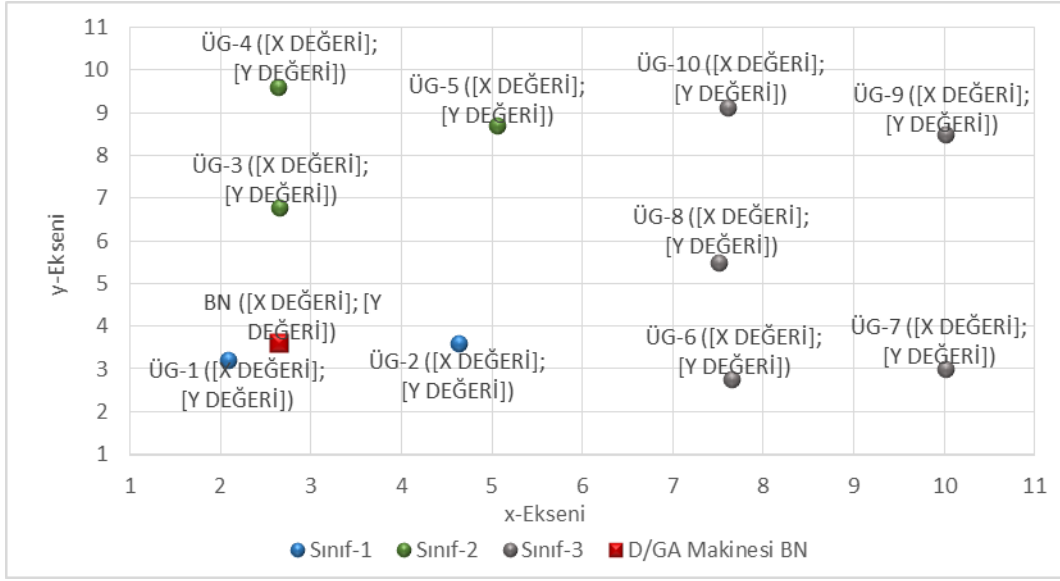
Ürün Grubu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stok Adedi	14	16	14	16	18	14	16	18	20	22
Atandığı Sınıf	S-1	S-1	S-2	S-2	S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3

Çalışma kapsamında önerilen yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla ürün gruplarının, Tablo 1’de verilen stok adetleri ve sınıflarına göre yerleştirildiği üç farklı depo yerleşim stratejisi (DYS-1, DYS-2 ve DYS-3) uygulanmıştır. Depo yerleşim stratejilerinden biri (DYS-3) Şekil 3’te, diğerleri (DYS-1 ve DYS-2) ise sırasıyla Ek 1.a ve 2.a’da yer almaktadır. Ashayeri vd. (2002) tarafından yapılan çalışmadaki depo yerleşim stratejileri dikkate alınarak oluşturulan örnek depolar için bazı varsayımlar şöyledir:

- Tek derinlikli toplam 200 hücreden oluşan (10x10 hücre/raf bölümü, 2 raf bölümü) tek koridorlu depoda, bir D/GA makinesi bulunmaktadır.
- Başlangıç durumunda, aynı ürün grupları karşılıklı olacak şekilde (simetrik yerleşim), sınıf-tabanlı depolama politikasına göre ürünlerin depolandığı varsayılmıştır.
- Deponun başlangıçta yaklaşık %85 oranında dolu olduğu varsayıлып, boş hücreler depo ürün yerleşimlerinde koyu renk ile gösterilmektedir.



Şekil 3: DYS-3 için Ürün Yerleşimi



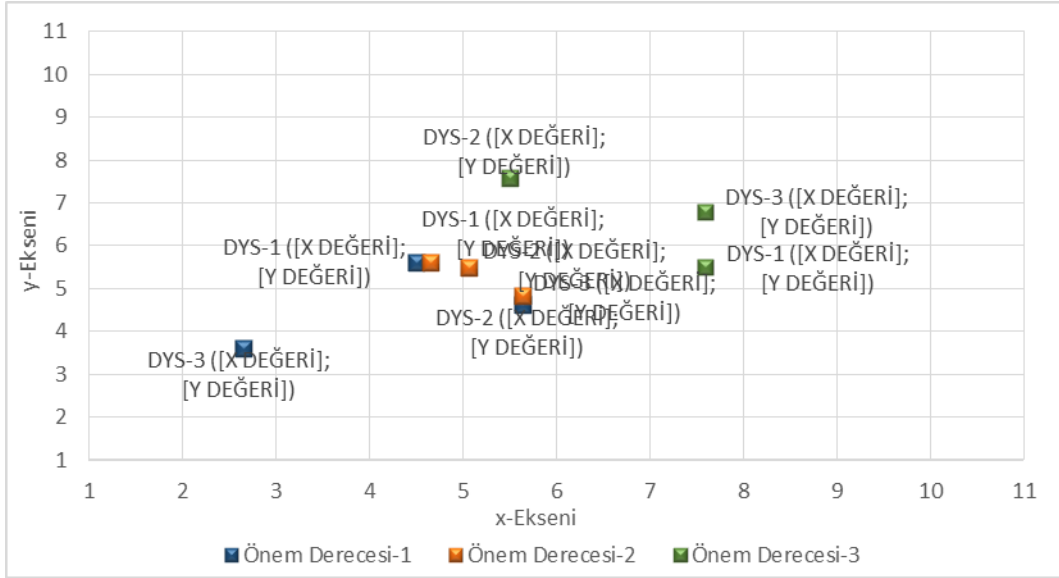
Şekil 4: DYS-3 için Ürün Gruplarının Ağırlık Merkezleri ve D/GA Makinesi Bekleme Noktası

Şekil 3'te ve eklerde yer alan depo yerleşim stratejileri için D/GA makinesi bekleme noktaları, önerilen matematiksel programlama modeli kullanılarak belirlenmiştir. Burada, depo yerleşim stratejileri arasında karşılaştırma yapabilmek için sınıfların önem dereceleri üç stratejide de eşit alınarak (sırasıyla 9, 5 ve 1), ürün gruplarının ağırlık merkezleri (ÜG-*i*) ile D/GA makinesi bekleme noktası (BN) DYS-3 için Şekil 4'te, DYS-1 ve DYS-2 için sırasıyla Ek 1.b ve Ek 2.b'de gösterilmektedir.

Şekil 4'te ve eklerde (Ek 1.b ve Ek 2.b) yer alan grafiklerden yola çıkılarak, D/GA makinesi bekleme noktasının, önem derecesi yüksek olan sınıflarda bulunan ürün gruplarına daha yakın olacak şekilde konumlandırıldığı ve depo yerleşim stratejilerine göre bu konumun değiştiği görülmektedir. Ancak bu çalışmada, D/GA makinesi bekleme noktasının sadece depo yerleşim stratejilerine göre nasıl değiştiği değil, aynı zamanda ürün gruplarının atandığı sınıfların önem derecelerinin farklılık gösterdiği durumlarda, makine bekleme noktasının bu tür farklılıklardan (hem depo yerleşim stratejileri hem de sınıfların önem dereceleri) nasıl etkilendiğinin de gösterilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmada dikkate alınan üç farklı depo yerleşim stratejisi değiştirilmeden, ürün gruplarının bulunduğu sınıfların önem dereceleri değiştirildiğinde D/GA makinesi bekleme noktasının bu değişimden nasıl etkilendiği incelenmiştir. Önem dereceleri için 1-9 ölçeği (en yüksek önem derecesi 9 iken en düşük önem derecesi 1'dir) kullanılmış olup, zaman içinde ürün gruplarının bulunduğu sınıfların önem derecesinin değişebileceği varsayılarak, üç farklı önem derecesi dikkate alınmıştır.

Tablo 2: Sınıflara Atanan Farklı Önem Dereceleri

ÜG-Sınıfı \ Önem Derecesi	Önem Derecesi-1	Önem Derecesi-2	Önem Derecesi-3
Sınıf-1	9	1	1
Sınıf-2	5	1	5
Sınıf-3	1	1	9



Şekil 5: Farklı Önem Dereceleri ve Depo Yerleşim Stratejileri Göre D/GA Makinesi Bekleme Noktaları

Tablo 2’de verilen farklı önem dereceleri, çalışmada dikkate alınan üç farklı depo yerleşim stratejisi üzerinde uygulanmıştır. D/GA makinesi bekleme noktaları, ürün gruplarının atandığı sınıflar için belirlenen farklı önem dereceleri ile ürün gruplarının ağırlık merkezlerinin matematiksel programlama modelinde girdi olarak kullanılmasıyla belirlenmiştir. Dikkate alınan üç farklı depo yerleşim stratejisi ve üç farklı önem derecesi için belirlenen makine bekleme noktaları Şekil 5’te gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre D/GA makinesi için bekleme noktalarının hem depo yerleşim stratejileri hem de önem derecelerine göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Buna göre bekleme noktaları, önem derecesi yüksek olan sınıflardaki ürün gruplarının ağırlık merkezlerine daha yakın konumlandırılmakla birlikte; önem derecelerinin eşit olduğu durumda, depo yerleşim stratejileri farklı olmasına rağmen ağırlık merkezlerinin tüm ürün gruplarına yakın olacak şekilde konumlandırıldığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

OD/GA sistemleri, ürünlerin depolanması ve ürün siparişlerinin geri-alınması için kullanılan diğer depo sistemlerine göre alanın daha verimli kullanılması, işçilik maliyetlerinin azaltılması, ürünlerin daha hızlı depolanması ve geri-alınması gibi avantajlara sahiptir. Bu gibi avantajlar, OD/GA sistemlerinin kullanım alanlarının artmasına neden olmuştur. Ancak, OD/GA sistemlerinin yüksek yatırım maliyeti, depo tasarımının değiştirilme zorluğu gibi ekonomik faktörleri içeren dezavantajları da bulunduğu için, bu sistemlerin tasarım ve kontrol parametrelerinin optimizasyonu önem kazanmaktadır. Ürünlerin depolanması ve ürün siparişlerinin geri-alınması için kullanılan D/GA makinesinin seyahat süresinin değerlendirilmesi de optimal bir tasarım için gerekli olan parametreler arasında yer almaktadır.

OD/GA sistemlerinde, çeşitli fiziksel tasarım ve kontrol parametreleri, D/GA makinesinin seyahat süresini değiştirebilmektedir. Makinenin, herhangi bir işlem gerçekleştiriyorken konumlandırıldığı bekleme noktası da bu parametreler arasında olup, makinenin ürün talebini gerçekleştirmek için seyahat etmesi gereken mesafeyi, bir başka deyişle, seyahat süresini minimize etmeye yönelik seçilmelidir.

Bu çalışmada, D/GA makinesi bekleme noktası optimizasyonu için ürün gruplarının ağırlık merkezleri ile atandığı sınıfların önem derecelerinin dikkate alındığı bir matematiksel programlama modeli önerilmiştir. Yaklaşımın örneklendirilmesi amacıyla sınıf-tabanlı depolama politikasına altında, ürünlerin tek bir D/GA makinesi ile depolanıp geri-alındığı, tek koridorlu farklı depo yerleşim stratejileri ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, makinenin sadece geri-alma işlemini gerçekleştirdiği bir süreç dikkate alınarak, ürün gruplarının atandığı sınıfların farklı önem dereceleri ile farklı depo yerleşim stratejilerine göre bekleme noktalarının optimizasyonunun yapılması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada önerilen yaklaşımın, farklı depolama politikaları altında ürünlerin depolandığı daha büyük boyutlu depolarda da kullanılma potansiyeli bulunmaktadır. Buna ek olarak, depolama ve geri-alma süreçlerinin birlikte ele alındığı süreçler için D/GA makinesi bekleme noktası optimizasyonu ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

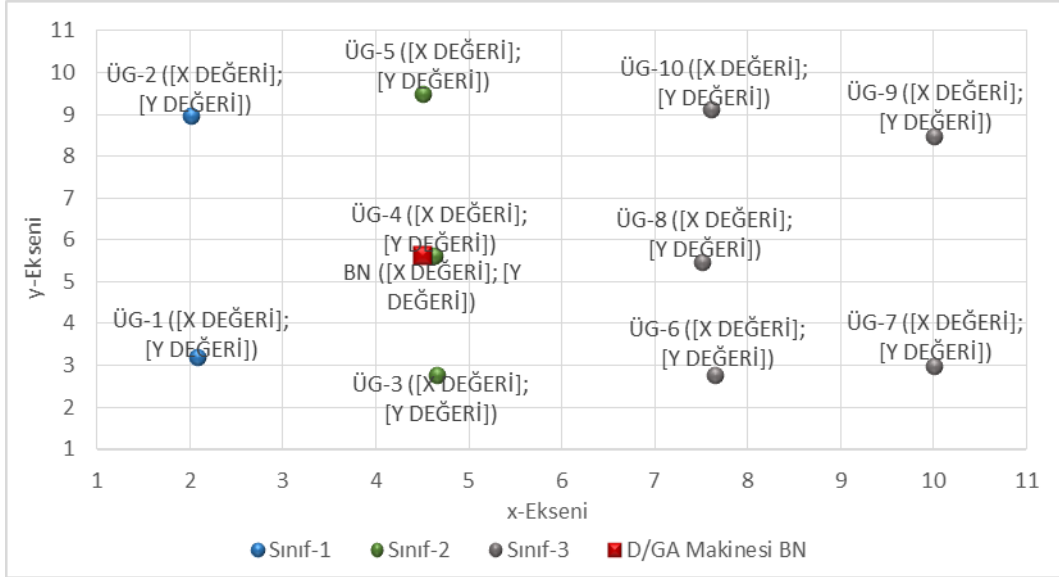
- [1] Ashayeri, J., Heuts, R. M., Valkenburg, M. W. T., Veraart, H. C., Wilhelm, M. R. (2002), "A Geometrical Approach to Computing Expected Cycle Times for Zone-Based Storage Layouts in AS/RS", *International Journal of Production Research*, 40(17), pp.4467-4483.
- [2] Bozer, Y. A., White, J. A. (1984), "Travel-Time Models for Automated Storage/Retrieval Systems", *IIE Transactions*, 16(4), pp.329-338.
- [3] Egbelu, P. J. (1991), "Framework for Dynamic Positioning of Storage/Retrieval Machines in an Automated Storage/Retrieval System", *The International Journal of Production Research*, 29(1), pp.17-37.
- [4] Egbelu, P. J., Wu, C. T. (1993), "A Comparison of Dwell Point Rules in an Automated Storage/Retrieval System", *The International Journal of Production Research*, 31(11), pp.2515-2530.
- [5] Ghomri, L., Sari, Z. (2015), "Mathematical Modeling of Retrieval Travel Time for Flow-Rack Automated Storage and Retrieval Systems", *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), pp.1906-1911.
- [6] Hale, T. S., Huq, F., Pujari, N. A. (2008), "Closed Form Models for Dwell Point Locations in Automated Storage Carousel Systems", *International Journal of Production Research*, 46(4), pp.1089-1098. doi:10.1080/00207540600936260
- [7] Hamzaoui, M. A., Sari, Z. (2015), "Optimal Dimensions Minimizing Expected Travel Time of a Single Machine Flow Rack AS/RS", *Mechatronics*, 31, pp.158-168. doi:10.1016/j.mechatronics.2014.10.006
- [8] Hwang, H., Lim, J. M. (1993), "Deriving an Optimal Dwell Point of the Storage/Retrieval Machine in an Automated Storage/Retrieval System", *The International Journal of Production Research*, 31(11), pp.2591-2602.
- [9] Liu, T., Xu, X., Qin, H., Lim, A. (2016), "Travel Time Analysis of the Dual Command Cycle in the Split-Platform AS/RS with I/O Dwell Point Policy", *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(3), pp.442-460.
- [10] Meller, R. D., Mungwattana, A. (2005), "AS/RS Dwell-Point Strategy Selection at High System Utilization: A Simulation Study to Investigate the Magnitude of the Benefit", *International Journal of Production Research*, 43(24), pp.5217-5227. doi:10.1080/00207540500215617
- [11] Park, B. C. (1999), "Optimal Dwell Point Policies for Automated Storage/Retrieval Systems with Dedicated Storage", *IIE Transactions*, 31(10), pp.1011-1113. doi:10.1080/07408179908969901
- [12] Park, B. C. (2001), "An Optimal Dwell Point Policy for Automated Storage/Retrieval Systems with Uniformly Distributed, Rectangular Racks", *International Journal of Production Research*, 39(7), pp.1469-1480. doi:10.1080/00207540010023583
- [13] Peters, B. A., Smith, J. S., Hale, T. S. (1996), "Closed Form Models for Determining the Optimal Dwell Point Location in Automated Storage and Retrieval Systems", *International Journal of Production Research*, 34(6), pp.1757-1771.
- [14] Roodbergen, K. J., Vis, I. F. (2009), "A Survey of Literature on Automated Storage and Retrieval Systems", *European Journal of Operational Research*, 194(2), pp.343-362. doi:10.1016/j.ejor.2008.01.038
- [15] Sari, Z., Saygin, C., Ghouali, N. (2005), "Travel-Time Models for Flow-Rack Automated Storage and Retrieval Systems", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25(9), pp.979-987. doi:10.1007/s00170-003-1932-3
- [16] Sarker, B. R., Babu, P. S. (1995), "Travel Time Models in Automated Storage/Retrieval Systems: A Critical Review", *International Journal of Production Economics*, 40(2-3), pp.173-184.
- [17] Van Den Berg, J. P. (2002), "Analytic Expressions for the Optimal Dwell Point in an Automated Storage/Retrieval System", *International Journal of Production Economics*, 76(1), pp.13-25.
- [18] Xu, X., Gong, Y., Fan, X., Shen, G., Zou, B. (2017), "Travel-Time Model of Dual-Command Cycles in a 3D Compact AS/RS with Lower Mid-Point I/O Dwell Point Policy", *International Journal of Production Research*, pp.1-22.
- [19] Xu, X., Shen, G., Yu, Y., Huang, W. (2015), "Travel Time Analysis for the Double-Deep Dual-Shuttle AS/RS", *International Journal of Production Research*, 53(3), pp.757-773.

7. EKLER

Ek 1.a: DYS-1 için Depo Ürün Yerleşimi
(Ürünler raflara simetrik yerleştirildiğinden rafların tek bölümü gösterilmektedir)

	2	2	5	5	5	10	10	10	9	9
	2	2	5	5	5	10	10	10	9	9
	2	2	5	5	5	10	10	10	9	9
	2	2					10	10	9	9
Raflar (1.Bölüm)			4	4	4	8	8	8	9	9
			4	4	4	8	8	8		
	1	1		4	4	8	8	8	7	7
	1	1	3	3	3	6	6	6	7	7
	1	1	3	3	3	6	6	6	7	7
		1			3			6	7	7

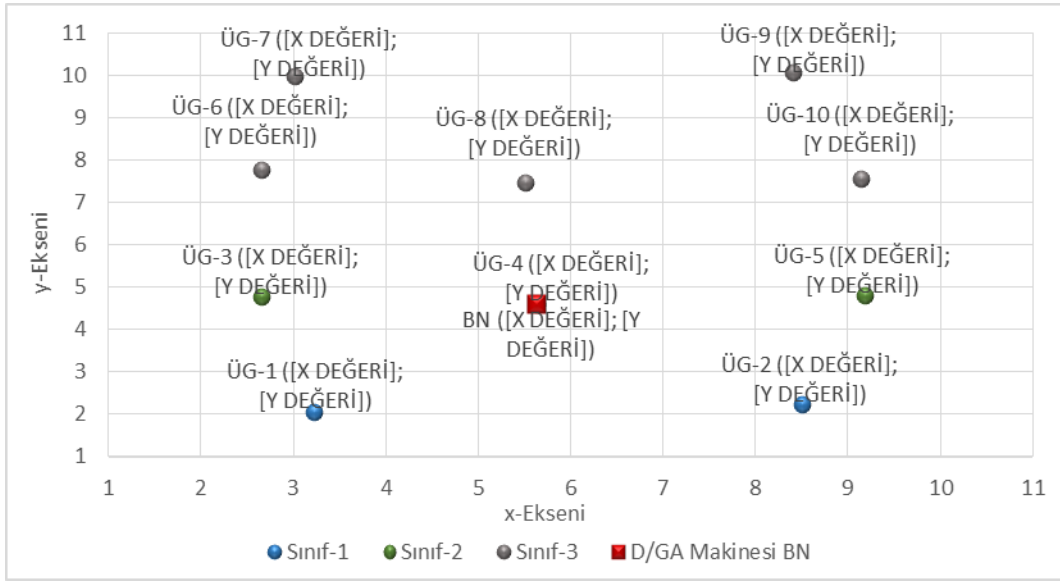
Ek 1.b: DYS-1 için Ürün Gruplarının Ağırlık Merkezleri ve D/GA Makinesi Bekleme Noktası



Ek 2.a: DYS-2 için Depo Ürün Yerleşimi
(Ürünler raflara simetrik yerleştirildiğinden rafların tek bölümü gösterilmektedir)

	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9
	7	7	7	7			9	9	9	9
	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10
	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10
Raflar (1.Bölüm)			6	8	8	8		10	10	10
			3	4	4	4	5	5	5	5
	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5
			3		4	4				5
	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
		1	1	1					2	2

Ek 2.b: DYS-2 için Ürün Gruplarının Ağırlık Merkezleri ve D/GA Makinesi Bekleme Noktası



TOPSIS YÖNTEMİ İLE SOLAR DEPO YERİ SEÇİMİ

Rasih Boztepe¹, Onur Çetin²

¹Reysaş Lojistik, rasihb@gmail.com

²Trakya Üniversitesi, İİBF, onurcetin@trakya.edu.tr

ÖZET

Çevresel Sürdürülebilirlik, sadece imalat alanında değil, taşımacılık, depolama tedarik yönetimi gibi konularda da gittikçe önem kazanmaktadır. Depoların karbon salınımindaki etkisi, sürdürülebilirlik açısından önemli olduğunu göstermektedir. Sürdürülebilir depoculuk açısından güzel bir örnek olan solar depolarda deponun çatısı solar panellerle kaplanmakta ve böylece hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de karbon salınımı azaltılmaktadır. Son yıllarda pek çok depo solar depoya çevrilmektedir. Buradaki problem solar deponun yerinin neresi olacağıdır, başka bir ifade ile solar depo için kuruluş yerinin nasıl belirleneceğidir.

Bu çalışmanın amacı solar depolar için alternatifler arasından en iyisini belirlemektir. Bu kapsamda ilk olarak solar depoya çevrilecek altı adet alternatif depo belirlenmiş ve ardından seçim sürecinde kullanılacak kriterler önceki çalışmalardan yararlanarak oluşturulmuştur. TOPSIS metodu kullanılarak altı alternatif depo yeri arasından en iyi depo yeri seçilmeye çalışılmıştır. Kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi için ikincil verilerden ve uzman görüşlerinden faydalanılmıştır. Alternatifler TOPSIS sonuçlarına göre sıralanmıştır. Yapılan sıralama, yatırım geri dönüş oranına göre yapılan sıralama ile karşılaştırılmıştır. İki sıralama arasında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir.

Keywords: Solar Depo, Yer Seçimi, TOPSIS.

SOLAR WAREHOUSE LOCATION SELECTION USING TOPSIS METHOD

ABSTRACT

Environmental sustainability has been gaining importance not only in manufacturing but also in transportation, warehousing and supplier selection. The effects of warehouse on carbon emission demonstrates its importance about sustainability. Solar warehouse In a solar warehouse which is an important example of sustainable warehousing, roof of the warehouse is covered with solar panels so both energy costs and carbon emission are reduced. Warehouses have been turning into solar warehouse in recent years. The problem conducted here is the determination of solar warehouse location, in other words, the problem is how the location will be determined for solar warehouse.

The aim of the research is to determine best location for a solar warehouse among alternatives. In this context first the alternative warehouses that can be turned into solar warehouse are determined then, the criteria which will be used in selection process is developed regarding previous research. TOPSIS method is used to select the best location between six alternative locations. The evaluation of alternatives according to the criteria is obtained from expert opinions and secondary data. Alternatives are sorted according to TOPSIS results. The alternatives ranking list is compared with the ranking list obtained according to return on investment and some differences are observed between two ranking list.

Keywords: Green Warehouse, Location Selection, TOPSIS.

1. GİRİŞ

Temel lojistik faaliyetler sayılırken taşımacılık ve depolama ilk akla gelen faaliyetlerdir. Depolama faaliyetleri geçmişte stokları saklama veya güvenle tutma faaliyetleri olarak tanımlanırken, günümüzde depolama faaliyetleri bunun çok ötesinde anlam ifade etmektedir.

Bir bakımdan depolama değer yaratmayan ama mecburen gerçekleştirilen gereksiz faaliyetler olarak görülebilirken, öte yandan çağdaş depolama faaliyetleri değer yaratan pek çok uygulamayı içermektedir. Siparişi parçalama, konsolidasyon, geciktirme, çapraz sevkiyat, son montaj ve paketleme faaliyetleri bu uygulamalara örnek olarak verilebilir (Bowersox, 2002: 380: 386). Depolarda gerçekleştirilen faaliyetler ile ilgili değişimler genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir (Frazelle, 2001);

- Daha çok sayıda işlemin gerçekleşmesi, bu işlemlerin daha az ürün çeşidi içermesi.
- Daha çok sayıda ürünün depolanması ve elleçlenmesi.
- Ürün ve hizmetlerde müşterilere dönük özelleştirmelerin artması.
- Katma değerli hizmetlerin depolarda daha çok sunulması.
- Daha büyük hacimlerde ürün iadesinin yönetimi.
- Daha çok miktarda uluslararası sipariş.
- Bütün bu artışlara rağmen öte yandan, herhangi bir siparişi tamamlamak için daha az zaman ve hata için daha az bir tolerans bulunması.

Depolar ile ilgili yeni faaliyetlerden birisi de solar depolar ile depolarda elektrik üretilmesidir. Böylece hem depoların karbon salınımı azalmakta hem de elde edilen elektrik enerjisinin satılması ile depo gelirleri artmaktadır. Solar depoların nereye kurulması gerektiği bir yer seçimi problemidir ve geleneksel yer seçimi problemlerine göre bazı farklılıklar içermektedir.

2.YER SEÇİMİ

İşletmeler uzun dönemde kendi amaçlarını gerçekleştirebilecek olan en uygun kuruluş yerini seçmek isterler. Kuruluş yeri seçimi işletmenin başta üretim planlaması faaliyeti olmak üzere üretim kontrolü, malzeme taşıma, kuruluş yeri düzenleme gibi öteki faaliyetleri ile de yakından ilgilidir.

Tesis veya depo yeri seçimi, tedarik kaynakları ile ürünün talep noktaları arasında lojistik ağı içerisinde yer alan tüm faaliyetlerin tüm lojistik sistem içerisinde dizayn edildiği karmaşık ve stratejik planlama problemidir. Kötü bir kuruluş yeri kararı; yüksek maliyet, kaynak yetersizliği veya finansal kayıplara neden olabilir. Bir lojistik ağının incelenmesi esnasında göz ardı edilmemesi gereken süreç iyileştirme, stok politikaları, rotalama veya çizelgeleme gibi önemli konulardan olan kuruluş yeri seçimi kararı bilanço kalemlerini direkt etkileyen bir işletme kararıdır (Meade ve Sarkis, 1998). Kuruluş yeri kararının etkilediği ulaştırma maliyeti, işgücü maliyeti, vergiler, hammadde maliyetleri, emlak maliyetleri gibi maliyetler dikkate alındığında kuruluş yeri seçimi kararının toplam operasyon maliyetlerinin %50'sini etkilediği değerlendirilmektedir (Heizer vd., 2017).

Kuruluş yeri seçimi uzun süreli bir planlama ile yapılır. Bu nedenle kuruluş yeri seçiminin çok sayıda kriter göz önünde bulundurularak yapılması gerekir. Kuruluş yeri seçiminde etkili olan faktörler endüstriyel sektöre göre ve hizmet sektörüne göre farklılaşabilmektedir. Endüstriyel sektör için bu kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Krajewski vd., 2013):

- Uygun işgücü ortamı
- Pazara yakınlık
- Çevreye etki
- Yaşam kalitesi
- Tedarikçilere ve kaynaklara yakınlık
- Ana işletmenin tesislerine yakınlık
- Kamu hizmetleri, vergiler ve emlak maliyetleri
- Diğer faktörler

Kuruluş Yeri Seçimi kararının amacı işletme tipine göre değişebilmektedir. Endüstriyel sektör için amaç genelde maliyetleri minimize etmektir. Bunun yanında inovasyonu ve yaratıcılığı arttırmak da amaç olabilir. Perakendeciler ve hizmet işletmeleri için amaç maliyet minimizasyonundan çok geliri maksimize etmek olabilir. Örneğin bir depo için kuruluş yeri seçimi kararında amaç maliyet ve teslimat hızı kriterlerinin kombinasyonu olabilir (Heizer vd., 2017).

3. YÖNTEM

Stevenson'a (1996) göre kuruluş yeri analizinde kullanılan temel süreç, alternatifler karar noktaları, değişkenler de değerlendirme kriterleri olmak üzere aşağıda belirtildiği gibidir:

- Yer seçimini etkileyen kriterlerin belirlenmesi
- Yer seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi

- Yer seçimini etkileyen kriterlere uygun alternatif yerlerin belirlenmesi
- Yer seçimini etkileyen kriterlere uygun alternatiflerin değerlendirilmesi.

Yer seçiminde kullanılan pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler genel olarak matematiksel yöntemler, istatistiksel yöntemler ve çok kriterli karar verme yöntemleri olarak sıralanabilir. Ağırlık Merkezi Yöntemi, Medyan Yöntemi, Çift Tartılandırma Yöntemi kullanılan analitik yöntemlere örnek olarak verilebilir (Kobu, 2010). TOPSIS yöntemi de lojistikte yer seçimi için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008) imalatçı firmanın kuruluş yeri seçiminde, Ulukan ve Kop (2009) ise atık tesisi için tesis yeri seçiminde TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Awasthi vd. (2011); bir dağıtım merkezi için bulanık TOPSIS yöntemi ile kuruluş yeri seçimi gerçekleştirmiştir. Yavuz ve Deveci (2014) bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri ile alışveriş merkezi için yer seçimi gerçekleştirmişlerdir. Choudhary ve Shankar (2012) bir termal güç istasyonu için kuruluş yeri problemini AHS ve TOPSIS yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir. Kriter ve alternatif ağırlıklarının AHS yöntemine göre hesaplanmasından sonra genel performanslarına göre kuruluş yeri alternatifleri bulanık TOPSIS yöntemine göre değerlendirilmiş ve en iyi kuruluş yeri seçilmiştir.

Bu çalışmada, solar depoya çevirilebilecek altı adet depo alternatifi bulunmaktadır. Bu alternatifler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. TOPSIS yönteminde alternatiflerin sıralanması kriterlere göre gerçekleştirilmektedir. Kriterler ve kriterlerin ağırlıkları, Boztepe vd.'nin (2015) çalışmasından elde edilmiştir.

3.1.TOPSIS Yöntemi

Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır (Özdemir, 2014).

Adım 1 : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2 : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve (1) nolu formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (1)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (W_i) belirlenir. (W_i)'lerin toplamı 1 olacaktır.

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili (W_i) değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4 : İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması (2) nolu formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (2)$$

Bu formülden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması (3) nolu formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (3)$$

formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Yukarıda gösterilen formüllerde; kriterler fayda yönlü ise pozitif ideal çözüm kümesinde J maksimizasyonu ve negatif ideal çözüm kümesinde J' minimizasyonu göstermektedir. Aynı şekilde kriter maliyet yönlü ise pozitif ideal çözüm kümesinde J minimizasyonu ve negatif ideal çözüm kümesinde J' maksimizasyonu nitelendirir.

Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5 : Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidean Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması sırası ile (4) nolu ve (5) nolu formülde gösterilmiştir.

(4)

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6 : İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması (6) nolu formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (6)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

3.2. Alternatifler, Kriterler ve Veri Toplama

Çalışmada TOPSIS yöntemi ile alternatif altı şehir için depo yeri seçimi çalışması gerçekleştirilecektir. Solar depo yeri seçim kriterleri daha önce Boztepe vd. (2015) tarafından AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Buna göre on adet kriter ve kriterlerin AHP ile elde edilen ağırlıkları Tablo 1.'de görüldüğü gibidir. En önemli kriter bölgenin ışınlam değeri iken, en önemsiz kriter depo içindeki öz tüketimdir.

Tablo 1. Solar Depo Seçim Kriterlerinin Ağırlıkları

A.1.Bölgenin Yıllık m2 Başına Güneşten Aldığı Işınlam Değeri (kwh/ m2)	0,319
A.2.Bölgenin Yıllık Güneşlenme Saati (saat/yıl)	0,199
B.1.Solar Panellerin İleriye Dönük Gölgeleme Riski	0,152
C.3.Depo Güneşlenme Açısı ve Yönü	0,089
B.3.Tesisin Kurulduğu Yerin Elektrik Şebekesine Bağlantı Durumu	0,072
A.3.Üretim Miktarında Sezonallık	0,050
C.2.Depo Çatı Alanı	0,044
B.2.Güneş Panellerinin Üretim Verimini Düşüren Diğer Faktörler	0,033
A.4.Tesisin Kurulduğu Bölgenin Rüzgarlanma Oranı	0,028
C.1.Depo İçerisinde Tüketilen Elektrik Miktarı (Öz Tüketim)	0,014

Kaynak: Boztepe R., Özçakar, N., Çetin, O., (2015).

Çalışmanın amacı, halihazırda mevcut olan altı adet depodan hangisinin solar depo haline getirileceğinin belirlenmesidir. Depolar aynı şirkete aittir. Şirket solar yatırımı hangi tesise yapacağını belirlemek istemektedir. Depoların buldukları şehirler; İstanbul, İzmir, Adana, Samsun, Ankara ve Antalya şeklindedir. Bu altı adet alternatif ve Tablo 1.'de görülen on adet kriter ile TOPSIS modeli oluşturulmuştur. Kriterlerin ağırlıkları da Tablo 1.'den alınmıştır. Alternatiflerin kriterlere göre puanları belirlenirken iki farklı yöntem kullanılmıştır. Direkt olarak veri alınabilen kriterler için ikincil veriler kullanılmıştır. Direkt olarak veri alınamayan kriterler için ise uzman görüşüne başvurulmuştur.

A1 kriteri ve A2 kriteri sırası ile bölgelerin yıllık ışınlam değerleri ve yıllık güneşlenme saati şeklindedir. Bu veriler “Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMI) geçmiş on yıllık geçmiş meteoroloji verilerinden, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yapılan çalışmalardan alınmıştır (www.eie.gov.tr).

C1 ve C2 kriterleri olan öztüketim ve depo çatı alanı kriterleri depolardan direkt olarak elde edilmiştir. Toplam on kriterden dört tanesi için veri elde edilirken, diğer altı kriterin ise uzmanlar tarafından puanlanması istenmiştir. A4. Kriteri olan Bölgelerin rüzgar potansiyelleri yine Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (www.eie.gov.tr/yekrepa/rep- duyuru_01.html) verilerinden alınmıştır. Fakat rüzgarlanma potansiyeli araziye göre oldukça değiştiğinden bu veriler direkt olarak kullanılmamış fakat bu veriler uzmanlara iletilmiştir. Uzmanlardan ikisi, depoların sahibi olan şirketin iki üst düzey yöneticisidir. Yöneticiler şirketin solar depolarla ilgili daha önceki projelerinde yöneticilik yapmışlardır. Üçüncü uzman ise solar tesisler kuran, çatıları solar haline getiren şirketin yöneticisidir. Uzmanlara altı alternatifini altı kriter kriterine göre puanlamaları istenmiştir.

4. BULGULAR

İlk adımda A1, A2, C1 ve C2 kriterleri direk olarak alınmış, diğer kriterler için ise üç uzmanın puanlamaları alınmıştır. Üç uzmanın puanlarının geometrik ortalaması alınmıştır. Elde edilen veriler ile ikinci adımdaki normalize işlemi yapılmıştır. Normalize işlemi sonrası oluşan matris Tablo 2.'de görülmektedir.

Tablo 2. Normalize Edilmiş Matris

ALTERNATİFLER	KRİTERLER	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
İSTANBUL		0,371	0,365	0,293	0,473	0,114	0,279	0,520	0,838	0,182	0,455
İZMİR		0,412	0,446	0,528	0,510	0,454	0,488	0,404	0,207	0,284	0,520
ADANA		0,431	0,441	0,469	0,328	0,454	0,418	0,346	0,370	0,257	0,195
SAMSUN		0,368	0,345	0,117	0,437	0,511	0,279	0,346	0,175	0,241	0,325
ANKARA		0,406	0,390	0,352	0,291	0,227	0,348	0,404	0,159	0,219	0,195
ANTALYA		0,454	0,450	0,528	0,364	0,511	0,557	0,404	0,249	0,845	0,585

Bir sonraki adımda ağırlıklandırılmış matris elde edilmiştir. Ağırlıklar Tablo 1.'den elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış Normalize Edilmiş Matris Tablo 3.'de görülmektedir.

Tablo 3. Ağırlıklandırılmış Normalize Edilmiş Matris

ALTERNATİFLER	KRİTERLER	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
İSTANBUL		0,118	0,073	0,015	0,013	0,017	0,009	0,037	0,012	0,008	0,040
İZMİR		0,132	0,089	0,027	0,014	0,069	0,016	0,029	0,003	0,012	0,046
ADANA		0,138	0,088	0,024	0,009	0,069	0,014	0,025	0,005	0,011	0,017
SAMSUN		0,117	0,069	0,006	0,012	0,078	0,009	0,025	0,002	0,011	0,029
ANKARA		0,130	0,078	0,018	0,008	0,035	0,011	0,029	0,002	0,010	0,017
ANTALYA		0,145	0,090	0,027	0,010	0,078	0,018	0,029	0,003	0,037	0,052
AĞIRLIK		31,9%	19,9%	5,0%	2,8%	15,2%	3,3%	7,2%	1,4%	4,4%	8,9%

Negatif ve pozitif ideal çözüm değerleri Tablo 4. 'de görülmektedir.

Tablo 4. İdeal Çözüm Değerleri

İdeal Çözüm Değerleri	0,145	0,090	0,027	0,014	0,078	0,018	0,037	0,012	0,037	0,052
Negatif İdeal Çözüm Değerleri	0,117	0,069	0,006	0,008	0,017	0,009	0,025	0,002	0,008	0,017

Her alternatif için ideal uzaklıklar (S^*), negatif ideal uzaklıklar (S^-), ve ideal çözüme yakınlık (C^*), ve sıralama Tablo 5.'de görülmektedir.

Tablo 5. Sonuç Değerleri

	S^*	S^-	C^*	SIRALAMA
İSTANBUL	0,07645	0,02993	0,2814	5
İZMİR	0,03224	0,06834	0,6794	2
ADANA	0,04741	0,06174	0,5656	3
SAMSUN	0,05631	0,06177	0,5231	4
ANKARA	0,06719	0,02624	0,2809	6
ANTALYA	0,01231	0,08613	0,8749	1

Tablo 5.'e göre solar hale getirilmesi gereken alternatif Antalya deposu olarak ortaya çıkmaktadır. İkinci sırayı İzmir, üçüncü sırayı ise Adana almaktadır. Son üç sıra Samsun, İstanbul ve Ankara şeklindedir. Bu sıralama AHP sonuçlarına göre ağırlıklandırma ve TOPSIS yöntemine göre sıralama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yatırım geri dönüş oranına göre elde edilecek sıralama ile mevcut sıralama karşılaştırılabilir. 1 MWp kurulu gücündeki bir tesisin 2017 fiyatları ile 975.000 USD mertebelerinde bir yatırım maliyeti ile kurulabileceği dikkate alındığında, sadece güneşlenme potansiyeli verilerine göre aynı bölgelerdeki üretim kapasiteleri ve yıllık parasal getirisi aşağıdaki gibi olmaktadır(<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>). Sadece güneşlenme potansiyeli ve getirisi kriterlerine göre aynı yer alternatifleri için sıralama yapıldığında ise aşağıdaki Tablo 6.'da gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6. Alternatif Yerlerin Yatırım Geri Dönüş Sürelerine Göre Sıralanması

	1MW Tesisin Yıllık Üretim Değeri kWh/yıl	1MW Tesisin Yatırım Geri Dönüş Süresi Ay	Getiri USD/yıl	Sıralama
İSTANBUL	1.300.000	68	172.900	5
İZMİR	1.540.000	57	204.820	3
ADANA	1.560.000	56	207.480	2
SAMSUN	1.190.000	74	158.270	6
ANKARA	1.430.000	62	190.190	4
ANTALYA	1.640.000	54	218.120	1

Tablo 5. ve Tablo 6. karşılaştırıldığında, ilk sıranın değişmediği görülmektedir. Her iki yöntemde de Antalya en iyi alternatif olarak görülmektedir. Antalya deposunun hem yatırımın geri dönüşü açısından hem de diğer kriterler açısından ilk sırada yer alması önemlidir. İkinci sıra TOPSIS yöntemine göre İzmir deposunun, yatırım geri dönüş oranı yöntemine göre ise Adana deposunun olmaktadır. Burada ikinci yöntemde göre çok küçük bir süre farkı bulunmaktadır. Beşinci sırada her iki yöntemde göre de İstanbul yer almakta iken, dördüncü ve altıncı sıralar değişmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı solar depo yeri alternatifleri karşısında en iyi solar depo yerinin belirlenmesidir. Başka bir ifade ile mevcut altı adet depodan hangi deponun solar depo olarak seçileceğinin belirlenmesidir. TOPSIS yönteminde kullanılacak kriterler ve bu kriterlerin ağırlıkları daha önce yapılan çalışmadan elde edilmiştir.

Türkiye güneşlenme potansiyeli ortalamasına göre, bu tür tesislerin finansman maliyeti dikkate alınmadan 2017 yatırım maliyetleri ile yatırım geri dönüş süreci 5,5 yıl mertebesinde TOPSIS sonuçlarına göre ilk üç il alternatifine göre seçim sıralaması Antalya, İzmir, Adana iken yatırım geri dönüş süreçlerine göre seçim sıralaması Antalya, Adana, İzmir şeklinde çıkmış olup yatırım geri dönüş süreci açısından İzmir ile Adana arasında 1 ay gibi çok kısa bir süre farkı olup ilk üç il sıralamasının aynı olduğunu söyleyebiliriz. İstanbul her iki sıralamada da altı il alternatifleri arasında beşinci sırada yer almıştır.

Çalışmanın temel kısıtlarından bir tanesi pek çok kriterli karar verme probleminde olduğu gibi, bazı değerlendirmelerin subjektif olarak yapılmasıdır. Bunun yanında çalışmada kullanılan kriterlerin sadece solar kriterler olması başka bir kısıt olarak düşünülebilir. Önerilen yöntemin hali hazırda genel olarak referans alınan ve kullanılmakta olan yatırım geri dönüş süresi yöntemi ile benzer sonuçlar vermesi, yöntemin kullanılabilirliği açısından önem taşımaktadır. Sadece solar

depoları için değil diğer tesisler için de kullanılabilir. Gelecek çalışmalarda daha büyük modeller ile hem solar kriterler hem de diğer kriterler dikkate alınarak bütüncül bir kriter sıralaması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Awasthi, A., Chauhan, S. S., Goyal, S. K. (2011). "A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty", *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1-2), 98-109.
- [2] Bowersox D. J., Cloos D. J., Cooper M. B., (2002), *Supply Chain Management*, Mc Graw Hill.
- [3] Boztepe R., Özçakar, N., Çetin, O., (2015) "Depo Yeri Seçiminde Solar Kriterlerin Karşılaştırılması", V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 14-16 Ekim, İstanbul.
- [4] Choudhary, D., & Shankar, R. (2012). "An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India". *Energy*, 42(1), 510-521.
- [5] Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N.. (2008). "Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 39, pp.783-795.
- [6] Frazelle, E. H., (2002) *Supply Chain Strategy*, ABD, McGraw-Hill.
- [7] Heizer, J., Render, B. ve Munson, C. (2017). *Operations Management*, Pearson.
- [8] Krajewski, L. J., Ritzmann, L. P., Malhotra, M. K. (2013). *Operations Management*, England: Pearson.
- [9] Özdemir Muhlis, Topsis, (2014). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Edt:Yıldırım, F. B., Önder, B., Dora Yayıncılık,
- [10] Stevenson, W. J., (1996), *Production Operations Management*, McGraw Hill.
- [11] Ulukan, H. Z., ve Kop, Y. (2009). "Multi-criteria decision making (MCDM) of solid waste collection methods using life cycle assessment (LCA) outputs". In *Computers & Industrial Engineering*, 2009. CIE 2009. International Conference on (pp. 584-589). IEEE.
- [12] Yavuz, S., ve Deveci, M. (2014). Bulanik TOPSIS ve Bulanik VIKOR Yöntemleriyle Alisveris Merkezi Kurulus Yeri Seçimi ve Bir Uygulama/Selection of Shopping Center Location with The Methods of Fuzzy VIKOR and Fuzzy TOPSIS and An Application. *Ege Akademik Bakis*, 14(3), 463.
- [13] URL1, www.eie.gov.tr
- [14] URL2, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

BİYOĞAZ TESİS YERİ SEÇİMİ İÇİN BİR MODELLEME YAKLAŞIMI

Aliye Melda Bölek¹, Murat Baskak¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

ÖZET

Gelişmiş ülkelerin enerji gereksinimi, her geçen gün artmaktadır ve enerjinin doğal kaynaklardan elde edilmesi daha da önem kazanmaktadır. 10 Mayıs 2005 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Üretiminde Kullanılması Kanunu, yenilenebilir enerji kaynaklarını hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nin Trakya Bölümü'nde hayvansal, tarımsal, orman ve kentsel atıkların değerlendirileceği biyogaz tesis(ler)inin uygun bir yerde kurulması amaçlanmıştır. Biyokütle kaynaklarının üretim miktarları, atık oranları, uygunluk etmenleri, enerji etmenleri, elde edilebilecek toplam enerji potansiyeli ve biyogaz kapasiteleri belirlenmiştir. Biyogaz tesis(ler)inden elektrik ve ısı enerjisi elde edilecek olup, bunların satışı sağlanacaktır. Geliştirilmiş olan modelde yatırım, işletme, lojistik ve biyokütle satınalma giderleri dikkate alınmıştır. Tesis yeri seçiminde ana amaç olarak kârı enbüyüklemek alınmıştır. Amaç fonksiyonunda yer alan gelir ve gider parametrelerine duyarlılık analizi uygulanmıştır. Karbondioksit azaltımı hem ticarî hem de sosyal açıdan incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Yenilenebilir enerji, Tedârik zinciri, Biyogaz.

A MODELLING APPROACH FOR LOCATION SELECTION OF BIOGAS PLANTS

ABSTRACT

The need for energy is increasing everyday and will continue to increase in developed countries. Therefore when the damage of industrialisation and usage of fossil sources is taken into account, gaining energy from natural sources instead of fossil sources is getting more importance. The Regulation "Usage of Renewable Energy Sources in Electricity Production" which is dated on 10th of May, 2005, defines renewable energy sources as hydrolic, wind, solar, geothermal, biomass, biogas, wave, stream and tide. Our study aims to withdraw attention to the importance of gaining energy from biomass, explaining the biomass supply chain and locating single or multiple energy conversion plants. The animal, agricultural, forest and municipal solid waste potentials of the towns in Marmara Region Thrace Section were analysed. The biomass quantities, availability factors, energy factors, total energy potentials and biogas capacities were evaluated. The biogas facility has been modelled for electricity and heat production and distribution. The model includes investment, operating, logistics and biomass purchase costs. The main objective in location selection is maximising the profit. Sensitivity analysis has been applied to some income and expense parameters in the objective function. Decreasing the carbondioxide has been analysed in both social and commercial aspects.

Keywords: Biomass, renewable energy, supply chain, biogas.

1. GİRİŞ

Günümüzde tüketilen enerjinin çoğunluğu fosil enerji kaynaklarından, kalan kısmı da nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve insanların buna karşılık ödeyeceği bedel yüksek bir değere ulaşmıştır. Gelişmiş ülkelerin enerji gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Hava, su ve toprak kirliliği gibi çevresel problemler, insanların çevreye karşı daha duyarlı olmasına neden olmuştur.

10 Mayıs 2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (URL 1), yenilenebilir kaynaklarını; hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz (çöp gazı dahil), dalga, akıntı ve gel-git olarak tanımlamıştır.

Avrupa Birliği'nin 2009/28/EC sayılı Yenilenebilir Enerji Yönergesi'ne (URL 2) göre 2020'ye kadar üye ülkeler;

- sera gazı emisyonlarında 1990 yılı düzeylerinin en az %20 altına inmeyi,
- toplam enerji tüketiminin en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmasını,

- ulaşımda harcanan toplam enerjinin %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmasını ve
 - enerji tüketiminin %20 oranında azaltılmasını
- amaçlamaktadır.

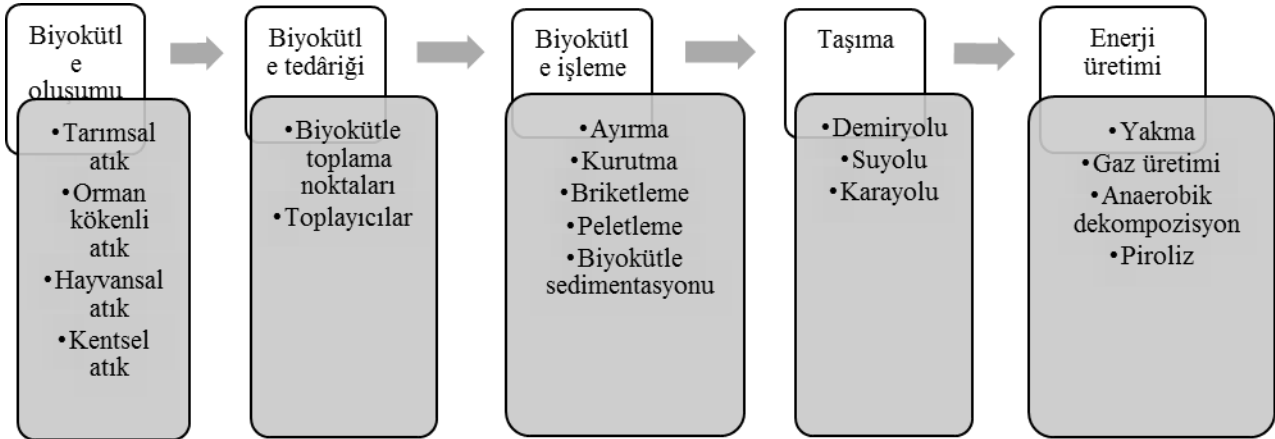
Türkiye, Birleşmiş Milletler Taraflar Komisyonu kapsamında 2030'da sera gazı salımını 1,175 milyar ton CO₂ eşdeğeri yerine %21 azaltarak 929 milyon ton CO₂ eşdeğerine indireceğini, yani yılda %4,2 azaltmayı taahhüt etmektedir. Bu iyi bir hedef gibi gözükmemektedir ama aslında Türkiye'de, 1990-2013 yılları arasında sera gazı salımı yılda ortalama %3,9 artmıştır. Bu bağlamda Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla kullanma zorunluluğu söz konusudur (URL 3).

Bu çalışmanın amacı; biyokütleden enerji elde etmenin önemine dikkat çekerek biyokütle tedârik zincirinin yapısını açıklamak ve ağ tasarımında bir ya da birkaç enerji tesisi konumlandırmaktır. İkinci bölümde biyokütle tedârik zincirinin genel yapısına ve literatürdeki çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise çalışmada kullanılmış olan modelleme çalışmaları açıklanmıştır. Sonuç ve Öneriler bölümünde modelleme çalışmasına değinilmiş ve sonuçlardan söz edilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemek; fosil kaynaklara bağımlılığı, hava kirliliği ve sera emisyon gazı gibi çevresel problemleri azaltmaktadır (Nagel, 2000; Goldenberg, 2000). Biyokütle kullanımı yaşamsal bir enerji kaynağı yaratmaktadır (Vering, 2006). Bu önemine dayalı olarak biyokütlenin enerji üretiminde kullanılması, çeşitli araştırmalarda (Berndes vd., 200, Parikka, 2004, Yamamoto vd., 2001) incelenmiştir.

Biyokütle tedârik zinciri genel olarak biyokütlenin oluşumu, tedâriği, işlenmesi, taşınması ve enerji üretimi aşamalarından oluşmaktadır. Bu yaklaşım Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Biyokütle tedârik zinciri.

Lojistik mâliyetler, biyokütlenin enerji üretiminde kullanılmasındaki en temel engeldir. Artan biyokütle talebini ve çok aşamalı tedârik zinciri yapısını yönetmek için daha ayrıntılı bir yaklaşıma gereksinim vardır. Enerji talep yapısına, enerji üretim teknolojisine ve enerjinin nihai kullanımına bağlı olarak gereken biyokütle kalitesi ve miktarı, mâliyet etkinliğine ve lojistik operasyonlarının verimliliğine dayanır. Bölgesel kapasiteler ve mevsimsellik, biyokütle oluşumunu sınırlandırmaktadır.

Enerji dönüşüm noktaları genellikle biyokütle kaynaklarına yakın konumlanmaktadır. Günümüzde biyokütle farklı tedârikçilerden toplanmakta veya ithal edilmektedir. Ekim politikaları, pazarlama kanalları, lojistik faaliyetleri, dikey eşgüdüm ve risk yönetimi ayrıntılı incelenmelidir (Epperson ve Estes, 1999). Karar süreci; stratejik, taktik ve operasyonel olarak değerlendirilmelidir (Chopra ve Meindl, 2003; Simchi-Levi, 2003).

Stratejik düzeyde, biyokütle tedârik yönetimi, toplama ve dönüşüm noktalarının seçimi, uygun enerji dönüşüm yönteminin seçimi, tedârik zinciri ağ tasarımı, toplama-ön işlem-depolama makinalarının seçimi ve bilgi-işlem sistem tasarımı konuları tartışılmaktadır. Bu düzeyde alınan kararlar operasyonları etkilemekte ve alt kademe kararlara sınırlar getirmektedir. Taktik düzeyde toplu üretim plânlama, tedârik zinciri eşgüdümü, stok ve envanter yönetimi ve araç rotalama kararları verilmektedir. Operasyonel düzeyde ise stok kontrol gibi günlük konular yönetilmektedir (Iakovou vd., 2009).

Fiziksel süreçler (boyut küçültme, kırma, kurutma, filtreleme, ekstrasyon ve briketleme) ve dönüşüm (biyokimyasal ve termokimyasal) süreçleri sayesinde, biyokütleden yakıt elde edilmektedir.

Tarımsal üretimden elde edilecek biyokütle kaynağı başlıca iki türdür. Birincisi hasattan sonra tarlada kalanlar, ikincisi ise tarımsal ürünlerin endüstriyel ürünlere çevrilmesi sırasında çıkan atıklardır. Tarlada kalanlar çevreye zarar verecek şekilde yakılmakta ya da toprakta çürümeye bırakılmaktadır. Biyokütle tedârik zinciri, diğer tedârik zincirlerinden birkaç noktada farklılık göstermektedir. Tarımsal biyokütle, mevsimsellik nedeniyle yıl boyunca depolanmak durumundadır (Skoulou ve Zabaniotou, 2007). Mevsimsellik sorunlarını azaltmak için çoklu ve benzer biyokütle kullanılabilir (Rentizelas vd., 2009b). Biyokütle yoğunluğu düşük olduğundan, taşıma ve depolama gereksinimleri artmakta ve özel toplama ve elleçleme yapılması gerekmektedir. Sınırlı raf ömrü, talep ve fiyat esnekliği, hava değişimleri, biyokütle tedârik zincirinde karmaşıklığa yol açmaktadır. Bu nokta, yüksek bozulma riskine sahip biyokütlenin talep ve taşıma farklılıklarına karşın tampon oluşturma da çok önemlidir.

Biyokütle lojistik sistemindeki değişkenler ve bunların tedârik zinciri etkinliği ve mâliyetlerine yansımaları arasındaki ilişkiler çeşitli çalışmalarda tartışılmıştır (Allen vd., 1998; Caputo vd., 2005; Hamelinck vd., 2005; Mitchell vd., 1995; Nilsson ve Hansson, 2001).

Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar biyogaz tesislerinde kullanılmaktadır. Hayvansal atıklar; hayvanın cinsi, beslenme alışkanlıkları ve mevsim gibi çeşitli etmenlere dayanmaktadır. Atığın çözünürlüğü biyolojik süreçlere uygunluğunu belirleyen en önemli etmenddir. Velioglu vd.'ye (1985) göre, gübrenin içerdiği yüksek miktardaki lignin, mikrobiyolojik atağa karşı direnç gösterdiğinden, genelde sığır katı atıklarının biyolojik çözünürlük oranı düşük olmaktadır. Bu nedenle hayvansal atıkların uygun koşullar ve oranlar çerçevesinde endüstriyel organik atıklar ile karıştırılarak havasız çürütme süreci uygulanması ile daha verimli sonuçlar alınmaktadır.

Hayvansal atıklarda karşılaşılan en önemli sorun, atığın merkezî noktalara taşınmasıdır. Bu yüzden Kaynak Haritaları çizilmelidir. Kaynak haritaları, atık kaynaklarının kapasite ve miktarını belirtir. Çalışmalar hayvansal atıkların, ekonomik olarak kuru kütlesi %70 iken 40 km'ye kadar, %10 iken 10 km'ye kadar taşınabilmekte olduğunu göstermiştir (Baban vd., 2001).

Orman biyokütle kaynakları orman ve orman dışı olmak üzere ikiye ayrılır. İlk grup doğrudan ormandan toplanan biyokütledir. İkinci grup ise tarımsal ve endüstriyel sektörlerden gelen orman biyokütlesidir. Orman operasyonları; ağaç kesme, işleme ve birincil taşıma faaliyetlerini içerir. Kesim ve işleme süreçleri testereyle yapılan süreçlerdir (Frombo vd., 2009). Verimlilik; kabuk soyma, dalları ayırma ve parçalara kesme işlemlerine bağlıdır. Ormandaki birincil taşıma, kesim alanından en yakın yol kenarına getirme işlemidir. Bu yol kenarı noktaları, orman biyokütlesinin bir depoya ya da tesise gitmeden önce geçici olarak depolandığı yerlerdir. Taşıma tekniği parselin eğimine bağlı olarak değişmektedir. Kesim alanından yol kenarı noktalarına uzaklık arttıkça verimlilik düşer (Frombo vd., 2009).

Panichelli ve Gnansounou (2008), bir enerji tesisine hammadde sağlayan iki kurutma tesisli bir orman tedârik zinciri yapısı tasarlamıştır. Çalışmada taşıma mâliyetlerinin enküçüklendiği yer-atama (alokasyon) modeli kullanılmıştır. Ekonomik, teknik, yasal ve sosyal boyutlar, enerji tesisi konumlandırma karar destek sistemleri ve tesislerin optimum kapasite hesaplamaları konularında çalışılmıştır (Freppaz vd., 2004). Biyokütle toplanması ve hasat işlemleri de bu çalışmalarda plânlanmıştır.

Kentsel ve endüstriyel atıklar, endüstriyel üretim süreçleri sonucunda ve kentsel atıklardan oluşmaktadır (Kan, 2009). Literatürde kentsel atıklar; dayanıklı ve dayanıksız ürünler, paketleme ürünleri, gıda artıkları, kumaş atıkları ve konut, ticarî kurumlar ve fabrikaların çıkardığı çeşitli inorganik atıkları içermektedir. Atık yönetiminde öncelikle atık azaltımı öngörülür. İkinci olarak geri dönüşüm özendirilir. Çoğu zaman bunun için yerel yönetimler eğitim vermektedir. Üçüncü olarak enerji dönüşüm yöntemleri uygulanır. Dördüncü seçenek ise atığın güvenli bir şekilde imhâsıdır. Kentsel atıklar önce yerel otoritelerce toplama noktalarına, buralardan da enerji tesislerine ya da depolama alanlarına götürülür.

Tedârik zincirindeki değişkenler dikkate alındığında, tedârik zinciri yapısı deterministik ve stokastik olmak üzere ikiye ayrılabilir (Min ve Zhou, 2002). Deterministik modeller, doğrusal programlama ve karışık tamsayı programlamayı içerirken stokastik modeller; simülasyon, sıralı karesel (kuadratik) programlama, genetik algoritma ve sezgisel yaklaşımları içermektedir.

Biyokütle tedârik zinciri mâliyetlerinin analizinde tablo analizi kullanılmıştır. Bunlar karar destek sistemleri, senaryo modellemeleri ve duyarlılık analizi için yararlıdır (Coles ve Rowley, 1996). Mâliyetin %20-50'sinin taşıma ve yükleme mâliyetlerinden oluştuğu belirtilmiştir (Allen vd., 1998). Biyoenerji Değerlendirme Modeliyle çeşitli biyokütle dönüşüm teknolojileri incelenmiş (Mitchell vd., 1995) ve orman biyokütle üretimi, toplaması ve depolanmasını inceleyen başka bir çalışmada kullanılmıştır (Mitchell vd., 1999).

Bir üretim noktası, merkezî bir toplama noktası, ihracat ve ithalat terminalleri ile bir enerji tesisini içeren uluslararası bir lojistik senaryosu çalışılmıştır (Hamelinck vd., 2005). Bu çalışmada ayrıca, çeşitli parametrelerin tedârik zinciri performansına olası etkileri belirtilmiştir. Operasyonel mâliyetlerin %56-76'sı lojistikten gelmektedir (Caputo vd., 2005).

Biyokütle kaynaklarının merkezî bir üretim tesisine uzaklıklarını optimize eden bir doğrusal model geliştirilmiştir (Cundiff vd., 1997). Özel olarak, hava değişikliklerine göre aylık üretim, teslimat ve kapasite programları incelenmiştir. Pamuk sapının tedârik zinciri, doğrusal programlama ile optimize edilmiştir (Skolou ve Zabaniotou, 2007). Orman atıklarından enerji elde edilmesi çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri de karar destek sistemleri olarak kullanılmıştır (Freppaz vd., 2004; Frombo vd., 2009).

Karışık tamsayı programlama; yatırım kararlarında (Nagel, 2000), çeşitli senaryolar altında yıllık akışın tahmininde (De Mol vd., 1997) ve alternatif tedârik, taşıma ve işleme (Tembo vd., 2003) konularında kullanılmıştır. Ancak bu modellerin çoğunluğunun, tedârik zincirinin bütününe değil bir bölümüne odaklandığı söylenebilir.

Biyoenjerji sistemlerini incelerken araştırmacılar, doğrusallık dışında başka boyutlarla da karşılaşmıştır. Doğrusal olmayan yöntemlerin çoğu en iyi çözümü vermezler. Biyokütle tedârik zincirinde bilgisayar benzetim sistemleri çok kullanılmıştır (Gallis, 1996). Bir mâliyet bazlı benzetim modeli olan Biologics (BIOMass LOGIstics Computer Simulation) geliştirilmiş ve PROSIM benzetim paketiyle uygulaması yapılmıştır (De Mol vd., 1997). Buğday sapıyla ilgili pek çok benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir (Nilsson ve Hansson, 2001; Nilsson, 1999a; Nilsson, 1999b). Bütünleşik Biyokütle Tedârik, Analiz ve Lojistik (IBSAL) Modeli; mevsimsel ve operasyonel limitleri, tedârik ve taşıma operasyonlarını ve tarladan biyorafineriye lojistik mâliyetlerini içeren bir modeldir ve üç biyokütle çeşidiyle çalıştırılmıştır (Kumar ve Sokhansanj, 2007; Sokhansanj ve Kumar, 2006). Orman biyokütle çalışmalarında sezgisel yaklaşımlar da kullanılmıştır (Gronalt ve Rauch, 2007). Biyokütle lojistik sisteminde iki politikanın karşılaştırılmasıyla çeşitli yönetim parametreleri analiz edilmiştir (Ravula vd., 2008).

Çoklu biyokütle enerji dönüşüm uygulamalarında karar destek sistemleri geliştirilebilir (Ravula vd., 2008). Bir başka yaklaşımda genetik algoritma kullanılarak elde edilen iyi bir çözüm, sıralı karesel programlamada kullanılmıştır. Üç farklı biyokütlenin aynı alanda depolanması da depolamada farklı bir ölçüt oluşturmuştur (Rentzelas vd., 2009a; Rentzelas vd., 2009b).

Literatürde yapılmış olan çalışmalarda çoklu biyokütle kullanımına fazla yer verilmemiştir. Çalışmamız hayvansal, tarımsal, orman ve kentsel atıklarının birlikte değerlendirileceği bir tedarik ağ yapısını hedeflemektedir. Ayrıca genellikle tedarik zincirinin ekonomik boyutları üzerine çalışılmış sosyal boyutu çok incelenmemiştir. Tesis yeri seçiminde ekonomik ölçütlerin yanında çevresel etkileri de göz önüne alınmıştır.

3. YÖNTEM VEYA METODOLOJİ

3.1.P-medyan Yöntemi

P-medyan problemi, tesis yeri seçimi problemleri içinde en çok bilinen ve çözümü amacıyla literatürde birçok çalışma yapılmış olan bir tesis yerleşim ve atama modelidir (Alp vd., 2003). 1964 yılında ilk kez Hakimi tarafından *P*-medyan probleminin ayrıntılı olarak formülasyonu yapılmıştır. Sule (2001) tarafından tesis yeri seçim problemi; *p*-medyan problemi, *p*-merkez problemi, kapasite kısıtsız tesis yeri seçim problemi, kapasite kısıtlı tesis yeri seçim problemi, karesel atama problemi olmak üzere temel beş sınıfa ayrılmıştır.

Kurulacak tesislerin tekli ya da çoklu olması çalışmanın yöntemini etkileyecektir. İlkinde tek bir hizmet veren tesisin yerinin belirlenmesi sözkonusu iken, ikincisinde birden fazla hizmet veren tesisin yerlerinin seçilmesi ve bu tesislerden hizmet alacak olan talep noktalarının en az mâliyet oluşturacak şekilde belirlenmesine çalışılmaktadır. Tesisin ya da tesislerin kapasitesilerinin kısıtlı olması durumunda, bir talep noktası talebini birden fazla hizmet noktasından karşılamak durumunda kalabilir. Bu çalışmada, her ilçenin, atıklarını yalnızca bir tesise göndereceği varsayılmıştır.

Tesisin bulunacağı konuma göre problem sürekli tesis yeri ya da ayrık tesis yeri olarak adlandırılır. Sürekli tesis yeri seçim probleminde, hizmet veren tesislerin ve talep noktalarının düzlem üzerinde herhangi bir noktaya yerleştirilebildiği, ayrık tesis yeri seçim probleminde ise açılacak tesisler ve talep noktalarının yalnızca şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirilebildiği görülmektedir. Son model olan ağ modelinde ise talep noktaları şebeke üzerindeki düğümlerde bulunmakta iken, hizmet veren tesisler düğümler ya da düğümler arasındaki bağlantılar üzerinde yerleştirilebilir (Daskin, 1995).

3.2. Biyogaz ve Model Varsayımları

Enerji tesisinin türünün belirlenmesinde toplanacak olan biyokütlenin yapısı çok önemlidir. Kuru madde oranı %25'in altında olan atıklarda biyogaz işlemi uygulanması, %50'nin üstünde olanlarda ise yakma yapılması daha uygun olmaktadır. Hayvansal, tarımsal, orman ve kentsel atık yakma tesisinde birlikte kullanılabilir ancak bu tesislerden çıkan CO₂'i tutmak pek mümkün değildir ve kanserojen diotifrom çıkışı olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yakma tesislerinin kullanımı giderek azalmaktadır. Gazlaştırma yakma teknolojilerine göre daha çevreci teknolojilerdir ve CO₂, SO₂, NO_x emisyonları bakımından çok daha avantajlıdır.

Biyogaz üretimi için gerekli hammadde olarak çeşitli hayvan gübresi tek başına veya diğer organik atıklarla karıştırılarak kullanılabilir. Biyogaz üretiminde kullanılan materyaller; ağaç, mısır, buğday bitkileri, yosunlar, evlerden atılan meyve ve sebze atığı gibi tüm organik çöpleri, hayvan dışkılarını, gübre ve sanayi atıkları sayılabilir (Coşkun ve diğ., 2011). Biyogaz organik maddelerin oksijensiz (anaerobik) şartlarda biyolojik parçalanması sonucu oluşan ağırlıklı olarak (%60-80) metan ve karbondioksit gazıdır. Anaerobik fermantasyonun son aşamasında metan oluşturan bakteri grupları CO₂ ve H₂O kullanarak metan ve su açığa çıkarır iken öteki grup metan bakterileri ise ikinci aşamada çıkan asedik asidi kullanarak metan ve CO₂ oluşturur. Anaerobik fermentasyon da bekletme süresine, atık su ve atık organik maddelerin türüne, ortamın pH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur. Anaerobik fermentasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermentasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruptur. Bunlar; sakrofilik (5-25°C), mezofilik (25-38°C) ve termofilik (50-60°C) bakterilerdir. Sığır gübresinde mezofilik bakteriler bulunmaktadır. Biyogaz tesisinde sığır gübresi kullanılması durumunda mezofilik fermentasyon uygulanır (Korkmaz ve diğ., 2012).

Biyogaz sistemlerinde genellikle mezofilik bölge tercih edilmektedir. Avrupa'da bulunan biyogaz sistemlerinin % 87'si mezofilik sıcaklık bölgesinde çalışmaktadır (İlkılıç ve Deviren, 2011). Model çalışmamızda mezofilik biyogaz tesisleri kurulması öngörülmektedir. Gazlaştırma sırasında NO_x, SO₂, dioksin ve furan gibi kirleticiler oluşmamaktadır (Namlı, 2014).

Her biyokütlenin elde edilebilirlik dönemlerinde sabit bir hızda toplanıp biyokütle tesisine getirildiği varsayılmıştır. Taşıma mesafeleri karayolu uzaklıkları hesaplanarak kullanılacaktır. Biyokütlenin kaynağından enerji tesisine taşınmasında lojistik şirketi kullanılacaktır. Atıkların Karayolunda Taşınması Mevzuatına göre tarımsal, hayvansal, orman ve kentsel atıkların taşınması lisansa tabi değildir.

Biyokütle kaynaklarının elde edildikleri noktada sınırsız alanda depolandıkları varsayılmaktadır. Biyokütle tesisinin içinde kapalı ve sıcak hava ısıtmalı bir depo inşa edilmesi düşünülmüştür. Bu deponun taban ve duvarları tesiste elde edilen ısının geçeceği kanal ve ızgaralarla döşenecektir. Bu şekilde biyokütlenin enfeksiyon, fermentasyon ve kaybı önlenecek biyokütlenin nem miktarı azaltılacaktır. Bu nedenle depolama sırasındaki malzeme kaybı sıfır olarak kabul edilebilir (Rentizelas ve diğ., 2009, Cundiff ve diğ., 1997, Tatsiopoulos ve Tolis, 2003).

Bir biyokütle kaynağı tek bir tesise atanacaktır. Lojistik maliyetleri düşünülerek bu varsayım yapılmıştır. Modelde kullanılan orman, tarımsal ve hayvansal atık oranları ilçeler bazında sabit kabul edilmiştir. Kentsel atıklar için ise atık oranları yıla ve ilçeye göre değişmektedir.

Biyogaz sistemlerinde atığın toplanma sıklığı çok önemli değildir. Otuz günde gaz elde edilebilir. Dolayısıyla üç günde bir toplamak ya da toplamamak fark etmemektedir.

Kurulacak tesislerde katı ve sıvı gübre elde edilmesi planlanmıştır. Çalışmada ilçe bazında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verisi kullanılmasına karar verilmiştir. Orman biyokütle kaynak verileri de Orman ve Su İşleri Bakanlığı il müdürlüklerinden elde edilmiştir.

Kentsel atıklar belediyelerce toplanmaktadır ve tesise bu noktalardan aktarılmaktadır. Belediyeler atık toplama merkezlerinde ön ayırıştırma yapmaktadırlar. Bu çalışmada metal, cam ve plastik gibi parçalar atıktan ayrılmaktadır. Modelde kullanılan atıkların bu ayırıştırma geçtikleri varsayılmıştır.

Orman, kentsel, tarımsal ve hayvansal atıkların temin edileceği tüm biyokütle noktalarıyla 10 yıllık anlaşma yapılması öngörülmüştür. Tesislere düzenli hammadde taşınması hayati önem taşımaktadır.

3.3.İndis, Parametre ve Değişkenler

Matematiksel modelde yer alan indisler;

i : Biyokütle kaynak noktaları (ilçe merkezleri, $i=1..55$)
 j : Tesis aday noktaları ($j=1...55$)
 k : Biyokütle tipi (k:1 orman, k:2 kentsel, k:3 büyükbaş, k:4 kanatlı, k:5 küçükbaş, k:6 buğday saman, k:7 mısır sap, k:8 mısır koçan, k:9 pirinç saman, k:10 pirinç kabuk, k: 11 ayçiçeği sap, k:12 arpasaman k:13 mısır silajı k:14 sudanotu)

Modelde yer alan parametreler;

p : Tesis sayısı
 d_{ij} : i biyokütle kaynağı ile j tesisi arası mesafe (km)
 B_{ik} : i biyokütle kaynağından elde edilen k tipi biyokütle miktarı (t)
 EBF : Elektrik birim satış fiyatı (\$/kWh)
 IBF : Isı enerjisi birim satış fiyatı (\$/kWh)
 KMC_k : k tipi yaş biyokütlerdeki kuru madde çarpanı (%)
 OMC_k : k tipi kuru biyokütlerdeki organik madde çarpanı(%)
 BF_k : k tipi biyokütlenin biyogaz faktörü (m^3/t OM)
 h_j : j noktasındaki tesiste ısıtma tesisatı olup olmaması
 gb_j : j noktasındaki tesiste katı/sıvı gübre tesisatı olup olmaması
 BV : Biyogazdan elektrik elde etme verim oranı
 $HTCAP$: Hedef elektrik kapasitesi
 MEV : Gaz motoru elektrik verimi (%)
 IEV : Gaz motoru ısı verimi (%)
 $SURE$: Yıllık tesis çalışma süresi
 TF : Birim taşıma fiyatı (\$/t.km)
 $AKAP$: Modelde kullanılan lojistik araçların kapasitesi (t)
 ABF_k : k tipi biyokütlenin satın alma fiyatı (\$/t)
 $YATYG$: MW başına tesis yatırım yıllık gideri(\$)
 $ISLYG$: MW başına tesis işletme gideri(\$)

Modelde yer alan değişkenler;

x_{ijk} : i biyokütle kaynağından j tesisine taşınan k tipi biyokütle miktarı(t)
 w_{ij} : i biyokütle noktası j tesis noktasına atanmışsa 1, atanmamışsa 0
 y_j : j noktasında tesis açılmışsa 1, açılmamışsa 0
 r_{ij} : i biyokütle noktası j tesisine giden toplam biyokütle
 q_j : j tesisine gelen biyokütle toplamı
 GL : Toplam gelir (\$)
 GD : Toplam gider (\$)
 ESG : Elektrik enerjisi satış geliri (\$)
 ISG : Isı enerjisi satış geliri (\$)
 BSG : Biyokütle satınalma gideri (\$)
 BTG : Biyokütle taşıma gideri (\$)
 YYG : Yıllık tesis yatırım gideri (\$)
 $YİG$: Yıllık tesis işletme gideri (\$)
 $ECAP_j$: j tesisinin elektrik üretim kapasitesi (kWe)
 $ICAP_j$: j tesisinin ısı üretim kapasitesi (kWt)
 KM_{ijk} : i biyokütle noktasından j tesis noktasına gönderilmiş k tipi biyokütlenin kuru madde miktarı (t)
 KM_j : j tesisindeki toplam kuru madde miktarı (t)
 OM_{ijk} : i biyokütle noktasından j tesis noktasına gönderilmiş k tipi biyokütlenin organik madde miktarı (t)
 OM_j : j tesisindeki toplam organik madde miktarı (t)
 BG_{ijk} : i biyokütle noktasından j tesis noktasına gönderilmiş k tipi biyokütleden elde edilen biyogaz miktarı (m^3)
 BYG_j : j tesisindeki biyogaz miktarı (m^3)
 TYG_j : j tesisinin yıllık yatırım gideri (\$)
 TIG_j : j tesisinin yıllık işletme gideri (\$)

Çalışmada sunulan modelde amaç fonksiyonu enerji tesisinden elde edilecek karı maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Tesiste gelir olarak elektrik enerjisi satışı ve ısı enerjisi satışı geliri öngörülmektedir. Biyokütle satın alma ve taşıma maliyetleriyle tesis yatırım ve işletim maliyetleri giderleri oluşturmaktadır. Modelde öncelikle 2016 senesi için gelir ve gider hesaplanacaktır.

3.4. Model Denklemleri

4. Amaç fonksiyonu

$$Z_{max}Kar = Gelir(GL) - Gider(GD) \quad (1)$$

$$Gelir (GL) = Elektrik Satış(ESG) + Isı Enerjisi Satış(ISG) \quad (2)$$

$$Gider (GD) = Biyokütle Satınalma (BSG) + Biyokütle Taşıma(BTG) + Tesis Yatırım(YYG) + Tesis İşletme (YIG) \quad (3)$$

5. Bir biyokütle kaynağı tek bir tesise atanacaktır ve atandığı tesisin de açık olması gerekmektedir .

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad \sum_{j=1}^{55} w_{ij} \leq 1 \quad (4)$$

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad w_{ij} \leq y_j \quad (5)$$

6. Modelde açılması düşünülen tesis sayısı “p” olacaktır.

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad \sum_{j=1}^{55} y_j = p \quad (6)$$

7. Marmara Bölgesi Trakya Bölümü’nde yer aşan biyokütleden elde edilebilecek biyokütle miktarı, atık miktarı, elverişlilik katsayı hesaplamaları Excel’de yapılmış ve bir biyokütle kaynağından tesise gidebilecek miktarın kısıtlamasında parametre olarak kullanılmıştır. Ormansal atık için 7 nolu denklem, kentsel atık için 8 nolu denklem, hayvansal atık için 9 nolu denklem ve tarımsal atık için de 10 nolu denklem kullanılmıştır. İlçe kaynağında elde edilen 2016 yılı üretim değerleri U_{ik} , atık oranları A_k , atıkların elverişlilik oranları EK_k , ilçe bazında hayvan sayıları S_{ik} , ilçe bazında nüfus verileri N_i olarak kullanılmıştır. Orman atıkları selülozik yapıda olduğundan biyogaz üretimine uygun olmamaktadır. Küçükbaş hayvan atıkları da biyogaz üretiminde kullanılmamaktadır.

$$\forall i \quad i = 1 \dots 55 \quad k = 1 \quad B_{ik} = U_{ik} \times A_k \times EK_k \quad (7)$$

$$\forall i \quad i = 1 \dots 55 \quad k = 2 \quad B_{ik} = N_i \times A_k \times EK_k \quad (8)$$

$$\forall i \quad i = 1 \dots 55 \quad k = 3,4,5 \quad B_{ik} = S_{ik} \times A_k \times EK_k \quad (9)$$

$$\forall i \quad i = 1 \dots 55 \quad k = 6, \dots 14 \quad B_{ik} = U_{ik} \times A_k \times EK_k \quad (10)$$

8. Önceki raporlarda derlenmiş olan 2016 yılı tarımsal ve hayvansal üretim TÜİK değerleri, TÜİK nüfus verileri, atık oranları ve elverişlilik katsayılarından uygun olanları seçilerek parametre olarak kullanılacaktır.
9. Elde edilecek kuru madde biyokütle miktarıyla kuru madde çarpanının çarpımıyla bulunmaktadır.

$$\forall i \ i = 1 \dots 55 \quad k = 1, \dots, 14 \quad KM_{ik} = B_{ik} \times KMC_k \quad (11)$$

10. Elde edilecek kuru maddenin belirli bir oranını organik madde oluşturmaktadır. Organik madde biyogaz oluşumunu sağlayan kısımdır.

$$\forall i \ i = 1 \dots 55 \quad k = 1, \dots, 14 \quad OM_{ik} = KM_{ik} \times OMC_k \quad (11)$$

11. Elde edilecek biyogaz miktarı organik madde miktarının ilgili biyokütlenin biyogaz faktör oranıyla çarpımıyla oluşmaktadır.

$$\forall i \ i = 1 \dots 55 \quad k = 1, \dots, 14 \quad BG_{ik} = OM_{ik} \times BF_k \quad (12)$$

12. İlçe bazında biyokütle cinsinden elde edilebilecek biyogaz miktarının toplamı 13 nolu denklemde belirtilmiştir.

$$\forall i \ i = 1 \dots 55 \quad k = 1, \dots, 14 \quad BG = \sum_{i=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} BG_{ik} \quad (13)$$

13. Tüm ilçeler ve biyoküteller bazında kapasite belirlendikten sonra proje hedef enerji kapasitesi (*HTCAP*) belirlenecektir. Hedef kapasitenin belirlenmesinde yatırım bütçesi dikkate alınacaktır. Bu enerji kapasitesi kurulacak “p” adet tesise dağıtılacaktır. Hedef kapasite hesaplama çalışmaları Excel’de yapılmıştır.

$$\forall j \ j = 1 \dots 55 \quad \sum_{j=1}^{55} ECAP_j \leq HTCAP \quad (14)$$

14. Biyokütle kaynaklarından elde edilebilir biyokütlenin tamamı tesislere taşınmayacaktır. Tesise gelecek biyokütle o sene o ilçede elde edilecek biyokütleden fazla olamaz. Biyokütlenin sevk edilmesi için o ilçenin belirlenen “j” tesisine atanmış olması gerekmektedir.

$$\forall i, j \ i, j = 1 \dots 55 \quad \forall k \ k = 1 \dots 14 \quad x_{ijk} \leq B_{ik} \times w_{ij} \quad (15)$$

15. Her tesise transfer edilen biyokütle toplamı 16 nolu denklemde görülmektedir.

$$\forall i, j \ i, j = 1 \dots 55 \quad \forall k \ k = 1 \dots 14 \quad q_j = \sum_{i=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} x_{ijk} \quad (16)$$

16. Üretilen biyogazın bileşimindeki metan gazı üretiminin başarısı; ortam sıcaklığı, hammaddenin cinsi ve miktarı, ortam asitliği (pH), partikül büyüklüğü, fermantasyon süresi, karbon azot oranı (C/N), tesis tipi, kuru madde miktarı gibi faktörlerin etkisi altındadır.

17. Kuru madde miktarı toplanan biyokütleyle kuru madde çarpanının çarpımına eşittir. Tesislerde toplanan tüm kuru madde gelen kuru madde toplamına eşittir. Besleme materyalinin %8-13 arasında kuru maddeye sahip olması, biyogaz üretimi için uygun olmaktadır.

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad KM_{ijk} = x_{ijk} \times KMC_k \quad (17)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad KMD_j = \sum_{i=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} KM_{ijk} \quad (18)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad KMD_j \geq 0,08 \times q_j \quad (19)$$

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad KMD_j \leq 0,13 \times q_j \quad (20)$$

18. Modelde tüm ilçelerin biyogaz kapasitelerini hesaplarken kullanmış olduğumuz kuru madde ve organik madde denklemleri taşınacak biyokütleyle de uygulanacaktır,

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad OM_{ijk} = KM_{ijk} \times OMC_k \quad (22)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad OMD_j = \sum_{i=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} OM_{ijk} \quad (23)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad BG_{ijk} = OM_{ijk} \times BF_k \quad (24)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

$$\forall i,j \quad i,j = 1 \dots 55 \quad BYG_j = \sum_{i=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} BG_{ijk} \quad (25)$$

$$\forall k \quad k = 1 \dots 14$$

19. Organik madde %55-60 gazlaşır ve geriye kalan posadan sıvı ve katı gübre elde edilmektedir. Üretimle ilgili birkaç kısıt denklemi daha geliştirilmiştir ancak bildiriye dahil edilmemiştir.

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad BYG_j \times MEV = ECAP_j \quad (34)$$

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad BYG_j \times IEV = ICAP_j \quad (35)$$

20. Elektrik satışından elde edilecek gelir (*ESG*) tesislerin elektrik enerji potansiyeli ile devletin ödemeyi taahhüt ettiği birim fiyatın (*EBF*) çarpımıyla elde edilecektir. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun gereğince tesiste üretilecek olan elektrik enerjisi devlet tarafından 10 yıl süreyle satın alınacaktır. Teşvik kapsamında kWh başına 13,3 cent ödenmektedir. Tesis işletme net süresi olarak 7.500 saat/yıl kabul edilmiştir.

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad ESG = \sum_{j=1}^{55} ECAP_j \times SURE \times EBF \quad (36)$$

21. Biyokütle enerji tesisinde elektriğin yanı sıra ısı enerjisi de üretilmesi halinde ısı enerjisinden elde edilecek gelir (*ISG*) üretilen ısı enerjisi ve birim fiyatın (*IBF*) çarpımına eşit olacaktır. Modelde ısı gelirine yer verilmiştir ancak senaryolarda ısı geliri dikkate alınmamıştır çünkü pratikte Türkiye’de uygulanmamaktadır.

$$\forall j \quad j = 1 \dots 55 \quad ISG = \sum_{j=1}^{55} (h_j \times ICAP_j) \times SURE \times IBF \quad (37)$$

22. Pratikte toplanan biyokütleyle herhangi bir bedel ödenmemektedir. Ancak ödenebilme ihtimaline karşılık modelde biyokütle satın alma gideri (*BSG*) konulmuştur.

$$\forall i, j \quad i, j = 1 \dots 55 \quad BSG = \sum_{i=1}^{55} \sum_{j=1}^{55} \sum_{k=1}^{14} x_{ijk} \times ABF_k \quad (45)$$
$$\forall k \quad k = 1..14$$

23. Biyokütlenin en fazla 40 km taşınması ekonomik olmaktadır (Tafdrup, 1994).

$$\forall i, j \quad i, j = 1 \dots 55 \quad w_{ij} \times d_{ij} \leq 40 \quad (46)$$

24. Biyokütle taşıma maliyeti (*BTG*) (i) biyokütle kaynaklarından (j) tesis nokta ya da noktalarına biyokütlenin taşıma maliyetidir. Taşımaları yetkili lojistik firması *TF* birim taşıma fiyatı üzerinden yapacaktır.

$$\forall i, j \quad i, j = 1 \dots 55 \quad BTG = \frac{\sum_{i=1}^{55} \sum_{j=1}^{55} \sum_{k=1}^{43} (x_{ijk} \times 2 \times d_{ij})}{AKAP} \times TF \quad (47)$$
$$\forall k \quad k = 1..14$$

4. ÇÖZÜM/BULGULAR

Çalışmada biyokütle tedarik zinciri modellemesinde çoklu biyokütle kaynaklarının değerlendirildiği tesis yeri seçimi ele alınmış olup bildiride modelin bir kısmından bahsedilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyokütle tedârik zincirleri diğer tedârik zincirlerinden farklıdır, çünkü tarım, ormancılık, hayvancılık, depolama, lojistik ve enerji üretimi gibi çeşitli disiplinlerde bilgi sahibi olmayı gerektirir. Türkiye’de hâlihazırda en büyük açık, biyokütlenin alınıp satıldığı sabit pazar yapısının olmamasıdır. Dolayısıyla tedârik analizi ve bunun fiyatlandırılması çok önem arz etmektedir ve araştırılması gereken bir konudur. Modelleme yapısı üzerinde her ayrı biyokütle cinsi için ayrı çalışılmalıdır.

Literatürde çoğu araştırma, biyokütle tedârik zincirinin ekonomik boyutuyla ilgilenmiştir. Günümüzde artan çevresel duyarlılık ve sosyal etmenler de, aynı ekonomik etmenler gibi, değerlendirilmesi gereken konulardır. Bu çalışmada ise tesis yeri seçiminde çevresel etmenler de dikkate alınmıştır. Yapısal özellikleri gereği biyokütle çeşitleri fiziksel farklılıklar göstermektedir.

Modelde hayvansal ve tarımsal atık verisi için ilçe bazında TÜİK verisi kullanılmıştır. Kentsel atıkların değerlendirilmesinde Çevre Bakanlığı tarafından 2008-2012 yılları arası için yapılmış olan Atık Yönetim Eylem Planı incelenmiştir (Öztürk, 2015). Trakya Bölümü’ndeki illerin model bölge verileri de bu çalışmadan alınmıştır. Bu plânda illerin 2024 yılına kadarki tahmini kentsel atık verileri de bulunmaktadır.

Biyokütle kaynaklarının değerlendirildiği biyogaz tesis noktaları yer seçimi modelindeki kısıtlar ve amaç denklemi, bir matematiksel optimizasyon programı olan GAMS’de kodlanmış ve sonuçlar incelenmiştir. Çalışmada farklı biyokütle

kaynakları kullanılarak, tedârik ve üretimdeki risklerin azaltılması hedeflenmiştir. Biyokütle tedârik zinciri yapılandırmasında bütünlük bakış açısına sahip olunmalıdır. Bu bağlamda çalışmalar artırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Allen, J., M. Browne, Hunter, A. (1998), “Logistics management and costs of biomass fuel supply”, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 28, 463-477.
- [2] Alp, O., Erkut, E. & Drezner Z. (2003), “An Efficient Genetic Algorithm for the p-Median Problem”, *Annals of Operations Research*, 122, Sf 21-42.
- [3] Aydın, O., Özneh, S., Akçalı, E. (2009), “Ankara'nın Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreciyle Modellenmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 14, 69,86.
- [4] Baban, A., Timur, H., Cılız, N., Olgun, H. Akgün, F. (2001), *Kümes ve Ahır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi Başlangıç Raporu*, TÜBİTAK-MAM.
- [5] Bagchi, A. (1990). *Design, construction and monitoring of sanitary landfill*. Wiley, New York, Sf 235-245.
- [6] Berndes, G., Hoogwijk, M., R. van den Broek,,(2003), “The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies”, *Biomass and Bioenergy*, 25, 1-28.
- [7] Caputo, A. C., Palumbo, M., Pelagagge P. M. (2005.), “Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: Effects of logistic variables”, *Biomass and Bioenergy*, 28, 35-51.
- [8] Chopra, S., Meindl, P. (2003), *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- [9] Coles, S., Rowley, J.(1996), “Spreadsheet modeling for management decision making”, *Industrial Management and Data Systems*, 96, 17-23.
- [10] Cundiff, J. S., Dias, N., Sherali, H. D. (1997), “A linear programming approach for designing a herbaceous biomass delivery system”, *Bioresource Technology*, 59, 47-55.
- [11] Dagnall, S., Hill, J., Pegg, D. (2000), “Resource mapping and analysis of farm livestock manures-assesing the opportunities for biomass-to-energy schemes”, *Biosource Technology*, 71, Sf 225-34.
- [12] Daskin, M.S. (1995), *Network and discrete location: Models, algorithms, and applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [13] De Mol, R. M., Jogems, M. A. H., Van Beek, P. (1997), “Simulation and optimization of the logistics of biomass fuel collection”, *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 45, 219-228.
- [14] Epperson, J.E., Estes, E.A.(1999), “Fruit and vegetable supply-chain management, innovations, and competitiveness: Cooperative Regional Research Project S-222”, *Journal of Food Distribution*, 30, 38-43.
- [15] Erdem, S., Gencer, C., Atmaca, E., Karaca, T., Aydoğan, E. (2013), “Türkiye’de Enerji Santrallerinin Ahp Yöntemi İle Seçimi”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 243.
- [16] Freppaz, D., Minciardi, R. , Robba, M. (2004), “Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level”, *Biomass and Bioenergy*, 26, 15-25.
- [17] Frombo, F., Minciardi, R., Robba, M. (2009), “Planning woody biomass logistics for energy production: A strategic decision model”, *Biomass and Bioenergy*, In Press, Corrected Proof.
- [18] Gallis, C. T. (1996), “Activity oriented stochastic computer simulation of forest biomass logistics in Greece”, *Biomass and Bioenergy*, 10,377-382.
- [19] Goldenberg, J.(2000), *World Energy Assessment*, p.508, United Nations Development Programme, New York, USA.
- [20] Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L. Ve Lijun, C.(2009), “Landfill site selection using spatial information Technologies and AHP: A case study in Beijing”, *China. Journal of Environmental Management*, 90, 2414-2421.
- [21] Gronalt, M., Rauch. P. (2007), “Designing a regional forest fuel supply network”, *Biomass and Bioenergy*, 31, 393-402.
- [22] Hamelinck, C. N., Suurs, R. A. A. , Faaij, A. P. C. (2005), “International bioenergy transport costs and energy balance”, *Biomass and Bioenergy*, 29, 114-134.

- [23] Iakovou, E., A., Karagiannidis, D., Vlachos, A., Toka, A. Malamakis.(2009), “Waste Biomass Supply Chain Networks for Energy Production: A Conceptual Decision-Making Modeling Framework”, Working Paper.
- [24] Kan A.(2009), General characteristics of waste management: a review. *Energy Educ Sci Technol Part A*;23:55–69.
- [25] Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P. (2003)., “Siting MSW landfills on Lesbos island with a GIS-based methodology”, *Waste Manage. Res.* 21, 262-278.
- [26] Kumar, A., Sokhansanj. S. (2007), ”Switchgrass (*Panicum virgatum*, L.) delivery to a biorefinery using integrated biomass supply analysis and logistics (IBSAL) model”, *Bioresource Technology*, 98, 1033-1044.
- [27] McKendry, P.(2002), “Energy production from biomass (part 2):conversion technologies” , *Bioresources Technology*, 83, 47–54
- [28] Min, H., Zhou. G. (2002), “Supply chain modeling: past, present and future”, *Computers & Industrial Engineering*, 43, 231-249.
- [29] Mitchell C. P., Bridgwater, A. V., Stevens, D. J. (1995), “Technoeconomic assessment of biomass to energy”, *Biomass and Bioenergy*, 9, 205-226.
- [30] Mitchell, C. P., Stevens, E. A., Watters, M. P. (1999), “Shortrotation forestry – operations, productivity and costs based on experience gained in the UK”, *Forest Ecology and Management*, 121, 123-136.
- [31] Nagel, J. (2000), “Determination of an economic energy supply structure based on biomass using a mixed-integer linear optimization model” *Ecological Engineering*, 16, 91-102.
- [32] Nilsson, D., Hansson, P. A. (2001), “Influence of various machinery combinations, fuel proportions and storage capacities on costs for co-handling of straw and reed canary grass to district heating plants”, *Biomass and Bioenergy*, 20, 247-260.
- [33] Nilsson, D. (1999a), “SHAM—a simulation model for designing straw fuel delivery systems. Part 1: model description”, *Biomass and Bioenergy*, 16, 25-38.
- [34] Nilsson, D. (1999b), “SHAM—a simulation model for designing straw fuel delivery systems. Part 2: model applications”, *Biomass and Bioenergy*, 16, 39-50.
- [35] Ömürbek, N, Üstündağ, S., Helvacıoğlu, C. (2013), “Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi’nde Bir Uygulama”, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 21, 101-116.
- [36] Öztürk, I. (2015), *Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları. İstaç, İstanbul.*
- [37] Panichelli, L., Gnansounou, E.(2008), “GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: A case study in Northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities”, *Biomass and Bioenergy*, 32, 289 – 300
- [38] Parikka, M. (2004), “Global biomass fuel resources”, *Biomass and Bioenergy*, 27, 613-620.
- [39] Ravula, P. P., Grisso, R. D., Cundiff, J. S. (2008), “Cotton logistics as a model for a biomass transportation system”, *Biomass and Bioenergy*, 32, 314-325.
- [40] Rentizelas A. A., Tatsiopoulos, I. P., Tolis, A. (2009a)., “An optimization model for multi-biomass tri-generation energy supply”, *Biomass and Bioenergy*, In Press, Corrected Proof.
- [41] Rentizelas, A. A., Tolis, A. J., Tatsiopoulos, I. P. (2009b), “Logistics issues of biomass: The storage problem and the multibiomass supply chain”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, In Press, Corrected Proof.
- [42] Simchi-Levi, D. (2003), *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, McGraw-Hill, New York, NY.
- [43] Skoulou, V., A. Zabaniotou. (2007), “Investigation of agricultural and animal wastes in Greece and their allocation to potential application for energy production”, *Renewable and Sustainable Energy*.
- [44] Sokhansanj, S., Kumar, A., A. F. Turhollow, (2006), “Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL)”, *Biomass and Bioenergy*, 30, 838-847.
- [45] Sule, D. R. (2001)., *Logistics of Facility Location and Allocation*, Marcel Dekker, New York, US.
- [46] Sürkan, M. (2014) *Mağaza yeri seçimine yönelik bir karar destek modeli ve bir uygulama Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.*
- [47] Tembo, G., Epplin, F. M, Huhnke, R. L. (2003), “Integrative investment appraisal of a lignocellulosic biomass-to-ethanol industry”, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 28, 611-33.

- [48] Valk, M. (2014). Availability and cost of agricultural residues for bioenergy generation, Universitat Utrecht.
- [49] Vering, H. J. (2006), Advanced techniques for generation of energy from biomass and waste, Website ECN.
- [50] Velioglu, G., Curi, K., Baban, A., Alpaslan N.(1985),” Improvement in Biodegradability in Anaerobic Digestion of Dairy Cow Manure Appropriate Waste Management for Developing Countries”, Proc. of the First International Symposium for Developing Countries, Boğazici Üniversitesi, 82. Plenum Press.
- [51] Yamamoto, H., Fujino, J., Yamaji, K..(2001), “Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model”, Biomass and Bioenergy, 21, 185-203.

URL 1, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Elektrik_Enerjisi_Uretim_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf, 08.12.2013

URL 2, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2020-energy-strategy>, 01.08.2014.

URL 3, http://www.bbc.com/turkce/ekonomi/2015/11/151130_cop21_turkiye_cuneyt_kazokoglu, 05.12.2015.

PATLAYICI MADDE DEPO YER SEÇİMİ VE ÇOK ÖLÇÜTLÜ YAKLAŞIM

Alaattin Altuntaş¹, Feyza Altuntaş², Serpil Erol³

¹Gazi Üniversitesi, Tedarik ve Lojistik Yönetimi, Ankara, alaattin1996@gmail.com

²Gazi Üniversitesi, Harekât Araştırması, Ankara, faltuntas_2003@yahoo.com

³Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Ankara, erolserpil@gmail.com

ÖZET

Geleceğin güvenlik kuvvetlerinde; etkin olarak konuşlandırılmış depolardan harekât alanının her yerine süratli ve doğru bir ikmal akışı sağlayacak bir mühimmat sistemine sahip olmak için literatürde sınırlı olan patlayıcı madde deposu yer seçimi ve seçim kriterlerine yönelik bir metodoloji ortaya koyacak bir çalışma yapılmış, bu maksatla AHP ve CBS birlikte kullanılarak lojistik karar vericilere karar aşamalarında yardımcı olunması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda literatürde geçen tüm kriterler incelenmiş ve sınıflandırılarak 6 ana faktör (Askeri, Ekonomik, Kapasite, Lojistik, Sosyal Alan ve Doğal/Çevresel) altında 24 alt kriter (ilk defa analiz edilen arazi değeri ve terör kriterleride dahil) belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlık puanları için; konusunda uzman personele anket uygulanmış, anket ile ana faktörler kendi içinde ikili karşılaştırmalara tabi tutularak çıkan sonuçlar AHP yöntemi uygulanmıştır. Sonraki aşamada, uzmanlar tarafından sayısallaştırılan kriterlere ait veriler ve kaynakları belirlenerek CBS'de analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına AHP sonuçları giydirilerek patlayıcı madde deposuna ait alternatif bölgeler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Depo Yeri Seçimi.

THE EXPLOSIVES STORAGE SITE SELECTION AND MULTI-CRITERIA APPROACH

ABSTRACT

The security forces of the future; actively deployed all over the area, which will provide a fast and accurate supply of ammunition depots operational system in order to have an explosives store site selection criteria and a methodology for outlining the limited selection in the literature, a study made for this purpose, using AHP and GIS to assist in decision making logistics decision makers with targeted. In this direction, as mentioned in the literature were examined and classified all the criteria, and the 6 main factor (military, economic, capacity, Logistics, social space, and Natural/Environmental) 24 under sub-criterion (the terror and the value of the land, including criteria to be analyzed for the first time) have been identified. To Weight the scores of the criteria; an expert staff, a survey, the results of the survey, the main factors subjected to a binary comparison within AHP method was applied. In the next stage, the data were analyzed in GIS digitized and sources of criteria determined by experts. The results of the analysis and put the results belonging to the alternative regions have been identified in AHP explosives store.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Geographic Information Systems, Depot Site Selection

1. GİRİŞ

Savaşlarda başarı üç ana faktöre bağlıdır. Bunlar; insan gücü, ateş kudreti ve hareket kabiliyetidir. Bu faktörlerden insan gücü ile ateş kudreti arasında ters bir orantı mevcuttur. Düşman hedefi yeteri kadar ateş baskısı altında tutulursa dost kuvvetlerin personel kaybı o ölçüde azaldığı görülmüştür. Bu maksatla güvenlik güçlerinin geleceğin savaş ortamlarında var olabilmesi için birliklerini en iyi şekilde destekleyebilecek, etkin, esnek ve süratli görev yapabilen lojistik merkezlerin (Bahse konu lojistik ana fonksiyonlarından birisini de 'mühimmat' oluşturmaktadır.) optimum şekilde konuşlandırılması önem kazanmaktadır. Burada maliyet, görev ve yönetim etkinliği kapsamında birliklerin harekât etkinliğinin artırılması, icranın hızlandırılması temel esastır. Bunun yerine getirilmesinde, birliklerin muhtemel kriz, sınırlı güç kullanımı veya savaş durumunda en etkin şekilde mühimmat desteğinin sağlanması önem arz etmektedir.

Bu doğrultuda gerekli olan mühimmatlar barıştan itibaren harekât planlarına uygun olarak, çeşitli miktarlarda ve değişik bölgelerde stok yapılmalıdır. Bu nedenle, yurt çapında “askeri patlayıcı madde depolarının” sayıları ve yerlerinin belirlenmesi, çözüm bulunması gereken bir problem sahası olarak ortaya çıkmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Tesis Yeri Seçimi Tarihçesi

Yapılan literatür araştırmasında bu bilimin ilkleri olarak Fermat (1601-1655), Torricelli (1608-1647) ve Cavallieri (1598-1647) gibi bilim adamlarının isimleri ön plana çıkmaktadır. Adı geçen bilim adamları “17’nci yüzyılda, birbirlerinden bağımsız şekilde ‘Temel Öklid Problemini’ ortaya koymuşlardır” (Drezner ve Hamacher, 2004). 1640 yılında Fermat tarafından ortaya konan “problemden amaç olarak; düzlemde verilen üç nokta dikkate alındığında bu noktaların mesafeleri toplamı en az olan dördüncü noktayı tespit etmektir” (Smith vd., 2009).

Fakat konuya harekât araştırmacıları cephesinden bakıldığında yer/tesis seçimi teorisi başlangıcı olarak, Weber’in 1909 yılında yayınladığı “Endüstrilerde Yer Seçimi Teorisi” adlı kitap kabul edilmektedir. Bu nedendir ki, “genel kabul gören yaklaşım olarak; bu kitap, bu konunun resmi olarak başlangıç noktası” (Owen ve Daskin, 1998; Farahani ve Hekmatfar, 2009; Terouhid vd., 2012; Farahani vd., 2010; Eiselt ve Sandblom, 2004) olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda yer seçimi teorisi ilk olarak, “tek deponun müşteri ile depo arasında bulunan mesafeyi minimize edecek şekilde yerleştirilmesi problemi ele alınarak Weber tarafından ortaya atılmıştır” (Drezner vd., 2001). Bu problem, öncelikli olarak askeri bir sorunu çözüme kavuşturmak amacıyla doğmuştur.

Yirminci yüzyılın başında, Birinci Dünya Savaşı esnasında askeri stratejistler, daha az sayıda, cepheye daha uzak, daha büyük depolar ile daha çok sayıda, cepheye daha yakın, daha küçük depolar arasında bir tercih yapmaya, hangi stratejinin daha doğru bir yaklaşım olduğunu belirlemeye gayret etmekte idiler. “Yirminci yüzyılın başlarından günümüze kadar çalışılan yer seçimi problemleri, üretim tesisleri konumlandırılmadan, depo, dağıtım merkezi ya da merkezi depo (hub) konumları belirlemeye; hastane, itfaiye, acil servis, polis gibi acil müdahale hizmetleri için en doğru yerin tespitine, atık uzaklaştırmadan, araç rotalamaya kadar çok geniş bir yelpazede pratik uygulama alanları bulmuştur” (Özesanlı, 2011).

2.2. Tesis Yeri Seçiminde Kullanılan yöntemler

Tesis yer seçimi problemlerinde en uygun yerin seçimi için kullanılacak tek bir çözüm yöntemi bulunmamaktadır. Bu maksatla farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir (Ağdaş, 2014; Ballı, 2014; Brans ve Vincke, 1985; Farahani vd., 2010). Bu yöntemler; AHP/Bulanık AHP, ANP/Bulanık ANP, ELECTRE/ELECTRE (I, II, III, IV), TOPSIS/Bulanık TOPSIS, PROMETHEE (I, II), MAUT, VIKOR, SMAA/SMAA-2, DEMATEL/Bulanık DEMATEL, ÇKKV/Bulanık ÇKKV, Bulanık Küme ve CBS şeklinde belirtilmektedir (Brans ve Vincke, 1985; Hugonnard ve Roy, 1982). Çözüme yönelik önerilen metod problemin yapısıyla ve kullanılan girdilerle uyumlu olması, yer seçim kararında en uygun ve doğru kararın elde edilmesinde çok önemli katkı sağlamaktadır (Ballı, 2014).

2.3. Tesis Yeri Seçimi Askeri Uygulama Örnekleri

2.3.1. Türkiye Uygulamaları

Literatürde, patlayıcı madde depo yer seçimi ile ilgili yapılan çalışmaların sınırlı olduğu, daha çok lojistik tesisler üzerinde çalışmalar yapıldığı ve yapılan çalışmalarda da tesis yer seçiminde bazı özellikler arandığı görülmüştür. Bunlar; “seçilecek yerin esas harekâtı desteklemesi”, “desteklenen birliklere merkezi ve uygun mesafede bulunması”, “mümkün mertebe ana yol mihranı üzerinde tesis edilmesi”, “ağır tonajlı nakliyat olacağı için demir yolu güzergâhlarında tesis edilmesi”, “ikmal maddeleri ve faaliyetleri için sert zemin, kapalı yer ve iyi bir dâhili yol şebekesi olması gerektiği”, “taarruzdan, yangından ve sabotajdan koruyucu bir arazi yapısı gerektiği” vurgulanmaktadır.

Yapılan bu çalışmalarda; “muharebe sahasında kullanılan silahların mühimmatının dağılımının planlanmasına yardımcı olmak üzere bir karar desteği sağlamayı hedeflemiş”, “literatür araştırmasında mevcut modellerin bu maksatla kullanılmak için yeterli olmadığı belirlenmiş” ve “herhangi bir harekâta düşmanla direkt temas hâlinde olan birliklerin mühimmat ihtiyaçlarının doğru yer ve zamanda, istenen miktarda karşılanmasına yönelik bir problemin çözümüne çalışılmıştır”. Bu probleme yönelik bir modelin literatürde olduğu, yapılan bu çalışmada belirtilen model temel alınarak, “ilk önce rotalama, daha sonra yerleşim” ve “ilk önce yerleşim, daha sonra rotalama” olacak şekilde iki sezgisel metod geliştirildiği belirtilmiştir (Altuntaş, 2018).

2.3.2. Diğer Ülke Uygulamaları

ABD silahlı kuvvetlerine ait yayınlarda depo yer seçimi ve depo planlamasının belirlenmesinde dikkate alınacak hususlar; “Desteklenen birliklere kolayca ulaşma olanağı vermesi, ana ikmal yolunun hemen yakınında olması, bölgeye girişte ve bölge içerisinde her türlü hava koşullarında araçların hareket edebileceği ve fazla bir bakım gerektirmeyecek

bir yol şebekesi mevcut olması, arazi mümkün olduğu kadar iyi direnaja özelliklerine sahip olması, mühimmat yükünü çekecek derecede sağlam zeminli olması, depolama birimlerini ve kategorilerini ayırmaya yardımcı olabilecek doğal engeller bulunması, bölgenin ilerideki genişleme gereksinimlerini karşılayacak yeterli genişlikte olması” şeklinde ifade edilmiştir (Army Logistician, 2008).

Bu hususlar doğrultusunda ABD’de üslerin yeniden yapılandırılmasına yönelik birçok çalışma yapıldığı, bu kapsamda projelere kısaca BRAC adı verildiği, uygulanan yöntemler ve sonuçlara yönelik makale, bildiri, sunum ve raporlar yayımlandığı görülmüştür. BRAC çalışması, siyasi olarak oldukça hassas olan ortamda Kuvvet Komutanlıklarının altyapı ve işletme giderlerini azaltmak amacıyla kullandıkları bir süreç çalışmasıdır. Bu çalışma kapsamında; ABD, 1988-1995 yılları arasında 4 kez kışlalarını yeniden yapılandırmış ve bu yapılandırma ile %20 küçülme sağlanmıştır. 23 milyar dolara mal olan bu faaliyet, 2001 yılına kadar 14 milyar dolar tasarruf sağlamış, günümüzde maliyeti karşılayarak kâra geçirmiştir. 2005 yılında ise 5’inci yapılandırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma önceki yapılan çalışmaların hepsinden daha geniş kapsamlı olmuş; 18.000 personel tasarrufu ve yıllık 1,5 milyar dolar tasarruf sağlanmıştır. 407 kışla kapatılmış, 130.000 asker yer değiştirmiştir (Gezer, 2001).

2.4. Literatür Araştırmasının Değerlendirmesi

Yapılan literatür araştırmasında; Tesis Yer Seçimi problemlerine yönelik çalışmaların belirli bir olgunluğa ulaştığı ve ayrı bir disiplin haline geldiği; bu kapsamda problemlerin niteliği, çeşidi ve alanına bağlı olarak birçok yöntem, model ve örnek bulunduğu tespit edilmiştir. Bu dar alanda verilecek kararların önemi ve değiştirilmesinden kaynaklanan maliyetlerin katlanılmaz olması nedeniyle araştırmacıların, yeni keşifler yapabilmek ve farklı çözüm alternatifleri üretebilmek için birden fazla yöntemi birlikte kullandıkları görülmektedir.

Öte yandan, çeşitli askeri tesis yer seçimine ve bu tesislerin seçim kriterlerine yönelik bazı çalışmalar yapıldığı; ancak, askeri patlayıcı madde depo yer seçimi ve seçim kriterlerine yönelik problemler kapsamında ise literatürde yeterli sayıda çalışma bulunmadığı görülmüştür. Bu kapsamda bu çalışma ile askeri patlayıcı madde depo yer seçimi ve seçim kriterlerinin belirlenmesi ile literatüre önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca yöneticilerin kararlarına yardımcı olmak üzere, depolama tesisinin yeri coğrafi sistemlerle değerlendirilmelidir. Bu kapsamda elde edilecek verileri daha uygulanabilir bir yapıya kavuşturmak için askeri patlayıcı madde depo yer seçim kriterlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak belirlenen ağırlıkları da Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemlerine giydirek etkin yeri bulmaya yönelik bir metodoloji sunulmasına karar verilmiştir (Altuntaş, 2018).

3. METODOLOJİ

Bu çalışma Türkiye çapında tüm harekât koşullarını karşılayacak şekilde aşağıda belirtilen varsayımları esas alınacak şekilde yapılmıştır (Altuntaş, 2018).

- Analizlerde belirtilen birlik ve depo yerleri gerçeği yansıtmamakta,
- Kriterler arası direkt ilişki olmadığı varsayılmakta,
- Mühimmat dağıtımından kasıt askeri birliklerin harekâta emniyetle devamı olduğu için siviller kapsam dışı tutulmakta,
- Tasarlanan yerler NATO AATP-1 yayınındaki (URL1) sınıflandırmasına göre yüksek infilaklı ve kitle halinde patlayan patlayıcılar olacağı kabul edilmektedir.

Bu çalışmada amaç ideal askeri patlayıcı madde depo yerlerinin (jenerik olarak) belirlenmesini sağlayacak yer seçim sistemini ortaya koymaktır. Bu çalışma sonucu; “Etkin olan depo yerleri seçilmek suretiyle depo sayısının azaltılması”, “Depoların işletme, bakım ve idame masraflarının azaltılması” ile “Personel ve malzeme tasarrufu sağlanması” hedeflenmektedir. Bu çerçevede çalışmada (Altuntaş, 2018);

- Öncelikli olarak problemin konusu ortaya konulmakta,
- Tesis yapılanması ve analiz yöntemlerine ilişkin akademik çalışmalar, yurt içi ve yurt dışı uygulamaların incelenmesi (literatür araştırması) sonucu karar kriterleri belirlenmekte,
- Tespit edilen tüm kriterlerin AHP uygulamasına veri oluşturmak üzere ikili karşılaştırmasını yapmak maksadıyla konusunda uzman personele uygulanmak üzere anket formu hazırlanarak uygulanmakta,
- Tüm kriterlere yönelik kriter hiyerarşisi oluşturularak ve ikili karşılaştırması yapılan kriterlere AHP yöntemi giydirilerek kriterlerin ağırlıkları hesaplanmakta,
- Ağırlıkları bulunmuş kriterler uzmanlar tarafından sayısallaştırılarak CBS analizi için gerekli veriler tespit edilmekte,
- Tespit edilen verilerin nerden ve nasıl temin edileceği belirlenerek ve temin edilmekte,
- Elde edilen verilere hangi analizin yapılacağı uzmanlar tarafından karar verilmekte,
- Veriler CBS analizi yapılacak EsriArc GIS 10.2 programına girilerek analizler yapılmakta,
- CBS’den elde edilen analiz verilerine AHP ile elde edilen ağırlık değerleri giydirilerek ve kıyaslanarak mevcut yerlere alternatif olabilecek yerler belirlenmekte,

- Sonuç olarak belirlenen alternatif yerlerle başlangıç yerleri kıyaslanarak, işletilmeye devam edilmesi düşünülen ve kapatılması düşünülen yerlere karar verilmektedir.

4. PATLAYICI MADDE DEPO YER SEÇİM SİSTEMİ ÇOK ÖLÇÜTLÜ YAKLAŞIMI

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Literatür çalışmalarının incelenmesi sonucunda çalışmamızda kullanılmak üzere konumuza yönelik 6 ana faktör (Askeri Değer Kriterleri, Kapasite Değer Kriterleri, Ekonomik Değer Kriterleri, Doğal ve Çevresel Değer Kriterleri, Lojistik Değer Kriterleri ve Sosyal Değer Kriterleri) altında 24 alt kriter (başlıcaları; sınıra uzaklık, terör, görev yerine yakınlık, alan büyüklüğü, ihtiyaçlara cevap verebilme süresi, yerleşke ve ulaşım maliyetleri, arazi ve zemin yapısı, bölgenin hava, iklim ve çevresel açısından uygunluğu, lojistik tesislere yakınlık, ulaşım imkân ve kabiliyeti, şehrin gelişmişliği, bölgeye sağlayacağı katkı, şş gücü, kamu ve sanayi tesislere yakınlık vb.) belirlenmiş, bu kriterler konusunda uzman personele sınıflandırılmıştır (Altuntaş, 2018).

4.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Uygulaması

Kriterler ağırlıklarının belirlenmesi yönteminde; karara etki eden kriterlerin ve karar alternatiflerinin ikili karşılaştırmasına dayanan ve dünyada kabul görmüş etkili çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan AHP metodu kullanılmıştır. AHP çok kriterli karar verme yöntemlerinden en sık kullanılanıdır. Bu metodun kullanılmasından maksat CBS’de analiz edilecek kriterleri önem sıralamasına göre derecelendirmektir. Bu bağlamda; öncelikle AHP yönteminin ilk 4 adımı uygulanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: AHP uygulama adımları

Bu ağırlıklandırılma faaliyeti hem ana kriterler, hem de alt kriterler için yapılmıştır. Ana kriterlerden Askeri Değer kriterinin ikişerli kıyaslanması örnek olarak Şekil 2’de gösterilmiştir.

	Mutlak Önemli	Çok Önemli	Önemli	Az Önemli	Eşit Önemli	Az Önemli	Önemli	Çok Önemli	Mutlak Önemli	
Askeri Değer Kriterleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kapasite Değer Kriterleri
Askeri Değer Kriterleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ekonomik Değer Kriterleri
Askeri Değer Kriterleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Doğal ve Çevresel Değer Kriterleri
Askeri Değer Kriterleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lojistik Değer Kriterleri
Askeri Değer Kriterleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sosyal Değer Kriterleri

Şekil 2: Ana kriterlerden askeri değer kriterinin ikişerli kıyaslanması örnek gösterimi

Önce uzman personele yapılan anketler matrislerde toplanmış ve bu matrislerin Geometrik Ortalaması (Tablo 1) alınarak başlangıç matrisleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda;

Tablo 1: A karşılaştırma matrisi

Geometrik Ortalama Matrisi – A Karşılaştırma Matrisi							
Faktörler Arası Karşılaştırma Matrisi		A	B	C	D	E	F
	A	1,0000	2,2341	2,8444	1,3277	0,7715	2,4603
	B	0,4476	1,0000	1,7022	1,2962	0,5335	2,9689
	C	0,3516	0,5875	1,0000	1,7331	0,3689	2,1811
	D	0,7532	0,7715	0,5770	1,0000	0,3895	1,4813
	E	1,2962	1,8745	2,7109	2,5673	1,0000	4,8727
	F	0,4065	0,3368	0,4585	0,6751	0,2052	1,0000
Toplam	4,2550	6,8044	9,2930	8,5994	3,2686	14,9643	

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad b_{11}=1/4,2550=0,2350 \quad (1)$$

gibi her bir birim değeri bulunarak C matrisi (Tablo 2) oluşturuldu.

Tablo 2: Normalizasyon - C matrisi

Normalizasyon - C Matrisi							
	A	B	C	D	E	F	Toplam
A	0,2350	0,3283	0,3061	0,1544	0,2360	0,1644	1,4243
B	0,1052	0,1470	0,1832	0,1507	0,1632	0,1984	0,9477
C	0,0826	0,0863	0,1076	0,2015	0,1129	0,1458	0,7367
D	0,1770	0,1134	0,0621	0,1163	0,1192	0,0990	0,6869
E	0,3046	0,2755	0,2917	0,2985	0,3059	0,3256	1,8019
F	0,0955	0,0495	0,0493	0,0785	0,0628	0,0668	0,4025
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	6,0000

C matrisinin aritmetik ortalaması alınarak W sütun vektörü elde edildi.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad W_1=1,4243/6=0,2374 \quad (2)$$

gibi her bir birim değeri bulunarak Öncelik (W sütun) Vektörü (Tablo 3) oluşturuldu.

Tablo 3: Öncelik (W sütun) vektörü

W Vektörü (Ortalama)	Yüzde
0,2374	23,74 %
0,1579	15,79 %
0,1228	12,28 %
0,1145	11,45 %
0,3003	30,03 %
0,0671	6,71 %
1,0000	100,00 %

Ana kriterlerin yüzdelerini bulduktan sonra kriterlerin tutarlılığına bakıldı. Bunun için Tutarlılık Oranı (CR) hesaplarken; faktör sayısı ile λ 'nın (Temel Değer) karşılaştırılması yapıldı. Ancak öncelikle A başlangıç matrisi ile W vektörünün matris çarpılarak D sütun vektörü (Tablo 4) elde edildi.

$$D=W*Başlangıç\ matrisi \quad (3)$$

Tablo 4: D sütun vektörü

	A	B	C	D	E	F		W Vektörü (Ort)		D Sütun Vektörü	
	A	1,0000	2,2341	2,8444	1,3277	0,7715	2,4603		0,2374	1,4882	
	B	0,4476	1,0000	1,7022	1,2962	0,5335	2,9689		0,1579	0,9810	
D=	C	0,3516	0,5875	1,0000	1,7331	0,3689	2,1811	*	0,1228	=	0,7545
	D	0,7532	0,7715	0,5770	1,0000	0,3895	1,4813		0,1145	0,7023	
	E	1,2962	1,8745	2,7109	2,5673	1,0000	4,8727		0,3003	1,8577	
	F	0,4065	0,3368	0,4585	0,6751	0,2052	1,0000		0,0671	0,4120	
									1,0000		

Müteakiben D vektörü ile W vektörünün bölümünden (karşılıklı elemanlarının) değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer vektörü (E) elde edildi.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad E_1=1,4882/0,2374=6,2695 \quad (4)$$

gibi her bir birim değeri bulunarak E sütun vektörü (Tablo 5) oluşturuldu.

Tablo 5: E sütun vektörü

E=	D Sütun Vektörü	W Vektörü	=	E Sütun Vektörü
	1,4882	0,2374		6,2695
	0,9810	0,1579		6,2108
	0,7545	0,1228		6,1451
	0,7023	0,1145		6,1345
	1,8577	0,3003		6,1858
	0,4120	0,0671		6,1417
		Toplam		37,0873

Temel değer vektörü aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin öz değer olan λ_{\max} 'ı verir.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad \lambda_{\max}=37,0873/6= 6,1812 \quad (5)$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad CI=(6,1812-6)/(6-1)=0,0362 \quad (6)$$

Tablo 6'ya göre n=6 için RI=1,24 olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda;

Tablo 6: R.I. Satır vektörü (standart düzeltme değeri).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

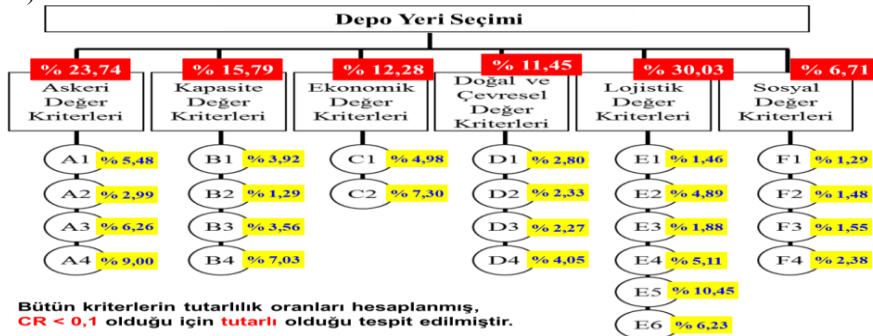
$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)}=CI/RI \quad (7)$$

CR=0,0362/1,24= **0,0292** bulunur. Sonuç olarak CR < 0,1 olduğu için Ana Kriterlerin tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda analiz sonuçları ortalama ağırlık puanlarına göre öncelik sırası Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7: Ana kriterlerin ağırlıklara göre sıralanması

Öncelik Nu.	Ana Kriter	Ağırlık Yüzdesi
1	E-Lojistik Değer Kriterleri	30,03 %
2	A-Askeri Değer Kriterleri	23,74 %
3	B-Kapasite Değer Kriterleri	15,79 %
4	C-Ekonomik Değer Kriterleri	12,28 %
5	D-Doğal ve Çevresel Değer Kriterleri	11,45 %
6	F-Sosyal Değer Kriterleri	6,71 %
	Toplam	100,00 %

Diğer alt kriterler için de benzer işlemler yapılmış ve elde edilen analiz sonuçları ile bu sonuçların amaca ne kadar etki yaptığını anlamak için, her ana kriter değeri ile alt kriterin değeri çarpılarak amaca etki değeri (Global Ağırlık) bulunmuştur (Şekil 3).



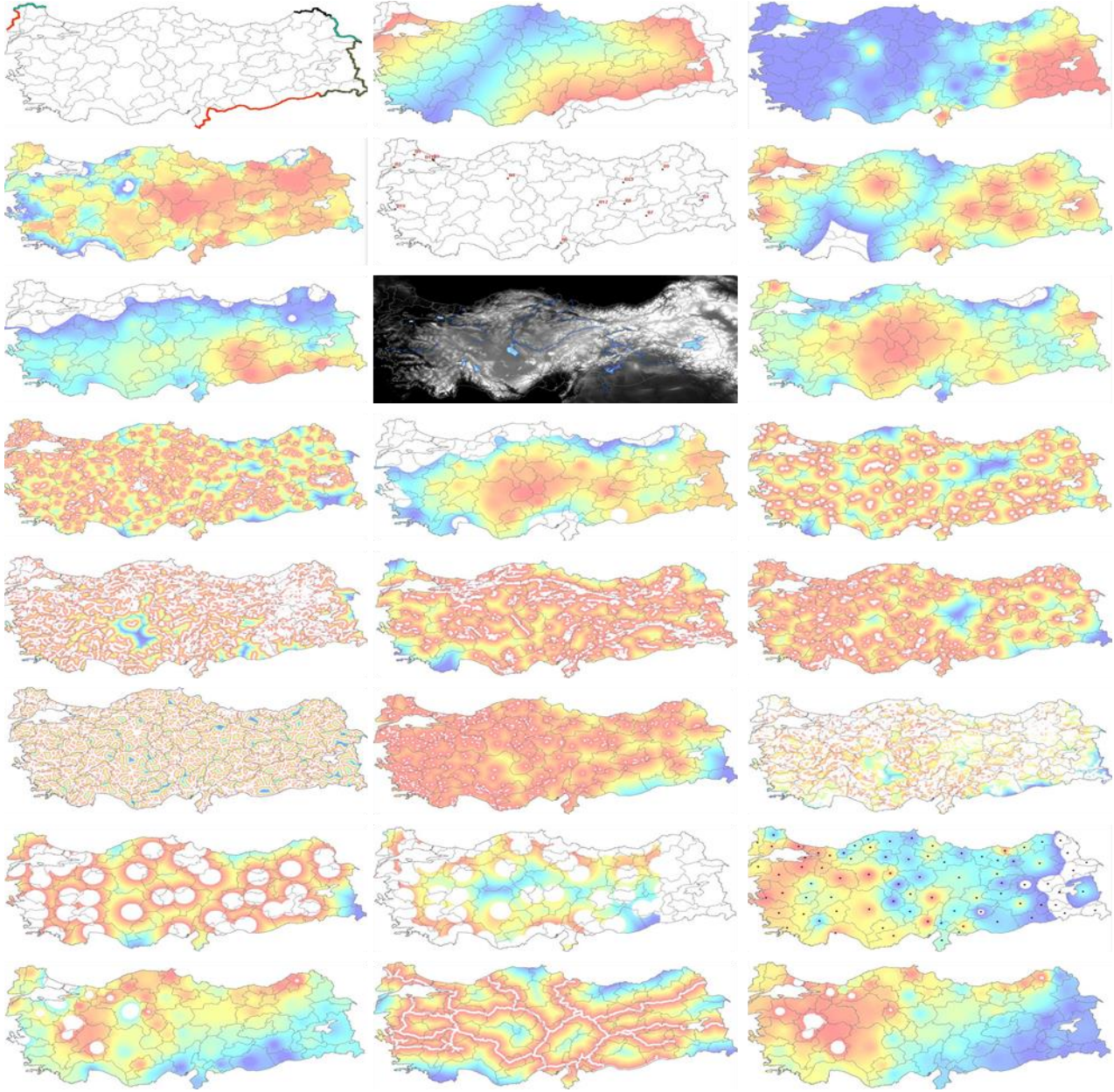
Şekil 3: Ana ve alt kriterlere ait ağırlık değerleri

4.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Uygulaması

Literatürde yapılan inceleme sonucunda, CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerinin çoğunlukla Afet ve risk yönetiminde bölgelerin haritalandırılması aşamasında kullanıldığı tespit edilmiştir (Çetinkaya, 2016). Bu çalışmada tamamen farklı olarak, mühimmat depolarının uygun yer seçimi üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, sadece alanların haritalandırılması değil, aynı zamanda önceden belirlenmiş ve ağırlıklandırılmış kriterlerin hesaba katılmasıyla birlikte mühimmat depolarına yönelik en uygun yer seçimi konusunda bir öneri sunmaktır.

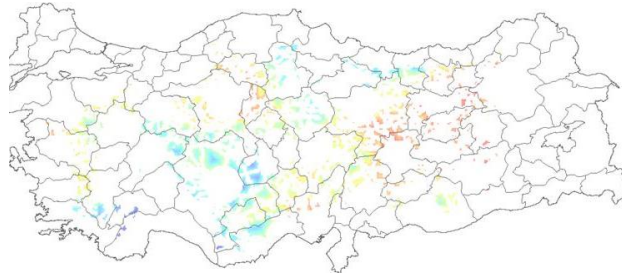
Bu bölümde ilk adım olarak hali hazırda kurulu olan ve/veya işleyen lokasyonlar CBS sistemine işlenmiştir. İkinci adımda CBS kullanılarak her bir kritere bağlı alternatif lokasyonlar belirlenmesi için Türkiye geneline yönelik veri üreten başta Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Harita Genel Komutanlığı, TÜİK, Karayolları Genel Müdürlüğü, AFAD, Kızılay vb. kamu kurum ve kuruluşların internet siteleri ile kurumlarıyla yapılan yazışmalar sonucu elde edilen veriler ESRI ArcGIS 10.2 yazılımı marifetiyle analize tabi tutularak alternatif lokasyonlar belirlenmiştir. Bu kapsamda; ESRI ArcGIS 10.2. yazılım yardımıyla Oklid mesafe analizi, yoğunluk (IDW) analizi, eğim analizi ve ağırlıklandırılmış bindirme gibi coğrafi analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Müteakiben elde edilen her bir kriterin coğrafi verileri, ölçüm bütünlüğünü oluşturmak maksadıyla, “0” ile “1” arasında normalize edilmiştir. Üçüncü aşamada AHP den elde edilen ağırlık değerleri ve CBS’den elde edilerek normalize edilmiş coğrafi dataların çarpılmasıyla alternatif depo yerleri belirlenmiş ve uzman görüşlerine göre alternatifler arasından nihai sıralama olarak uygun yerler seçilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4: Ana ve alt kriterlere ait CBS analiz sonuçları

Tüm kriterlere ait CBS çıktıları (katmanlar) ayrı ayrı normalize edilmiş, müteakiben katmanlar raster calculator analizi ile AHP metoduyla elde edilen ortalama ağırlık değerleriyle çarpılarak birleştirilmiş ve mühimmat depoları için alternatif yerler (Şekil 5) belirlenmiştir.



Şekil 5: Birleştirilen katmanlar sonucu belirlenen alternatif yerler

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Literatürün incelenmesi sonucunda, “patlayıcı madde depo yer seçimi” ile ilgili yapılan çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmüş, bu nedenle yapılan çalışma ile muharebe sahasında kullanılacak silahlara ait mühimmata yönelik depo yerlerinin dağılımının planlanmasına yardımcı olmak üzere karar vericiye destek sağlanmıştır.

Bu çalışmada amaç ideal depo yerlerinin belirlenmesini sağlayacak depo yeri seçim sistemini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda literatürde geçen tüm kriterler Askeri, Ekonomik, Kapasite, Doğal ve Çevresel, Lojistik ve Sosyal alan şeklinde altı başlık altında toplanmıştır. Müteakiben uzmanlara yapılan anket uygulaması ile kriterlerin ikili karşılaştırmalarını yapılmış ve AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır.

Kriterlere ait kamu kurum ve kuruluşlardan elde edilen güncel veriler Coğrafi Bilgi Sistemine girilerek çeşitli analizler yapılmış, çıkan katmanlar AHP’den elde edilen ağırlık puanlarıyla CBS’de birleştirilerek alternatif bölgeler tespit edilmiş ve sonrasında mevcut yerler de dikkate alınarak bu yerler içerisinde en etkin ve optimum olanlar belirlenmiştir (Bu belirlenme sonucu ilgili birimler tarafından yıllık yaklaşık olarak 50 milyon lira tasarruf sağlanması öngörülmektedir.).

Bu kapsamda yapılan çalışma literatüre birçok alanda katkı sağlamaktadır. Bunlar;

- Üç adımlı CBS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı önermekte (Kriterlerin önceliklendirilmesinde AHP yöntemi, coğrafi verinin elde edilmesinde CBS ve belirlenen yerlerin önceliklendirilmesinde ise uzman görüşü kullanılmaktadır.),
- Askeri, Ekonomik, Kapasite, Doğal ve Çevresel, Lojistik ve Sosyal alanlarda belirlenen 24 kritere ait veriler değerlendirilerek uygun depo yerlerinin belirlenmesine yönelik kullanılacak bir yaklaşım sunmakta,
- Bu bilimsel katkılara ilaveten siyasi/askeri karar vericilere ve/veya lojistik birim yöneticilerine analitik bir karar verme aracı sunmaktadır.

5.2. Öneriler

Patlayıcı madde depo yerinin tespiti; Askeri, Lojistik, Doğal ve Çevresel, Sosyal, Ekonomik ve Kapasite konularına dayanan kararları içeren oldukça karmaşık bir görevdir. Bu çalışmada önerilen metodoloji, depo alanı yerinin tespiti için uygun alanları bulmak maksatlı AHP ve CBS tabanlı bir yaklaşımdır. Uygunluk indeksleri, bir CBS ile kombine edilmiş çok kriterli bir karar verme analizi ile oluşturulmuştur. Dolayısıyla bu metodoloji, bir bölgenin depo alanı için bu kriterlerin tüm yönlerini analiz etmek için benimsenebilir ve bu nedenle; siyasi/askeri karar vericilere ve/veya lojistik birim yöneticilerinin bu tarz bir uygulama ile daha etkin ve optimum karar verebilmelerine katkıda bulunabilir.

Bu önerilen metodoloji sadece patlayıcı madde depo yer seçimi için değil, her türlü lojistik depo/üs, ikmal merkezi, bakım merkezi, fabrika, afet ve acil durum merkezi gibi askeri veya sivil maksatlı kullanılan dağıtım merkezlerinin yer seçimi ile bölgesel teşkilatlanma, dağıtım ağının tespiti vb. stratejik planlamalarda uygulanabilecek esneklikte olduğu değerlendirilmektedir.

Depo yer seçimi problemlerinde dikkate alınan kriterlerle her zaman mutlak değerlendirmeler yapılamayabilir. Belirsizlikler veya kriterlerin nitel olarak ifade edildiği durumlarda, problemin çözümünde sezgisel/meta sezgisel yöntemlerin de kullanılabilirliği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada sunulan metodolojide kullanılan CBS yardımcı yerleşim yöntemi, kriterler (her ikisi de kısıtlama ve tercihe dayalı) belirleme açısından esneklik. Bu metodoloji daha fazla ölçüt içerecek şekilde genişletilebilir ve böylece belirsizlik azaltılabilir. Belirsizliklerin azaltılması muhtemel hataları minimuma indireyecek ve karar vericilere sunulan alternatif çözümleri ve hassasiyeti artıracaktır.

Ayrıca uzman görüşleri ile sınıflandırılan yer seçim kriterleri ile yapılacak bu tür çalışmalarda CBS yerine AHP ve 0-1 HP modeli, Bulanık AHP ve 0-1 HP modeli, 0-1 HP ve TOPSIS ile AHP ve VIKOR yöntemleri de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ağdaş, M. (2014). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Tesis Yer Seçimi: Kamu Sektöründe Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [2] Altuntaş, A. (2018), “Dağıtık Yerleşkeli Patlayıcı Madde Depo Yer Seçimi ve Uygulaması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi, Doktora Tezi, Ankara.

E-TİCARET GİYİM SEKTÖRÜ İÇİN DEPOLAMA RAF SİSTEMLERİ SEÇİMİNDE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ UYGULAMASI

Şebnem İndap

Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, sindap@gmail.com

ÖZET

Rekabetin fiyat, kalite ve zaman açısından arttığı günümüz ortamında, depolar, Tedarik Zinciri Yönetiminde verimliliği sağlamak ve talep edilen en yüksek müşteri hizmet düzeyini en düşük maliyet ile karşılamakta kritik rol oynamaktadır.

Müşteri hizmetleri ve lojistik maliyetleri, depo tasarımının doğru yapılması, depolama sistemlerinin doğru seçimi ve kullanımı ile geliştirilebilir. Günümüzde rafsız, raflı veya içine insan girmeyen otomatik depo sistemleri kullanılarak; zeminde depolama, statik veya dinamik depolama yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, teknolojiye paralel gelişen e-ticaret giyim sektörü için depolama raf sistemlerini maliyet, hacim-yükseklik verimi, sipariş toplama ve stok çevrim hızı gibi kriterler açısından karşılaştırılarak, uygun depolama raf sisteminin seçilmesi amaçlanmıştır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak yapılan çalışma sonucu, Sırt-Sırta Raf Sistemi, e-ticaret giyim sektörü için en uygun depolama raf sistemi olarak değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi ile sonucun güvenilirliği teyit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AHP yöntemi, Çok kriterli karar verme, Depo tasarımı, Depolama raf sistemi seçimi

APPLICATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN THE SELECTION OF STORAGE SHELF SYSTEMS FOR E-COMMERCE CLOTHING INDUSTRY

ABSTRACT

In today's environment where competition is increasing in terms of price, quality and time, the warehouses provide efficiency in Supply Chain Management and play a critical role in meeting the highest customer service level at the lowest cost.

Customer service and logistics costs can be improved by optimum warehouse design and proper selection and use of storage systems. Today, static or dynamic storage methods can be applied by storage on the ground, by using shelf systems or automatic storage systems in which people do not enter.

In this study, it was aimed to select the appropriate storage rack system for e-commerce clothing industry developing parallel to the technology, by comparing storage rack systems in terms of criteria such as cost, volume and height utilization, order collection and stock cycle speed.

As a result of the study using AHP multi-criteria decision making method, Back-Back Rack System was evaluated as the most suitable storage rack system for e-commerce clothing sector. The reliability of the result was confirmed with sensitivity analysis.

Keywords: AHP method, Multi criteria decision making, Warehouse design, Storage rack system selection

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve dijital dönüşüm ile daha şeffaf hale gelen tedarik zinciri, müşterilere farklı değer önerileri sunulmasına olanak sağlamaktadır. Firmalar müşterilerine ister fiziksel bir mağazadan ister internet üzerinden ürün satın alma imkanı veren omnichannel (çok kanal) stratejisi uygulayabilmektedir. Ürünler tedarik zinciri boyunca takip edilebilmektedir. Artırılmış gerçeklikten (Augmented Reality) yararlanan sistemler, örneğin artırılmış gerçeklik gözlükleri depoda ürün seçimi ve hatasız toplamaya olanak sağlayabilmektedir. Henüz başlangıç aşamasında olsa da, bu sistemler gelecekte şirketlerin karar verme, teslimat sürelerini kısaltma ve operasyon süreçlerini iyileştirme ve gerçek zamanlı bilgi ulaşma amacıyla daha fazla kullanılacaktır. (Gökbulut vd., 2016)

Akıllı depo ve lojistik çözümler, depo tasarımının iyileştirilmesi ile teslimat sürelerinin azaltılması firmaların rekabet gücünü arttıracaktır. Tedarik zinciri yönetimi, kurumların pazar başarısı ve sürdürülebilir rekabet açısından büyük önem taşımaktadır. Depolama sistemleri de tedarik zinciri yönetiminin kritik bir bileşendir. Depolama sistemlerinin temelinde; müşteri odaklı çalışarak müşteri istek ve beklentilerine hızlı ve istenilen düzeyde cevap verebilme amacı yer almaktadır. Bu amaç doğrultusunda depolama tesislerinin tedarik zincirinin başarısında önemli bir rol aldığı da söylenebilir. (Özçakar vd., 2012)

Ürün özelliklerine ve süreçlere uygun depolama sistemi seçerken hacimden yararlanabilme, yüksekliği verimli şekilde kullanabilme, sipariş toplama kolaylığı, ürünün güvenilirliğinin sağlanması, iş güvenliğinin sağlanması, stok kontrolü gibi konularda farklı depolama sistemlerinin sunduğu avantaj ve dezavantajlar değerlendirilmelidir. Bu çalışmada, Türkiye’de gelişimini sürdüren e-ticaret sektörünün müşterilere zamanında ve doğru teslimatı destekleyecek depo raf sisteminin seçilmesi için bir model oluşturulmuştur.

E-ticaret, internet ve akıllı telefon kullanımının yaygınlaşması sonucu mobil ticaretin artışı ile dünyada olduğu gibi Türkiye’de de büyümesini devam ettirmektedir. Uluslararası e-ticaretinin önündeki engellerin azaltılması yanında alışverişin tek kanaldan omnichannel'a (çok kanal) yönelmesi, chatbotlar (sanal müşteri temsilcileri), müşteriye özelleştirilmiş teklifler, drone ile teslimat gibi teknolojik trendlerin de e-ticaret'teki büyümeyi desteklemesi beklenmektedir. 2013-2016 yılları arasında Türkiye’de perakende e-ticaret hacmi ortalama %34 büyümüş, e-ticaretin toplam perakendeden aldığı pay 2016 yılında %3,5 seviyesine ulaşmıştır. Dünya ortalaması %8,5 ile kıyaslandığında Türkiye için hala büyüme imkanı vardır. 46 milyon internet kullanıcısı, %58 internet penetrasyonu ve 2016 yılında %65'e ulaşan akıllı telefon penetrasyonu ile Türkiye, %60 olan dünya ortalamasının üzerindedir. Buna rağmen dünya ortalaması %44 iken, Türkiye’de e-ticaret içerisindeki mobilin payı henüz %19 seviyesindedir ve dünya ortalamasının üzerinde akıllı telefon penetrasyonuna sahip olan ülkemizde ciddi bir potansiyel bulunmaktadır. (Kantar vd., 2017)

Dünya’da e-ticareti öne çıkaran faktör kolaylık iken, Türk tüketicileri için e-ticaretin en önemli avantajı maliyettir. Türkiye’de internet kullanan her 3 müşteriden yalnızca 1'i online alışveriş yapmaktadır. Online alışveriş yapan 4 müşteriden 1'i de alışveriş işleminde sorun yaşadığını belirtmektedir. Yaşanılan sorunların başında zamanında teslimat ve iade gibi satış sonrası süreçlerine ilişkin konular gelmektedir. E-ticaret sektörünün gelişimi için internet, lojistik ve ödeme altyapılarının gelişmiş olması çok önemlidir. Müşterilerin değişken talepleri, çok sayıda farklı noktaya çok kısa sürede teslimat gibi gereksinimleri nedeniyle e-ticaret klasik perakendeden farklı lojistik yetkinlikler gerektirmektedir. Talep planlama, stoklama, tedarik, dağıtım, ürün takip süreçleri önem teşkil etmektedir. Teslimat, tüketicilerin son derece önem verdiği ve satın alma kararlarını etkileyen bir süreçtir. Ücretsiz teslimat, aynı gün teslimat, tüketicilerin kargolarının durumlarını eş zamanlı takip edebilmeleri gibi önemli trendler yönünde hizmetler geliştirilirken, müşterilere ürünlerinin eksiksiz ve hasarsız ulaştırılması da gerekmektedir. (Kantar vd., 2017)

Buna karşın, TÜİK araştırmasına katılan ve internet üzerinden 2015 yılı Mart ayına kadar olan 12 aylık dönemde sipariş veren bireylerin %23,2'si sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. %47'si geç teslimat, %45,4'ü ise yanlış veya hasarlı ürün tesliminden şikayetçi olmuştur. (URL1) Bu noktada kargo firmalarının da süreçlerini iyileştirmesi ve e-ticaret firmaları ile entegrasyon seviyelerini arttırmaları gerekmektedir.

TÜİK araştırmasına göre internet üzerinden alışveriş yapan bireylerin 2016 Nisan ile 2017 Mart aylarını kapsayan 12 aylık dönemde %62,3'ü giyim ve spor malzemesi, %25,3'ü ev eşyası, %24,1'i seyahat bileti, araç kiralama vb., %21,9'u gıda maddeleri ile günlük gereksinimler ve %19'u elektronik araçlar satın almıştır. (URL2)

Çalışma kapsamına da, e-ticaret sektöründe %62,3 ile en yüksek payı alan giyim malzemesi satışı yapan firmalar alınmıştır.

Çalışmanın 2. Bölümde Literatür Araştırması özetlenmiş, 3. Bölümde Depolama Sistemlerinin karşılaştırması yapılarak, e-ticaret sektörüne uygun olan ve AHP analizine dahil edilecekler belirlenmiştir. 4. Bölümde AHP yöntemi ve e-ticaret giyim sektörü için uygulamasına yer verilmiş, 5. Bölümde de elde edilen sonuçlar özetlenerek öneriler belirtilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması, “AHP yöntemi”, “Çok kriterli karar verme”, “Depo tasarımı” ve “Depolama raf sistemi seçimi” anahtar kelimeleriyle yapılmıştır. Tablo 1’de incelenen araştırmalar metod ve konularına göre sınıflandırılmıştır.

“Depo tasarımı” ve “AHP yöntemi” ile ilgili makale ve tezler de incelenmiştir. İnceleme sonucu AHP, VİKOR vb. çok kriterli karar verme yöntemlerinin Depo tasarımı başlığında; “Depo yeri seçimi-Aktepe ve Ersöz (2014)”, “Tedarikçi seçimi-Günay ve Özyörük (2016)” konularında yoğunlaştığı görülmüştür. “Depo Operatörü seçimi-Korpela vd. (2007)”, “Ekipman seçimi-Dağdeviren (2008)” ve “Ambalaj seçimi-Tümenbatur (2016)” ile ilgili çalışmalar da bulunmuştur. “Depolama raf sistemleri”ne ilişkin çalışmalar araştırıldığında ise, daha çok “Sipariş toplama-Cho ve Hwang (2006)” ve “Raf alanı tahsisi-Geismar vd. (2015)” konularında Tablo 1’de listelenen ve stok optimizasyonuna yönelik çalışmalara rastlanmıştır.

Depolama Sistemleri optimizasyonuna ilişkin Matson ve White (1981) tarafından yapılan çalışmada blok istifleme, tek, ikili ve daha çok derinlikli palet rafı depolama sistemi alternatiflerinin tasarımı ve değerlendirilmesi için alan kullanımı ve taşıma süresi kriterlerine dayalı optimizasyon metodlarına odaklanılmıştır.

Araştırma sonucu “Depolama raf sistemi seçimi”ne ilişkin AHP yönteminin uygulandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tablo 1: Araştırmaların Sınıflandırılması

Araştırma	Metod	Konu
1. Matson ve White, 1981	Doğrusal Olmayan Tamsayılı Programlama Modeli, Kind Yaklaşım Metodu	Depolama Sistemleri Optimizasyonu
2. Karakış, 2014	AHP, Hiyerarşik Depo Tasarımı	Depo Tasarımı, Konvansiyonel-Otomatik Depo Kararı
3. Dağdeviren, 2008	AHP, PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations)	Ekipman Seçimi
4. Büyüközkan ve Uztürk, 2016	QFD (Kalite Fonksiyon Yayılımı)	Depo Tasarımı
5. Chillara ve Rosinska, 2017	Systematic Layout Planning (SLP), Systematic Handling Analysis (SHA)	Depo Tasarımı
6. Hsieh ve Tsai, 2006	Simulasyon	Depo Tasarımı
7. Kuo ve Yang, 2003	AHP	Tesis Tasarımı
8. Baray ve Çakmak, 2014	Parçacık Sürü Optimizasyon	Depo Yerleşim Düzenlemesi
9. Cho ve Hwang, 2006	Simulasyon	Sipariş Toplama, Depo Tasarımı
10. Baki ve Ofluoğlu, 2016	Simulasyon, Rotalama	Sipariş Toplama
11. Tunç vd., 2008	Steiner Gezgin Satıcı Problemi, Dinamik Programlama	Sipariş Toplama
12. Geismar vd., 2015	MIP (Mixed Integer Programming), MWIS (Maximum Weight Independent Set Problem)	Raf Alanı Tahsisi
13. Hübner ve Schaal, 2017	MIP	Raf Alanı Tahsisi
14. Tsaia ve Huang, 2015	UMSP _L (High-Utility Mobile Sequential Pattern by a Level-wised Method), Hungarian Metodu	Raf Alanı Tahsisi
15. Özcan, 2010	Doğrusal Olmayan Tamsayılı Programlama Modeli	Raf Alanı Tahsisi, Ürün Seçimi
16. Korpela vd., 2007	AHP, DEA (Veri Zarflama Analizi)	Depo Operatörü Seçimi
17. Aktepe ve Ersöz, 2014	AHP, VİKOR (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm), MOORA (Oran Analizi ve Referans Noktası Yaklaşımı)	Depo Yeri Seçimi
18. Coşkun vd., 2005	AHP	Dağıtım Merkezi Yer Seçimi
19. Erol ve Yıldırım, 2016	Anket, Regresyon Analizi	Tedarik Merkezi, Tesis Yer Seçimi
20. Göksu vd., 2016	AHP	Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi
21. Eren ve Gür, 2017	AHP, TOPSIS (İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği)	Online Alışveriş Siteleri İçin 3PL Firma Seçimi
22. Büyüközkan ve Göçer, 2016	AHP, VİKOR	Lojistik Firma Seçimi
23. Cebeci vd., 2003	AHP	Tedarikçi Seçimi
24. Günay ve Özyörük, 2016	AHP, VİKOR	Tedarikçi Seçimi
25. Falsini vd., 2012	AHP, DEA	Tedarikçi Değerlendirme ve Seçimi
26. Tümenbatur, 2016	AHP	Ambalaj Seçimi

3. DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Depo tasarımı sürecinde ürün özelliklerine ve süreçlere uygun depolama sistemi seçerken hacimden yararlanabilme, yüksekliği verimli şekilde kullanabilme, sipariş toplama kolaylığı, ürünün güvenilirliğinin sağlanması, stok kontrolü gibi konularda depolama sistemlerinin sunduğu üstünlükler ve olumsuzluklar değerlendirilmelidir. (Karakış, 2014)

Bu bölümde depolama sistemlerinin özellikleri incelenecek ve bu özellikler nedeniyle e-ticaret giyim sektörüne uygun olmadığı değerlendirilenler AHP analizine geçilmeden önce elenecektir. Ön değerlendirme yapılırken, genel avantajların yanında e-ticaret giyim sektörü depo yönetimi için önemli olan, yükseklik-hacim verimi, ürün çeşitliliği, sirkülasyon hızı ve FIFO (First In First Out - İlk Giren İlk Çıkar) yöntemine uygunluk vb. kriterler baz alınacaktır. Ön değerlendirme sonrası uygun görülen sistemler için AHP analizi yapılacaktır.

Depolama sistemleri rafsız, raflı ve otomatik depolama sistemleri şeklinde sınıflandırılabilir. Depoların alan ve yüksekliğinden en uygun şekilde faydalanmak için raflar kullanılır. (Tanyaş ve Düzgün, 2014) Kısa ve orta genişlikte, teraslı, çok katlı, yüksek irtifalı ve hareketli raf çeşitleri bulunmaktadır. (Tanyaş, 2017)

Tablo 2’de sırası ile rafsız, raflı ve otomatik depolama sistemlerinin, e-ticaret giyim sektörü için uygun ve uygun olmayan özellikleri ayrıştırılmış ve buna göre AHP analizine dahil edilecek ve edilmeyecek raf sistemleri belirlenmiştir.

Tablo 2: Depolama Sistemlerinin E-Ticaret Sektörü Kullanımı İçin Ön Değerlendirmesi

Sistem	E-Ticaret Giyim Sektörü İçin Uygun Özellikler	E-Ticaret Giyim Sektörü İçin Uygun Olmayan Özellikler	Ön Değerlendirme
RAFSIZ DEPOLAMA SİSTEMLERİ			
Blok Depolama	<ul style="list-style-type: none">Depo donanımı için büyük bir yatırımın gerekmemesi	<ul style="list-style-type: none">Yükseklik ve hacim kullanımı düşük	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
RAFLI DEPOLAMA SİSTEMLERİ			
Sırt Sırt Raf Sistemi (Back To Back)	<ul style="list-style-type: none">EkonomikDikey hacim kullanımı verimliPalet istiflenmesine uygunTüm ürün çeşitlerine doğrudan ulaşabilmeFIFO ilkesinin uygulanabilmesiManuel veya otomatik istif makinalarıyla kullanım olanağı	<ul style="list-style-type: none">Raflı alan, toplam alanın %35-40 civarında	AHP Analizine dahil edilecektir
İkili Derinlikli Raf Sistem (Double Deep)	<ul style="list-style-type: none">Sırt-sırt raf sistemi ile benzer özelliklerDepo kullanım alanı %50'lere yükselebilmekte	<ul style="list-style-type: none">Raf gözü bazında LIFO (Last In First Out-Son Giren İlk Çıkar) uygulanmasıEk yatırım olarak istif makinalarına ek uzatma çatalı gereksinimiBir SKU (Stock Keeping Unit – Stok Tutma Birimi) için depolama gereksinimi 5 palet veya daha fazla ise ve mal kabul ve toplama sırasında paletler ikişerli olarak hareket görüyorsa kullanılmakta	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
Dar Koridor Raf Sistemi (Narrow Aisle)	<ul style="list-style-type: none">Çok çeşitli ürün stoğu ve yüksek hızda mal sirkülasyonu olan firmalara uygunAşırı ve yetersiz depolama riskinin minimize edilmesi	<ul style="list-style-type: none">Mal depolama ve boşaltma işlemleri için daha maliyetli olan dar koridor istif makinalarının kullanım gereksinimi	AHP Analizine dahil edilecektir
Tek Paletli Raf Sistemi	<ul style="list-style-type: none">Sırt-sırt raf sistemi ile benzer özelliklerİki ayak arasında bir palet istiflenebilir	<ul style="list-style-type: none">Yüksek irtifada ağır içerikli ürünlerin depolanması için kullanılan sistemGenellikle sandık veya kafes tip paletlerde istiflenen ürünlerin depolanması için uygun	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
İçine Girilebilir Raf Sistemi (Drive In)	<ul style="list-style-type: none">Depo kullanım alanı %50-60'lara yükselebilmekte	<ul style="list-style-type: none">Tek yönlü giriş bulunduğundan, LIFO yöntemine uygun istiflemeYavaş veya orta hızla hareket gören sezonluk ürün depolama için uygunİş Güvenliği açısından riskli	AHP Analizine dahil edilmeyecektir

Tablo 2 devamı diğer sayfada.

Sistem	E-Ticaret Giyim Sektörü İçin Uygun Özellikler	E-Ticaret Giyim Sektörü İçin Uygun Olmayan Özellikler	Ön Değerlendirme
İçinden Geçilebilir Raf Sistemi (Drive Through)	<ul style="list-style-type: none"> İki yönlü girişe sahip olması ve FIFO ilkesinin uygulanabilmesi Hızlı ürün sirkülasyonuna gereksinim duyan firmalar için uygun 	<ul style="list-style-type: none"> İş Güvenliği açısından riskli 	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
Mekik Raf Sistemi (Drive in Satellite)	<ul style="list-style-type: none"> Yarı otomatik depo raf sistemi Depo kullanım alanı %85'lere yükselebilmekte 	<ul style="list-style-type: none"> Her yükleme katında FILO (First In Last Out-İlk Giren Son Çıkar) ve/veya aynı yükleme katında her iki tarafı da açıksa FIFO uygulanabilmesi İnsansız ortamlarda ve soğuk ürünlerin depolanmasına uygun 	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
Kayar Raf Sistemi (Flow Rack)	<ul style="list-style-type: none"> Her boyuttaki koli için FIFO ilkesi gerçekleştirilebilmekte Depo kullanım alanı %50-60'lara yükselebilmekte 	<ul style="list-style-type: none"> Her büyüklükteki ürün için sıralı koli alma, sipariş toplama ve küçük parçaların depolanması için uygun Küçük marketler için uygun 	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
Arkadan İtmeli Sistem (Push Back)	<ul style="list-style-type: none"> Her boyuttaki koli için FIFO ilkesi gerçekleştirilebilmekte Depo kullanım alanı %50-60'lara yükselebilmekte 	<ul style="list-style-type: none"> Büyük hacimli ve ağır malların kullanımı için uygun 4-6 sıra palet ardışık şekilde yerleştirilebilir 	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
Sipariş Hazırlama Raf Sistemi	<ul style="list-style-type: none"> İlk maliyeti düşük Kurulum ve yeniden düzenlemesi kolay Paletsiz olarak stoklanan, kutulu veya kutusuz ürünler için uygun 	<ul style="list-style-type: none"> Zeminde fazla alan kullanımı, sipariş hazırlama alanında kullanıma uygun Diğer sistemlere oranla daha fazla işgücü gerektirmesi Ürün güvenliği düşük 	AHP Analizine dahil edilmeyecektir
OTOMATİK DEPOLAMA SİSTEMLERİ			
Otomatik Depo (AS/RS)	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek işlem, hızlı ve hatasız ürün yerleştirme ve toplama kapasitesi Düşük işçilik maliyeti Çok çeşitli ürün stoğu ve yüksek hızda sirkülasyona sahip firmalar için uygun Aşırı ve yetersiz depolama riskinin minimize edilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek kurulum ve bakım-onarım maliyeti 	AHP Analizine dahil edilecektir

Kullanım alanları, özellik, avantaj ve dezavantajları değerlendirildiğinde; e-ticaret giyim sektörü için uygun olmadığından rafsız depolama sistemleri AHP analizine dahil edilmeyecektir. Sırt Sırt (Back to Back) ve Dar Koridor (Narrow Aisle) raflı depolama sistemlerinin AHP analizine dahil edilmesine karar verilmiştir. Yüksek kurulum ve bakım-onarım maliyetlerine rağmen, e-ticaret firmalarının çok çeşitli mal stoğuna ve yüksek hızda mal sirkülasyonuna sahip olması nedeniyle, otomatik depolama sisteminin de değerlendirmeye alınmasına karar verilmiştir.

Tablo 3'de depolama sistemlerine ilişkin karşılaştırma tablosu yer almaktadır. (Tanyaş, 2017) Tablo 2'deki ön değerlendirme sonucu AHP analizine dahil edilmesine karar verilen Sırt Sırt, Dar Koridor ve Otomatik Depolama sistemlerinde; yüke ulaşılabilirlik, sipariş toplama, yük dengesi gibi özellikler en üst düzeyde iken, hacim verimi, yükseklik verimi, stok çevrim hızı gibi özellikler açısından aralarında farklar bulunduğu görülmektedir. AHP analizinde maliyet, hacim verimi, yükseklik verimi, yüke ulaşılabilirlik ve stok çevrim hızı kriterleri açısından Sırt Sırt, Dar Koridor ve Otomatik Depolama Sistemleri arasından e-ticaret giyim sektörüne en uygun olan tespit edilmeye çalışılacaktır.

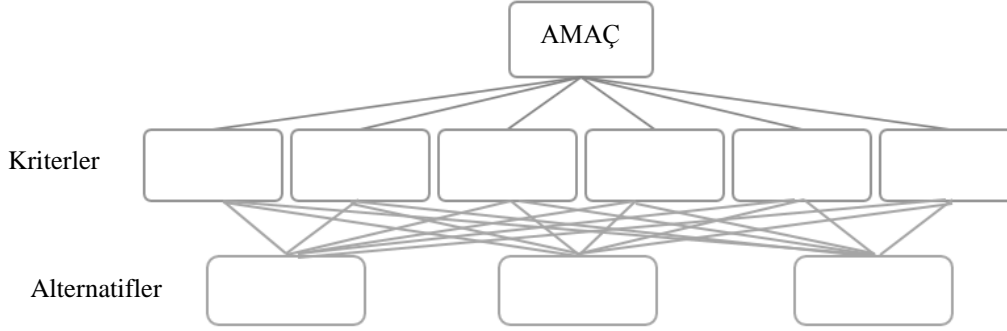
Tablo 3: Depolama Sistemlerinin Karşılaştırılması (Tanyaş, 2017)

Özellikler	Zemin	Sırt Sırt	İkili Derinlikli	Dar Koridor	İçine Girilebilir	Mekik	Hareketli	AS/RS
Hacim Verimi	%65	%45	%55	%57	%65	%85	%80	%62
Yükseklik Verimi	%75	%100	%80	%100	%75	%90	%70	%95
Yüke Ulaşılabilirlik	%10	%100	%50	%100	%30	%50	%50	%100
Sipariş Toplama	%5	%100	%40	%100	%30	%30	%30	%100
Fiziksel Zarar Riski	%3	%0,2	%0,3	%0,2	%1	%0,2	%0,5	%0,1
Yük Dengesi	%90	%100	%100	%100	%99	%100	%95	%100
Stok Kontrol	%0	%95	%70	%95	%70	%70	%70	%100
Stok Çevrim Hızı	%0	%60	%40	%70	%40	%90	%100	%95

4. AHP YÖNTEMİ VE UYGULAMA

4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Depolama sistemi seçimi birbirlerini etkileyen birçok faktörün dikkate alınması gereken çok kriterli bir karar problemidir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) de 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. AHP kriter önceliklerinin belirlenmesini ve belirlenen bu önceliklerinden hareketle alternatiflerin değerlendirilmesini sağlayan, anlaşılması ve uygulanması kolay bir yöntemdir. (Günay ve Özyörük, 2016) AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir. (Dağdeviren vd., 2004) AHP’de problem hiyerarşik bir biçimde yapılandırılmaktadır. Şekil 1’de gösterildiği gibi, hiyerarşinin en üstünde bir amaç yer almakta ve amacın altında kriterler ve en altta alternatifler olacak biçimde yapı tamamlanmaktadır. (Ömürbek ve Tunca, 2013)



Şekil 1: Üç Seviyeli Analitik Hiyerarşi Modeli (Ömürbek ve Tunca, 2013)

AHP analizi uygulanırken, ilk olarak problem belirlenir. Amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapı oluşturulmasındaki hedef; üst seviyedeki elemanların alt seviyelerdeki elemanlar üzerindeki etki seviyesinin tahmin edilmesidir. İkinci aşamada, kriter ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karar vericiler kriter ve alternatifleri 1-9 puan ölçeği kullanarak ikili olarak karşılaştırır. Burada birden fazla karar verici varsa değerlendirmelerin ortalaması alınabilir.

Faktörler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matristir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i=j$ olduğunda, 1 değerini alır. Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise formül (1) kullanılır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

Üçüncü aşamada formül (2) kullanılarak karşılaştırma matrislerindeki her bir öğenin diğer öğelere göre önemini gösteren özvektör hesaplanır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

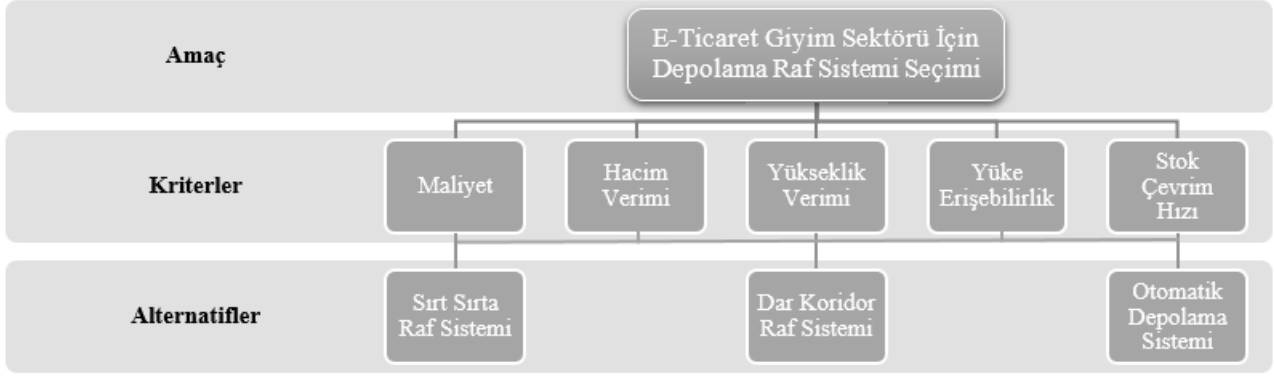
n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise C matrisi oluşur. Kriterlerin önem ağırlıkları formül (3)’te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Kriterlerin önem ağırlıkları ile alternatiflerin önem ağırlıkları çarpılır ve her bir alternatife ait öncelik değeri bulunur. En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatiftir. Son olarak her ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı hesaplanır. Bu oran için üst limitin 0,1 olması beklenir. Oranın 0,1’in üstünde olması, karar vericinin yargılarında tutarsızlık olduğunu ve yargıların iyileştirilmesi gerektiğini gösterir. (Büyükoçkan ve Göçer, 2016)

4.2. Uygulama

E-ticaret giyim sektörü için depolama raf sistemi seçiminde kullanılan AHP modeli Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: E-Ticaret Giyim Sektörü İçin Depolama Raf Sistemi Seçimi Hiyerarşik Yapısı

E-ticaret sektöründe hizmet veren 3 yönetici ile değerlendirilen beş ana kriterin ortalaması Tablo 4’de gösterilmiştir. Tablo 5’de ise ortalaması hesaplanan kriterlerin formül (2) ile hesaplanan normalize değerleri ve formül (3) ile hesaplanan ağırlıkları gösterilmektedir. Tutarlılık oranı da 0,075 olarak yani 0,1 değerinin altında hesaplanmıştır. Stok çevrim hızı ve yüke erişilebilirlik kriterlerinin seçilecek depolama raf sistemi için diğer kriterlere göre daha yüksek bir paya sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Ana Kriter Değerlendirmelerinin Ortalaması

ANA KRİTERLER	Maliyet	Hacim Verimi	Yükseklik Verimi	Yüke Erişebilirlik	Stok Çevrim Hızı
Maliyet	1	2	3,667	0,333	0,289
Hacim Verimi	0,500	1	2,667	0,244	0,225
Yükseklik Verimi	0,273	0,375	1	0,289	0,333
Yüke Erişebilirlik	3	4,091	3,462	1	1,667
Stok Çevrim Hızı	3,462	4,437	3	0,600	1

Tablo 5: Ana Kriterlerin Normalize Değerleri ve Ağırlıkları

Normalize Değerler	Maliyet	Hacim Verimi	Yükseklik Verimi	Yüke Erişebilirlik	Stok Çevrim Hızı	Ağırlıklar
Maliyet	0,121	0,168	0,266	0,135	0,082	15%
Hacim Verimi	0,061	0,084	0,193	0,099	0,064	10%
Yükseklik Verimi	0,033	0,032	0,072	0,117	0,095	7%
Yüke Erişebilirlik	0,364	0,344	0,251	0,405	0,474	37%
Stok Çevrim Hızı	0,420	0,373	0,217	0,243	0,285	31%

Tablo 6’da maliyet kriterine göre depolama raf sistemlerinin ortalaması ve ağırlıkları gösterilmektedir. Sırt sırta raf sisteminin ağırlığı %69’dur, dar koridor ve AS/RS depolama sistemlerini göre maliyet açısından avantajlı olduğu görülmektedir.

Tablo 6: Maliyet Kriterine Göre Depolama Raf Sistemlerinin Ağırlıkları

Maliyet	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Normalize	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Ağırlıklar
Sırt-Sırta	1	3	9	Sırt-Sırta	0,692	0,692	0,692	69%
Dar Koridor	0,333	1	3	Dar Koridor	0,231	0,231	0,231	23%
AS/RS	0,111	0,333	1	AS/RS	0,077	0,077	0,077	8%

Tablo 7’de hacim verimi kriterine göre depolama raf sistemlerinin ortalaması ve ağırlıkları gösterilmektedir. AS/RS depolama sistemlerinin %38,5’lik bir oranla daha yüksek hacim verimine sahip olduğu görülmektedir. Sırt sırta raf sistemi maliyet açısından avantajlı olurken hacim verimi açısından %27,2 ile en düşük olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7: Hacim Verimi Kriterine Göre Depolama Raf Sistemlerinin Ağırlıkları

Hacim Verimi	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Normalize	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Ağırlıklar
Sırt-Sırta	1	0,8	0,7	Sırt-Sırta	0,272	0,275	0,269	27,2%
Dar Koridor	1,250	1	0,9	Dar Koridor	0,340	0,344	0,346	34,3%
AS/RS	1,429	1,111	1	AS/RS	0,388	0,382	0,385	38,5%

Tablo 8’de yükseklik verimi kriterine göre depolama raf sistemlerinin ortalaması ve ağırlıkları gösterilmektedir. AS/RS depolama sistemlerinin %35’lik bir payla Sırt Sırta ve Dar Koridor raf sistemlerinden avantajlı durumda olduğu görülmektedir.

Tablo 8: Yükseklik Verimi Kriterine Göre Depolama Raf Sistemlerinin Ağırlıkları

Yükseklik Verimi	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Normalize	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Ağırlıklar
Sırt-Sırta	1	1	0,9	Sırt-Sırta	0,321	0,328	0,316	32%
Dar Koridor	1	1	0,95	Dar Koridor	0,321	0,328	0,333	33%
AS/RS	1,111	1,053	1	AS/RS	0,357	0,345	0,351	35%

Tablo 9’da yüke erişebilirlik kriterine göre depolama raf sistemlerinin ortalaması ve ağırlıkları gösterilmektedir. %35’lik bir oranla AS/RS depolama sistemlerinde yüke erişebilirliğin diğer depolama raf sistemlerinin oranla daha kolay olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 9: Yüke Erişebilirlik Kriterine Göre Depolama Raf Sistemlerinin Ağırlıkları

Yüke Erişebilirlik	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Normalize	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Ağırlıklar
Sırt-Sırta	1	1,125	0,95	Sırt-Sırta	0,340	0,348	0,333	34%
Dar Koridor	0,889	1	0,9	Dar Koridor	0,302	0,309	0,316	31%
AS/RS	1,053	1,111	1	AS/RS	0,358	0,343	0,351	35%

Tablo 10’da son kriter olan stok çevrim hızına göre depolama raf sistemlerinin ortalaması ve ağırlıkları gösterilmektedir. Burada da %43’lük en yüksek pay AS/RS depolama raf sistemlerini avantajlı göstermektedir.

Tablo 10: Stok Çevrim Hızı Kriterine Göre Depolama Raf Sistemlerinin Ağırlıkları

Stok Çevrim Hızı	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Normalize	Sırt-Sırta	Dar Koridor	AS/RS	Ağırlıklar
Sırt-Sırta	1	0,85	0,6	Sırt-Sırta	0,260	0,259	0,261	26%
Dar Koridor	1,176	1	0,7	Dar Koridor	0,306	0,305	0,304	31%
AS/RS	1,667	1,429	1	AS/RS	0,434	0,436	0,435	43%

Tablo 11’de Sırt Sırta, Dar Koridor ve AS/RS depolama raf sistemlerinin beş ana kritere göre hesaplanan sonucu görülmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi Sırt Sırta Raf Sistemi %36,2’lik oranla ilk sırada yer almaktadır. AS/RS otomatik depolama sistemleri maliyet dezavantajı nedeni diğer tüm kriterlerde öne çıkmasına rağmen, ikinci sırada yer almaktadır. Dar Koridor Raf Sistemi ise maliyet olarak AS/RS sistemine kıyasla daha avantajlı olsa da, diğer kriterler açısından özellikle de stok çevrim hızı kriterinde daha geride kaldığı için, üçüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 11: Sonuç

Kriterler	Maliyet	Hacim Verimi	Yükseklik Verimi	Yüke Erişebilirlik	Stok Çevrim Hızı	
Ağırlıklar	0,155	0,100	0,070	0,368	0,308	
Alternatifler						SONUÇ
Sırt-Sırta	0,692	0,272	0,322	0,340	0,260	36,2%
Dar Koridor	0,231	0,343	0,327	0,309	0,305	30,0%
AS/RS	0,077	0,385	0,351	0,351	0,435	33,8%

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz rekabet koşullarında depolar, tedarik zincirlerinin vazgeçilmez parçalarından biridir. Teknolojideki gelişmelere paralel, özellikle e-ticaret sektöründe müşterilerin beklentileri de artmaktadır. İnternet üzerinden verilen küçük siparişler, yüksek hizmet seviyesi ve hızlı ve hatasız teslimat beklentilerini karşılayabilmek için, e-ticaret depo raf sistemleri de hızlı ve doğru toplama ve teslimata imkan sağlamalıdır. Toplama verimliliğini artırmak için, hızlı hareket eden ürünler birbirine yakın depolanmalı, paletler kolilere veya daha küçük miktarlara bölünerek sipariş hazırlama alanına yakın depolanmalıdır. E-ticaret depo raf sistemleri, çok sayıda küçük parçanın depolanmasına olanak sağlamalıdır.

Bu çalışma, e-ticaret giyim sektörü için depolama raf sisteminin seçiminde AHP yönteminin uygulanabilirliğini göstermek için yapılmıştır. Bu çalışmada öncelikle e-ticaret sektörüne uygun ve AHP analizine dahil edilecek olan 3 depolama raf sistemi belirlenmiştir. Hız ve müşteri hizmet seviyesinin önem teşkil ettiği e-ticaret giyim sektöründe depolama raf sistemi seçiminde önemli kriterler hacim verimi, yükseklik verimi, yüke erişebilirlik ve stok çevrim hızıdır. AHP analizinde her firmanın sürdürülebilirliği için önemli olan maliyet kriteri de kapsama dahil edilerek beş ana kriter kullanılmıştır. Belirlenen kriterler için tutarlılık oranlarının 0,1'in altında hesaplanması, çalışmanın uygulanabilirliğini göstermektedir. AHP analizi 3 sektör temsilcisinin fikirleri alınarak yapılmıştır, fikri alınan sektör temsilcisi sayısı artırılarak ve akademisyenlerin de fikri alınarak daha etkin sonuçlar elde edilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yapmam için beni yönlendiren ve destekleyen değerli doktora hocam Prof. Dr. Mehmet Tanyaş'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Aktepe, A., Ersöz, S. (2014), "AHP-VIKOR ve MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25, ss.2-15.
- [2] Baki, B., Ofluoğlu, A. (2016), "Sipariş Toplama Sürecinin Simülasyon Yöntemiyle Analizi: Bir Gıda Dağıtım Firması Uygulaması", 5. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, Mersin, ss.504-511.
- [3] Baray, S., Çakmak, E. (2014), "Çok Seviyeli Depo Yerleşim Düzenlemesi için Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması Tabanlı Tasarım Metodolojisi", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 77, ss.13-38.
- [4] Büyüközkan, G., Göçer, F. (2016), "Tıbbi Atık Yönetiminde Lojistik Firma Seçimi", 5. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, Mersin, ss.837-844.
- [5] Büyüközkan, G., Uztürk, D. (2016), "A QFD Approach for Sustainable Warehouse Design", XIV. International Logistics and Supply Chain Congress, 1-2 December, Ege University, İzmir, ss.257-265.
- [6] Cebeci, U., Kahraman, C., Ulukan, Z. (2003), "Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP", *Logistics Information Management*, 16, pp.382-394.
- [7] Chillara, N., Rosinska, M. (2017), "Layout Design Planning of a Logistics Center: A Study on Space Utilization after Merger of Two Warehouses", Chalmers University of Technology, Department of Technology Management and Economics, Division of Supply and Operations Management, Master of Science Thesis, Göteborg.
- [8] Cho, G., Hwang, H. (2006), "A Performance Evaluation Model for Order Picking Warehouse Design", *Computers & Industrial Engineering*, 51, pp.335-342.
- [9] Coşkun, E., Seyhan, S., Timor, M. (2005), "Evaluating Site Selection Factors for a Main Cargo Distribution Center Using Analytic Hierarchy Process (AHP)", 3. Uluslararası Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 23-24 Kasım, İstanbul, ss.592-599.
- [10] Dağdeviren, M. (2008), "Decision Making in Equipment Selection: An Integrated Approach with AHP and PROMETHEE", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, pp.397-406.
- [11] Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M., (2004), "İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19, ss.131-138.
- [12] Eren, T., Gür, S. (2017), "Online Alışveriş Siteleri için AHP ve TOPSİS Yöntemleri ile 3PL Firma Seçimi", *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, ss.819-834.

- [13] Erol, S., Yıldırım, O. (2016), “Tedarik Merkezi Yer Seçimi Problemlerinde Kriterlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Uygulama”, 5. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, Mersin, ss.845-854.
- [14] Falsini, D., Fondi, F., Schiraldi, M. (2012), “A Logistics Provider Evaluation and Selection Methodology Based on AHP, DEA and Linear Programming Integration” International Journal of Production Research, 17, pp.4822-4829.
- [15] Geismar, H., Dawande M., Murthi B., Sriskandarajah C. (2015), “Maximizing Revenue Through Two-Dimensional Shelf-Space Allocation”, Production and Operations Management Society, 24, pp.1148–1163.
- [16] Gökbulut, A., Tansan, B., Eren, T., Targotay, Ç., Numanoğlu, N., Eynehan, M.E., Morkoç-Nikelay, G., Aksoy, E. (2016), “Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 – Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, TÜSİAD, İstanbul.
- [17] Göksu, N., Koska, A. Sünbül, M. (2016), “Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamasının Önündeki Engeller: Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Kipaş Kağıt Fabrikasında Bir Uygulama”, 5. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, Mersin, ss.367-379.
- [18] Günay, S., Özyörük, B. (2016), “AHP & VIKOR Yöntemlerine Dayalı Yeşil Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama”, 5. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Toros Üniversitesi, Mersin, ss.348-357.
- [19] Hsieh L., Tsai L. (2006), “The Optimum Design of a Warehouse System on Order Picking Efficiency”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28, pp.626–637.
- [20] Hübner, A., Schaal K. (2017), “Effect of Replenishment and Backroom on Retail Shelf-Space Planning”, Springer Business Research, 10, pp.123-156.
- [21] Kantarcı, Ö., Özalp, M., Sezginsoy, C., Özaşkın, O., Cavlak, C. (2017), “Dijitalleşen Dünyada Ekonominin İtici Gücü: E-Ticaret”, TÜSİAD, İstanbul.
- [22] Karakiş, İ. (2014), “Dağıtım Merkezi Depolarına İlişkin Hiyerarşik Depo Tasarım Metodolojisi ve Konvansiyonel Otomatik Depo Karar Problemine İlişkin Analitik Bir Model”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [23] Korpela, J., Lehmusvaara, A., Nisonen J., (2007), “Warehouse Operator Selection By Combining AHP and DEA Methodologies”, International Journal of Production Economics, 108, pp.135-142.
- [24] Kuo, C., Yang, T. (2003) “A Hierarchical AHP/DEA Methodology for the Facilities Layout Design Problem”, European Journal of Operational Research, 147, pp.128-136.
- [25] Matson, J., White, J. (1981), Storage System Optimization, Georgia Institute of Technology, Production and Distribution Research Center, Atlanta.
- [26] Ömürbek, N., Tunca, M. (2013), “Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18, ss.47-70.
- [27] Özcan, T. (2010), “Perakende Raf Alanı Yönetimi: Literatür İncelemesi ve Bir Karar Destek Aracı Tasarımı”, Yönetim, 67, ss.84-103.
- [28] Özçakar, N., Görener, A., Arıkan, V. (2012), “Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama İşlemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu”, Yönetim: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi, 71, ss.118-144.
- [29] Tanyaş, M. (2017), Lojistik ve Tedarik Zinciri Doktora Programı - Depo Tasarımı Dersi Notları, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- [30] Tanyaş, M., Düzgün, M. (2014), Depo Yönetimi - Depo Sistemlerinin Otomasyonu ve Organizasyonu, 1. Basımdan Çeviri, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- [31] Tsaia, C., Huang S. (2015), “A Data Mining Approach To Optimise Shelf Space Allocation in Consideration of Customer Purchase and Moving Behaviours”, International Journal of Production Research, 53, pp.850-866.
- [32] Tunç, S., Kutlu, B., Zincidi, A., Atmaca, E. (2008), “Depo Sisteminde Sipariş Toplama Sürecinin İyileştirilmesi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, ss.357-364.
- [33] Tümenbatur, A. (2016), “Yaş Sebze Meyve Ürünleri için Ambalaj Seçimleri Modeli: Kiraz Uygulaması”, TÜRKAS Tüm Ürün, Kap ve Ambalaj Standartları Sempozyumu - Sebze & Meyve, 5-6 Ekim, Grand Cevahir Kongre Merkezi, İstanbul, ss.31-37.
- [34] URL1, TÜİK (2015), Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması, 2015, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18660>, 18.08.2015

- [35] URL2, TÜİK (2017), Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması, 2017, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24862>, 18.08.2017.

ÇEVRESEL DUYARLILIK İLE KUSURLU ÜRETİM SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU

Harun Öztürk

Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Bölümü, Isparta, harunozturk@sdu.edu.tr

ÖZET

Tedarik zinciri, ihtiyaç hissedilen talebi verimli bir şekilde sağlamak üzere organizasyonların birbirleri ile ilişkide buldukları yönetim anlayışını ortaya çıkaran bir sistemdir. Bu sistemin amacı, müşterilere daha kısa zamanda daha az maliyetle, daha fazla imkân ve daha iyi kalite sunmaktır. Günümüzde işletmeler, stok planlamada çevresel duyarlılığı dikkate almanın, hem çevre dostu bir işletme olmada hem de faaliyetlerden kaynaklanan karbon emisyon maliyetlerini azaltmada en iyi strateji olduğunu fark etmişlerdir. Stok literatürü incelendiğinde, son yıllarda çevre bilincini dikkate alarak yapılan çalışmaların sayısının azımsanamayacak kadar fazla olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, karbon emisyon maliyetinin üretim sisteminde düşünüldüğü çok ürünli üretim miktarı modeli geliştirilmektedir. Üretim sürecinin kusurlu olması, kusurlu ürünlerin yeniden işlenmesi varsayımları altında, üretim kapasitesinin sınırlı ve sınırlı bütçe kısıtlarının model üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Amacımız, toplam maliyeti minimum yapacak optimal çevrim süresi ve üretim miktarlarını belirlemektir. Optimal sonuçlar, geliştirilen iterasyon yardımıyla elde edilmektedir. Geliştirilen modelin uygulanabilirliği, sayısal örnekler yardımıyla gösterilmektedir. Geliştirilen model parametrelerinin optimal çözüm sonuçları üzerindeki etkisi duyarlılık analizi yardımıyla incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel duyarlılık, Envanter, Karbon emisyonu, Kusurlu ürün, Üretim planlama

OPTIMIZATION OF IMPERFECT PRODUCTION PROCESSES WITH ENVIROMENTAL SENSITIVITY

ABSTRACT

Supply chain is a system which uses a management approach where organizations build relationships in order to satisfy the demand in an efficient manner. The purpose of this system is to offer more facilities and better quality in a shorter period of time for a reduced price. Today, businesses recognize the fact that placing importance on environmental sensitivity in inventory planning is the best strategy both in becoming an environmentally-friendly business and in reducing the carbon emissions produced as a result the operations of a company. A closer look into the literature on inventory shows that the number of studies conducted with an eye on the environmental sensitivity has increased drastically. A multi-item production quantity model is developed in this study to include the cost of carbon emissions in the production system. The effect of limited production capacity and limited budget on the model is explored with the assumptions of an imprecise production process and reworking defective products. It is aimed to find the optimal cycle time and optimal production quantities which minimize the total cost. Optimal results are obtained with the use of iterations developed. Usability of the model developed is demonstrated with numerical examples. The effects of parameters of the model on the optimal solution results are explored using sensitivity analysis.

Keywords: Environmental sensitivity, Inventory, Carbon emissions, Defective items, Production planning

1. GİRİŞ

Ekonomik sipariş miktarı (ESM) modeli (Harris, 1913), envanter yönetimi ve üretim planlama da kullanılan en eski modeldir. Diğer bir model, ekonomik üretim miktarı (EÜM) modelidir (Taft, 1918). Bu model, tek kalem ürün ve tek safhadan oluşan üretim sistemleri için geliştirilmiştir. Günümüzde, bu modeller, kullanım kolaylıkları ve etkilikleri nedeniyle birçok endüstride halen uygulama alanları bulmalarına rağmen, birçok varsayım içerdiklerinden oldukça fazla zayıf yönleri bulunmaktadır. Dolayısıyla, her iki modelde, gerçek yaşamla örtüşecek varsayımlar altında, birçok araştırmacı ve akademisyen tarafından ele alınmış ve matematiksel modelleri elde edilmiştir.

Üretilen ya da teslim alınan her bir partide kusurlu ürünlerin olabileceği düşüncesi bu varsayımların en önemlilerinden biridir. Bu konudaki önemli çalışmalara, Porteus (1986), Rosenblatt and Lee (1986), Salameh and Jaber (2000) örnek olarak verilebilir. Hayek ve Salameh (2001), üretilen kusurlu ürünlerin, üretim tamamlandıktan hemen sonra yeniden işlenerek kusursuz ürünler haline getirildiğini ve stokuzluk durumuna izin veren bir EÜM modeli geliştirmiştir. Kusurlu ürün ve yeniden işleme varsayımlarını konu edinen çalışmalardan bazıları Jamal et al. (2004) sonrasında Cárdenas-Barrón (2009), Chen vd. (2012) ve Chung vd. (2017)'dir. Açık ki, çok sayıda ürün üretebilecek kapasiteye sahip bir makine satın almak, sadece bir ürüne özel pek çok makine satın almaktan daha ekonomiktir. Bunun bir sonucu olarak, tek bir tesis ya da makinede çeşitli ürünler üretmek oldukça yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür problemlerdeki amaç, toplam maliyeti minimum yapacak şekilde üretim miktarlarını ve bazı durumlarda üretim çevrim süresini belirlemektir. Eilon (1957), çok ürünlü bir envanter modelinde üretim miktarlarını belirlemek ve optimal çevrim süresi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla bir üretim programı önermiştir. Sonra, Gallego ve Moon (1992), ve Moon et al. (2002) çeşitli varsayımlar altında çok ürünlü üretim miktarı modelleri geliştirmişlerdir. Çok ürünlü üretim sistemlerinde ortaya çıkabilecek problemlerden biri, her bir ürün için farklı stok kontrol politikasının belirlenmesidir. Dolayısıyla, ürün çeşitliliğinin fazla olması beraberinde çeşitli kısıtlamalar getirmektedir. Örneğin, birçok farklı ürün için üretim ya da sipariş politikası belirlemek isteyen bir işletme, üretim kapasitesi, depo, bütçe ve ürünleri bir yerden başka bir yere aktarmadaki taşıma kapasitesi gibi kısıtlar ile karşı karşıya kalabilir. Bu tür problemler için Huang (2006), Taleizadeh vd. (2013), Cárdenas-Barrón (2014), Nobil vd. (2017)'in çalışmalarına bakılabilir. Diğer taraftan, sanayileşme ile ortaya çıkan zararlı gazlar, çevre kirliliğini beraberinde getirmiştir. Son yıllarda, çevresel konularda artan endişe, stok yönetim kararlarında hem ekonomik hem de çevresel faydayı gözeterek kararlar alınmasını gerektirmiştir. Bu kararlar ekstra maliyetler ortaya çıkaracağından, organizasyonların sermaye yatırımlarını etkilemektedir (Sarkar vd., 2015; Yıldız, 2017). Bu çalışmada, karbon gazı salınım maliyetinin optimal çevrim süresi ve dolayısıyla üretim miktarları üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, kusurlu ürünler ve yeniden işleme varsayımlarını içeren çok ürünlü üretim problemi için matematiksel bir model geliştirilmektedir. Geliştirilen model, sayısal örnekler yardımıyla açıklanmaktadır ve duyarlılık analizleri ile önemli model parametrelerinin optimal sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmektedir.

2. MATEMATİKSEL MODEL

Klasik üretim miktarı modelindeki temel varsayım, tek kalem ürünün partiler halinde üretilmesi ve üretilen her parti içerisinde sadece kusursuz ürünlerin bulunmasıdır. Halbuki, günümüz dünyasında geliştirilmiş üretim süreçleri ile çok çeşitli ürünler üretmek oldukça kolay bir işlemdir. Diğer taraftan, teknolojik olarak ilerlemenin tersine, makine arızalanması ve işçilerin yeterince bilgi birikimine sahip olmamaları, üretim süreçlerinde kesilmelere ya da bozulmalara sebep olmaktadır. Bununla birlikte, ürünlerin paketlenmesi ve taşınması sırasında da bazı olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında, müşteriye teslim edilen ürünler içerisinde bir miktar kusurlu ürün bulunması beklenmektedir. Kusurlu ürünlerin, yeniden işlenmesi ya da tamir edilmesi ile kusursuz ürünler haline getirilmesi, maliyetleri azaltmak açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada ele alınan problem, kusurlu ürünler içeren çok ürünlü üretim sistemlerinde yeniden işleme ve çevre maliyetleri varsayımları altında toplam maliyeti minimum kılacak optimal üretim miktarlarının belirlenmesidir. Bu çalışmaya konu olan çok ürünlü üretim stok kontrol modelinde kusursuz ürünler için stok seviyesinin zamanla değişim grafiği Şekil 1 ile verilmiştir. Üretim sürecinin kusurlu olduğu ve üretilen ürünler içerisinde q_i oranında kusurlu ürün bulunduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla, kusurlu ürünleri ayırmak için üretilen ürünler inceleme işleminden geçmelidirler. İnceleme işlemi, üretim ile birlikte başlamaktadır ve üretim tamamlandığında sona ermektedir. Literatürde, inceleme işleminin üretim ile birlikte tamamlanması varsayımı "üretim sırasında inceleme" olarak bilinmektedir. İnceleme işleminden kaynaklanan maliyetler probleme dahil edilmemiştir. İnceleme sırasında belirlenen kusurlu ürünler, üretim tamamlanmaya kadar stokta bekletilmektedir, ve üretim tamamlandıktan hemen sonra yeniden işlenerek kusursuz ürünler haline getirilmektedir. Matematiksel modeli geliştirmek için kullanılacak simgeler aşağıda verilmektedir.

n	ürün sayısı, $i = 1, 2, \dots, n$
α_i	üretim hızı, $i = 1, 2, \dots, n$
q_i	kusurlu ürün oranı
d_i	kusurlu ürün üretim oranı ($d_i = q_i \alpha_i$), $i = 1, 2, \dots, n$
β_i	talep hızı ($\beta_i < \alpha_i$), $i = 1, 2, \dots, n$
Q_i	üretim miktarı (karar değişkeni), $i = 1, 2, \dots, n$
H_i	üretim süreci tamamlandığında eldeki kusursuz ürün miktarı, $i = 1, 2, \dots, n$
H_i^{max}	yeniden işleme süreci tamamlandığında eldeki kusursuz ürün miktarı, $i = 1, 2, \dots, n$
T	çevrim süresi (karar değişkeni), $i = 1, 2, \dots, n$
T_{1i}	her bir çevrimdeki üretim için gerekli süre, $i = 1, 2, \dots, n$
T_{2i}	her bir çevrimdeki yeniden işleme için gerekli süre, $i = 1, 2, \dots, n$
T_{3i}	yeniden işleme süreci tamamlandıktan sonra eldeki tüm ürünleri bitirmek için gerekli süre, $i = 1, 2, \dots, n$

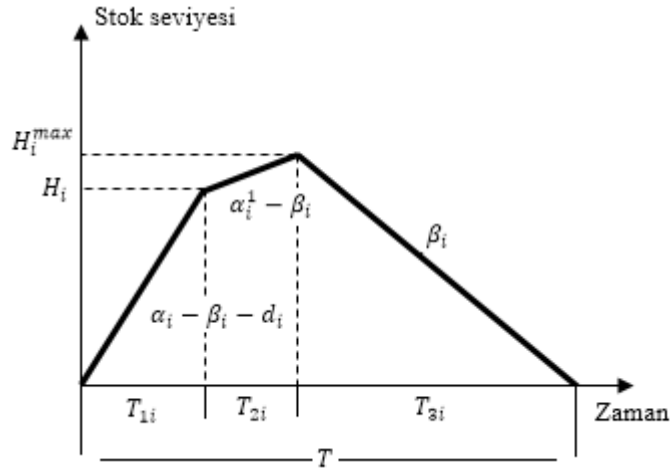
S_i	üretim hazırlık süresi, $i = 1, 2, \dots, n$
A_i	üretim hazırlık maliyeti, $i = 1, 2, \dots, n$
$C_{ü}^i$	birim üretim maliyeti, $i = 1, 2, \dots, n$
C_S^i	bir birim ürünü bir birim zaman stokta tutma maliyeti, $i = 1, 2, \dots, n$
C_R^i	birim üretim maliyeti, $i = 1, 2, \dots, n$
C_E^i	emisyon maliyeti (\$/m3), $i = 1, 2, \dots, n$
C_V^i	emisyon vergisi maliyeti (\$/ton), $i = 1, 2, \dots, n$
a_i	bir birim ürün için depolama alanı gereksinimi (m ³ /birim), $i = 1, 2, \dots, n$
g_i	bir birimin ağırlığı (ton/birim), $i = 1, 2, \dots, n$
B	maksimum bütçe

Şekil 1'den aşağıdaki ifadeler elde edilir. Üretim tamamlandığında eldeki stok seviyesine ulaşmak için geçen süre,

$$T_{1i} = \frac{H_{1i}}{\alpha_i - \beta_i - d_i} \quad (1)$$

Bir çevrimdeki üretim süresi, üretim miktarının üretim hızına oranlanmasıyla aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T_{1i} = \frac{Q_i}{\alpha_i} \quad (2)$$



Şekil 9. Kusursuz ürünler için stok seviyesinin zamanla değişimi.

(1) ve (2) eşitliğinden, üretim tamamlandığında eldeki stok seviyesi aşağıdaki gibidir.

$$H_i = (\alpha_i - \beta_i - d_i) \frac{Q_i}{\alpha_i} \quad (3)$$

Şekil 1'den, bir çevrimdeki kusurlu ürünleri yeniden işleme/tamir etme için gerekli süre aşağıdaki gibidir.

$$T_{2i} = \frac{H_i^{max} - H_i}{\alpha_i^1 - \beta_i} \quad (4)$$

Ayrıca, yeniden işleme için gerekli süre, yeniden işlenecek ürün miktarının yeniden işleme hızına oranlanmasıyla da elde edilir.

$$T_{2i} = \frac{q_i Q_i}{\alpha_i^1} \quad (5)$$

Eşitlik (4) ve (5)'ten, yeniden işleme süreci tamamlandığında eldeki maksimum stok seviyesi aşağıdaki gibidir.

$$H_i^{max} = H_i + (\alpha_i^1 - \beta_i) T_{2i}$$

$$= (\alpha_i - \beta_i - d_i) \frac{Q_i}{\alpha_i} + \frac{(\alpha_i^1 - \beta_i) q_i Q_i}{\alpha_i^1} \quad (6)$$

Yine, Şekil 1'den aşağıdaki ifade elde edilir.

$$T_{3i} = \frac{H_i^{max}}{\beta_i} \quad (7)$$

Tüm ürünlerin ortak çevrim süresi varsayımı ile tek bir makinede üretildiği ve her defasında sadece bir ürünün üretildiği varsayılmıştır. $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere her i için $T_1 = T_2 = \dots = T_n = T$ dir. Şekil 1'den çevrim süresi, üretim süresi, yeniden işleme süresi ve eldeki ürünlerin tamamının tükenmesi için gerekli süre toplamlarından oluşmaktadır.

$$T = \sum_{m=1}^3 T_{mi} = \frac{Q_i}{\beta_i} \quad (8)$$

Üretim süresince üretilen ürünler bir miktar kusurlu ürünler içerdiğinden, üretim süresi boyunca stoksuzluğa düşmemek için üretim hızı α_i , talep hızı β_i ve kusurlu ürünler üretim hızı d_i toplamlarından büyük ya da eşit olmalıdır. Yani,

$$\alpha_i \geq \beta_i + d_i \text{ ya da} \\ \frac{\beta_i}{\alpha_i(1 - q_i)} \leq 1 \quad (9)$$

Bir çevrimdeki toplam maliyet, hazırlık maliyeti (HM), üretim maliyeti (ÜM), stokta tutma maliyeti (SM), ve yeniden işleme/tamir etme maliyetinden (YM) oluşmaktadır. dolayısıyla, bir çevrimdeki toplam maliyet fonksiyonu $TC(Q_i)$ aşağıdaki gibidir.

$$TC(Q_i) = HM + \ddot{U}M + SM + YM \quad (10)$$

Bir çevrimdeki toplam maliyet fonksiyonunu oluşturan alt maliyetler aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

Hazırlık maliyeti (HM)

i . ürünün hazırlık maliyeti A_i 'dir. Buradan, $i = 1, 2, \dots, n$ için bir çevrimdeki toplam hazırlık maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$HM = \sum_{i=1}^n A_i \quad (11)$$

Üretim maliyeti (ÜM)

i . ürünün birim üretim maliyeti C_{ii}^i ve bir çevrimdeki üretim miktarı Q_i 'dir. Dolayısıyla, i . ürünün bir çevrimdeki üretim maliyeti $C_{ii}^i Q_i$ 'dir. O halde, bir çevrimdeki toplam üretim maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$\ddot{U}M = \sum_{i=1}^n C_{ii}^i Q_i \quad (12)$$

Stokta tutma maliyeti (SM)

Bu çalışmadaki en önemli varsayımlardan biri, üretilen ürünler içerisinde belirli bir oranda kusurlu ürün bulunmasıdır. Bu kusurlu ürünler, üretim tamamlanıncaya kadar stokta bekletilmektedir ve üretim tamamlandıktan hemen sonra yeniden işlenerek kusursuz ürünler haline getirilmektedir. O halde stokta tutma maliyeti, kusursuz ürünler, kusurlu ürünler ve bu ürünlerin yeniden işlenmesi süreci için hesaplanacaktır. i . Ürün için düşünüldüğünde kusursuz ürünler için birim stokta tutma maliyeti C_S^i ve kusurlu ürünler için birim stokta tutma maliyeti C_R^i 'dir. Şekil 1'den kusursuz ürünler için bir çevrimdeki stokta tutma maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=1}^n C_S^i \left(\frac{H_i T_{1i}}{2} + \frac{(H_i + H_i^{max}) T_{2i}}{2} + \frac{H_i^{max} T_{3i}}{2} \right). \quad (13)$$

T_{1i} , T_{2i} ve H_i ve H_i^{max} değerleri Eşitlik (13)'te yerine yazılırsa, kusursuz ürünler için bir çevrimdeki stokta tutma maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$\sum_{i=1}^n C_S^i \left[\frac{Q_i^2}{2\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{Q_i^2}{2\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right]. \quad (14)$$

Yine Şekil 1'den kusurlu ürünler için bir çevrimdeki stokta tutma maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=1}^n C_K^i \left[\frac{(d_i T_{1i}) T_{1i}}{2} + \frac{(d_i T_{1i}) T_{2i}}{2} \right]. \quad (15)$$

T_{1i} , T_{2i} ve d_i değerleri Eşitlik (15)'te yerine yazılırsa, kusurlu ürünler için bir çevrimdeki stokta tutma maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$\sum_{i=1}^n C_K^i \left[\frac{Q_i^2 q_i}{2\alpha_i} + \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right]. \quad (16)$$

O halde, kusursuz ürünler ve kusurlu ürünler için bir çevrimdeki toplam stokta tutma maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$SM = \sum_{i=1}^n C_S^i \left[\frac{Q_i^2}{2\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{Q_i^2}{2\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right] + \sum_{i=1}^n C_K^i \left[\frac{Q_i^2 q_i}{2\alpha_i} + \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right]. \quad (17)$$

Yeniden işleme maliyeti (YM)

Bu çalışmada, üretim sırasında üretilen kusurlu ürünlerin tamamının üretimden hemen sonra α_i^1 yeniden işleme hızı ile tamir edilerek kusursuz ürünler haline geldiği varsayılmıştır. i . ürünün bir birimini yeniden işleme/tamir etme maliyeti C_R^i ve bir çevrimdeki kusurlu ürün miktarı $q_i Q_i$ 'dir. O halde, i . ürün için bir çevrimdeki yeniden işleme maliyeti $C_R^i q_i Q_i$ 'dir. Bu durumda, bir çevrimdeki toplam yeniden işleme maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$YM = \sum_{i=1}^n C_R^i q_i Q_i. \quad (18)$$

Sonuç olarak, bir çevrimdeki toplam maliyet $TC(Q_i)$ aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\begin{aligned} TC(Q_i) &= \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n C_U^i Q_i + \sum_{i=1}^n C_S^i \left[\frac{Q_i^2}{2\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{Q_i^2}{2\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right] \\ &\quad + \sum_{i=1}^n C_K^i \left[\frac{Q_i^2 q_i}{2\alpha_i} + \frac{Q_i^2 q_i^2}{2\alpha_i^2} \right] + \sum_{i=1}^n C_R^i q_i Q_i \end{aligned} \quad (19)$$

Birim zamandaki toplam maliyet $TCU(Q_i)$, yenileme ödül teoremi kullanılarak, bir çevrimdeki toplam maliyet fonksiyonu $TC(Q_i)$ 'nin çevrim uzunluğu T 'ye oranlanmasıyla aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} TCU(Q_i) &= \frac{TC(Q_i)}{T} \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{A_i \beta_i}{Q_i} + \sum_{i=1}^n C_U^i \beta_i + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_S^i \beta_i Q_i}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{q_i^2}{\alpha_i^2} \right] \end{aligned}$$

$$+ \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_K^i \beta_i Q_i}{2} \right] \left[\frac{q_i}{\alpha_i} + \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] + \sum_{i=1}^n C_R^i \beta_i q_i \quad (20)$$

Eşitlik (8)'deki formüle göre, üretim miktarı Q_i , çevrim süresi T ile yer değiştirilebilir. Bu formülü Eşitlik (20)'te yerine yazarsak, birim zamandaki toplam maliyet aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$TCU(T) = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_U^i \beta_i + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_S^i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] \\ + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_K^i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{q_i}{\alpha_i} + \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] + \sum_{i=1}^n C_R^i \beta_i q_i \quad (21)$$

Çevresel maliyetler (ÇM)

Bu çalışmada, stokların depolanmasıyla bağlantılı olarak toplam karbon emisyon maliyetini, karbon salınımları (CE) ve emisyon vergileri (CEV) maliyetleri oluşturmaktadır. Literatürde, stokların depolanması sonucu çevreye salınan karbon emisyonlarıyla ilgili maliyetleri dikkate alan birçok çalışma bulunmaktadır. Battini vd. (2014) ve Kazemi vd. (2016), bu çalışmalardan bazılarıdır. i . ürünün bir biriminin depoda işgal ettiği alan η_i (m3/birim), m3 başına ortalama karbon emisyon maliyeti C_E^i olmak üzere, kusursuz ürünler ve kusurlu ürünler için bir çevrimdeki karbon emisyon maliyeti Eşitlik (22)'deki gibi ifade edilir.

$$CH_E = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \eta_i Q_i^2}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \eta_i Q_i^2}{2} \right] \left[\frac{q_i}{\alpha_i} + \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] \quad (22)$$

Eşitlik (22)'den, birim zamandaki emisyon maliyeti aşağıdaki gibidir.

$$CH_E = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \eta_i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - q_i - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \eta_i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{q_i}{\alpha_i} + \frac{q_i^2}{\alpha_i^1} \right] \quad (23)$$

Jaber vd. (2013), karbon gazı emisyonu maliyetlerini, karbon gazı salınımı, emisyon cezaları ve emisyon vergileri çerçevesinde ele almışlar, ve birim ürün başına ağırlık ile ilişkilendirdikleri karbon gazı salınımını, üretim hızının konveks bir fonksiyonu olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada, Jaber vd. (2013)'nin çalışmalarına benzer olarak, i . ürünün birim başına ağırlığı g_i ve ağırlık başına (ton ya da kg) emisyon vergisi maliyeti C_V^i olmak üzere, üretilen ürünler için birim zamandaki emisyon vergisi maliyeti Eşitlik (24)'deki gibi ifade edilir.

$$CH_{EV} = \sum_{i=1}^n C_V^i g_i \beta_i \quad (24)$$

Dolayısıyla, çevresel duyarlılık göz önüne alındığı durumda bir çevrimdeki toplam maliyet fonksiyonu $TC(Q_i)$ aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$TC(Q_i) = HM + \ddot{U}M + SM + YM + \ddot{C}M \quad (25)$$

Yine bu çalışmada, kusurlu ürünler oranının, rassal bir değişken olduğu ve bilinen bir olasılık dağılımına uyduğu varsayılmıştır. Eşitlik (8)'ten çevrim süresinin beklenen değeri $E(T)$ aşağıdaki gibidir.

$$E(T) = \frac{Q_i}{\beta_i} \quad (26)$$

Üretime hazırlık süresi, makine kusurlumunun belirli bir süre alacağı durumlarda model varsayımlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Elbetteki, üretime hazırlık süresi, üretim süresinden daha kısa sürecektir. Ancak, üretime hazırlık süresinin toplam maliyet ve üretim miktarı üzerlerindeki etkisi düşünüldüğünde, üretilen ürünler için her bir çevrimdeki üretime hazırlık süresi ve üretim süresinin ne kadar süreceği önem arz etmektedir. Sonuç olarak, her bir ürün

için üretime hazırlık süresi, yeniden işleme süresi ve üretim süresi toplamalarının en fazla çevrim süresi kadar olduğunu dikkate almalıyız. Yani, çevrim süresi ile ilgili olarak aşağıdaki kısıt sağlanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n T_{1i} + \sum_{i=1}^n T_{2i} + \sum_{i=1}^n S_i \leq T \quad (27)$$

T_{1i} ve T_{2i} değerleri Eşitlik (27)'te yerine yazıldığında ve çevrim başına üretim miktarı Q_i ile çevrim süresi T arasındaki ilişki göz önüne alındığında,

$$T_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i E(q_i)}{\alpha_i^2} \right]} \leq T \quad (28)$$

elde edilir.

Şimdi, i . ürünün bir çevrimdeki üretim miktarı Q_i ve birim üretim maliyeti $C_{\bar{u}}^i$ bir çevrimdeki yeniden işlenecek kusurlu ürün miktarı $q_i Q_i$ ve birim yeniden işleme maliyeti C_R^i olmak üzere, bir çevrimdeki üretim maliyeti ve yeniden işleme maliyeti sırasıyla, $C_{\bar{u}}^i Q_i$ ve $C_R^i q_i Q_i$ 'dir. O halde, maksimum bütçe B olmak üzere, üretilen ve yeniden işlenen ürünler dikkate alındığında, bütçe kısıtı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=1}^n [C_{\bar{u}}^i Q_i + C_R^i E(q_i) Q_i] \leq B \quad (29)$$

Benzer olarak, üretim miktarı ve çevrim süresi arasındaki ilişki düşünüldüğünde,

$$T \leq \frac{B}{\sum_{i=1}^n \beta_i [C_{\bar{u}}^i + C_R^i E(q_i)]} = T_{max} \quad (30)$$

elde edilir.

Sonuç olarak, çevresel duyarlılık varsayımı altında birim zamandaki toplam maliyetin beklenen değeri, yenileme ödül teoreminden, bir çevrimdeki toplam maliyetin beklenen değerinin çevrim süresinin beklenen değerine oranlanmasıyla elde edilebilir.

$$\begin{aligned} E(TCU(T)) &= \frac{E(TC(T))}{E(T)} \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_{\bar{u}}^i \beta_i + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_S^i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - E(q_i) - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2} \right] \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_R^i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{E(q_i)}{\alpha_i} + \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2} \right] + \sum_{i=1}^n C_R^i \beta_i E(q_i) \\ &+ \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \gamma_i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{1}{\alpha_i} \left(1 - E(q_i) - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2} \right] \\ &\quad + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i \gamma_i \beta_i^2 T}{2} \right] \left[\frac{E(q_i)}{\alpha_i} + \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2} \right] \sum_{i=1}^n C_V^i \beta_i \end{aligned} \quad (31)$$

Burada;

$$L^i = \frac{1}{\alpha_i} \left(1 - E(q_i) - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right) + \frac{1}{\beta_i} \left(1 - \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right)^2 - \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2} \text{ ve } L_1^i = \frac{E(q_i)}{\alpha_i} + \frac{E(q_i^2)}{\alpha_i^2}$$

için, sınırlı üretim kapasitesi ve sınırlı bütçe kısıtları altında birim zamandaki beklenen toplam maliyet $E(TCU(T))$ aşağıdaki hale gelir.

$$E(TCU(T)) = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T} + \sum_{i=1}^n C_u^i \beta_i + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_S^i \beta_i^2 L^i T}{2} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_R^i \beta_i^2 L_1^i T}{2} \right] + \sum_{i=1}^n C_R^i \beta_i E(q_i) + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i r_i \beta_i^2 L^i T}{2} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i r_i \beta_i^2 L_1^i T}{2} \right] + \sum_{i=1}^n C_V^i \theta_i \beta_i \quad (32)$$

Kısıtlar:

$$T_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i E(q_i)}{\alpha_i^1} \right]} \leq T \quad (33)$$

$$T \leq \frac{B}{\sum_{i=1}^n \beta_i [C_u^i + C_R^i E(q_i)]} = T_{max} \quad (34)$$

Amaç, birim zamandaki beklenen toplam maliyeti minimum yapacak optimal çevrim süresini ve dolayısıyla optimal üretim miktarlarını belirlemektir. Eşitlik (33) ile verilen kısıt, kapasite sınırlaması ile ilgilidir. Eşitlik (34) ile verilen kısıt, bütçe sınırlaması ile ilgilidir. Eşitlik (32)'den, birim zamandaki toplam maliyet fonksiyonunun herbir bileşenin ya konveks bir fonksiyon olduğu, ya lineer bir fonksiyon olduğu ya da pozitif bir sabit olduğu basit bir şekilde görülebilir. O halde, birim zamandaki beklenen toplam maliyet fonksiyonu $E(TCU(T))$, konveks bir fonksiyondur. Buradan, bu fonksiyonun birinci mertebeden türevinin sıfıra eşitlenmesiyle optimal çevrim süresini veren eşitlik elde edilebilir. Birim zamandaki beklenen toplam maliyet fonksiyonu $E(TCU(T))$ 'nin çevrim süresi T 'ye göre birinci mertebeden türevi aşağıdaki gibidir.

$$\frac{dE(TCU(T))}{dT} = - \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T^2} + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_S^i \beta_i^2 L^i}{2} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_R^i \beta_i^2 L_1^i}{2} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i r_i \beta_i^2 L^i}{2} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_E^i r_i \beta_i^2 L_1^i}{2} \right] \quad (35)$$

O halde, birim zamandaki beklenen toplam maliyet fonksiyonu $E(TCU(T))$ 'yi minimum yapan çevrim süresi T , birinci mertebeden türevin sıfıra eşitlenmesiyle bulunabilir.

$$T = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n C_S^i \beta_i^2 L^i + \sum_{i=1}^n C_R^i \beta_i^2 L_1^i + \sum_{i=1}^n C_E^i r_i \beta_i^2 L^i + \sum_{i=1}^n C_E^i r_i \beta_i^2 L_1^i}} \quad (36)$$

Buradan, optimal üretim miktarı Q_i^* aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Q_i^* = \beta_i T^* \quad (37)$$

Aşağıdaki algoritma yardımıyla, optimal çevrim süresi T^* ve optimal üretim miktarı Q_i^* bulunacaktır.

Algoritma:

1. Adım: Başla.
2. Adım: Eğer $\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i(1-E(q_i))} \leq 1$ ve $1 > \left[\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i E(q_i)}{\alpha_i^1} \right]$ ise 3. Adım'a git. Aksi halde, problem olumsuz hale gelir, bu durumda 7. Adım'a git.
3. Adım: Eşitlik (36)'ü kullanarak T 'yi hesapla.
4. Adım: Eşitlikler (33) ve (34)'ü kullanarak T_{min} ve T_{max} değerlerini bul.
5. Adım: Eğer $T_{max} \geq T_{min}$ ise 6. Adım'a git. Aksi halde, problem olumsuz hale gelir, bu durumda 8. Adım'a git.
6. Adım: Eğer $T_{min} \leq T \leq T_{max}$ ise $T^* = T$ dir.
Eğer $T \geq T_{max}$ ise $T^* = T_{max}$ dir.
Eğer $T \leq T_{min}$ ise $T^* = T_{min}$ dir.
7. Adım: Eşitlik (37)'ten optimal üretim miktarını ve Eşitlik (32)'den birim zamandaki beklenen toplam maliyeti hesapla, sonra 8. Adım'a git.
8. Adım: Bitir.

3. SAYISAL ANALİZ

Geliştirilen modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla sayısal örnekler verilmektedir. Üç farklı ürün için toplam maliyeti minimum yapan ortak çevrim süresi ve üretim miktarlarının araştırıldığı çok ürünlü stok kontrol problemini ele alalım. Gerekli parametreler Tablo 1’de özetlenmiştir. Parametrelere ilişkin değerlerin bir kısmı Moon vd. (2002)’nin çalışmasından alınmıştır, diğer parametre değerleri uygun olarak seçilmiştir. Ayrıca, maksimum bütçe kısıtlaması ile ilgili olarak, bu örnekte problem \$20000 bir bütçe ile birlikte değerlendirilmektedir, yani bir çevrimdeki maksimum bütçe $B = \$20000$ ‘dır.

Tablo 1. Gerekli parametre değerleri

Ürün	A_i	q_i	α_i	β_i	$\alpha_i^{\frac{1}{2}}$	$C_S^i = C_R^i$	S_i	η_i (m3/birim)	φ_i (ton/birim)	C_R^i	C_E^i	C_V^i
1	125	0.020	5000	1850	4000	12.50	0.00068	0.017	0.002	7.5	0.55	13
2	100	0.025	3500	1150	3000	87.50	0.00171	0.015	0.002	6	0.50	9
3	110	0.030	3000	800	2000	21.25	0.00091	0.009	0.002	5.15	0.53	7

Optimal çevrim süresi ve birim zamandaki beklenen toplam maliyet değerlerini hesaplamadan önce, problemin olurlu bir çözümünün varlığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Not edilmelidir ki, geliştirilen algoritmanın 2. Adım’daki olurluluk şartları ile ilgili ifadeler için $\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i(1-E(q_i))} = 0.989461 < 1$ ve $\left[\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i E(q_i)}{\alpha_i^2} \right] = 0.992644 < 1$ elde edilmiştir. Bu durumda, optimal çözümü elde etmek için geliştirilen algoritmanın ilk adımındaki olurluluk şartları ile ilgili koşullar sağlanmaktadır. O halde, problemin olurlu bir çözümü mevcuttur. Algoritma kullanılarak, optimal çevrim süresi ve birim zamandaki beklenen toplam maliyet için aşağıdaki optimal sonuçlar elde edilir: $T^* = 0.4486$ yıl ve $E(TCU(T^*)) = \$30061.84$. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir. Önemli model parametrelerinin optimal çözüm sonuçları üzerindeki etkisi duyarlılık analizleri ile incelenecektir. İlgili parametre değerlerinin -%40, -%20, +%20 ve +%40 oranlarında değiştiği varsayılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Optimal sonuçlar

Ürün	T_{min} (yıl)	T_{max} (yıl)	T (yıl)	T^* (yıl)	Q_i^* (birim)	$E(TCU(T))$ (\$)
1					829.895	
2	0.4486	2.4960	0.0035	0.4486	515.881	30061.84
3					358.874	

Tablo 3’ten aşağıdaki sonuçlar elde edilir: Optimal çevrim süresi T^* ve birim zamandaki beklenen toplam maliyet $E(TCU(T^*))$, talep miktarı β_i ‘deki değişimlere karşı oldukça fazla duyarlıdır. Talep miktarı azaldığında, çevrim süresi azalırken, toplam maliyet artmaktadır. Talep miktarı β_i , %20 ve %40 oranlarında artırıldığında, Tablo 3’ün altıncı ve yedinci sütunlarında görüldüğü üzere, algoritmanın ilk adımındaki olurluluk şartları ile ilgili koşullar sağlanmaz, bu durumda problem olursuz hale gelir. Bununla birlikte, β_i ‘deki değişimlere karşı T_{min} oldukça duyarlı iken, T_{max} ve T daha az düzeyde duyarlıdır. Üretim hızı α_i deki değişimler, çevrim süresi ve toplam maliyet üzerinde oldukça farklılıklar oluşturmaktadır. Üretim hızı arttığında, çevrim süresi azalırken, toplam maliyetin arttığı görülmektedir. Üretim hızı α_i , %20 ve %40 oranlarında azaltıldığında, algoritmanın ilk adımındaki olurluluk şartları ile ilgili koşulların sağlanmadığı ve sonucunda problemin olursuz hale geldiği görülmektedir. Ayrıca, T_{min} , α_i deki değişimlere karşı oldukça duyarlı iken, T orta düzeyde duyarlıdır, T_{max} ise değişimlerden etkilenmektedir. Birim zamandaki beklenen toplam maliyet $E(TCU(T^*))$, S_i ‘deki değişimlere karşı duyarlı iken, optimal çevrim süresi T^* , üretime hazırlık süresi S_i ‘deki değişimlere karşı oldukça duyarlıdır. Üretime hazırlık süresi arttığında, toplam maliyet artmaktadır. Diğer taraftan, T_{min} , S_i deki değişimlere karşı oldukça duyarlı iken, T_{max} ve T bu değişimlere karşı duyarsız kalmaktadır. Optimal çevrim süresi T^* , karbon emisyon maliyeti C_E^i ve emisyon vergisi maliyeti C_V^i deki değişimlere karşı etkisiz kalmaktadır. Buna karşın, birim zamandaki beklenen toplam maliyet $E(TCU(T^*))$, C_V^i deki değişimlerden etkilenirken, C_E^i deki değişimlerden daha az etkilenmektedir. Ancak, T_{min} , T_{max} ve T, her iki maliyet değerindeki değişimlerden etkilenmemektedir.

Tablo 3. Duyarlılık analizleri

Parametre	Değişim (%)	T_{min}	T_{max}	T	$\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i(1-E(q_i))}$	$\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i E(q_i)}{\alpha_i^2}$	T^*	$E(TCU(T^*))$
β_i	-40	-98.17	+66.67	+40	0.5937	0.5956	-98.17	+53.64
	-20	-96.43	+25	+14.29	0.7916	0.7941	-96.43	-6.72
	+20	-103.86	-16.67	-5.71	1.1874	1.1912		Olursuz çözüm
	+40	-101.89	-28.57	-11.43	1.3852	1.3897		Olursuz çözüm
α_i	-40	-101.16	0	+48.57	1.6491	1.6361		Olursuz çözüm
	-20	-103.14	0	+14.29	1.2368	1.2340		Olursuz çözüm
	+20	-95.63	0	-5.71	0.8246	0.8318	-95.63	-12.93
	+40	-97.39	0	-11.43	0.7068	0.7169	-97.39	+24.62
S_i	-40	-39.99	0	0	0.9895	0.9926	-39.99	-26.58
	-20	-20.00	0	0	0.9895	0.9926	-20.00	-13.50
	+20	+20.00	0	0	0.9895	0.9926	+20.00	+13.71
	+40	+40.00	0	0	0.9895	0.9926	+39.99	+27.53
C_E^i	-40	0	0	0	0.9895	0.9926	0	-0.006
	-20	0	0	0	0.9895	0.9926	0	-0.003
	+20	0	0	0	0.9895	0.9926	0	+0.003
	+40	0	0	0	0.9895	0.9926	0	+0.006
C_V^i	-40	0	0	0	0.9895	0.9926	0	-0.11
	-20	0	0	0	0.9895	0.9926	0	-0.05
	+20	0	0	0	0.9895	0.9926	0	+0.05
	+40	0	0	0	0.9895	0.9926	0	+0.11

4. SONUÇLAR

Günümüzde, kusurlu ürünlerin belirli bir maliyetle yeniden işlenerek kusursuz ürünler haline getirilmelerindeki en büyük etken hiç şüphesiz üretim maliyetlerinin azaltılmasıdır ve sonrasında çevresel faktörler ve yasal zorunlulardır. Bu amaçla, son yıllarda kusurlu ürünlerin yeniden işlenmesi yada tamir edilmesi varsayımları altında bir çok envanter modeli geliştirilmiştir. Diğer taraftan, çevre maliyetlerini, üretim ya da sipariş üzere çalışan envanter sisteminde toplam maliyeti minimum kılacak optimal sipariş veya üretim miktarlarını belirlemede dikkate alan birçok araştırma, akademisyenler ve araştırmacılar tarafından literatüre kazandırılmıştır. Optimal parti hacmini, çevresel maliyetler, kusurlu üretim ve yeniden işleme varsayımları altında belirleyen bu çalışmaların herbirinin bazı avantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada, üretim sırasında bazı kusurlu ürünlerin üretildiği, bu ürünlerin yeniden işlendiği ve eldeki stoğa eklendiği ve ortak çevrim süresi varsayımları altında çevresel maliyetleri dikkate alan yeni bir çok ürünli üretim miktarı modeli geliştirilmiştir. Sınırlı üretim kapasitesi ve sınırlı bütçe kısıtlamaları birlikte düşünülmüştür. Geliştirilen model, sayısal örnekler yardımıyla açıklanmış ve duyarlılık analizleri ile talep hızının, üretim hızının, üretime hazırlık süresinin, emisyon maliyetinin ve emisyon vergisinin optimal sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada konu edinilen problemin, çevre maliyetlerinin modele dahil edilmesi varsayımıyla optimal üretim politikasını belirlemede, işletmelere bir alternatif olması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Battini, D., Persona, A., Sgarbossa, F. (2014), "A sustainable EOQ model: Theoretical formulation and applications", International Journal of Production Economics, 149, pp.145-153.
- [2] Cárdenas-Barrón, L.E. (2009), "Economic production quantity with rework process at a single-stage manufacturing system with planned backorders", Computers & Industrial Engineering, 57, pp.1105–1113.
- [3] Cárdenas-Barrón, L.E., Treviño-Garza, G., Widiana, G.A., Wee, H.-M. (2014), "A constrained multi-products EPQ inventory model with discrete delivery order and lot size", Applied Mathematics and Computation, 230, 359-370.
- [4] Chen, K. K., Wu, M. F., Chiu, S. W., & Lee, C. H. (2012), "Alternative approach for solving replenishment lot size problem with discontinuous issuing policy and rework", Expert Systems with Applications, 39(2), pp.2232-2235.
- [5] Chung, K. J., Ting, P. S., Cárdenas-Barrón, L.E. (2017), "A simple solution procedure for solving the multi-delivery policy into economic production lot size problem with partial rework", Scientia Iranica, 24(5), pp.2640-2644.
- [6] Eilon, S. (1957), "Scheduling for batch production", Institution of Production Engineers Journal, 36, pp.549–570.

- [7] Gallego, G., Moon, I. (1992), "The Effect of Externalizing Setups in the Economic Lot Scheduling Problem", *Operations Research*, 40, pp.614–619 (1992).
- [8] Harris, F.W. (1913), "How Many Parts to Make at Once", *Factory, The Magazine of Management*, 10(2), pp.135-136, 152; Reprinted (1990) *Operations Research*, 38(6), pp.947-950.
- [9] Hayek, P. A. and Salameh, M.K. (2001) "Production lot sizing with the reworking of imperfect quality items produced", *Production Planning & Control*, 12(6), pp. 584-590.
- [10] Jaber, M.Y., Glock, C.H., El Saadany, A.M.A. (2013), "Supply chain coordination with emissions reduction incentives", *International Journal of Production Research*, 51(1), pp.69–82.
- [11] Jamal, A.M.M., Sarker, B.R. and Mondal, S. (2004) "Optimal manufacturing batch size with rework process at a single-stage production system", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 47 No. 1, pp. 77-89.
- [12] Kazemi, N., Abdul-Rashid, S.H., Ghazilla, R.A.R., Shekarian, E., Zaroni, S. (2016), "Economic order quantity models for items with imperfect quality and emission considerations", *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, pp.-1-17.
- [13] Moon, I., Giri, B.C., Choi, K. (2002), "Economic lot scheduling problem with imperfect production processes and setup times", *Journal of the Operational Research Society*, 53, pp.620-629.
- [14] Nabil, A.H., Sedigh, A.H.A., Cárdenas-Barrón, L.E. (2017), "A multiproduct single machine economic production quantity (EPQ) inventory model with discrete delivery order, joint production policy and budget constraints", *Annals of Operations Research*, pp. 1-37, doi: s10479-017-2650-9.
- [15] Porteus, E.L. (1986), 'Optimal lot sizing, process quality improvement and setup cost reduction', *Operations Research*, Vol. 34, pp. 137-144.
- [16] Rosenblatt, M. and Lee, H.L. (1986), 'Economic production cycles with imperfect production processes', *IIE Transactions*, Vol. 18, pp. 48-55.
- [17] Salameh, M.K., Jaber, M.Y. (2000), "Economic production quantity model for items with imperfect quality", *International Journal of Production Economics*, 64, pp.59–64.
- [18] Sarkar, B., Saren, S., Sinha, D., Hur, S. (2015), "Effect of unequal lot sizes, variable setup cost, and carbon emission cost in a supply chain model", *Mathematical Problems in Engineering*, 1-13, doi: 10.1155/2015/469486.
- [19] Taft, E.W. (1918), "The most economical production lot", *Iron Age*, 101, pp.1410–1412.
- [20] Taleizadeh, A.A., Jalali-Naini, S.Gh., Wee, H.-M., Kuo, T.-C. (2013), "An imperfect multi-product production system with rework", *Scientia Iranica*, 20(3), pp.811-823.
- [21] Yıldız, S. (2017), "Sürdürülebilir kalkınma için karbon vergisi", *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, 10 (3), pp.367-384.

BULANIK WASPAS İLE YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Irmak Daldır¹, Ömür Tosun²

¹Akdeniz Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik, Antalya, irmakdaldir@akdeniz.edu.tr

²Akdeniz Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, Antalya, omurtosun@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Tedarikçi seçimi firmalar için kritik öneme sahiptir. En uygun tedarikçinin seçilmesi kalitatif ve kantitatif çok sayıda faktörün bir arada değerlendirilmesini gerektirdiğinden, zor bir süreçtir. Bu sebeple çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirme yapılması problemin yapısına uygun çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada uygun yeşil tedarikçi seçimi yapılmıştır. Problem için öncelikle yeşil tedarikçi değerlendirme kriterleri literatür taramasına göre belirlenmiş, ardından uzman görüşüne başvurularak bulanık analitik hiyerarşi süreci ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve bulanık WASPAS (Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım) yöntemi ile uygun yeşil tedarikçi seçimi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık AHS, Bulanık WASPAS, Yeşil Tedarikçi Seçimi, Yeşil Tedarik Zinciri

ABSTRACT

Supplier selection has critical importance for firms. Selecting the most suitable supplier is a difficult process, since many factors both qualitative and quantitative needed to be evaluated at the same time. For this reason, evaluation with multi-criteria decision making methods offers a suitable solution to the problem's structure. This study's context is also selecting appropriate green supplier. For the problem, firstly the characteristics of the green suppliers were determined according to the literature survey, then the expert opinion was used to determine the criterial weights with the fuzzy analytical hierarchy process and the appropriate green supplier selection with the fuzzy WASPAS (Integrated Weighted Sum and Multiplication) method.

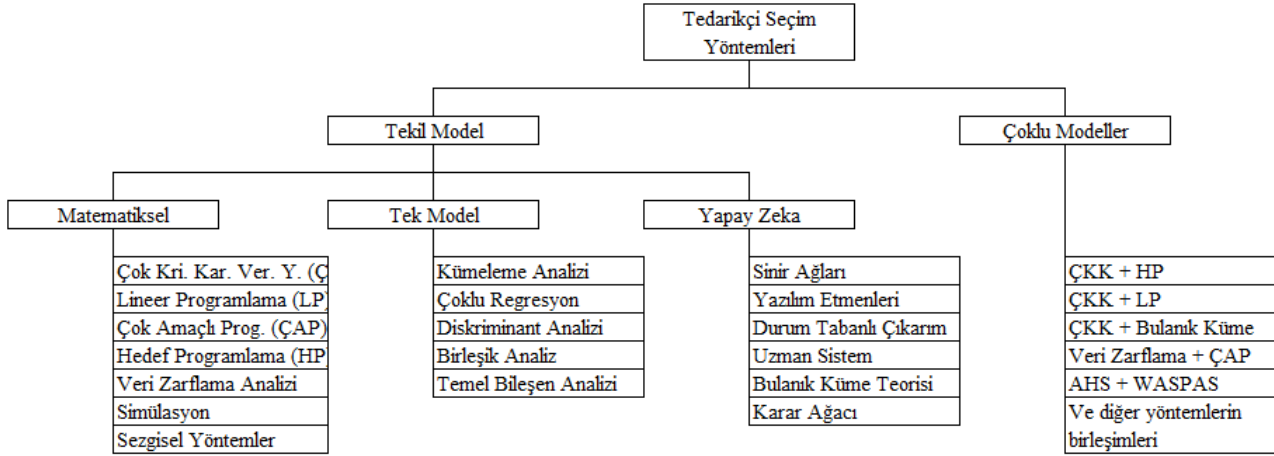
Keywords: F-AHP, F-WASPAS, Green Supplier Selection, Green Supply Chain

1. GİRİŞ

Türk Dil Kurumuna göre çevre kelimesinin ilk anlamı (TDK, 2006): “bir şeyi dört yönü bakımından kuşatan yakın yerler, bir şeyin dolayı” olarak açıklanmıştır. Çevreye duyarlılık anlayışı da etrafımızı sarmaktan da öte, yaşamımızı borçlu olduğumuz dünyamız konusunda daha dikkatli olmaktır. Bu durum insanlığın üzerinde aslında bir yükür, çünkü Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) iklim değişikliğinin insan etkisine bağlı olarak ortaya çıktığını %60 olasılık seviyesinden %90'a yani çok olası seviyesine yükseltmiştir (Shiva, 2014). Bu bilinçle insanların çevre duyarlılığı da artmış ve daha da artması beklenmektedir. İşletme boyutunda düşünüldüğünde, süreçleri esnasında ortaya çıkarmakta oldukları zararlı gazları, su kaynaklarına bırakmakta oldukları kimyasal maddeleri ve katı atıkların olumsuz etkileri konusunda bilinçli olmaları ve bunların azaltılması konusunda önem alınması gerekmektedir. Bu konuda 90'lı yılların son dönemine kadar çevre konusunda pek önem alınmamıştır (Büyükoçkan ve Vardaloğlu, 2008). Olumsuz etkilerin sonuçlarındansa işletmeler rekabet avantajı sağlamak amacıyla üretim maliyetlerini azaltmak, stok düzeylerini optimal seviyede tutmak, iş süreçleri ve çevrim zamanlarını optimize etmek gibi amaçlara öncelik verilmiştir; fakat bu klasik üretim anlayışının daha sürdürülebilir yöntemlerle değiştirilmesi gerekmektedir (Beamon, 1999). Bunun sebebi çevre ile uyumlu bir sistem içinde üretim yapılmadıkça yaşamı tehdit eden problemlerin daha sık karşımıza çıkmasıdır. Çevresel duyarlılık sadece çevreyi düşünme olarak da sınırlandırılmamalıdır. Aynı zamanda yapılan işe değer katma, müşterilerin bu yönde var olan beklentisini karşılama ve yasal yaptırımlara da uyma olarak geniş bir perspektifte değerlendirilmelidir (Srivastava, 2007). Yeşil tedarik zinciri yönetimi anlayışı da bu şartlar altında olgunlaşmıştır. Yeşil satın alma, yeşil üretim yönetimi, yeşil dağıtım ve pazarlama ile tersine lojistik faaliyetlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada yeşil satın alım yapan firmaların tedarikçilerini hangi kriterler ile seçildiğinin araştırması, kriterlerin bulanık analitik hiyerarşi süreci ile önem ağırlıklarının belirlenmesi ardından bulanık bütünleşik ağırlıklı toplam ve çarpım yöntemi (WASPAS) ile uygun yeşil tedarikçinin seçimi yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada literatüre yeni bir yöntem kullanımı ile katkıda bulunulmuştur.

2. YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Rekabetin her geçen gün daha da arttığı günümüz koşullarında, uygun bir tedarikçi ile çalışma firmalar için satın alma fonksiyonu kârlılığının artmasını ve rekabetçi koşullara direnç gösterebilmesini sağlayacak işletme fonksiyonlardan birini oluşturmaktadır. Seçim yapılırken en iyi aranmakta; fakat sözü geçen en iyi her zaman nicel niteliklerce



Şekil 1: Tedarikçi seçim yöntemleri (Chen, 2011)'den uyarlanmıştır

belirlenememekte bazen niteliksel olarak da en iyi aranmaktadır. Bu durum seçim yapabilmeyi güçleştirmektedir. Bilim insanlarının tedarikçi seçimi konusunda kullanmış olduğu yöntemler Şekil 1'de özetlenmiştir (Chen, 2011). Çoklu modelleri farklı kombinasyonlar ile çeşitlendirmek mümkün olmakla birlikte kullanılmakta olan yöntemler ile ilgili genel bir çerçeve vermek amaçlanmıştır.

Yeşil tedarik zincirleri değerlendirildiğinde, satın alma fonksiyonu en önemli faaliyet olarak görülmektedir (Zhu vd., 2007). Bu fonksiyonu doğru yönetebilmek için doğru tedarikçilere ulaşmak önem arz etmektedir. Örneğin; Burger King'in tedarikçileri ile ortaya çıkan haberler şirketin imajını zedelemiştir (Gaia Dergi, 2017). Firmanın kendisinin çevreye zarar veren bir tutumu olmasa da tedarikçilerinin tutumu da kendi imajını etkilemektedir ve yeşil tutum sergilemek isteyen firmaların tedarikçi seçimi bu sebeple daha da önemli olmaktadır. Klasik tedarik zinciri ile yeşil tedarik zincirini farkları nedir sorusu Tablo 1'de cevaplanmaya çalışılmıştır. Sıralama, kriterlerin önem ağırlıkları gözetilerek yapılmıştır. Tablo 2'de ise yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlere ilişkin detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Kullanılan tablo özet niteliğinde olup kriterleri belli başlıklar altında toplamayı amaç edinmiştir. Bahsi geçen kriterlere ek olarak yazında bu kriterlerin alt kriterlerine de yer verilmektedir. Kullanılan alt kriterler ise tablonun altında genel bir çerçevede özetlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 1 : Klasik ve Yeşil Tedarik Zincirlerinin Önem Derecesine Göre Değerlendirme Kriterlerinin Karşılaştırılması
(Lee vd., 2009)

Klasik TZY Anlayışına Göre Tedarikçi Seçim Kriterleri	Yeşil TZY Anlayışına Göre Tedarikçi Seçim Kriterleri
Kalite	Kalite
Finans	Teknolojik Yetkinlik
Organizasyon	Ürün Çevrim Maliyeti
Teknolojik Yetkinlik	Yeşil İmajı
Hizmet	Kirlilik Kontrolü
Ürün Çevrim Maliyeti	Çevre Yönetimi
Yeşil İmajı	Yeşil Ürün
Kirlilik Kontrolü	Yeşil Yetkinlik
Çevre Yönetimi	

Tablo 2 : Literatürde yer alan yeşil tedarikçi seçim kriterleri

Yazar	Kirlilik Kontrolü	Maliyet	Kalite	Çevresel Yönetim	Sevkiyat	Yeşil Yetkinlik	Hizmet	Tedarikçinin Yeşil İmajı	Yeşil Tasarım	Yeşil Ürün	Teknolojik Yeterlik	İş birliği	Finansal Güç	Çevreci Tasarım	Kurumsal So. Sorumluluk	Tersine Lojistik	Risk Faktörü	Tekrar Kullanılabilirlik	Yönetimin İş Birliği
(Noci, 1997)	X	X				X		X				X							
(Humpherys vd., 2003)	X			X		X		X						X					X
(Chiou vd., 2008)		X	X	X	X	X									X		X		
(Lee vd., 2009)	X	X	X	X		X		X		X	X								
(Kuo ve Tien, 2010)		X	X	X	X		X								X				
(Kannan vd., 2013)	X	X	X	X	X		X				X								
(Bali vd., 2013)	X				X		X	X	X	X						X			
(Yazdani, 2014)	X	X	X	X		X			X	X				X		X			
(Dobos ve Vörösmarty, 2014)	X	X	X		X													X	
(Hashemi vd. 2015)	X	X	X									X							
(Hu vd., 2015)	X		X	X	X		X												
(Kuo vd., 2015)	X		X	X					X								X		X
(Freeman ve Chen, 2015)		X	X	X	X	X													
(Denizhan vd., 2017)	X	X	X		X	X	X						X						
(Gupta ve Barua, 2017)	X	X				X		X		X	X	X	X						
(Yu vd., 2018)	X																		

Tedarikçi seçim kriterleri incelendiğinde kirlilik kontrolüne literatürde sıkça yer verildiği görülmektedir. Kirlilik kriteri kullanılırken araştırmacıların bir kısmı konuyu ayrıntılı ele alarak alt kriterler ile değerlendirmiştir. Örneğin katı atıklar, su kirliliği ve hava emisyonları (Noci, 1997) (Lee vd.,2009) (Hu vd., 2015) (Gupta ve Barua, 2017) gibi detaylıca ele alınabilirken; diğer araştırmacılar tek başlık altında kirlilik önleme (Kannan vd., 2013), kirlilik miktarı (Hashemi vd., 2015), atık yönetim sisteminin durumu (Denizhan vd., 2017) gibi genel bir başlıkta değerlendirmeyi tercih etmişlerdir. Diğer bir araştırmada ise dinamik bir çevrede karbon ayak izi bazında tedarikçi seçimi modellenmiştir (Yu vd., 2018). Satın alma işlemlerinde maliyetin de önemi yadsınamaz ve bu sebeple en sık yer verilen kriterlerden birini oluşturmaktadır. Maliyet unsuru toplam ürün çevrim maliyeti yani tedarik edilen ürünlerin maliyetinin yanı sıra ürünlerin imha maliyeti ve çevresel performansı artırmak için yapılan yatırımların aşınma payları olarak değerlendirildiği gibi (Noci, 1997) (Lee vd., 2009), fiyat performans oranı (Kuo ve Tien, 2010), lojistik maliyetler (Kuo ve Tien, 2010) (Kannan vd., 2013), miktara bağlı indirimler (Kannan vd., 2013) (Kannan vd., 2013) alt başlıklarıyla da değerlendirilmiştir. Kalite konusunda bazı çalışmalar da kalite sertifikaları, kalite yönetim yetkinliği, anormal kalite ile baş etme yetkinliği (Lee vd., 2009), hata oranı (Kuo ve Tien, 2010) (Kannan vd., 2013), standartlara uygunluk (Denizhan vd., 2017) gibi alt kriterlerle değerlendirme yapılmıştır. Tek başlıkta kalite (Hashemi vd., 2015) (Hu vd., 2015) olarak da kriter seçimi yapan çalışmalar mevcuttur. Çevresel yönetim konusunda ise çalışmalar incelendiğinde, makale dahilinde belirlenen çevresel kalite yönetim sertifikalarının olup olmaması hususu kriter kabul edilmiştir (Lee

vd., 2009) (Kuo ve Tien, 2010) (Kannan vd., 2013) ayrıca firmanın çevresel taahhüdü, firma içi çevre yönetimi, yeşil operasyonel uygulamalar, planlama ve organizasyonel uygulamalar olarak (Gupta ve Barua, 2017) farklı alt kriterlerle de değerlendirme yapılmıştır. Diğer sık kullanılan kriterler sırası ile sevkiyat, yeşil yetkinlik, hizmet, tedarikçinin yeşil imajı, yeşil tasarım, yeşil ürün, teknolojik yeterlik, iş birliği, finansal güç, çevreci tasarım, kurumsal sosyal sorumluluk, tersine lojistik, risk faktörü, tekrar kullanılabilirlik ve yönetimin iş birliği olduğu görülmüştür. Literatür taramasını göz önünde bulundurarak önerilen yöntemler ile kriter seçimi, önem derecelerinin belirlenmesi ve son olarak uygun yeşil tedarikçi seçimi için hangi kriterlerin kullanımı sorularına cevap verilmiştir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEMLER

3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Kriterlerin önem ağırlıkları belirlenirken bulanık analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi kullanılmıştır. AHS yöntemi çok kriterli karar problemlerinde etkili sonuç vermektedir; fakat bulanık mantık “insan düşünme stilini” daha iyi yansıtabilmektedir (Erdoğan ve Tosun, 2013). Bulanık küme teorisi kesin olarak tanımlanamayan sınırlar dâhilinde olan nitel verilerin; örneğin az, ılık veya uzak gibi dilsel ifadeleri nicel hale getirerek değerlendirilmesine imkân tanımaktadır (Şegnül vd., 2012). Bulanık AHS söz konusu olduğunda literatürde birden fazla yöntem mevcuttur. Bu çalışma kapsamında Chang’ın (Chang, 1996) bulanık AHS yöntemi tercih edilmiştir. Bunun sebebi yöntemin en avantajlı yanı olarak da gösterilen, hesap gereksiniminin daha az olmasıdır. Yöntemde kullanılan bulanık sayılar dilsel değişkenlere karşılık gelen değerlerden elde edilmektedir. Dilsel değişkenlerin bulanık değer karşılıkları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3 : Dilsel değerlerin bulanık önem ağırlıkları

Çok Kötü (ÇK)	(0 0 0,2)
Kötü (K)	(0,1 0,2 0,3)
Biraz Kötü (BK)	(0,2 0,35 0,5)
Orta (ORT)	(0,4 0,5 0,6)
Biraz İyi (Bİ)	(0,5 0,65 0,8)
İyi (İYİ)	(0,7 0,8 0,9)
Çok İyi (Çİ)	(0,8 1,0 1,0)

Chang metodunda $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, bir ölçüt seti $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$, bir amaç seti olarak alınır ve her bir ölçüt ve amaç için merite analizi uygulanır. Her bir ölçüt için m tane merite analizi elde edilir ve aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

Tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri üçgensel, bulanık sayıları temsil etmektedir. Merite analizi ise gösterilen adımlarla tanımlanır.

Adım 1:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değeri m merite analiz değerine (3)’de görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi ile ulaşılır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j \cdot \sum_{j=1}^m m_j \cdot \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

Tüm $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ($i = 1, 2, \dots, n$) değerleri için bulanık toplama işlemi yapılır (4).

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

Son olarak bulanık setin tersini alma işlemi (5)’de gösterildiği şekilde elde edilir.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

Adım 2:

$M_1=(l_1, m_1, u_1) \geq M_2=(l_2, m_2, u_2)$ bulanık sayıların olabirlik derecesi şu şekilde hesaplanır(6):

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (6)$$

Adım 3:

Konveks bulanık bir sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) büyük olmasının olabirlik derecesi şu şekilde hesaplanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \dots (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), \text{ her } i = 1, 2, \dots, k \quad (7)$$

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğu varsayımı ile, her $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için ağırlık vektörü (8) nolu denklemde görüldüğü gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (8)$$

Adım 4:

Normalize edilmiş ağırlık vektörleri ise gösterildiği (9) gibidir. Burada elde edilen W , bulanık olmayan bir sayı, kriterin önem ağırlığıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (9)$$

3.2. Bulanık Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım (F-WASPAS)

WASPAS, iki ayrı metodun bir araya getirilmesinden oluşturulmuş bir yöntemdir. Bahsi geçen yöntemler ağırlıklı toplam ve ağırlıklı çarpım modelleridir. Zavadskas ve arkadaşları tarafından önerilmiştir (Zavadskas, vd., 2012). Bulanık WASPAS yöntemi ise aşağıdaki altı adımla özetlenmiştir.

Adım 1:

Bulanık karar /değerlendirme matrisinin oluşturulmasıdır. Karar matrisinin girdileri \tilde{x}_{ij} i . alternatifin j . kritere göre olan bulanık performans değeri ve \tilde{w}_{ij} de ağırlığıdır. Bulanık değerlerin yanı sıra kriter ve alternatiflerin değerleri ve başlangıç ağırlıkları uzmanlar tarafından belirlenir. Aday alternatiflerin sayısı m , n ise kriterler sayısını göstermektedir.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

Adım 2:

İlk kullanılan tüm \tilde{x}_{ij} değerleri için normalizasyon işlemi yapılır ve normalize karar matrisi oluşturulur. Bu işlem için gereken denklem (11) ise:

$$\tilde{x}_{ij} = \begin{cases} \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max \tilde{x}_{ij}} & \text{eğer fayda kriteri ise} \\ \frac{i}{\min \tilde{x}_{ij}} & \\ \frac{i}{\tilde{x}_{ij}} & \text{eğer maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (11)$$

Adım 3a:

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin (\tilde{X}_q) Ağırlıklı Toplam Modeli (WSM) için hesaplanması:

$$\tilde{X}_q = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; \tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \tilde{w}_j; i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (12)$$

Adım 3b:

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin (\tilde{X}_p) Ağırlıklı Çarpım Modeli (WPM) için hesaplanması:

$$\tilde{X}_p = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1j} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; \tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij}^{\otimes j}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Adım 4:

Modelin optimal değerlerinin ölçülmesi:

Ağırlıklı Toplam Modelinin her alternatifine göre:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}, i = \overline{1, m}. \quad (14)$$

Ağırlıklı Çarpım Modelinin her alternatifine göre:

$$P_i = \prod_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}, i = \overline{1, m}. \quad (15)$$

Her bir alternatif için bulanık performans ölçüm değeri olan \tilde{Q}_i ve \tilde{P}_i denklem 16 ve denklem 17 yardımıyla hesaplanır.

$$Q_i = \frac{1}{3} (Q_{i\alpha} + Q_{i\beta} + Q_{i\gamma}). \quad (16)$$

$$P_i = \frac{1}{3} (P_{i\alpha} + P_{i\beta} + P_{i\gamma}). \quad (17)$$

Adım 5:

Bulanık WASPAS yönteminin bütünleşik fayda fonksiyonu değeri aşağıdaki gibi belirlenebilir

$$K_i = \lambda \sum_{j=1}^m Q_i + (1 - \lambda) \sum_{j=1}^m P_i, \lambda = 0, \dots, 1, \quad 0 \leq K_i \leq 1. \quad (18)$$

λ değeri tüm alternatiflerin Ağırlıklı Toplam Modelinin, Ağırlıklı Çarpım Modeli puanlarına eşit olması gerektiği varsayımına dayanarak belirlenir:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{i=1}^m Q_i + \sum_{i=1}^m P_i} \quad (19)$$

Adım 6:

Alternatifler en yüksek K_i değerine sahip olan en iyi olacak şekilde büyükten küçüğe sıralanır.

4. UYGULAMA VE BULGULAR

Yapılan literatür araştırması sonucunda Tablo 2 ve devamında belirtilen alt kriterler de göz önüne alınarak ortaya çıkan kriterler Delfi metodu ile seçilmiştir. Delfi metodu uygulamasında kriterlere ilişkin görüşler ilk tur için uygulamanın yapılacağı firmadan uzman kişilerce kapalı metot ile değerlendirilmesi istenmiştir. Adından genel bir geri bildirim yapılmıştır. İkinci turda ise belirlenmiş olan ağırlıklar ile birlikte toplantı yapılmış ve aşağıda listelenmiş olan kriterler belirlenmiştir:

- Kaynak Kullanımı ve Yeşil Yeterlik
 - Yeşil depolama (C1)
 - Yeşil geri dönüşüm (C2)
 - Yeşil üretim kapasitesi (C3)
 - Yeşil ambalaj (C4)
 - Kaynak tüketimi (C5)
 - Kirlilik kontrolü (C6)
- Ekonomik Kriter
 - Lojistik maliyetler (C7)
 - Ürün maliyeti (C8)
 - Teslim süresi (C9)
- Kalite
 - Hata oranı (C10)
 - Garanti ve hak politikaları (C11)
 - Çevresel yetkinlikler ve belgeleri (EUP, ODC, RoHS, ISO 14001, WEEE, vb.) (C12)

Seçilen kriterler iki uzman görüşüne başvurularak Bulanık AHS için ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Yapılan ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 4'te iki uzmanın (KV-1 ve KV-2) görüşleri birlikte olacak şekilde gösterilmiştir. Bu tablo oluşturulurken Tablo 3'de gösterilmiş olan dilsel değişken karşılıkların kısaltmaları kullanılmıştır. Hesaplamalarda ise dilsel değerlerin bulanık karşılıklarına başvurulmuştur.

Tablo 4 : Karar vericilerin belirlenen kriterleri ikili karşılaştırmaları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12												
	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2												
C1	-	-	İYİ	BK	İYİ	BK	ORT	BK	ORT	İYİ	Çİ	ORT	İYİ	Bİ	ORT	ORT	ORT	Çİ	ORT	Çİ	ORT	Çİ	KÖ	
C2		-	-	BK	KÖ	ORT	İYİ	İYİ	İYİ	Bİ	Çİ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	ORT	İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	Çİ	Çİ
C3				-	-	ORT	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İYİ	Çİ	İYİ	Çİ	İYİ	ORT	Bİ	ORT	İYİ	İYİ	İYİ	Çİ	İYİ	
C4						-	-	ORT	ORT	Çİ	Çİ	ORT	Çİ	ORT	Çİ	ORT	ORT	Bİ	ORT	İYİ	Çİ	Çİ	Çİ	
C5								-	-	Çİ	ORT	ORT	Çİ	Çİ	İYİ	Bİ	İYİ	Çİ	İYİ	Çİ	İYİ	Çİ	KÖ	
C6										-	-	BK	İYİ	Çİ	Bİ	Bİ	İYİ	Bİ	İYİ	Çİ	İYİ	Çİ	Çİ	
C7												-	-	Çİ	Çİ	Çİ	İYİ	Çİ	İYİ	Çİ	İYİ	OR	KÖ	
C8														-	-	Çİ	Bİ	İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	KÖ	
C9																-	-	Çİ	İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	KÖ	
C10																		-	-	İYİ	ORT	İYİ	KÖ	
C11																				-	-	İYİ	KÖ	
C12																						-	-	

Tablo 5 bulanık AHS yönteminde bahsi geçen 1. adım sonucunda elde edilen sonuçların her iki karar verici için hesaplanmış değerleridir.

Tablo 5: Birinci adımın nihai sonucu olan sentetik değerlerin hesaplanması aşamasında ulaşılan sonuçlar

Uzm1	l	m	u	Uzm2	l	m	u
S1	0,044	0,062	0,077	S1	0,0210	0,0361	0,053
S2	0,043	0,061	0,079	S2	0,0346	0,0601	0,094
S3	0,056	0,081	0,115	S3	0,0496	0,0916	0,162
S4	0,057	0,081	0,109	S4	0,0382	0,0644	0,101
S5	0,062	0,087	0,112	S5	0,0377	0,0603	0,086
S6	0,052	0,069	0,092	S6	0,0510	0,0861	0,151
S7	0,073	0,106	0,152	S7	0,0418	0,0662	0,096
S8	0,066	0,089	0,122	S8	0,0422	0,0667	0,098
S9	0,073	0,100	0,140	S9	0,0536	0,0874	0,130
S10	0,068	0,089	0,124	S10	0,0513	0,0826	0,120
S11	0,067	0,084	0,114	S11	0,0510	0,0799	0,116
S12	0,072	0,092	0,129	S12	0,1108	0,2187	0,509

Tablo 6'da ise bulanık sayıların olabirlik değeri öncelikle adım 2'ye göre hesaplanmış ardından adım 3'e göre değerlendirilmiştir. En sütunun en küçük değeri "Min" ile isimlendirilmiş satırda gösterilmiştir. Norm satırında ise adım 4'de gösterilen normalizasyon ile bulanık AHS çıktısı elde edilmiştir.

Tablo 6: Bulanık sayıların olabilirlik değeri adım 2,3 ve 4 sonuçları

Uzm1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Min	0,07	0,12	0,62	0,58	0,67	0,34	1,00	0,74	0,92	0,75	0,65	0,80
Norm	0,010	0,016	0,086	0,080	0,092	0,046	0,138	0,102	0,127	0,103	0,090	0,111
Uzm2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Min	0,000	0,000	0,286	0,000	0,000	0,234	0,000	0,000	0,125	0,064	0,037	1,000
Norm	0,000	0,000	0,168	0,000	0,000	0,138	0,000	0,000	0,074	0,038	0,021	0,561

Tablo 7’de karar vericilerin ilgili kriterlere ilişkin görüşleri Bulanık AHS sonucuna göre verilmiştir ve kriterlerin bulanık ağırlıkları Turskis vd. (2015) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir.

Tablo 7: Karar vericilerden elde edilen değerler ve bulanık ağırlıkları

		Karar Vericiler			W	
		KV-1	KV-2	l	m	u
C1	Yeşil depolama	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010
C2	Yeşil geri dönüşüm	0,016	0,000	0,000	0,000	0,016
C3	Yeşil üretim kapasitesi	0,086	0,168	0,086	0,120	0,168
C4	Yeşil ambalaj	0,080	0,000	0,000	0,000	0,080
C5	Kaynak tüketimi	0,092	0,000	0,000	0,000	0,092
C6	Kirlilik kontrolü	0,046	0,138	0,046	0,080	0,138
C7	Lojistik maliyetler	0,138	0,000	0,000	0,000	0,138
C8	Ürün maliyeti	0,102	0,000	0,000	0,000	0,102
C9	Teslim süresi	0,127	0,074	0,074	0,097	0,127
C10	Hata oranı	0,103	0,038	0,038	0,062	0,103
C11	Garanti ve hak pol.	0,090	0,021	0,022	0,044	0,090
C12	Çevresel yet. ve belg.	0,111	0,561	0,111	0,249	0,561

Ardından uygulamanın yapıldığı üretim firmasından aynı malzemeleri tedarik ettiği üç ana tedarikçisini (alt1, alt2, alt3) belirlenen kriterlere göre dilsel değişkenlere göre değerlendirmesi istenmiştir ve sonuçlar Tablo 8 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 8: Tedarikçilerin Değerlendirme Sonuçları

Kriter	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Alt1	Biraz iyi	Orta	İyi	Orta	Biraz iyi	Biraz kötü	Orta	Biraz iyi	Biraz kötü	Biraz iyi	Biraz iyi	İyi
Alt2	Biraz iyi	Biraz iyi	Orta	Orta	Biraz iyi	İyi	İyi	İyi	Biraz iyi	İyi	Biraz iyi	Biraz iyi
Alt3	İyi	Biraz iyi	Orta	Orta	Biraz iyi	Biraz iyi	Çok iyi	İyi	Biraz iyi	İyi	Orta	Biraz iyi

Ardından başlangıç karar matrisi Denklem (10)’da gösterildiği gibi hazırlanmıştır, ilgili değerler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Başlangıç Karar Matrisi

		c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12
Alt1	l	5	4	7	4	5	2	4	5	2	5	5	7
	m	6,5	5	8	5	6,5	3,5	5	6,5	3,5	6,5	6,5	8
	u	8	6	9	6	8	5	6	8	5	8	8	9
Alt2	l	5	5	4	4	5	7	7	7	5	7	5	5
	m	6,5	6,5	5	5	6,5	8	8	8	6,5	8	6,5	6,5
	u	8	8	6	6	8	9	9	9	8	9	8	8
Alt3	l	7	5	4	4	5	5	8	7	5	7	4	5
	m	8	6,5	5	5	6,5	6,5	10	8	6,5	8	5	6,5
	u	9	8	6	6	8	8	10	9	8	9	6	8

Normalize karar tablosu, fayda kriteri veya maliyet kriteri olması durumuna göre Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Normalize Karar Tablosu

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Alt1	l	0,556	0,500	0,778	0,667	1,000	0,222	1,000	1,000	1,000	1,000	0,625	0,778
	m	0,722	0,625	0,889	0,833	0,769	0,389	0,800	0,769	0,571	0,769	0,813	0,889
	u	0,889	0,750	1,000	1,000	0,625	0,556	0,667	0,625	0,400	0,625	1,000	1,000
Alt2	l	0,556	0,625	0,444	0,667	1,000	0,778	0,571	0,714	0,400	0,714	0,625	0,556
	m	0,722	0,813	0,556	0,833	0,769	0,889	0,500	0,625	0,308	0,625	0,813	0,722
	u	0,889	1,000	0,667	1,000	0,625	1,000	0,444	0,556	0,250	0,556	1,000	0,889
Alt3	l	0,778	0,625	0,444	0,667	1,000	0,556	0,500	0,714	0,400	0,714	0,500	0,556
	m	0,889	0,813	0,556	0,833	0,769	0,722	0,400	0,625	0,308	0,625	0,625	0,722
	u	1,000	1,000	0,667	1,000	0,625	0,889	0,400	0,556	0,250	0,556	0,750	0,889

Ardından Tablo 3 ile belirlenen ağırlık değerlerine göre Ağırlıklı Toplam Matrisi Tablo 11'de ve Ağırlıklı Çarpım Matrisi Tablo 12'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 11: Ağırlıklı Toplam Matrisi

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Toplam	Q(i)
Alt1	l	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,04	0,01	0,09	0,29	0,70
	m	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,05	0,04	0,22	0,50	
	u	0,01	0,01	0,17	0,08	0,06	0,08	0,09	0,06	0,05	0,06	0,09	0,56	1,32	
Alt2	l	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,06	0,21	0,61
	m	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,03	0,04	0,04	0,18	0,42	
	u	0,01	0,02	0,11	0,08	0,06	0,14	0,06	0,06	0,03	0,06	0,09	0,50	1,21	
Alt3	l	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,06	0,19	0,59
	m	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,18	0,40	
	u	0,01	0,02	0,11	0,08	0,06	0,12	0,06	0,06	0,03	0,06	0,07	0,50	1,16	
Toplam														1,90	

Tablo 12: Ağırlıklı Çarpım Matrisi

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Çarpım	Q(P)
Alt1	l	0,99	0,99	0,96	0,97	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,87	0,62	0,78
	m	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,95	0,98	0,99	0,97	0,82	
	u	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,93	0,98	1,00	1,00	0,89	
Alt2	l	0,99	0,99	0,87	0,97	1,00	0,97	0,93	0,97	0,89	0,97	0,96	0,72	0,43	0,67
	m	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,89	0,97	0,99	0,92	0,73	
	u	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,98	1,00	0,99	0,84	
Alt3	l	1,00	0,99	0,87	0,97	1,00	0,92	0,91	0,97	0,89	0,97	0,94	0,72	0,39	0,65
	m	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,89	0,97	0,98	0,92	0,71	
	u	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,90	0,98	0,99	0,99	0,83	
Toplam														2,09	

Denklem (19)'a göre hesaplanan λ değeri 0,523 olarak bulunmuştur. Buna göre yapılan sıralama da Alternatif 1 en yüksek değeri alarak 0,74 ile en yüksek sıralama puanını almıştır. Ardından Alternatif 2 (0,64) ve Alternatif 3 (0,61) olarak sıralama değerleri belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rekabetçi ortamda firmaların farklılık yaratarak ön plana çıkma ihtiyacı, son yıllarda ülkelerin çevre konusunda artan yasal düzenlemelere uymalarını sağlama ve yapılan işe değer katma gibi çeşitli etkenler sebebi ile yeşil uygulamalar giderek yaygın kazanmaktadır. Bu uygulamalardan biri olan yeşil tedarikçi ile çalışma kimi çalışmalara göre en önemli adım olarak görülmektedir. Seçim aşamasında birçok farklı kriterin bir arada değerlendirilmesi gerektiğinden çok kriterli karar verme yöntemleri yapısı gereği bu ihtiyaca kolaylıkla karşılık verebilmektedir. Bulanık mantık ise daha doğru karar verebilme ve daha insan gibi düşünebilme özellikleri ile daha titiz seçimler yapabilmeye olanak sağlamaktadır, aynı zamanda karar vericilerin önyargılı ve taraflı yaklaşımlarını kaldırmayı da hedeflemektedir. Bu sebeple uygulama da iki aşamalı olarak öncelikle Bulanık AHS ardından Bulanık WASPAS yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Bulanık AHS sonucunda göre birinci karar vericiye göre en daha önemli bulunan kriterler lojistik maliyetler, teslim süresi ve hata oranı olarak belirlenmişken, ikinci karar vericiye göre çevresel yetkinlik belgeleri, yeşil üretim kapasitesi ve kirlilik kontrolü olarak belirlenmiştir. Yöntemlerin esnekliği ile iki karar vericinin görüşü de bulanık WASPAS yöntemine girdi olarak kullanılabilmiştir. Üretim firmasının benzer ürünleri tedarik etmekte olduğu üç firma AHS ile belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiş, aralarında bir sıralama yapılmıştır ve sonuç olarak birinci alternatif olan tedarikçinin seçilmesi uygun bulunmuştur. Gelecek çalışmalarda ise konu farklı yöntemler ile çalışılıp farklılık olup olmadığı gözlemlenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Bali, O., Kose, E., ve Gumus, S. (2013). "Green Supplier Selection Based on IFS And GRA. Grey Systems", Theory and Application, 3(2), pp. 158-176.
- [2] Beamon, B. M. (1999). "Designing The Green Supply Chain". Logistics Information Management, 12(4), pp. 332-342.
- [3] Büyüközkan, G., ve Vardaloğlu, Z. (2008). "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi". Lojistik Dergisi(8), pp. 66-73.
- [4] Chang, D. Y. (1996). "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", European journal of operational research, 95(3), pp. 649-655.
- [5] Chen, Y. J. (2011). "Structured Methodology For Supplier Selection And Evaluation in a Supply Chain". Information Sciences, 181(9), pp. 1651-1670.
- [6] Chiou, C. Y., Hsu, C. W., ve Hwang, W. Y. (2008). "Comparative Investigation On Green Supplier Selection Of The American, Japanese And Taiwanese Electronics Industry in China", Industrial Engineering and Engineering Management, pp. 1909-1914.
- [7] Denizhan, B., Yalçın, A. Y., ve Berber, Ş. (2017). "Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması", Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, ss. 63-78.

- [8] Dobos, I., ve Vörösmarty, G. (2014). "Green Supplier Selection And Evaluation Using DEA-Type Composite Indicators", *Int. J. Production Economics*, 157, pp. 273-278.
- [9] Erdoğan, H. A., ve Tosun, Ö. (2013). "An Integrated Fuzzy AHP – Fuzzy TOPSIS Approach For AS/RS". *International Journal of Productivity and Quality Management*, 11(2), pp. 228-245.
- [10] Freeman, J., ve Chen, T. (2015). "Green Supplier Selection Using An AHP-Entropy-TOPSIS Framework". *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(3), pp. 327-340.
- [11] URL1 Gaia Dergi. (2017, Mart 08). "Burger King, Et Üretimi İçin Amazon Ormanlarını Yakıyor". <https://gaiadergi.com>: <https://gaiadergi.com/burger-king-et-uretimi-icin-amazon-ormanlarini-yakiyor/>, 11.02.2018
- [12] Gupta, H., ve Barua, M. K. (2017). "Supplier Selection Among Smes On The Basis Of Their Green İnnovation Ability Using BWM And Fuzzy TOPSIS". *Journal of Cleaner Production*, 152, pp. 242-258.
- [13] Hashemi, S. H., Karimi, A., ve Tavana, M. (2015). "An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis", *Int. J. Production Economics*, 159, pp. 178-191.
- [14] Hu, Z., Rao, C., Zheng, Y., ve Huang, D. (2015). "Optimization Decision of Supplier Selection in Green Procurement under the Mode of Low Carbon Economy", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(3), pp. 407-421.
- [15] Humpherys, P. K., Wong, Y. K., ve Chan, F. T. (2003). "Integrating environmental criteria into the supplier selection process", *Journal of Materials Processing Technology*, pp. 349-356.
- [16] Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., ve Diabat, A. (2013). "Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain", *Journal of Cleaner Production*, 47, pp. 355-367.
- [17] Kuo, C., Hsu, C.-W., ve Li, J.-Y. (2015). "Developing a Green Supplier Selection Model by Using the DANP with VIKOR". *Sustainability*, 7(2), pp 1661-1689.
- [18] Kuo, R. J., ve Tien, F. C. (2010). "Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection". *Journal of cleaner production*, 18(12), pp. 1161-1170.
- [19] Lee, A. H., Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., ve Hung, H.-C. (2009). "A green supplier selection model for high-tech industry". *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 7919-7927.
- [20] Noci, G. (1997). "Designing 'green' vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance", *European Journal of Purchasing ve Supply Management*, 3(2), pp. 103-114.
- [21] Shiva, V. (2014). *Petrol Değil Toprak*. İstanbul: Sinek Sekiz.
- [22] Srivastava, S. K. (2007). "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review", *International Journal of Management Reviews*, 9(1), pp. 53-80.
- [23] Şegnül, Ü., Miraç, E., ve Shiraz, S. E. (2012). "Bulanık Ahp İle Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40, ss. 143-165.
- [24] URL2, TDK. (2006, Eylül 26). "Güncel Türkçe Sözlük". 2018 tarihinde T.C. Başbakanlık Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Dil Kurumu: www.tdk.gov.tr adresinden alındı
- [25] Turskis, Z., Zavadskas, E. K., Antucheviene, J., ve Kosareva, N. (2015). "A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection", *International Journal of Computers communications ve control*, 10(6), pp. 113-128.
- [26] Yazdani, M. (2014). "An integrated MCDM approach to green supplier selection". *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5, pp. 443-458.
- [27] Yu, F., Yang, Y., ve Chang, D. (2018). "Carbon Footprint Based Green Supplier Selection Under Dynamic Environment", *Journal of Cleaner Production*, 170, pp. 880-889.
- [28] Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviene, J., ve Zakarevicius, A. (2012). "Optimization of weighted aggregated sum product assessment", *Electronics and Electrical Engineering = Elektronika ir Elektrotechnika*, 122(6), pp. 3-6.
- [29] Zhu, Q., Sarkis, J., ve Lai, K.-h. (2007). "Initiatives and outcomes of green supply chain management implementation by Chinese manufacturers", *Journal of environmental management*, 85(1), pp. 179-189.

ÜRETİM LOJİSTİĞİ SÜREÇLERİNİN SETLEME ESASLI TASARIMI

Eda Sol¹, Mehmet Bülent Durmuşoğlu², Emre Çevikcan³

¹ Ingenico Epayments, Amsterdam, edasol@gmail.com

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, durmusoglum@itu.edu.tr

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, cevickan@itu.edu.tr

ÖZET

Toyota Üretim Sistemi'ni temel alan yalın üretim, üretimdeki israfları yok ederek, verimliliğin artırılmasını esas almıştır. Yalın üretimin lojistik boyutunu gösteren yalın lojistikte de odak noktası lojistik süreçlerde ortaya çıkan katma değer yaratmayan faaliyetlerin yok edilerek istenilen parçanın, istenilen miktarda doğru şekilde istenilen yerde bulundurulmasını sağlamaktır. Bu çalışmada yalın lojistiğin bir parçası olan set şeklinde teslimat kavramı ele alınmıştır. Bu araştırmanın amacı set şeklinde sevkiyat ile hat kenarı besleme yöntemlerinin karşılaştırılması ve set şeklinde sevkiyat sisteminin tüm süreçlerini içine alan bir set süreç yönetim metodu geliştirmektir. Geliştirilen yöntem mevcut durumda hat kenarına besleme yapan bir aydınlatma firmasında uygulanmıştır. Çalışma sırasında parçaların depolanması, montaj hattına teslim edilmesi gibi lojistik faaliyetler incelenmiş katma değer yaratmayan faaliyetler önemli ölçüde azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Lojistiği, Yalın Lojistik, Setleme

KITTING ORIENTED DESIGN OF PRODUCTION LOGISTIC PROCESSES

ABSTRACT

Lean production, based on Toyota Production System, is focused on improving productivity with the elimination of non value adding activities. As lean production, lean logistics is also focused on the elimination of non value adding activities in logistics operations and providing the right product, in the right quantities at the right place in time. In this study, kit delivery which is a part of lean logistics is discussed. The aim of the paper is the comparison between kit delivery and line stocking and developing a methodology which includes all the operations beginning from the decision of kit delivery and delivering the product to the customer. Developed methodology is applied on a real life system from enlightenment industry which uses line stocking currently. During the application, logistics operations like warehousing of material, delivery of them to assembly line are analyzed and non value adding activities are reduced significantly.

Keywords: Production Logistics, Lean Logistics, Kitting

1. GİRİŞ

Parçaların ve/veya yarı monteli alt montaj parçalarının yalnızca ihtiyaç miktarı kadar ve özel olarak tasarlanmış kaplarda hattaki kullanım noktalarına teslim ederek gerçekleştirilen hat besleme şekli “set şeklinde teslimat” olarak adlandırılmaktadır. Belirli bir ürünü ya da üretim siparişini oluşturulan parçaların veya yarı monteli parçaların bir araya getirilerek kondukları özel tasarımı kutuya ”set” denilmektedir. Ronen (1991) tamamlanmış set kavramını belirli bir montajı, alt montajı veya belirli bir süreci tamamlamak için gerekli parçalar, teknik çizimler, dokümanlar ve bilgi kümesi olarak tanımlamıştır. Choobineh ve Mohebbi (2004) ise seti, bir ürünü üretmek veya bir prosedürü tamamlamak için gerekli parçaların ve/veya kullanılan ekipmanların derlemesi olarak tanımlamıştır.

Set ile hat besleme yönteminde, her parça numarasının (stok numarasının) ayrı kutularda hat kenarına teslim edilmesi ve parça kasalarında sunulmasının yerine parçaların daha önceden sınıflandırılmış kaplarda montaj süreçlerine teslim edilmesi ve sunulması yer alır. Her kap bir montaj objesi için gerekli parçaları içerir. Her set genellikle el arabası, kutu, set arabası gibi bir çeşit taşıyıcı içerisinde hatta sunulur.

Seller ve Nof (1986) set kavramını fabrika içerisindeki operasyonlar arasındaki transfer işlemleri ile birlikte tek bir montajı veya alt montajı oluşturan çeşitli parçaların standartlaştırılmış bir kap içerisinde gruplanması olarak tanımlamışlardır. Setlerin montajı kolaylaştırarak şekilde oluşturulması çok önemlidir. Bu nedenle operatörün parçaları ve/veya yarı monteli parçaları setler içerisinde olabildiğince kolay bir şekilde ve parçaya hasar vermeden alabilecek şekilde ve montaj sırası göz önüne alınarak parçalar sete yerleştirilmelidir. Bunun yanı sıra set içerisine konan parçaların birbirlerinden ayrılabilme özelliği de dikkate alınmalıdır. Böylece montaj sırasında oluşabilecek hatalar önlenmiş olur.

Bir diğer yandan, set şeklinde teslimat sistemi esnekliği artırır. Montaj hattına sadece set kapları taşındığı ve sistem içerisinde sadece set kapları rotalandığı için sistemde yapılan mühendislik değişikliklerine daha kısa sürede cevap verilebilir. Ürünler arası değişim daha kolay gerçekleştirilir. Farklı ürünlere ait parça kasalarının hat kenarı raflara taşınması ve işlem bittikten sonra artan parçaların depoya götürülmesi hem taşıma sayılarını artırmakta hem de sistemin esnekliğini azaltmaktadır (Sellers and Nof, 1989). Set şeklinde teslimat yönteminin özellikle yüksek hacimli ve talep değişkenliğinin fazla olduğu sistemlerde hazırlık süresinin hattan depoya aktarılması yolu ile hattın dengelenmesine yardımcı olmaktadır (Jiao vd., 2000).

Setlerin ilk seferde doğru şekilde oluşturulması set şeklinde teslimat sisteminin verimli çalışabilmesi için en önemli etkidir. Setlerin hatasız oluşturulabilmesi için siparişi toplayan operatörün deneyimli montaj operatörleri arasından seçilmesi ve gerekirse eğitilmesi gerekir. Çünkü montaj operatörü parçaları daha iyi tanıdığı için hem siparişi daha hızlı toplar hem hata yapma oranı azalır. Ayrıca, setlerin tam zamanında hatta teslim edilebilmesi için parçaların temin sürelerindeki değişkenlik önlenmelidir. Diğer bir deyişle, parçaların istenilen zamanda ve istenilen miktarda set hazırlama alanında bulunması gerekir ve bu ancak güçlü tedarikçi ilişkileri ile sağlanır. Set içerisine konacak parçaların seçimi ve miktarı önemlidir. Günümüzde firmalar montaj düzeylerini azaltmayı amaçlamaktadır. Montaj düzeyini azaltmak demek yarı monteli parça sayısını azaltmak demektir. Diğer bir deyişle, montaj düzeyi ile set büyüklüğü ters orantılıdır. Ayrıca setlerin izlenebilirliği için depo/set hazırlama alanı ile montaj hattı arasında güçlü bir bilgi akış sisteminin olması gerekir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, bu çalışmanın amacı setleme esaslı bir metodoloji geliştirerek üretim lojistiği süreçlerinin etkin bir şekilde planlanması ve kontrolünü sağlamaktır. Geliştirilen metodoloji, aydınlatma endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmada uygulanarak sağladığı katkı ifade edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde geliştirilen metodoloji anlatılmıştır. Dördüncü bölümde uygulama yer almakta olup, beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler aktarılmıştır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Son yıllarda set şeklinde teslimat özellikle manüel montaj sistemlerinde endüstrinin büyük ilgisini çekmiş ve pek çok çalışma yapılmıştır (Hua ve Johnson, 2010; Sol, 2010; Faccio, 2014; Caputo vd., 2016). Carlson vd. (1994) küçük partiler ile üretim yapan baskı devre ana kart montaj hatları için set halinde teslimat sistemlerinin ürün kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Seller ve Nof (1989) robotik set oluşturma sistemleri ile manüel set oluşturma sistemlerini karşılaştırmışlar ve robotik set oluşturma sistemlerinin daha esnek ve daha doğru sipariş topladığını ancak daha karmaşık olduğunu vurgulamışlardır. Günther vd. (1996) set oluşturma süreçlerinin yarı otomatik baskı devre kartı montaj hatlarındaki işleyişini incelemişlerdir. Loveland vd. (2007) ürün çeşitliliğinin ve talep değişkenliğinin fazla olduğu montaj hatlarında ürünlerin hatlar arası talep dengesini sağlayacak şekilde paralel set oluşturma hatlarına atanmasını ve bu hatlara atanan ürün aile parçalarının set oluşturma hatlarındaki bölmelere atanmasını ve çizelgelenmesini içeren üç aşamalı bir yöntem geliştirmişlerdir. Bozer ve McGinnes (1992) hat kenarına besleme ile set oluşturma sistemleri arasında ara stok, depo ve hat kenarı alan gereksinimi, malzeme/parça/kasa taşımaları açısından karşılaştırarak erken aşamada karar vermeyi sağlayacak kavramsal model geliştirmişlerdir. Choobineh ve Mohebbi (2004) tarafından parça temin sürelerinin ve talebin belirsiz olduğu koşullar altında setler arası parça paylaşımına izin vererek set bulunurluğunu (sistemin gerekli setleri zamanında hazırlayabilme kabiliyetini) artıran ve böylece envanter maliyetini düşüren bir malzeme planlama yöntemi geliştirmişlerdir. Ramachandran ve Delen (2005) rastsal varışlar ve rastsal işlem süreleri içeren küçük partili ürün çeşitliliğinin fazla olduğu stokastik sistemleri sonsuz parça güvenlik stoku varsayımı altında incelemişlerdir. Carlsson ve Hensvold (2008) hat kenarı depolama alanı, set hazırlama alanı, operatör yürüme ve parçayı alma süresi, hat kenarı stok değeri, kasa taşımaları, set hazırlama süresi, günlük hat kenarı ve depo ikmal sayısı için matematiksel ifadeler geliştirerek hat kenarı teslimat ile set halinde teslimat sistemlerini karşılaştırmışlardır. Ramakrishnan ve Krishnamurthy (2008) kuyruk modellerinden faydalanarak rastsal parça varışları ve rastsal temin sürelerinin, oluşturulan set miktarına, set hazırlama hattındaki ortalama kuyruk uzunluğuna ve zamanında hazırlanamayan set miktarına etkisini inceleyen stokastik set oluşturma modeli kurarak analitik yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Kilic ve Durmusoglu (2012) setleme faktörlerinin optimum değerlerini belirleyen bir matematiksel programlama sistematığı sunmuşlardır.

Limere vd. (2015) hat kenarı ve setleme teknikleri arasındaki seçimi sağlayan ve operatör yürüme mesafelerini de dikkate alan bir karar modeli sunmuşlardır. Hua ve Zhou (2008) ve Karadayı vd. (2017) ise aynı set içerisinde yer alacak parçaların belirlenmesinde kümeleme yöntemi kullanmışlardır.

Literatürde set halinde teslimat sistemlerini vakalar yardımı ile inceleyen pek çok çalışma yer almaktadır (Hanson ve Brolin, 2013; Sali vd., 2015). Medbo (2002) paralel akışlı uzun çevrim süreli montaj hatlarında set şeklinde teslimatın fonksiyonelliğini operatörün malzeme taşıması ve montajı kolaylaştırması açısından incelemiştir. Hua ve Johnson (2008) elektronik montaj firmasında set halinde teslimat sistemi ile hat kenarına besleme sistemi arasında seçim yapmayı etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Çorakçı (2008) yalın üretim sistemlerinde set halinde teslimat uygulamalarını incelemiştir. Firmaların set halinde teslimat sistemlerini uygulama amaçlarını, hat kenarındaki alan gereksinimini ve malzeme taşımalarını azaltmak, kalite problemlerini çözmek, esnekliği ve öğrenme kolaylığını artırmak olarak gruplamışlardır. Gecü (2008) otomotiv sektöründe kit halinde teslimat sistemini uygulamıştır. Montaj operatörü için parçaya yürüme, parça seçimi ve karar verme süreçleri ortadan kaldırılarak operatörün sadece montaj işi ile ilgilenmesi sağlanmıştır.

Yapılan literatür incelemesi incelendiğinde, set oluşturma süreçlerinin tasarımı ve değerlendirilmesi, set halinde teslimat sistemlerinin performans analizi ve bu sistemlerinin diğer hat besleme yöntemleri ile karşılaştırılması üzerine pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen parçaların ve ürün ailelerinin setlere atanması, parça kümelerinin oluşturulması konusuna yeterli çalışma yer almamaktadır. Yapılan çalışma da ilgili literatüre bu yönde katma değer sağlayacaktır.

3. GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ

Geliştirilen yaklaşım, set şeklinde teslimat sistemini uygula/uygulama kararından başlayıp setlerin hatta sevkiyatına kadarki tüm basamaklarda alınan kararları içermektedir. Oluşturulan set süreç tasarımının adımları, Şekil 1'de bulunan iş akışında gösterilmiştir.

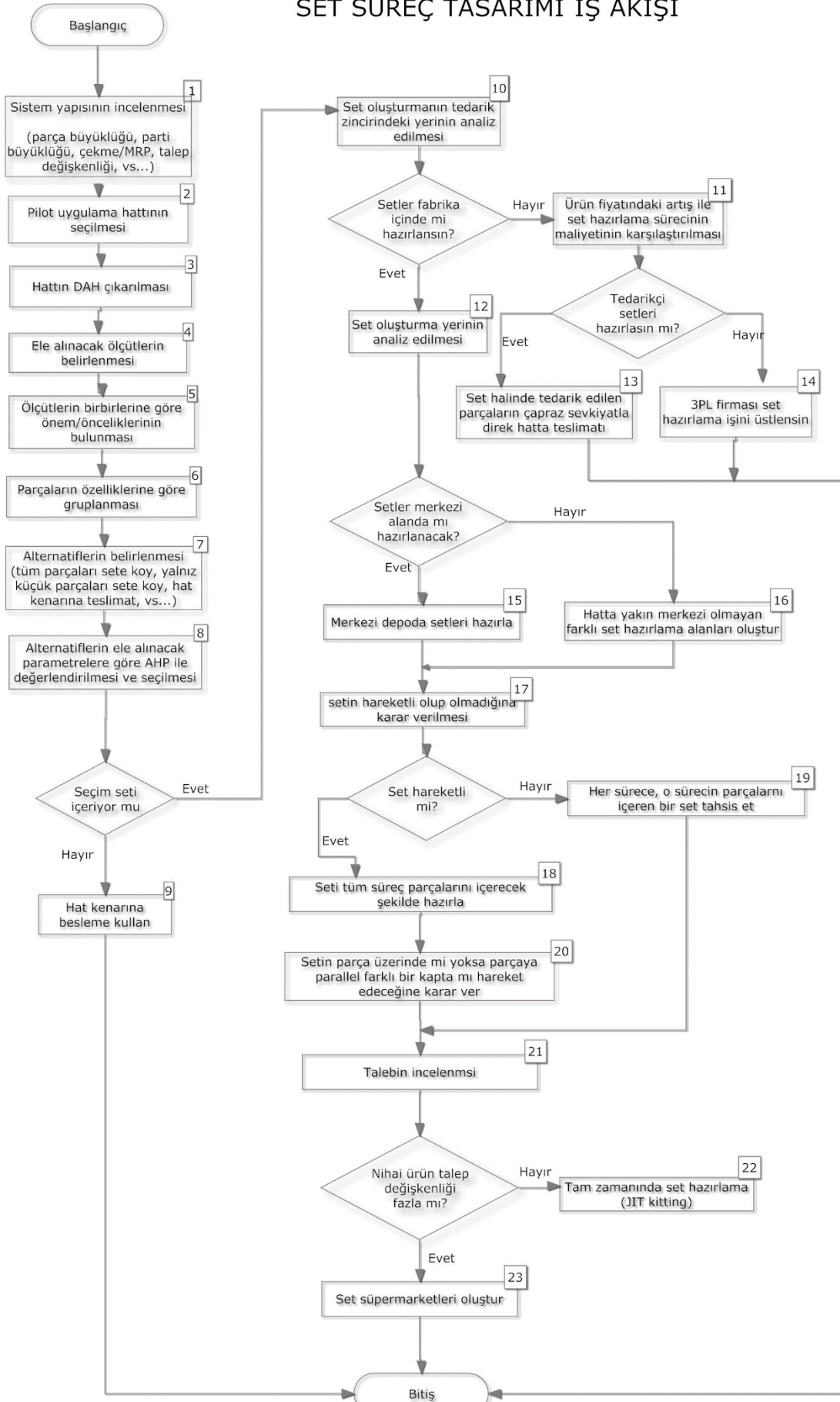
Parça ve ürün çeşitliliğinin az, her bir ürün talep hacminin yüksek olduğu sistemlerde hat kenarına besleme yöntemi kullanılırken, parça ve ürün çeşitliliğinin çok, her bir ürün talep hacminin az olduğu sistemlerde set şeklinde teslimat sistemi kullanılır. Hua ve Johnson (2010) bu iki üç nokta arasındaki sistemleri gri bölge olarak nitelendirmiş ve bu gri bölgede uygulanacak sistemin ürün ve parça büyüklüğüne, çeşitliliğine ve büyüklüğüne göre farklılık göstereceğini ileri sürmüştür. Bu nedenle set süreç tasarımında ilk adım sistem yapısının incelenmesidir. Parçaların büyüklüğü, parti miktarları, talep hacmi ve değişkenliği, parça ve ürün çeşitliliği gibi etmenler ele alınmalıdır. Set süreç sistemi kurulumu uzun zaman alan bir sistemdir. Bu nedenle set şeklinde teslimat yöntemi tüm sisteme uygulanmadan önce pilot bir bölge seçilerek, mevcut sistemin tepkisi ölçülmelidir. Pilot uygulama hattı seçildikten sonra değer akışı haritalandırma tekniği kullanılarak hattın mevcut durumu resmedilir. İyileştirme yapılması gereken kısımlar tespit edilerek ele alınacak parametreler belirlenir. Uzman görüşleri ve toplanan veriler göz önüne alınarak, parametrelerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenir. Bu aşamada amaç firmanın öncelikle hangi amaçla set şeklinde teslimat sistemini kurmak istediğini anlamaktır. Örneğin firma daha çok hat kenarı alandan tasarruf etmek istiyorsa set boyutunu küçük tutmalıdır. Eğer malzeme taşımalarını büyük oranda azaltmak istiyorsa o zaman set boyutunu biraz daha büyütebilir. Eğer kaliteyi iyileştirmek birincil amacıysa o halde set kabı tasarımına öncelik vermelidir.

Tüm parçaları set içerisine koymak mümkün olmadığından en uygun ürün grubunu belirlemek gerekir. Bu nedenle ele alınacak parametreler belirlendikten sonra, set içerisine girebilecek parçalar özelliklerine göre gruplanır. Küçük parçalar, değerli parçalar, yüksek talepli parçalar gibi. Örneğin hiçbir parçanın set içine konmaması yani hat kenarına teslimat, tüm parçaların set içerisine konması, değerli parçaların sete konması, tüm küçük parçaların sete konması, yüksek talep içeren küçük parçaların sete konması, sık hareket eden parçaların sete konması her biri birer alternatif temsil etmektedir. Genellikle büyük parçalar set içerisine konmaz. Çünkü set taşıma yöntemini ve set kabının tasarımını zorlaştırır. Bağlantı elemanları ve büyük elemanlar genellikle tedarikçiden alınır ve sıralı olarak hatta teslim edilir. Alternatifler ve parametreler belirlendikten sonra çoklu karar verme metodu ile tüm alternatifler parametrelere göre değerlendirilir ve en yüksek değere sahip alternatif seçilir.

Set şeklinde teslimat sistemine karar verildikten sonra setlerin kim tarafından, nerede, hangi sipariş toplama yöntemi ile oluşturulması gerektiği gibi kararların alınması gerekir. İlk olarak setlerin fabrika içerisinde mi, tedarikçi tarafından mı, yoksa bir üçüncü parti lojistik firması tarafında mı yapılacağı belirlenmesi gerekir. Bu kararın verilebilmesi için setler fabrika içerisinde hazırlandığında oluşacak işletim giderleri ile set hazırlama faaliyetleri tedarikçiye veya 3.parti lojistik firmaya aktarıldığında üründe oluşacak fiyat artışının karşılaştırılması gerekir. Yapılan analiz sonucunda parçaların setler halinde tedarik edilmesine karar verilirse satın alınan setler montaj sırası göz önüne alınarak direk hatta teslim edilir.

Analiz sonucunda setlerin fabrika içerisinde oluşturulmasına karar verilirse bir sonraki adım olarak setlerin merkezi depoda mı yoksa montaj istasyonlarına yakın oluşturulmuş farklı sipariş toplama alanlarında mı hazırlanması gerektiğini tespit etmek gerektir. Merkezi set hazırlama tipinde depo içerisinde merkezi bir set hazırlama alanı vardır. Bu alanda setler hazırlanarak montaj hatta teslim edilir. İçindeki tüm parçaları tüketilen bir set kutusu çekme kanbanı ile beraber örümcek adam tarafından merkezi depoya götürülür ve set tekrardan hazırlanır. Setlerin merkezi depoda hazırlanması gereksiz parça kasası taşımalarını azaltır. Çünkü merkezi depoda aynı anda farklı set tipleri hazırlanabilir bu nedenle artan parçalar depo rafına kalkmadan farklı setlerde kullanılabilir. Böylece set hazırlama alanı ile depo bütünleşmiş olur. Buna ek olarak, envanter tek bir yerde toplandığından stok yönetimi kolaylaşır. Diğer seçenek ise ana depodan uzakta montaj hattı yakınında set montaj alanları oluşturmaktır. Parçalar ana depodan set alanına getirilir ve setler oluşturulduktan sonra ilgili hatta teslim edilir. Alanın hatta yakın olması montaj hattı ile set hazırlama alanı arasında güçlü bir iletişim sağlar. Ancak her hattın kenarına set montaj alanı kurmak için yeterli alan olmayabilir. Loveland vd. (2007) hat kenarlarında paralel set hazırlama alanları oluşturarak ürün değişimleri arasındaki hazırlık süresini düşürdüğünü öne sürmüşlerdir.

SET SUREÇ TASARIMI İŞ AKIŞI



Şekil 1: Setleme İş Akışı

Setlerin hazırlanacağı yer belirlendikten sonra ise talep hacminin ve değişkenliğinin incelenmesi gerekir. Günlük nihai ürün karışımının fazla değişmediği durumda yani set talebini tahmin etmeni kolay olduğu durumlarda tam zamanında set hazırlama yöntemi uygulanmalıdır. Tam zamanında set hazırlama yönteminde, setler talebe göre hazırlanır ve direk montaj istasyonlarına gider. Set içerisine konan parçalar genellikle değişmez. Bu nedenle bu şekilde hazırlanan setlere ” düzgün set karışımı (uniform kit mix)” adı verilir (Bozer ve McGinnes, 1992). Günlük montajı yapılacak nihai ürün karışımının günden güne veya haftadan haftaya değiştiği durumda ise tam zamanında set hazırlama yöntemini uygulamak oldukça zordur. Çünkü set montaj iş yükü önemli derecede değişkendir ve montaj iş yükü ile orantılı olmayabilir. Bu durumda set deposu adını verdiğimiz alanlarda set tampon stokları oluşturmak gerekir (Bozer ve McGinnes, 1992).

Set montaj alanı belirlendikten sonra setlerin hareketli mi sabit mi olduğuna karar verilir. Bozer ve McGinnes (1992) hareketli ve sabit olmak üzere iki tip set gözlemlemişlerdir. Sabit setler hazırlandıktan sonra montaj hattının her istasyonuna ayrı ayrı teslim edilir. Sabit setlerde hat kenarında kendilerine ayrılan set stok alanında bulunur. Sabit setleri takta göre hazırlamak daha kolaydır çünkü sadece ilgili istasyonun parçalarını içerir. Bu nedenle içindeki parça sayısı daha azdır. Diğer yandan hat kenarına yapılan ikmal sayısını artırır. Hareketli setler ise hazırlandıktan sonra sadece montaj hattının ilk istasyonuna teslim edilir ve montaj hattının tüm istasyonlarını sırayla ziyaret eder. Hareketli set montaj hattındaki tüm istasyonların parçalarını içerir. Bu nedenle hareketli setleri takta göre hazırlamak zordur. Diğer yandan tüm parçaları içerdiğinden hat kenarı ikmal sayısını azaltır. Montaj hattı boyunca ilerledikçe içindeki parça sayısı azalır ve son istasyondan çıktığında set içerisinde parça kalmaz. İki tip hareketli set vardır. Ürünle beraber hareket eden hareketli setler ve ürüne paralel ayrı bir kap içerisinde hareket eden setler vardır.

Set içerisine girecek parçalar, set hazırlama alanları, set tipi belirlendikten sonra yani siparişin nasıl toplanacağına karar vermek gerekir. Sipariş ya robotik sistemler yardımı ile ya da manuel (örümcek insan veya montaj operatörü) olarak toplanır. Toplayıcı olarak örümcek insan kullanılması daha sık rastlanılan bir durumdur ve örümcek insan kullanılması montaj operatörünün tamamen montaj işine odaklanmasını sağlar. Yürüme, seçim, rafa uzanma gibi katma değer yaratmayan faaliyetler elimine edilmiş olur. Toplayıcı olarak aynı hat üzerinde başka bir montaj operatörünün seçilmesi toplama doğruluğunu artırır çünkü operatör hat üzerindeki parçalar ve süreçlerle ilgili ayrıntılı bilgiye sahiptir.

Seti hazırlayacak kişi belirlendikten sonra sipariş toplama biçimi belirlenir. Günümüzde tekli toplama, çoklu sipariş toplama, ışığa göre sipariş toplama gibi çok farklı sipariş toplama yöntemleri geliştirilmiştir. Sipariş toplama şekli parçanın hatta teslim süresini yani parça temin süresini etkiler. Sipariş toplama şeklini belirlerken ele alınması gereken kilit nokta setleri ilk seferde doğru bir şekilde ve tam zamanında oluşturmayı sağlayacak yöntemin seçilmesidir. Endüstride en yaygın kullanılan sipariş toplama şekli toplayıcının parça kutularına giderek parçaları topladığı sipariş şeklindedir. Alternatif olarak parça kutularının toplayıcıya getirildiği otomatik sistemler vardır. Bu sistemler daha hızlıdır ancak maliyetlidir. Tekli toplama, set içerisindeki tüm parçalar tek seferde tek bir operatör tarafından toplanır. Çoklu sipariş toplama yönteminde ise set alanı bölgelere ayrılır. Her bir bölgede o bölgeden sorumlu bir toplayıcı yer alır. Bu nedenle bu sipariş toplama yöntemine bölgesel sipariş toplama da denilmektedir.

Sipariş toplama şekli belirlendikten sonra set hazırlama alanı ile hat arasındaki bilgi akışını sağlayacak bilgi akış sisteminin kurulması gerekir. Hat ile set hazırlama alanı arasındaki iletişimin zayıflığı setlerin doğru şekilde hazırlanmasını engeller. Ayrıca setlerin doğru şekilde hazırlanabilmesi için stok yönetim sistemlerinin de etkili bir şekilde çalışması gerekir. Bilgi sisteminin doğru çalışması setlerin hatasız hazırlanmasını sağladığı gibi doğru yere teslim edilmesini de sağlar. Kanban sistemi bilgi akışını sağlayan en önemli parçadır. Kimi durumlarda bilgi akış sistemini güçlendirmek için parça kasaları için renk kodlaması gibi görsel yönetimden tekniklerinden faydalanılmaktadır. Toplama listesi, toplama alanında yer alan ışık yönlendirmeli ekranlar, el arabası içerisindeki toplama bilgi ekranları, RFID sistemleri ve kanbanlar ile operatör toplayacağı parçanın kodu, miktarı, setin teslim edileceği yer gibi konularda bilgilendirilir.

Set şeklinde teslimat sisteminde set kaplarının montaj operatörünün işini kolaylaştıracak şekilde ve içerisinden parça alımını kolaylaştıracak şekilde tasarlanması gerekir. Medbo (2002) parçaların set kabı içerisindeki montaj sırasına göre yerleştirilmelerinin montaj çevrim süresini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Set kabı tasarımlarında Poke-Yoke (hata önleme) tekniklerinde de faydalanılmaktadır. Set kabı içerisindeki parça yerlerine her parçadan bir örnek koyarak, etiketleme ve kodlama yaparak birbirine karışabilen parçaların ayırt edilmesi sağlanır. Bu şekilde setin hataları azaltıcı fonksiyonu gerçekleştirilmiş olur. Ancak bu durumda sistem esnekliği azalmış olur çünkü diğer ürün ya da parçalar için bu set kapları kullanılamaz.

Son olarak hazırlanan setlerin hatta sevkiyat şekli belirlenir. Setlerin hatta sevkiyat şekli set tipiyle yakından ilgilidir. Kimi durumlarda robotik sistemler, kayar bantlar kullanıldığı gibi set arabaları ile de hatta sevkiyat yapılabilmektedir. Önemli olan en kısa sürede doğru olarak hazırlanmış setin doğru miktarda doğru yere teslim edilmesidir. Bunun için operatör rotaları çıkarılarak setin miktarına ve büyüklüğüne göre en uygun sevkiyat şekli belirlenir.

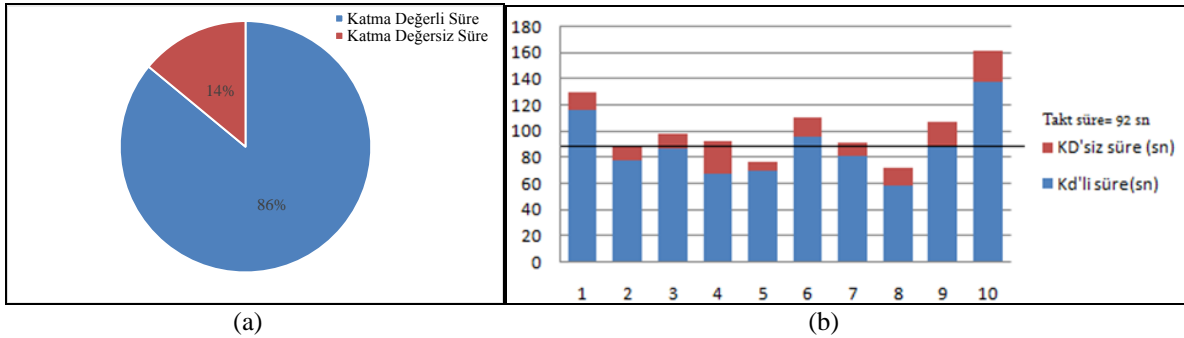
4. UYGULAMA

Geliştirilen metodoloji, gerçek bir LED armatür üretim sisteminde uygulanmıştır. Set şeklinde teslimat sistemini geliştirebilmek için öncelikle sistem yapısı talep değişkenliği, sipariş ve tedarik koşulları, parça çeşitleri, ürün çeşitliliği, çekme/itme sistemi varlığı gibi konular açısından incelenmiş ve sistemdeki sorunlar belirlenerek analiz edilmiştir. Firmada en çok parça eksikliğinin ve düzensizliğin yaşandığı hat revo montaj hattı olduğu gözlenmiş ve çalışma alanı olarak revo montaj hattı seçilmiştir.

4.1. Mevcut Durum

Revo ürün ailesinin mevcut durum değer akış haritası hazırlanmış olup, merkez depodan hat kenarı rafına 23,98 günlük stok indirildiği gözlenmiştir. Bu sayıya bakarak hat kenarına indirilen malzeme miktarlarının daha küçük partiler şeklinde olması gerektiğini söyleyebiliriz. Bir revo için temin süresi 30,34 gün olmakta bu süreye kablo ve askı takımı hazırlama, cam hazırlama süreçleri de katıldığında temin süresi 71,84 güne kadar çıkmaktadır. Hatta aynı parça için iki farklı stok alanı oluşmakta, operatörler stok alanlarına giderek zaman kaybettikleri, ara stok miktarlarının fazla olması nedeniyle hatta görseiliğin kaybolması, parçaların zor bulunması ve yeniden tedarik edilmesi hatta görülen ve iyileştirilmesi gereken başlıca problemlerdir.

Taşıma ve elleçleme süreleri analiz edilerek, bir revo çevrimindeki katma değerli olan ve olmaya toplam katma değer yaratan süre 877 sn (14,61 dakika) ve toplam katma değer yaratmayan süre 146,22 sn (1,66 dakika) olduğu saptanmıştır. Bu sürenin 60,224 sn'si (1,003 dakika) hatta parça temini için harcanan süredir. Bir revo 17,054 dakikada üretilmektedir. Bu durumda 1,003 dakikalık süre $1,003/17,054=0,059$ revo üretimlik süreye karşılık gelmektedir. Günde yaklaşık 300 revo üretildiğine göre günde 300 çevrim gerçekleşmektedir. Her çevrimdeki kayıp 0,059 ve günde 300 çevrim olduğuna göre $300*0,059=17,7$ adet revo üretim süresi hat kenarından parça temini için harcanmış demektir. Haftalık olarak 88,5 adet revo üretim süresi, aylık olarak 354, yıllık olarak 4248 revo üretim süresine karşılık gelmektedir. Bu durumda bir tip revo için yılda 4248 revo üretim süresi kaybedilmiş olmaktadır. Bir çevrimdeki toplam katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan sürelerin oranı Şekil 2a'da, operatörlerin süreleri ise Şekil 2b'de gösterilmiştir. Bir çevrimde geçen sürenin %15'i parça temini için harcanmaktadır.



Şekil 2: Bir çevrimdeki katma değer yaratan ve yaratmayan süre oranları (a); Operatörlerin set şeklinde teslimat öncesi harcadığı süreler (b)

4.2. Geliştirilen Set Şeklinde Teslimat Sistemi

Ürünler genelde kullandıkları armatür tiplerine göre değişmektedir. Böylece genel olarak 1x, 2x, 3x, 4x ve diğer armatürler olmak üzere dört ürün grubu olduğu belirlenmiştir. Her ürün grubundaki ürünler de çerçevesi, LB ve normal olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Revo ürünleri yaklaşık olarak 50 farklı tip parçadan oluşmaktadır. Ürün ve parça çeşitliliği fazla olduğu için revo montaj hattında set şeklinde teslimat sisteminin önemi artmaktadır.

Revo parçaları küçük hacimli parçalar olduğu için ve ürünlerin kullandığı parçalar genelde aynı olduğu için tüm parçaların set içerisine alınabileceği uygun görülmüştür bu nedenle çoklu karar verme sistemine gerek duyulmamıştır. Parçalar farklı tedarikçilerden alındığı için ve mevcut durumda tedarikçi ilişkileri değiştirilemeyeceği için setlerin fabrika içerisinde oluşturulması uygun görülmüştür. Hat kenarında tüm parçaları stoklayacak alan olmadığı için hatta yakın merkezi bir alanda setlerin hazırlanması uygun görülmüştür.

Sistem incelendiğinde revo montaj hattı için sabit set tasarımı uygun görülmüştür. Çünkü bir revo üretmek için gerekli parçaların kullanım miktarları az ve küçük parçalardır. Ayrıca bir revo ürününü üretmek için gerekli çevrim süresi 15 dakika olmasına rağmen parça seti oluşturmak için gereken süre bu süreden fazladır. Bu nedenle her revo için bir set oluşturulduğunda setler sisteme zamanında ulaşamayacaktır. Bu nedenle revo montaj hattına verilecek setlerin her bir montaj operatörü için ürün başı yerine belli bir parti büyüklüğünde verilmesi uygun görülmüştür.

Ürün talebi incelenerek bu parti büyüklüğünün 100 armatürlük olmasına karar verilmiştir. Bu süre setleri hazırlamak için yeterli olacağından set süpermarketlerine ihtiyaç duyulmamıştır.

Süreçlerin katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan faaliyetlerinin incelenmesi sonucu hat operatörlerinin montaj hattından ayrılmaması gerektiği görülmüştür. Bu durumda hatta parçaların sevkinin yapacak bir işgücü ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle örümcek insan revo montaj parçalarının depodan alınarak hatta sevkiyatını gerçekleştirecektir. Önerilen set şeklinde teslimat sisteminde örümcek insanın iş çizelgesine de standart getirilmiş olmaktadır. Önerilen sistem kapsamında örümcek insanın görevleri revo parçalarının depoya kabulü ve raflara yerleştirme, sipariş takibi, depoda setlerin oluşturulması ve setlerin hatta teslimi olarak belirlenmiştir. Bir çevrim için tüm setlerin oluşturulması için gerekli süre yaklaşık 12 dakika olarak ölçülmüştür. Bir revo montaj çevrim süresinin 15 dakika olduğu düşünüldüğünde örümcek insanın 2.montaj çevrimi başlamadan setleri hazırlayabilecektir. Mevcut sistemdeki örümcek insan kullanıldığı için ek işgücüne ihtiyaç yoktur. Aksine hat deposundan hatta parça temini için harcanan sürenin yok edilmesi ile oluşan atıl kapasite (iki operatör) diğer revo hattı için örümcek insan olarak ve ya revo depo elemanı olarak kullanılabilir.

Parçaların hatta küçük miktarlarda ve aynı kap içerisinde verilmesi uygun görülmüştür. Bu sayede hatta sadece sipariş için gerekli miktar indirilmiş olup fazla stok önlenmektedir. Bunu sağlayabilmek için parçaların kullanıldıkları istasyonlara göre gruplayarak hatta gönderilmesi gerekmektedir.

4.3. Setlerin Tasarımı

Setlerin tasarımında parçaların siparişe bağlı olup olmadığı, parça büyüklüğü, parçanın kullanıldığı istasyon ve bir ürünlerdeki kullanım miktarları göz önüne alınmıştır. İki ayrı tip set tasarlanmıştır. Birincisi siparişe bağlı üretilen parçalar için tasarlanan sipariş setleri, ikincisi siparişe bağlı üretilmeyen, tedarikçiden satın alınan parçalar için tasarlanan norm setleridir. Bir operatörün kullandığı parçalara göre iki tipten seti de olabilir.

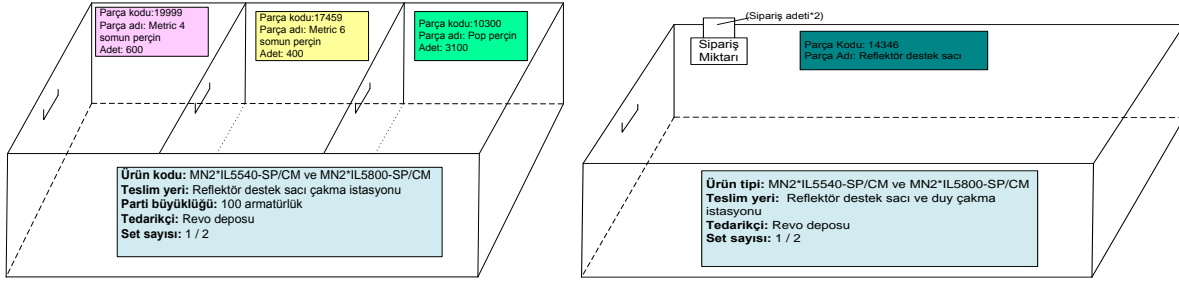
Ürün grubundaki parçalar incelenmiş ve parçaların plastik kasalara sığabilecek ölçüde oldukları tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle set kabı olarak farklı büyüklükteki plastik kutular seçilmiştir. İçindeki parça adedi ve miktarına göre plastik kutuların büyüklüğü değişmektedir. Ek olarak örümcek insanın setleri hazırlarken hata yapmasını önlemek amacıyla plastik kutularda renk kodlaması kullanılmıştır. Setler her bir ürün grubuna özel hazırlanmıştır. Bu nedenle her setin üzerinde hangi ürün grubuna ait olduğunu gösteren ürün grubu kart yer alır (Şekil 3). Ürün grubu kartı üzerinde ait olduğu ürünlerin kodu, setin teslim edileceği yer, parti büyüklüğü, setin tedarikçisi ve set sayısı yer alır. Parti büyüklüğü set içerisindeki parçaların kaç montaj çevrimi için hazırlandığını göstermektedir. Örneğin parti büyüklüğü: 100 olan bir sette içerisindeki tüm parçalar 100 armatürde kullanılan miktarları kadardır.

Ürün kodu: MN2*IL5540-SP/CM ve MN2*IL5800-SP/CM
Teslim yeri: Reflektör destek sacı çakma istasyonu
Parti büyüklüğü: 100 armatürlük
Tedarikçi: Revo deposu
Set sayısı: 1 / 2

Şekil 3: Tasarlanan örnek ürün kartı

Set içerisinde parçaların dağılmasını ve karışmasını önlemek için setler içerisinde gözler oluşturulmuştur. Her bölme için o göze konacak parça kartı iliştilmiştir. Böylece hem operatörün parçaları karıştırmadan alması hem de örümcek insanın setleri daha doğru hazırlaması sağlanmıştır.

Topraklama kablosu, line giriş contası, kilit, klemens, kablo kroşesi, yaylı/yaysız duy, vida, civata, somun, perçin gibi parçalar norm setleri içerisinde yer alır (Şekil 4a). Norm setleri içerisine konacak parça miktarları günlük ortalama ürün talebi ve ürün ağaçları dikkate alınarak belirlenmiştir. Günde ortalama olarak 300 adet revo üretilmektedir. Ürün ağaçları incelendiğinde parçaların çoğunun bir üründe bir adet kullanıldığı görülmüştür. Bu yüzden 100 armatürlük günde 3 sefer set hazırlanması uygun görülmüştür. Örümcek insan hangi sipariş ile ilgili hangi istasyonunun malzemesini toplayacaksa revo deposundaki ilgili parça rafından set kutusu içinde yazan miktar kadar olarak set içerisine koyar.



Şekil 4: Tasarlanan norm seti (a); Tasarlanan sipariş seti (b)

Sipariş setleri (Şekil 4b) reflektör destek sacı, duy sacı, kablo takımı, askı takımı parçalarını içerir. Sipariş setlerinin içerisine konacak parça adedi için standart bir miktar belirlenmemiştir. Sipariş setlerinin üzerinde de norm setleri gibi hangi ürün grubuna ait olduğunu gösteren ürün kartı bulunur. Set içerisinde ise parça kodunun ve parça adının yer aldığı parça kodu bulunur. Sipariş setlerinde de hata yapmayı önlemek amacıyla bir adet örnek parça bulundurulur. Sipariş setinin içerisinde sipariş miktarını gösteren kartın konduğu göz bulunur. Örümcek insan sipariş listesindeki miktar ile gözde yazan yazıyı çarparak sipariş için gerekli parçayı set içerisine koyar.

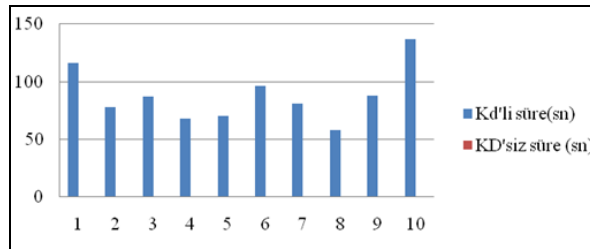
Setlerin içerisine konacak parça tipleri ve miktarları belirlendikten sonra plastik kutu ölçüleri avadanlık ve olukların boyutlarına dikkate alınarak kutu tipleri belirlenmiştir.

Set kutuları tasarlandıktan sonra oluşturulan setlerin hatta sevkiyat şekli belirlenmiştir. Her bir bölmesi tek bir istasyonun setlerini içerecek şekilde set arabası tasarlanmıştır. Set kapları fazla büyük olmadığı ve parçalar hafif olduğu için bir seferde tüm setlerin taşınabileceği düşünülmüştür.

Sistemde toplam gidilme mesafe %60 oranında, toplam elleçleme sayısı ise %39 azalmıştır. Mevcut durumda 71,84 gün olan temin süresi gelecek durumda 3,33 güne kadar düşüş göstermektedir. Bu temin süresinde %95'lik bir azalma anlamına gelir. Temin süresinin de bu kadar fazla düşüş olmasının sebebi, mevcut durumda hat kenarı depoya indirilen stok miktarlarının fazla olmasıdır. Hat kenarı deponun kaldırılarak malzemelerin kullanım miktarları kadar set içerisine konması hattaki stok miktarını önemli derecede azaltmıştır.

4.4. Setleme Sonrası Gelecek Durum

Setleme sonrası, hat besleme ve montaj işlerinin tam ayrımı sağlanmış olup, mevcut durumda montaj operatörlerinde gözlenen atıl kapasite 2 dakika 27 saniye ortadan kaldırılmıştır. Böylece, operatörlerin hattan ayrılmaması ve sadece montaj odaklanması sağlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 4: Operatörlerin set şeklinde teslimat sonrası harcadığı süreler

Uygulama sonucunda montaj hattındaki katma değer yaratmayan faaliyetler yok edildiği gibi lojistik açıdan yeni işler ortaya çıkmış ve örümcek insanın sorumlulukları artırmıştır. Malzemelerin istasyon ve çalışan bazında bir araya getirilerek hattaki ilgili istasyona bırakılması, her 90 dakikada bir hattın dolaşarak boşalan set kutularının toplanması, revo deposunda malzemelerin raflara yerleştirilmesi ve siparişlerin takibinin yapılması ortaya çıkan lojistik faaliyetlerden bazılarıdır.

Set sistemi ile hat çevresinde izlenebilirlik ve görsellik sağlanmış olacaktır çünkü hat çevresine yığılan malzemeler revo deposuna çekilerek hat kenarındaki doluluk önlenecektir. Sadece 0,33 günlük bir stok setler içerisine konarak her istasyon için 100 armatürlük sevkiyat yapılması uygun görülmüştür. Set şeklinde sevkiyat sistemi ile ara stok miktarları azaltılmış olmakta ve temin süreleri düşürülmüş olacaktır. Set içerisine alınamayan malzemeler için tedarikçi kanbanları tasarlanmıştır. Tasarlanan kanban sistemi ile sete alınamayan parçalar için de sistemdeki stok miktarlarında iyileştirmeler sağlanacaktır. Revo deposu merkez depodan ayrılarak maliyet ve stok kontrolü kolaylaştırılmıştır. Ayrıca merkez depo çalışmasının yükü azaltılarak sisteme zamanında cevap vermesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra depoda rastsal depolama sistemi uygulaması ile alan ve stok miktarlarında düşüş sağlanmış olacak, görsel olarak da depoda yönetim

sağlanmış olacaktır. Tablo 1’de çalışma sonucunda elde edilen kazançlar özetlenmiştir. Ayrıca yeni sistemde izlenebilirlik ve görsellik sağlandığı da vurgulanmalıdır.

Tablo 1: Set şeklinde teslimat sonrası kazançlar

Ölçüt	Kazanç
Üretim çıktısı	Günde 17 ürün artmıştır
Temin süresi	%89 azalmıştır
Elleçleme sayısı	%39 azalmıştır
Parçaların toplam aldığı yol	% 60 azalmıştır
Ayrıştırma ve raflara depolama süresi	% 50 azalmıştır

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan analizler sonucunda, set şeklinde sevkiyat sisteminin ara stok miktarlarını azalttığı, parça akışının kontrolünü kolaylaştırdığı, daha esnek bir üretim sistemi sağladığı, malzeme ve parça taşımalarını azalttığı, hat kenarı alandan tasarruf sağladığı, hat kenarı stok miktarlarını azaltarak hatta görselliği sağladığı, katma değer yaratmayan faaliyetleri yok ederek çevrim süresini düşürdüğü ve üretkenliği artırdığı, setlerin montajı destekleyici tasarımı ile öğrenmeyi kolaylaştırdığı ve hataları önlediği böylece kaliteyi artırdığı görülmüştür. Bu nedenle set şeklinde sevkiyat sistemi giderek daha çok önem kazanmakta ve firmalar tarafından ilgi görmektedir. Set şeklinde teslimat sisteminin avantajlarından yararlanabilmek için set şeklinde sevkiyat sisteminin firmada doğru bir şekilde uygulanması gerekir. Bu nedenle set süreç tasarımında yer alan her bir faaliyet titizlikle ele alınmalı ve firmanın koşullarına göre tasarlanmalıdır. Set şeklinde sevkiyat sistemi doğru şekilde tasarlanmadığında firmaları bazı yönlerden zorladığı görülmüştür. Eksik, kusurlu veya yanlış parça içeren hatalı setlerin hatta teslim edilmesi hatta parça eksikliği yaratarak hattın durmasına ve setlerin yeniden hazırlanmasına yol açar bu da operasyonun genel verimliliğini düşürür. Bu gibi durumlarda öncelikle eksik ve kusurlu parça oranlarını azaltacak çalışmalar yapılması gerekir. Ayrıca set şeklinde teslimat sisteminde setleri oluşturan operatörün parçaları tanıyan, hattaki üretim aşamalarını detaylarıyla bilen operatörler olması gerekir böylece yanlış hazırlanabilecek setler önlenmiş olur. Ayrıca hatalı setlerin oluşmasını önlemek için set şeklinde teslimat sisteminin görsel yönetim teknikleri ile desteklenmesi gerekir.

Set şeklinde sevkiyat sisteminin bir bütün olarak ele alınması gerektiği, her bir parçası tasarlanırken sisteme etkisi incelenmesi gerekir. Böylece firma için doğru set tasarımı, sevkiyat şekli belirlendiği gibi gereksiz israflardan kaçınılmış olur. Bu nedenle geliştirilen set süreç yaklaşımının set şeklinde teslimat sistemini kullanmaya karar verecek firma yöneticileri için yol gösterici olacağını düşünüyorum. Günümüzde firmaların müşteri beklentilerine daha hızlı, daha az maliyetle yanıt verebilme isteği, piyasadaki artan rekabet, müşteri isteklerinin çeşitlenmesi düşünüldüğünde set şeklinde teslimat sisteminin giderek yaygınlaşacağı bir gerçektir.

KAYNAKLAR

- [1] Bozer, Y. A., McGinnins, L.F. (1992), “Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model”. *International Journal of Production Economics*, 28, pp. 1-19.
- [2] Caputo, A.C., Pelagagge, P.M., Salini, P. (2016), “Selection of assembly lines feeding policies based on parts features”, *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), pp. 185-190.
- [3] Carlson, J.G., Yao, A.C., and Girouard, W.F. (1994), “The role of master kits in assembly operations” *International Journal of Production Economics*, 35, pp. 253-258.
- [4] Carlson, O., Hensvold, B, (2008) “Kitting in a high variation assembly line. A case study at Caterpillar BCP-E”, Master Thesis. Lulea University of Technology.
- [5] Choobineh, F., and Mohebbi, E. (2004), “Material planning for production kits under uncertainty”, *Production Planning and Control*, 13(1), pp. 63-70.
- [6] Çorakçı, M.A. (2008), An evaluation of kitting systems in lean production. Yüksek Lisans Tezi, University of Boras, School of Engineering, Boras.
- [7] Faccio, M. (2014), “The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72, pp. 543, 560.
- [8] Gecü, B. (2008), “İç lojistik sistemlerinin yalın üretim bakış açısıyla yeniden tasarlanması ve otomotiv sektöründe örnek bir uygulama”, *Istanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*.
- [9] Günther, H.O., Gronalt, M., and Piller, F. (1996), “Component kitting in semi-automated printed circuit board assembly”. *International Journal of Production Economics*, 43, pp. 213-226.

- [10] Hanson, R., Brolin, A. (2013). "A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply", *International Journal of Production Research*, 51(4), 979-992.
- [11] Hua, S.Y., Johnson, D. (2010), "Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking", *International Journal of Production Research*, 48(3), pp. 779-800.
- [12] Hua, W., Zhou, C. (2008), "Clusters and filling-curve-based storage assignment in a circuit board assembly kitting area", *IIE Transactions*, 40(6), pp. 569-585.
- [13] Karadayi, S., Oksuz, M.K., Durmusoglu, M.B. (2017), "Design methodology for a hybrid part feeding system in lean-based assembly lines", *Assembly Automation*, 37(1), pp. 84-102.
- [14] Kilic, H.S., Durmusoglu, M.B. (2012), "Design of kitting system in lean-based assembly lines", *Assembly Automation*, 32(3), pp. 226-234,
- [15] Limère, V., Van Landeghem, H., Goetschalckx, M. (2015) "A decision model for kitting and line stocking with variable operator walking distances", *Assembly Automation*, 35(1), pp.47-56.
- [16] Loveland, L.J., Monkman, S.K., and Morrice, D.J. (2007), "Dell uses a new production-scheduling algorithm to accommodate increased product variety", *INFORMS*, 37(3), pp. 209-219.
- [17] Medbo, L. (2002), "Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31, pp. 263-281.
- [18] Ramachandran, S., Delen, D. (2005), "Performance analysis of a kitting process in stochastic assembly systems", *Computers & Operations Research*, 32, pp.449-463.
- [19] Ramakrishnan, R., and Krishnamurthy, A., (2008), "Analytical approximations for kitting systems with multiple inputs", *Asia-Pacific Journal of Operations Research*, 25(2), pp. 187-216.
- [20] Sali, M., Sahin, E., Patchong, A. (2015), "An empirical assessment of the performances of three line feeding modes used in the automotive sector: line stocking vs. kitting vs. sequencing", *International Journal of Production Research*, 53(5), pp. 1439-1459.
- [21] Sellers, C.J., Nof, Y., (1989), "Performance analysis of robotic kitting systems", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 6(1), pp. 15-24.
- [22] Sol, E. (2010), "Set Şeklinde Teslimat İle Hat Kenarı Besleme Sisteminin Karşılaştırılması, Yalın Lojistik Bakış Açısıyla İç Lojistik Faaliyetlerin Tasarlanması Ve Örnek Bir Uygulama", *Istanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.*

SAĞLIK KURUMLARINDA ÇEVRE DOSTU UYGULAMALAR: NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ ÖRNEĞİ

İsmet Bihter Karagöz Taşkın¹, Aynur Acer², Metin Taşkın³

¹İstanbul Gelişimi Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü,
İstanbul, bkaragoz@gelisim.edu.tr

²İstanbul Arel Üniversite Uygulmalı Bilimler Yüksekokulu, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü, İstanbul,
aynuracer@arel.edu.tr

³ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği,
Tekirdağ, mtaskin@nku.edu.tr

ÖZET

İnsanoğlunun yaşam kalitesini arttırmaya yönelik geliştirilen pek çok ürün ve hizmet, çevreye büyük zararlar vermektedir. Bu doğrultuda yeşil lojistik uygulamaları, günümüzde önemli bir konu haline gelmiş ve gün geçtikçe ülke politikalarında yer almaya başlamıştır. Bu çalışmada, NKU Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki çevre dostu uygulamalarını incelemek amacıyla ilgili merkezde çalışan personele yüz yüze anket çalışması uygulanmıştır. Uygulanan anket çalışmasında elde edilen veriler, tanımlayıcı istatistik ölçüleri kullanılarak değerlendirilmiş ve birimlerde yeşil lojistik uygulamalarının çok fazla kullanılmadığı ve yeşil kavramına çok fazla önem verilmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre dostu uygulamalar, yeşil uygulamalar, yeşil tedarik zinciri

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRACTICES IN HEALTH INSTITUTION: NKU HEALTH PRACTICE AND RESEARCH CENTER EXAMPLE

ABSTRACT

Many products and services which have been developed to increase life standards are detrimental to the environment. Environmentally friendly practices, in this manner, have become a significant matter and started to play a part in the country's policies day by day. In this study, face-to-face surveys were made to the staff who works in the of the respective center in order to investigate green logistics applications. The data acquired by the survey has been evaluated using descriptive statistical measures and it has been precipitated that green logistics applications are not frequently used and the concept of green is not given that much of an importance in the units.

Keywords: Environmentally friendly practices, green practices, green supply chain management

1. GİRİŞ

Çevre konusundaki duyarlılığının bütün dünyada artması ve çevre sorunlarının öncelikli konumu nedeniyle, işletmeler yalnızca yoğun rekabet ortamına değil aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili konulara da yoğunlaşmak zorunda kalmakla beraber; çevresel alanda yaptıkları uygulamaları ve rekabet gücü kaynaklarını uyumlu bir biçimde yönetmek durumundadır (Çetin Gürkan, 2015). Çevreyi korumaya daha fazla katkıda bulunan bu gelişmeler, çevreye uygun ürünler üretmede, üretim sistemleri geliştirmede, dağıtımda, yasalara uymada, çevresel standartları uygulamada ve sosyal sorumlulukları gerçekleştirmede çok sayıda değişikliğe neden olmuştur (Özkaya, 2010).

Bu bağlamda işletmeler; çevre politikaları, çevre kirliliği ve ekolojik uygunlukla alakalı olarak ürün ve üretime odaklanmaktadır (Yarış vd., 2011).

Çevreye duyarlı tasarım ve üretimler; daha güvenli ve daha temiz üretim ortamları, imha için gelecekte ödenecek giderlerin azaltılması, çalışanların korunması, azaltılmış çevre ve sağlık riskleri, daha az maliyet ile daha yüksek ürün kalitesi, daha iyi bir kurumsal imaj ve daha yüksek üretkenlik gibi faydalar sağlamaktadır (Zhang vd., 1997).

Sağlık sektöründe birçok alanda multi disiplinler çalışılarak; insanların tedavi sürelerini kısaltan, tedaviye verilen yanıtları iyileştiren, hayat kalitelerini yükselten birçok ilerleme gerçekleştirilmektedir. Toplumlar bu çalışmalarını dikkatle izlemekte ve referans almaktadır. Ancak sağlık kurumlarında; enerji ve su tüketiminin yoğun, kimyasal ve kimyasal olmayan atık miktarının fazla, potansiyel tehlikeli madde çıktısının yüksek, satın alınan malzemelerin çeşitli ve çok sayıda olduğu bilinmektedir (Terekli vd., 2013). İnsanlığın ortak değeri olan çevrenin kaynaklarını yoğun bir şekilde kullanan sağlık kurumları, yakın bir zamana kadar çevreyi ihmal etmekteydi. Fakat günümüzde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulaştırma Haberleşme ve Denizcilik Bakanlığı vb. Bakanlıkların mevzuatlarında çevreyi koruma adına çok önemli adımlar atılmış bulunmaktadır; sivil toplum kuruluşları ve kamu spotları; artan tüketici bilinci; Milli Eğitim Politikaları; toplumun çevre bilincini arttırmıştır. Bu bilinçlenme sayesinde, çevre açısından zararlı birçok rutin davranış tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de uygulama dışı bırakılmıştır.

Çevre yönetim sistemini yapılandıran işletmelerde, daha az atık, daha fazla verimlilik ve tasarrufu beraberinde getirdiğinden finansal fayda, çevreye duyarlı işletmelerin ürünlerini satın alma eğilimi arttığından pazara ilişkin fayda, çevreye daha az zarar vermektен kaynaklı yasalara aykırı hareket etme olasılığının azalmasıyla yasal fayda ve çevre korumayı önemseyen çalışanları ve duyarlı toplumsal gruplarla iyi ilişkiler kurulması ile de toplum/çalışan ilişkilerine dair fayda sağlanması söz konusudur. Günümüzün "çevresel duyarlılık çağı" kurumların endüstriyel gelişimlerini tamamlarken çevreye de zarar vermemeleri gerektiği yönünde uyarılar da bulunmaktadır; böylece farklı sektördeki işletmeler çevreye duyarlılık yaklaşımıyla ürün ve hizmet üretirken, sunarken ve satış sonrası hizmet sağlarken, ürünün her aşamasında ekonomik değer yaratmakla birlikte ekolojik değer yaratmaya da odaklanmakta, yeşil uygulamalar öne çıkmaktadır (İnce, 2013). Bu gelişmeler doğrultusunda; "yeşil işletme", "yeşil pazarlama", "yeşil tüketim", "yeşil tüketici", "yeşil ürün", "yeşil uygulama", "yeşil lojistik" ve "yeşil tedarik zinciri" gibi kavramlar ortaya çıkmıştır.

Yeşil işletme; iş uygulamaları ve kaynak kullanımında çevre üzerindeki etkisini önemseyen yerdir (Keskin, 2016). Yeşil pazarlama; ürünlerin, üretilirken ve/veya tüketilirken çevreye en az zararı vereceğinin tüketicilere kanıtlanması temeline dayanmaktadır ve bu da ancak onaylanmış / belgelendirilmiş / etiketlenmiş ürünler vasıtasıyla yapılabilmektedir (Kuduz ve Zerenler, 2013). Yeşil tüketici; kendilerini ve çevrelerini satın alma güçlerini kullanarak korumayı hedefleyen kişiler olarak tanımlanmaktadır (Pezikoğlu, 2012). Yeşil lojistik; en genel tanımı ile yapılan tüm lojistik aktivitelerinin çevreye en az zararı olacak şekilde gerçekleştirmek ve çevre üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmek olarak açıklanmaktadır (Korucuk ve Mert, 2017).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi ise; yeşil satın alma/yeşil malzeme yönetimi, yeşil dağıtım/pazarlama ve tersine lojistik süreçlerinin bir bütünü olarak tanımlanmaktadır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). Yeşil tedarik zincirinin temel amacı, firmanın tedarik zincirinde değer yaratırken çevrenin de önemini açıklamaktır ve enerji, emisyonlar, kimyasallar, katı atıklar gibi her türlü atıkların çevreye olan negatif etkilerinden tedarik zinciri süreci arındırılmak istenmektedir (İnce, 2013). Yeşil tedarik zinciri uygulamaları çeşitli özellikleri barındırmaktadır: (1) Geri dönüşüme olanak sağlar ve kaynak kullanımını etkinleştirir, (2) Çevreyi önemser, (3) Toplum yaşam kalitesini artırır, (4) Müşteri memnuniyetini sağlayarak firma için değer yaratır.

Sağlık kurumlarında yeşil kavramı ile kaynak kullanımına alternatifler üretmek, kullanılan enerjinin, suyun ve malzemenin daha etkin ve verimli kullanılmasını teşvik etmek, her türlü israfın önüne geçilmesini sağlamak, çevreye duyarlı ve çevre dostu bina tasarımlarını gerçekleştirmek amaçlanmaktadır (Terekli vd., 2013). Yeşil kavramının sadece yönetimce benimsenmesi yeterli olmamakta, ayrıca tüm çalışanların da bu bilinci edinmiş olması gerekmektedir. Hastanede kullanılan ürünler ile ilgili karar verirken; malzemelerin sürdürülebilirliği, içeriği, imha etme gereksinimleri, ambalajları, hasta ve personel üzerindeki etkileri dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla hastanede çevreci bir satın alma politikası söz konusudur (Terekli vd., 2013).

Çevre dostu hastane; enerji tasarrufu sağlayan, karbon gazı emisyonlarını azaltan, verimli ve kaliteli hastaneler olarak tanımlanmaktadır (Karayurt vd., 2014). Çevrelerine dost olan ve sürdürülebilirliği destekleyen sağlık kurumlarının bazı özellikleri vardır (Paço, 2015; Aktaran: Yıldız, 2016): (1) Enerji etkinliği (geleneksel teknolojilerin yerine, koruma önlemleri ve etkinlik sayesinde hastanelerin enerji tüketimlerini ve maliyetlerini azaltma); (2) Yeşil bina tasarımları (yerel iklim koşullarına uyum ve azaltılmış enerji ve kaynak talepleri için en uygun hale getirilmiş hastaneler inşa etme); (3) Alternatif enerji üretimi (güvenilir ve kendi işleyişi sağlamak için temiz, yenilenebilir enerji tüketmek ve/veya üretmek); (4) Taşıma (hastane araç filoları için alternatif enerjiler kullanmak; tesislere yürüyerek ya da bisiklet kullanarak gitmeyi teşvik etmek; kamu ulaşımının kullanımı konusunda çalışanları, hastaları ve toplumu teşvik etmek;

hasta ve çalışanların ulaşım ihtiyacını minimize etmek için birçok hizmetin verildiği sağlık-hizmetleri binaları inşa etmek); (5) Gıda (çalışanlar ve hastalar için sürdürülebilirliğe uygun şekilde yetiştirilmiş bölgesel ürünler sağlamak); (6) Çöpler (çöpleri azaltmak, yeniden kullanmak, geri dönüştürmek, ya da gübre haline getirmek; çöp yakmaya alternatifler kullanmak); (7) Su (suyu korumak ve güvenilir alternatifler olduğu sürece şişelenmiş sudan kaçınmak).

Terekli vd. (2013) çalışmasında gerek kamu gerek özel hastanelerde görev alan hastane yönetimlerine, sürdürülebilir sistemlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için çevre dostu yeşil stratejilerin uygulanması, toplumsal sosyal sorumluluk çerçevesinde sağlıkta çevre dostu yaklaşımlar benimsenmesi ve bu konuda çalışanların, hastaların, hasta yakınlarının ve toplumun bilinçlendirilmesi önerisinde bulunmuştur. Karayurt vd. (2014) çalışmalarında; hemşirelerin, hekimlerin ve tüm sağlık profesyonellerinin çevre dostu uygulamaların farkında olması ve sağlıklı çevrenin korunmasında aktif rol oynamaları gerekliliği sonucuna varmıştır.

2. METODOLOJİ

2.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde çevre bilincinin artması ve çevre ile ilgili kanunların devreye girmesiyle beraber, hem kamu hem de özel sektörde gündemde olan en önemli konulardan biri de çevre ile ilgili konular ve çevre sorunları olmuştur. Bu anlamda işletmelerin ürün ve hizmet sunum süreçlerini çevreye daha az etkisi olacak şekilde sürekli gözden geçirerek, atık miktarlarını azaltmaları, atıkları geri dönüşümü ile ilgili çalışmalar yapmaları, enerji tasarrufu sağlamaları, geri dönüşümlü ambalaj kullanmaları gerekmektedir. Bu da işletmeleri, kendi ürün ve hizmet üretim süreçlerini yeşil uygulamalarla yeniden tasarlamalarına yöneltmiştir. Bu çalışma, Namık Kemal Üniversitesi (NKÜ) Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde sağlık ve idari personel olarak görev yapan çalışanların yeşil uygulamalar ve çevreci sorunlara ilişkin bilgi ve düşüncelerini ortaya koymaktadır. Araştırmanın örneklemini basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilen 98 kişinin yer aldığı hastane personeli (hemşire, sağlık personeli, veri giriş personeli, idari personel, vd.) oluşturmaktadır. Araştırmaya katılan hastane personelinin verilen anketlerdeki soruları yanıtlarken gerçek duygu ve düşüncelerini yansıttıkları kabul edilmiştir.

2.2. Araştırma Yönteminin Belirlenmesi

Bu çalışmada NKÜ Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde görev yapan sağlık çalışanlarının kurumun yeşil uygulamaları ile ilgili duygu, düşünce ve bilgi düzeyleri değerlendirilmek istenmektedir. Bu amaçla yöntem olarak bundan sonraki çalışmalarda da temel alınacak nitelikte tanımlayıcı istatistik ölçüleri uygun görülmüştür.

2.3. Veri Toplama Süreci

Bu çalışmada Wang (2012)'in çalışmasından derlenen ifadelerinden oluşan bir anket formu kullanılmıştır. Anket formunun ilk bölümünde hastane çalışanlarının demografik özellikleri yer almaktadır. İkinci bölümde kurumun yeşil faaliyetleri ile ilgili ilgili iki seçenekli (evet-hayır) ifadelerden oluşan sorular yer almaktadır. Anketin üçüncü bölümünde kurumun yeşil uygulamalar kapsamında; çevresel uygulamalara bağlılık, geri dönüşüm, enerji tasarrufu, aydınlatma, suyun verimli kullanımı, atık yönetimi, tehlikeli ve zehirli maddeler, taşıma ve satın alma uygulamaları ile ilgili ifadeler yer verilmiştir. Bu ifadeler 5'li likert ölçeğine göre Kesinlikle Katılıyorum (5), Katılıyorum (4), Kararsızım (3), Katılmıyorum (2), Kesinlikle Katılmıyorum (1) şeklinde ölçeklendirilerek hazırlanmış ve hastane personeli tarafından cevaplandırılması istenmiştir. Ölçeğin güvenilirlik analizinde yaygın olarak kullanılan Cronbach's Alpha katsayısı $\alpha = 0,948$ olarak elde edilmiştir.

3. ANALİZ VE BULGULAR

Araştırmaya katılan sağlık personelinin demografik özelliklerine ilişkin frekans dağılımları aşağıda Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Hastane Personeli Demografik Özellikleri

Cinsiyet	Frekans	%
Kadın	79	80,6
Erkek	19	19,4
Toplam	98	100
Eğitim	Frekans	%
İlköğretim	9	9,2
Lise	26	26,5
Önlisans	14	14,3
Lisans	40	40,8
Lisansüstü	9	9,2
Toplam	98	100
Yaş	Frekans	%
25 yaş ve altı	25	25,5
26-35 yaş	48	49
36-45 yaş	20	20,4
46-55 yaş	4	4,1
56 yaş ve üstü	1	1
Toplam	98	100
Gelir	Frekans	%
< Asgari ücret	55	56,1
Asgari ücret üstü-2500	4	4,1
2501-3500	16	16,3
3501-4500	18	18,4
4501 – üstü	5	5,1
Toplam	98	100

Araştırmaya katılan 98 sağlık personelinin %81 'i kadınlardan % 19'u ise erkeklerden oluşmaktadır. Seçilen örneklemin eğitim durumuna bakıldığında; %9'u ilköğretim, %27'si lise, %14'ü ön lisans, %41'i lisans ve % 9'u lisansüstü mezunlarından oluşmaktadır. Hastane çalışanlarının yaş dağılımlarına baktığımızda; %26'sı 25 yaşın altında, %49'u 26-35 yaş aralığında, %20'si 36-45, %4'ü 46-55 ve %1'i ise 56 yaş ve üstünde yer almaktadır. Ankete katılan hastane personelinin gelir durumuna göz attığımızda; % 56'sı asgari ücret altında, yüzde 4'ü asgari ücret-2500 aralığında, % 16'sı 2501-3500 aralığında, %18'i 3501-4500 aralığında ve %5'i 4501 ve üstünde gelir elde etmektedir.

Tablo 2: Hastane Personelinin Görev-Hizmet-Kadro Dağılımları

Görev	Frekans	%
Sağlık personeli	38	38,8
Diğer/İdari Personel	60	61,2
Toplam	98	100
Hizmet	Frekans	%
5yıl ve altı	61	62,2
6-10 yıl	25	25,5
11-15 yıl	4	4,1
16-20 yıl	5	5,1
21 yıl ve üstü	3	3,1
Toplam	98	100
Kadro	Frekans	%
4A Kadro	28	28,6
4B Kadro	11	11,2
4C Kadro	4	4,1
Alt işveren	55	56,1
Toplam	98	100

Katılım sağlayan hastane personelinin görev dağılımına bakıldığında %39'u doktor haricindeki sağlık personelinin (hemşire ve sağlık memuru), %61'i ise idari personelden (veri kontrol giriş personeli, vd. idari personel) oluşmaktadır. Ankete katılan hastane personelinin hizmet sürelerinin dağılımlarına bakıldığında; %62'si 5 yıl ve altında, %26'sı 6-10 yıl aralığında, %4'ü 11-15 yıl aralığında, % 5'i 16-20 yıl aralığında ve %3'ü 21 yıl ve üstünde hizmet vermişlerdir. Anketi cevaplandıran hastane personelinin % 29'u 4A kadrolu, %11'i 4B kadrolu, %4'ü 4C Kadrolu ve %56'sı alt işveren olarak hastanede çalışmaktadır.

Anket formunun İkinci bölümünde çalışanların çalıştığı kurumun yeşil faaliyetlerine yönelik düşüncelerini öğrenmek amacıyla 16 ifadeden oluşan iki seçeneqli (evet-hayır) sorulara yer verilmiştir. Araştırmaya katılan sağlık personelinin verdiği cevaplara yönelik frekans dağılımları Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3: Yeşil Faaliyetler İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	EVET		HAYIR	
	F	%F	F	%F
Kurumumuzda Uluslar ve uluslararası çevre yönetim sistemleri kullanılmaktadır.	53	54.1	45	45.9
Kurumumuzda çevresel boyutta faaliyetler yer almaktadır.	55	56.1	43	43.9
Kurumumuzda çevre politikasını belirleyen ayrı bir birim yer	46	46.9	52	53.1
Kurumumuzda çevre denetim sistemi vardır.	58	59.2	40	40.8
Kurumumuzda geri dönüşüm programları ve sistemler yer	86	87.8	12	12.2
Kurumumuzda çevre ile ilgili mesaj, etiket ve işaretler	83	84.7	15	15.3
Kurumumuza alınan ürünlerde CE işareti aranmaktadır.	76	77.6	22	22.4
Kurumumuzda geri dönüşüm işareti kullanılmaktadır.	82	83.7	16	16.3
Kurumumuzda yeşil nokta işareti kullanılmaktadır.	66	67.3	32	32.7
Kurumumuzda çevre dostu mesajlar vardır.	68	69.4	30	30.6
Kurumumuzda çevre koruma işaretleri kullanılmaktadır.	75	76.5	23	23.5
Kurumumuzda ekolojik etiketler kullanılmaktadır.	71	72.4	27	27.6
Kurumumuzda doğal hammadde ve malzeme kullanılmaktadır.	62	64.3	35	35.7
Kurumumuzda atık toplama sistemi yer almaktadır.	85	86.7	13	13.3
Kurumumuzda atık ambalajlar işlenerek yeniden kullanılmaktadır.	75	76.5	23	23.5
Kurumumuzda çevre koruma adına herhangi bir çalışma yoktur.	28	28.6	70	71.4

Çalışanların %54'ü çalıştıkları hastanede ulusal ve uluslararası çevre yönetim sistemlerinin kullanıldığını, % 46'sı ise kullanılmadığını beyan etmişlerdir. %56'sı hastanenin çevresel boyutta faaliyetlerinin olduğunu düşünmektedir. %47'si çalıştıkları kurumda çevreci politikaların belirlendiği ayrı bir kurumun var olduğunu beyan etmiştir. %59'u çalıştıkları kurumda çevre denetim sistemlerinin olduğuna inanmaktadır. Çalışanların %88'i "Kurumumuzda geri dönüşüm programları ve sistemler yer almaktadır" ifadesine "evet" cevabı vermiştir. Çalışanların %85'i kurumlarında çevre ile ilgili mesaj, etiket ve işaretler kullanıldığını ileri sürmüştür. Çalışanların %78'i kurum için satın alınan ürünlerde CE işaretine bakıldığını söylemiştir. Çalışanların %84'ü " Kurumumuzda geri dönüşüm işareti kullanılmaktadır" ifadesine "evet" cevabı vermiştir. Çalışanların %67'si hastanede yeşil nokta işareti kullanıldığını belirtmiştir. Çalışanların %69'u çevre dostu mesajlar, %77'si çevre koruma işaretleri ve %72'si ekolojik etiketler kullanıldığını belirtmişlerdir. "Kurumumuzda doğal hammadde ve malzeme kullanılmaktadır" ifadesine çalışanların%64'ü "evet" cevabı vermiştir. %87'si hastanede atık toplama sisteminin yer aldığını belirtmiştir. Çalışanların %77'si kurumlarında atık ambalajların toplanıp yeniden kullanıldığını ifade ederken,%29'u "Kurumumuzda çevre koruma adına herhangi bir çalışma yoktur" ifadesine "hayır" cevabı vermişlerdir.

Anket formunun son bölümünde kurumun yeşil uygulamalarına yönelik çalışanların düşünceleri sorulmuş ve kullanılan ifadeler çevresel uygulamalara bağlılık, geri dönüşüm, enerji tasarrufu, aydınlatma, suyun verimli kullanımı, atık yönetimi, tehlikeli ve zehirli maddeler, taşıma ve satın alma uygulamaları başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Tablo 4: Kurumun Çevreci Uygulamalara Bağlılığı İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	3	3.1	21	21.4	34	34.7	36	36.7	4	4.1	3.17	0.92
İfade 2	1	1	15	15.3	37	37.8	41	41.8	4	4.1	3.33	0.82
İfade 3	3	3.1	22	22.4	37	37.8	31	31.6	5	5.1	3.13	0.93

Tablo 4' e göre "Kurumumuzda enerji, su ve katı atık kullanımı ile ilgili çevreci planlar hazırlamaktan sorumlu, çevreye verilebilecek olumsuz etkileri kontrol eden ve ayrı bir birim olarak görev yapan atıktan sorumlu koordinatörlük yer almaktadır" ifadesine ankete katılan sağlık personelinin %24,5'i katılmamaktadır. Çalışanların % 38'i "Kurumumuz elektrik, gaz, su ve atık kullanım bilgilerini aylık ve yıllık olarak gözlemlemekte ve çevresel performansları yönetmektedir" ve "Kurumumuzun çevresel çabaları hastalara, yakınlarına, personele açıkça iletilebilmektedir" ifadelerine kararsız kalmışlardır.

Tablo 5: Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	4	4.1	7	7.1	15	15.3	57	58.2	15	15.3	3.73	0.95
İfade 2	4	4.1	8	8.2	29	29.6	45	45.9	12	12.2	3.54	0.95
İfade 3	3	3.1	15	15.3	26	26.5	39	39.8	15	15.3	3.49	1.03
İfade 4	6	6.1	10	10.2	22	22.4	49	50	11	11.2	3.5	1.03
İfade 5	11	11.2	17	17.3	16	16.3	46	46.9	8	8.2	3.23	1.17
İfade 6	8	8.2	17	17.3	28	28.6	38	38.8	7	7.1	3.19	1.07

Çalışmaya katılan hastane personeline geri dönüşüm ve yeniden kullanım hakkında altı ifadeden oluşan sorular yöneltilmiştir. Çalışanların bu ifadelere verdikleri cevaplar yukarıda Tablo 5'te yer almaktadır. İfade 1 olarak verilen "Kurumumuzda, geri dönüşüm kutuları yer almakta ve kullanılan geri dönüşüm kutuları üzerinde alüminyum, cam, plastik, karışık kağıt, karton, gazete ve toner kartuşu gibi ibareler içermektedir" ifadesine çalışanların %74'ü katılmaktadır. İfade 2 olarak "Geri Dönüşüm kutuları ofis/idari alanlar, giriş/kayıt alanları ve hastane odaları gibi ortak alanlarda yer almaktadır" ifadesi sorulmuş ve çalışanların %58'i bu ifadeye katıldığını belirtmiştir. "İşlemlerle alakalı standart uygulama olarak çift taraflı kopyalama ve yazdırma işlemleri yapılmaktadır" ibaresi İfade 3 olarak verilmekte ve çalışanlar bu ifadeye %55 oranında katılmaktadır. Çalışanlara İfade 4 "Kurumumuzda yazıcı ve fotokopi yakınlarında önceden kullanılan kağıtlar; taslak, çizim, kağıt veya dahili belge olarak yeniden kullanılmak üzere toplanmaktadır" sorusu sorulmuş ve %61'i katılıyorum cevabı vermiştir. İfade 5 "Kurumumuzda kağıt dosyalar yerine elektronik dosyalar kullanılmaktadır." İfadesine personelin % 55'i katılmaktadır. Son olarak geri dönüşüm ile ilgili İfade 6 olarak "Kurumumuzda kullanılan ürünlerde plastik ürünler yerine daha az ambalaj veya geri dönüştürülebilen ambalajlar kullanılmaktadır" ifadesine çalışanlar %46 oranında katılmaktadır.

Tablo 6: Enerji Tasarrufu İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	6	6.1	27	27.6	32	32.7	26	26.5	7	7.1	3.01	1.04
İfade 2	4	4.1	8	8.2	36	36.7	42	42.9	8	8.2	3.43	0.91
İfade 3	3	3.1	7	7.1	43	43.9	37	37.8	8	8.2	3.41	0.86
İfade 4	3	3.1	10	10.2	31	31.6	48	49	6	6.1	3.45	0.87
İfade 5	4	4.1	9	9.2	27	27.6	51	52	7	7.1	3.49	0.91
İfade 6	6	6.1	18	18.4	29	29.6	40	40.8	5	5.1	3.2	1
İfade 7	6	6.1	25	25.5	36	36.7	27	27.6	4	4.1	2.98	0.97
İfade 8	6	6.1	12	12.2	22	22.4	48	49	10	10.2	3.45	1.04
İfade 9	3	3.1	13	13.3	36	36.7	37	37.8	9	9.2	3.37	0.93

Yukarıda Tablo 6’da çalışanların çalıştıkları kurumun enerji tasarrufu adı altında yapılan faaliyetlerle ilgili 9 ifadelerin frekans dağılımları, ortalamaları ve standart sapmaları verilmiştir. Tablo 6’da İfade 1 olarak “Kurumumuzda yoğunluğun az olduğu alanlarda hareketli sensörler veya zamanlayıcılar kullanılmaktadır” sorusu çalışanlara yöneltilmiş ve personelin %33’ü “kararsızım” cevabı vermişlerdir. Çalışanlara İfade 2 “Kurumumuzda led lambalar gibi enerji tasarruflu ampuller kullanılmaktadır” sorusuna %51 oranında katılmaktadır. Çalışanların %44’ü İfade 3 “Kurumumuzda enerji verimliliği sağlayan ekipmanlar takılmakta ve enerji tasarrufu sağlayan elektrikli cihazlar kullanılmaktadır” ifadesine kararsız kalmaktadır. İfade 4 olarak “Kurumumuzda, Isıtma (Heating), havalandırma (Ventilating) ve soğutma (Air Conditioning) sistemleri ekipmanları ile ilgili düzenli bakım yapılmaktadır” ifadesine %55 oranında katılıyorum cevabı verilmiştir. “Kurumumuzda ısı yalıtım uygulamaları yer almaktadır” İfade 5 olarak verilmiş ve çalışanların % 55 oranında bu ifadeye katıldığı gözlenmiştir. İfade 6 olarak verilen “Kurumumuzda enerji tasarrufu sağlamak için, gün boyu güneşten gelen doğal enerji kullanılarak enerji tüketimi azaltılmakta veya çift bölmeli pencereler kullanılmaktadır” sorusuna çalışanlar %46 oranında katılmaktadır. Hastane çalışanların İfade 7 “Kurumumuzda camlardan gelen güneş ısı emisyonlarını ve enerji kaybını azaltmak için cam filmi kullanılmaktadır” ifadesi yöneltilmiş ve %37’si kararsız olduğunu beyan etmiştir. İfade 8 “Kurumumuzda hava dolaşımını kolayca sağlamak ve klima ihtiyacını azaltmak için tavan vantilatörleri yer almaktadır” ifadesine çalışanların %59’u katıldığını belirtmiştir. Son olarak İfade 9 “Kurumumuzda enerji israfını engelleyen tedbirler alınmaktadır” ifadesi sorulmuş ve çalışanların %47’si katıldığını belirtmiştir.

Tablo 7: Aydınlatma İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	3	3.1	23	23.5	29	29.6	35	35.7	8	8.2	3.22	1
İfade 2	7	7.1	22	22.4	37	37.8	28	28.6	4	4.1	3	0.98
İfade 3	7	7.1	22	22.4	40	40.8	20	20.4	9	9.2	3.02	1.05
İfade 4	9	9.2	22	22.4	33	33.7	30	30.6	4	4.1	2.98	1.04
İfade 5	9	9.2	30	30.6	28	28.6	28	28.6	3	3.1	2.86	1.04
İfade 6	3	3.1	11	11.2	38	38.8	39	39.8	7	7.1	3.37	0.89

Aydınlatma ile ilgili 5 ifadeden oluşan sorular çalışanlara yöneltilmiştir. İlk olarak İfade 1 “Kurumumuzda düşük yoğunluğun olduğu alanlarda aydınlatma için programlanabilir sensörler / zamanlayıcılar yer almaktadır” sorusuna çalışanların %44’ü katılmaktadır. İfade 2 “ Kurumumuzda kişilerin varlığını veya yokluğunu tespit etmek için doluluk algılayıcıları kullanılmaktadır” ifadesine çalışanların %38’i “kararsızım” cevabı vermişlerdir. “Kurumumuzda hastalar veya personel odadan ayrıldığı zaman ışıkların kapatılması ile ilgili hatırlatıcı notlar bulunmaktadır” ifadesi İfade 3 olarak verilmekte ve çalışanlar bu ifadeye %41 oranında kararsız kaldığını beyan etmektedir. İfade 4 olarak “Kurumumuzda aydınlatmadan iyi bir şekilde yararlanabilmek için düzenli olarak difüzörler temizlenmektedir” ifadesine çalışanlar %35 oranında katılmaktadır. “Günlük çalışma saatlerinde sadece doğal aydınlatma kullanılmaktadır” ifadesi Tablo 8’de İfade 5 olarak verilmiş ve %40’ı katılmadığını ifade etmiştir. Son olarak İfade 6

“Kurumumuzda enerji tasarrufu olan ampuller kullanılmaktadır” ifadesine çalışanlar %47 oranında katılırken, %39’u kararsız olduğunu belirtmiştir.

Tablo 8: Su Tasarrufu İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
Kurumumuzda kullanıma açık alanlarda (tuvalet, bekleme odaları, vb.) su tasarrufunu teşvik eden mesajlar yer almaktadır.	2	2	27	27.6	31	31.6	31	31.6	7	7.1	3.14	0.97
Kurumumuzda verilen hizmetler daha az malzeme, su ve enerji harcanarak sunulmaktadır.	1	1	22	22.4	41	41.8	29	29.6	5	5.1	3.15	0.87

Ankete katılan çalışanlara kurumlarında suyun verimli kullanımı ile ilgili düşüncelerini öğrenmek amacıyla Tablo 8’de verilen iki soru sorulmuştur. İlk olarak “Kurumumuzda kullanıma açık alanlarda (tuvalet, bekleme odaları, vb.) su tasarrufunu teşvik eden mesajlar yer almaktadır” ifadesine personelin %32’si “Kararsızım” cevabı verirken % 39’u bu ifadeye katıldığını belirtmiştir. “Kurumumuzda verilen hizmetler daha az malzeme, su ve enerji harcanarak sunulmaktadır” ifadesine ise çalışanların %42’si “kararsızım” cevabı vermişlerdir.

Tablo 9: Atık Yönetimi İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	1	1	15	15.3	53	54.1	20	20.4	9	9.2	3.21	0.85
İfade 2	1	1	9	9.2	44	44.9	35	35.7	9	9.2	3.43	0.82
İfade 3	1	1	10	10.2	47	48	33	33.7	7	7.1	3.36	0.8
İfade 4	4	4.1	14	14.3	50	51	21	21.4	9	9.2	3.17	0.93
İfade 5	5	5.1	14	14.3	39	39.8	30	30.6	10	10.2	3.27	1
İfade 6	5	5.1	15	15.3	32	32.7	33	33.7	13	13.3	3.35	1.06

Hastane çalışanlarına atık yönetimi ile ilgili 6 ifadenin yer aldığı sorular sorulmuş ve cevapları yukarıda Tablo 9’da verilmiştir. Tablo 9’da verilen ifadelerden ilki İfade 1 “Kurumumuzda kimyasal işlemlere daha az bağlılığı olan yeşil entegre atık yönetimi programları uygulanmaktadır” ifadesine ankete katılan çalışanların %54’ü kararsızım cevabı vermişlerdir. İfade 2 “Kurumumuzun iç ve dış alanlarında organik böcek öldürücü ilaçlar veya entegre atık yönetim programları kullanılmaktadır” ifadesine çalışanlar %45 oranında kararsız yaklaşmaktadır. Çalışanların %48’i İfade 3 olarak verilen “Kurumumuzda atıklar izlenmekte ve uygun kontrol kararlarının alınabilmesi için doğru bir şekilde tanımlanmaktadır” ifadesine kararsızım cevabı vermişlerdir. Ankete katılanların yarısı (%50) İfade 4 “Kurumumuzda kanalizasyonda bazı sinek veya böceklerin yiyecek kaynağı ve üreme alanı olarak kullandıkları kirleri ve yağı temizlemek için organik temizleyiciler kullanılmaktadır” ifadesinden kararsızdır. Diğer bir İfade 5 olan “Kurumumuzda çeşitli böcekler için tuzaklar, kaplı yemler, jeller veya engeller kullanılmaktadır” ifadesine çalışanların %41’i katılmaktadır. Son olarak İfade 6 “Kurumumuzda atık sınıflandırması düzgün bir şekilde yapılmaktadır” ifadesine çalışanların %47’si katılmaktadır.

Aşağıda Tablo 10’da hastane çalışanlarına kurumun tehlikeli ve zehirli madde yönetimi ile 7 ifadeden oluşan sorular yöneltilmiştir. Ankete katılanların verdikleri cevapların frekans dağılımları, ortalama ve standart sapmaları tabloda verilmektedir.

Tablo 10: Tehlikeli ve Zehirli Madde İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	1	1	18	18.4	46	46.9	25	25.5	8	8.2	3.21	0.88
İfade 2	2	2	14	14.3	43	43.9	31	31.6	8	8.2	3.3	0.89
İfade 3	1	1	11	11.2	53	54.1	25	25.5	8	8.2	3.29	0.81
İfade 4	2	2	11	11.2	57	58.2	19	19.4	9	9.2	3.22	0.84
İfade 5	1	1	12	12.2	60	61.2	20	20.4	5	5.1	3.16	0.74
İfade 6	1	1	10	10.2	39	39.8	40	40.8	8	8.2	3.45	0.83
İfade 7	3	3.1	12	12.2	33	33.7	44	44.9	6	6.1	3.39	0.89

Tablo 10'da verilen cevaplara göre ankete katılanların % 47'si İfade 1 olarak verilen "Kurumumuzda tüm kimyasal ürünler orijinal kaplarıyla sıkı bir şekilde saklanmaktadır ve ateşleme alanı ve gıda depolama alanlarından uzakta muhafaza edilmektedir" sorusuna kararsızım cevabı vermişlerdir. İfade 2 "Kurumumuzda mümkün olduğunca az zehirli temizlik malzemeleri kullanılmaktadır" ifadesine çalışanlar %44 oranında, İfade 3 olarak verilen "Kurumumuzda kurşunsuz, biyolojik olarak parçalanabilir, zehirliliği düşük, civa içermeyen, geri dönüştürülebilir, daha az tehlikeli ve dayanıklı olan ürünler kullanılmaktadır" ifadesine %54 oranında, İfade 4 "Kurumumuzda daha az zehirli duvar yazısı çıkarıcıları kullanılmaktadır" ifadesine %58 oranında ve İfade 5 "Kurumumuzda az veya hiç fosfat içermeyen çamaşır deterjanları satın alınmaktadır" ifadesine çalışanların %61'i kararsızım cevabını vermiştir. Çalışanların %49'u İfade 6 olarak verilen "Kurumumuzda aerosol teneke kutular, elektronik cihazlar, boya, piller, toner kartuşları, kimyasal maddeler ve kompakt floresan lambalar gibi malzemeler çöpe atılmamakta, tehlikeli atık bırakma yerlerinden yararlanılmaktadır" ifadesine katılmaktadır. Son olarak İfade 7 olarak verilen "Kurumumuzda tek kullanımlık piller yerine şarj edilebilir piller kullanılmaktadır" ifadesine çalışanlar %51 oranında katılıyorum cevabı vermiştir.

Tablo 11: Taşıma İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	7	7.1	22	22.4	38	38.8	28	28.6	3	3.1	2.98	0.96
İfade 2	5	5.1	18	18.4	35	35.7	35	35.7	5	5.1	3.17	0.96
İfade 3	5	5.1	22	22.4	28	28.6	35	35.7	8	8.2	3.19	1.04
İfade 4	15	15.3	31	31.6	29	29.6	18	18.4	5	5.1	2.66	1.1
İfade 5	9	9.2	22	22.4	39	39.8	24	24.5	4	4.1	2.92	1
İfade 6	3	3.1	26	26.5	42	42.9	24	24.5	3	3.1	2.98	0.87

Çalışanlara yeşil uygulamalar kapsamında taşıma ile ilgili 6 ifadeden oluşan ifadeler verilerek düşünceleri hakkında bilgi edinilmek istenmiştir. Tablo 11'e göre çalışanların İfade 1 "Kurumumuzda personelin motorlu-motorsuz araçları için güvenli alanlar yer almaktadır" ifadesine %39 oranında kararsız kaldıkları görülmüştür. İfade 2 "Kurumumuzda personelin araba, bisiklet, yaya ve toplu taşıma konularında bilgi sağlanmaktadır" ifadesine çalışanların %41'i katıldığını belirtmiştir. Çalışanlar, İfade 3 "Kurumumuzda teşvikler ile yeni ulaşım yolları desteklenmektedir" ifadesine %44 oranında katılmaktadır. İfade 4 "Kurumumuzda evden çalışma ve esnek zamanlı çalışma fırsatları sunulmaktadır" ifadesine %47 oranında katılmamaktadır. Bir diğer ifade olan İfade 5 "Kurumumuzda elektrik, hibrid veya biodizel araçlar için araba havuzu gibi tercihli park yerleri sağlanmaktadır" sorusuna çalışanların %40'ı kararsızım cevabı vermiştir. Son olarak İfade 6 "Kurumumuzda çevre dostu verimli ulaşım ve dağıtım sistemleri kullanılmaktadır." ifadesinde ankete katılan sağlık personeli %43 oranında kararsız kalmışlardır.

Tablo 12: Satın Alma İle İlgili İfadelerin Frekans Dağılımları

İfadeler	1		2		3		4		5		Ortalama	Standart Sapma
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F		
İfade 1	2	2	22	22.4	35	35.7	32	32.7	7	7.1	3.2	0.94
İfade 2	1	1	20	20.4	47	48	22	22.4	8	8.2	3.16	0.88
İfade 3	1	1	13	13.3	64	65.3	13	13.3	7	7.1	3.12	0.76
İfade 4	1	1	12	12.2	47	48	31	31.6	7	7.1	3.32	0.82
İfade 5	5	5.1	7	7.1	50	51	31	31.6	5	5.1	3.24	0.86
İfade 6	5	5.1	7	7.1	53	54.1	28	28.6	5	5.1	3.21	0.85
İfade 7	2	2	8	8.2	60	61.2	21	21.4	7	7.1	3.23	0.78
İfade 8	0	0	8	8.2	63	64.3	21	21.4	6	6.1	3.26	0.69
İfade 9	2	2	11	11.2	55	56.1	22	22.4	8	8.2	3.23	0.83

Çalışanlara yeşil uygulamalar kapsamında satın alma ile ilgili 9 ifadeden oluşan sorular yöneltilmiş ve cevaplandırmaları istenmiştir. İfade 1 olarak “Kurumumuzda çevreci satın alma politikası oluşturulmakta ve çalışanlar bu prosedürler konusunda eğitilmektedir” ifadesine çalışanların %40’ı katılmaktadır. İfade 2 “Kurumumuzda, ofis kağıdı, zarflar, post-it notları, kağıt havlular, tuvalet kağıdı, yeniden üretilmiş toner kartuşları, halı, inşaat malzemeleri ve çok daha fazlası gibi ürünler için geri dönüştürülmüş içerikli ürünler satın alınmaktadır” ifadesine %48, İfade 3 “Kurumumuzda ikinci el ekipmanlar satın alınmaktadır” ifadesine %65 oranında, İfade 4 “Kurumumuzda mümkün olan yerlerde enerji tasarruflu ürünler satın alınmaktadır” sorusuna % 48, İfade 5 “Kurumumuzda çevre dostu ürün kullanmayı tercih ettiğimiz tedarikçilere bildirilmektedir” ifadesine %51, İfade 6 “Kurumumuzda çevreye duyarlı tedarikçilere öncelik verilmektedir” sorusuna %54, İfade 7 “Kurumumuzda yeniden kullanıma, tamir ve / veya döşeme işlemine izin vermek için yeterli kalitede dayanıklı mal satın alınmaktadır” ifadesine %61, İfade 8 “Kurumumuzda yeniden kullanılabilir, az veya geri dönüşümlü paketleme ve sevk paletlerine satın alma tercihlerinde öncelik verilmektedir” ifadesine %64 ve son olarak İfade 9 “Kurumumuzda yerel, organik ve çevre dostu ürünler satın alınmaktadır” ifadesine %56 oranında kararsız kalınmıştır.

4. SONUÇ

Çevre problemleri günümüzün en önemli sorunlarından birisidir. Bu problemle başa çıkabilmek için ülkeler çözüm üretmeye çalışmakta, bunu yasalarla ve yeşil ürün ve hizmet üretimi ile ilgili çok sayıda sosyal sorumluluk projeleri ile desteklemektedir. Avrupa Birliği Uyum Yasaları ve 27.06.2015 tarih ve 29399 sayılı Sağlıkta Kalitenin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik çerçevesinde Sağlık Bakanlığı ve bağlı kamu kurumları hasta memnuniyeti, çevre dostu uygulama, vb. kavramların değerini yükseltici uygulamaları teşvik etmektedir. Kuşkusuz ki çevre dostu uygulamalarda sağlık kurumları öncü olmalı, çalışan ayırt etmeden tüm personele bu prensibi benimsetmelidir.

Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde yürütülen bu araştırma sonucunda; genel olarak katılımcıların kurumlarının yeşil faaliyetleri konusunda olumlu ifadeler geliştirdikleri görülmektedir. Ancak katılımcılar, bu uygulamaları tek tek değerlendirdiklerinde kararsız kalmışlardır. Öyle ki ülkemiz hastaneleri, 25.01.2017 tarih ve 29959 sayılı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nce tıbbi ve tehlikeli atıkları Sağlık Bakanlığı normlarına uygun şekilde bertaraf tesislerine vermek ile mükelleftir. NKU’da bunu kati olarak uygulamaktadır. Katılımcılar da tehlikeli atık, tıbbi atık ve evsel atıklar arasında uygulanan bu kuralları benimsemiş ancak yanlış yorumlamış olabilirler. Karayurt vd. (2014) çalışma sonuçlarına paralel bir şekilde çevre eğitimi; hemşireler, hekimler, vd. sağlık çalışanları için müfredatın standart bir parçası olması gerekliliği sonucuna varılmıştır. NKU özellikle sağlık çalışanlarına çevre dostu uygulamalarını daha iyi anlatmak üzere eğitim programları ve/veya seminerler organize edilmelidir.

Günümüzde sağlık sektöründeki rekabet sadece özel sağlık kurumları ile kamu sağlık kurumları arasında değil, aynı zamanda kamu sağlık kurumlarının birbiri arasında da sert bir şekilde yaşanmaktadır. Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi de bu yoğun rekabet içerisinde olan bölge kamu hastanelerinden birisidir. NKU Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi’ndeki çevre dostu uygulamaları incelemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada katılımcıların genel yorumlarına bakıldığında, ilgili kurumun çevre dostu prensibini benimsediği ve yeşil faaliyetler sergilediği ancak yeşil kavramının yeterince anlaşılmasından kaynaklı sorunlar olduğu ve cevapların net bir şekilde verilemediği tespit edilmiştir. Terekli vd. (2013) çalışma sonuçlarında; gerek kamu gerek özel hastanelerde görev alan hastane yönetimine, sürdürülebilir sistemlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi adına çevre dostu yeşil stratejilerin uygulanması, toplumsal sorumluluk çerçevesinde sağlıkta çevre dostu yaklaşımlar benimsenmesi, sağlık alanında

önemli bir harcama kalemi olan sağlıklı ve çevreci yenilebilir enerji kaynaklarının (güneş ve rüzgar enerjisi, jeotermal enerji) kullanımının teşvik edilmesi, özellikle hastanelerde enerji verimliliği çalışmalarının yaygınlaştırılması ve bu konuda çalışanların, hastaların, hasta yakınlarının ve toplumun bilinçlendirilmesini önermiştir. Bu çalışmada, NKU Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde çevreci uygulamalara bağlılık, geri dönüşüm ve yeniden kullanım, atık yönetimi, enerji tasarrufu, tehlikeli ve zehirli maddeler ile yeşil satın almaya yönelik uygulamalar geliştirdiği görülmüştür. Fakat bu gelişmelerin kaynağı net olarak tespit edilememiştir. Gelecekteki çalışmalar, bu hassasiyetin nedenini (ekonomik kaygı, kıt kaynaklar, çevre baskısı, vb.) nicel araştırmalar yaparak sorgulamalıdır. Ayrıca bu nedenlerin, vakıf ve kamu sağlık merkezleri olarak ta çalışılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Büyüközkan G., Vardaloğlu Z., (2008), “Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi”, Lojistik Dergisi, 8, ss.66-73.
- [2] Çetin Gürkan G., (2015), “Türkiye’de Faaliyet Gösteren İnovatif Şirketlerde Çevreye Duyarlı Uygulamaların Belirlenmesi: Kurumsal Web Siteleri Temelli Bir Araştırma”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24(1), ss.255-270.
- [3] İnce M. E., (2013), “Yeşil Tedarik Zinciri Yaklaşımı ve Örnekleri”, Konya Ticaret Odası Etüt Araştırma Servisi, Konya, ss.1-14.
- [4] Karayurt Ö., Çömez S., Ceylan H., (2014), “Cerrahi Kliniklerde Çevre Dostu Uygulamalar”, Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi, 7(4), ss.337-344.
- [5] Keskin S., (2016), “Yeşil Girişimcilik”, Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 7(7), ss.285-294.
- [6] Korucuk S., Mert F., (2017), “Yeşil Lojistik Uygulamaları: PTT Örneği”, Ulakbilge, 5 (12), ss.865-879.
- [7] Kuduz N., Zerenler M., (2013), Yeşil Pazarlama, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- [8] Özkaya B., (2010), “İşletmelerin Sosyal Sorumluluk Anlayışının Uzantısı Olarak Yeşil Pazarlama Bağlamında Yeşil Reklamlar”, Öneri Dergisi, 9(34), ss.247-258.
- [9] Pezikoğlu F., (2012), “Sürdürülebilir Tarım ve Kırsal Kalkınma Kavramı İçinde Tarım-Turizm-Kırsal Alan İlişkisi ve Sonuçları”, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 14(22), ss.83-92.
- [10] Terekli G., Özkan O., Bayın G., (2013), “Çevre Dostu Hastaneler: Hastaneden Yeşil Hastaneye”, Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 12(2), ss.37-54.
- [11] Wang, R. (2012). The Investigation Of Green Best Practices For Hotels In Taiwan, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 57, 140-145.
- [12] Yarış E., Akın E., Şakacı B. K., (2011), “Tüketicilerin Çevre Bilinci Düzeylerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma”, Öneri Dergisi 9(35), ss.117-126.
- [13] Yıldız H., (2016), “Sürdürülebilirlik Bağlamında Sağlık Sektöründe İnovatif Uygulamalar: Yeşil Hastaneler”, Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 7(13), ss.323-340.
- [14] Zhang H.C., Kuo T. C., H Lu, (1997), “Environmentally Conscious Design and Manufacturing”, Journal of Manufacturing Systems, 16(5), pp.352-371.

MONTAJ HATLARI İÇİN PARÇA BESLEME SÜREÇLERİNİN PLANLANMASI

Seval Ene¹, Büşra Henden², İsmet Başaran³, Batuhan Pamuk⁴, Nursel Öztürk⁵

¹Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, sevalene@uludag.edu.tr

²Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, henden.busra@gmail.com

³Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, ismetbasaran94@gmail.com

⁴Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, batuhanpamuk1907@gmail.com

⁵Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, nursel@uludag.edu.tr

ÖZET

Üretim sistemlerinin verimliliğinin artırılmasında ve katma değersiz işlerin önlenmesinde parça besleme süreçlerinin önemli bir etkisi vardır. Parça besleme süreçleri, parçaların kullanım noktalarına teslim edilme yöntemlerini ifade etmektedir. Karışık modelli montaj hattının tipik örneği olan otomotiv montaj hatlarında da uygun besleme süreci ile istenen zamanda ve en düşük maliyetle parçaların hatta beslenmesi kritik bir konudur. Bu çalışmada, otomotiv montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması için bir sistem tasarlanması ve böylece parçalar için uygun hat besleme sürecinin belirlenerek katma değersiz işlerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için kural tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, parça ve tedarikçi firma özellikleri gibi girdileri kullanarak, parça besleme süreçleri için tanımlanan kuralları işleyip, hat besleme süreçlerinin maliyetini de dikkate alarak girilen parça için seçilen hat besleme süreci çıktısını üretmektedir. Ayrıca, geliştirilen sistem, benzer hat ve üretim planlama yapısının bulunduğu ve karma üretim yapılan montaj hatlarına sahip farklı sektörlere de entegre edilip uygulanabilir.

Anahtar Kelimeler: Kural tabanlı sistem, Montaj hattı, Parça besleme yöntemleri.

PLANNING PART FEEDING PROCESSES FOR ASSEMBLY LINES

ABSTRACT

Part feeding processes have a significant impact on increasing efficiency of production systems and preventing non value added jobs. Part feeding processes refer to delivery methods of parts to use points. It is a critical issue to feed parts to the line at the desired time and at the lowest cost with the appropriate feed process in the automotive assembly lines, which is a typical example of a mixed model assembly line. The purpose of this study is to design of a system for the planning of part feeding processes in automotive assembly lines and thereby eliminating non value added jobs by determining the proper line feeding process for the parts. A rule based system is developed to solve the problem. The developed system processes the rules defined for part feeding processes with cost consideration and produces the output of selected part feeding process by using part and supplier specifications etc. inputs. Besides, the developed system can be integrated and applied to different sectors of mixed model assembly lines with similar line and production planning structure.

Keywords: Rule based system, Assembly line, Part feeding methods.

1. GİRİŞ

Üretim sistemlerinde parçaların hatta besleme süreçlerinin yönetilmesi, katma değersiz işlerin ortadan kaldırılarak, verimliliğin artırılmasında, stok ve elleçleme gibi maliyetlerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Battini vd., 2009, Kilic ve Durmusoglu, 2015). Çok sayıda farklı tipteki araçların aynı montaj hattında sıra ile üretildiği otomotiv montaj tesislerindeki üretim, karışık modelli montajın tipik bir örneğidir (Choi ve Lee, 2002). Yüksek rekabet koşullarında müşterilerin çok sayıdaki ve farklı taleplerine cevap veren otomotiv endüstrisinde, yüksek değişkenlikteki parçaların uygun hat besleme süreci ile istenen zamanda ve en düşük maliyetle montaj hatlarındaki kullanım noktalarına teslim edilmesi gerekmektedir. Literatürde yaygın olarak hat yanı stoklama, setleme (Kitting: Setleme) gibi parça besleme süreçleri ile karşılaşmaktadır. Hat yanı stoklamada, parçalar, montajının yapılacağı iş istasyonunun yanında homojen konteynırlarda stoklanarak montaj hattına beslenmektedir (Limere vd., 2012).

Setlemede ise, montajlanacak ürüne ait parçaların yer aldığı ve önceden sıralanmış kit araçları ile parçalar montaj hattına beslenmektedir (Hanson ve Brolin, 2013).

Bu çalışmada, otomotiv montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması problemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, bir otomotiv ana sanayi firmasının montaj hattında uygulama yapılarak uygulama yapılan firma bünyesinde montaj hatlarının beslenmesinde ortaya çıkan katma değersiz işlerin ve gereksiz alan kullanımının ortadan kaldırılması ve bu doğrultuda uygun hat besleme yöntemlerini belirleyen bir sistemin tasarlanarak, kullanımının standartlaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması ve optimizasyonu ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar kısaca özetlenerek çalışmanın konusu ile ilgili literatür incelemesi yapılmıştır; üçüncü bölümde ele alınan problemin çözümüne yönelik geliştirilen yöntem açıklanmıştır; dördüncü bölümde önerilen çözüm yöntemi ile gerçekleştirilen uygulama açıklanarak elde edilen bulgular verilmiştir ve son olarak beşinci bölümde çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması ve optimizasyonu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde farklı çözüm yaklaşımları ile karşılaşmıştır. Bu bölümde, literatürde karşılaşılan bazı çalışmalar özetlenmiştir. Bozer ve McGinnis (1992), her bir parça türüne optimal malzeme besleme politikası atamak için bir tamsayılı doğrusal programlama matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Model, setleme ve hat yanı stoklama parça besleme süreçleri arasında seçim yapılmasına izin vermektedir. Choi ve Lee (2002), bir otomotiv montaj hattı için dinamik parça besleme sistemi önermişlerdir. Sistem, gerçek üretim durumunu dikkate alarak parça tüketim miktarlarını dinamik olarak tahmin etmekte ve parça besleme taleplerini dinamik olarak iletmektedir. Önerilen sistem, simülasyon üzerinden statik parça besleme süreçleri ile karşılaştırılmıştır. Limere vd. (2012) parça besleme süreçlerini karşılaştırmak için matematiksel maliyet modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, setleme ve hat yanı stoklama parça besleme süreçleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Hanson ve Brolin (2013), hat yanı stoklama ve setleme parça besleme süreçlerini, esneklik, ürün kalitesi, envanter seviyesi ve alan gereksinimi gibi parametreler üzerinden karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmada otomotiv montaj hatlarına ait iki örnek uygulamaya ait veriler kullanılmıştır. Sali vd. (2015), hat yanı stoklama, setleme ve sıralama tipi hat besleme süreçlerini toplam operasyon maliyetlerinin ortalaması bazında otomotiv montaj hatlarına ait örnek olay ile değerlendirmiştir. Toplam operasyon maliyeti, montaj öncesi hazırlık maliyetlerini, toplama maliyetlerini, tesis içi taşıma maliyetlerini ve depolama maliyetlerini içermektedir. Caputo vd. (2015), setleme hat besleme yöntemi için ürün özellikleri ve üretim karması göz önüne alındığında kaynakların boyutlandırılmasını sağlayan bir matematiksel model üzerine çalışmışlardır. Kilic ve Durmusoglu (2015), hat besleme yöntemlerinin bir literatür araştırmasını yapmış ve karma bir hat besleme yöntemi olan hibrit hat besleme yöntemini tanımlamışlardır. Sali ve Sahin (2016), parça özelliklerine dayalı montaj hatları besleme politikalarının seçimi üzerine parçaların özelliklerinin, yani birim boyutunun ve maliyetinin, montaj hatları iş istasyonları için malzemelerin toplam teslimat maliyetine olan etkisini araştıran ve her bir parça türü için kabul edilen besleme yöntemini doğrudan seçmek için kriter olarak değerlendiren çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarını, sıralama, setleme ve hat yanı stoklama için gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ise, parçaların gereken zamanda, gerektiği yerde, en düşük maliyeti sağlayacak şekilde bulunabilmesi için uygun hat besleme yöntemi ile yönetilmesini gerçekleştirecek bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, setleme, hat yanı stoklama, sıralama (difüzyon alanlarında), tam sıralı (Just-in-Sequence (JIS)) parça besleme süreçlerini içermektedir ve kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturularak Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile kodlanmıştır.

3. METODOLOJİ

Montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanmasına yönelik olarak geliştirilen sistem, kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturulmuştur. Algoritma, parça yönetim sistemlerinden gelen kurallara dayanmaktadır. Malzeme sınıfı, malzemenin montajının yapıldığı istasyon, tedarikçi firmanın konumu gibi malzemeye ve tedarikçi firmaya ait özellikleri algoritma girdi olarak almakta ve ilgili parça besleme yöntemlerinin kurallarını işleyerek seçilen hat besleme yöntemini çıktı olarak kullanıcıya sunmaktadır. Algoritmada tanımlanan kurallara ait örnekler Şekil 1’de, algoritmanın sözde kodu ise Şekil 2’de gösterilmiştir. Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ara yüzünde bir program olarak geliştirilen sistemde parçalar ile ilgili tüm veriler Microsoft SQL veritabanında saklanmaktadır.

Programda parça numarası bilgisi girildikten sonra, ilk olarak parçanın tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilirliği analiz edilmektedir. Eğer ilgili parça tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilir ise parça besleme süreci tam sıralı olarak atanmaktadır. Tam sıralı parça besleme süreci ile bir parçanın yönetilebilmesi için, süreç akışında belirlenen bir noktadan itibaren montajı yapılacak olan parçanın takılacağı istasyona kadar geçen süre ile parçanın tedarik edilmesi için gereken toplam süre farkının, tanımlanan süreden fazla olması gerekmektedir. Parçanın tedarik edilmesi için gereken toplam süre, kasa dolum süresi, araç yükleme süresi, yol süresi ve firmaya giriş süresini içermektedir.

<p>1. If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" VE Kalansüre\geq75 Then Hatbeslemeyöntemi="JIS"</p> <p>2. If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" VE Kalansüre$<$75 Then Hatbeslemeyöntemi= Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }</p> <p>3. If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" VE Kalansüre$<$75 VE If Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Kit" VE KalanalanKit $>$ 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = "Kit"</p> <p>4. If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" VE Kalansüre$<$75 VE If Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Kit" VE KalanalanKit $<$ 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = Min{ DifüzyonMaliyeti, HatyanıMaliyeti }</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

Şekil 1: Tasarlanan Sistemin Kural Örnekleri

<p>GİRDİ</p> <p>Kalanalandifüzyon=Difüzyonalanı, KalanalanKit= Kitalanı, KalanalanHatyanı=Hatyanıalanı</p> <p>If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" AND Kalansüre$>$75 Then Hatbeslemeyöntemi="JIS"</p> <p>ElseIf parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" Then Hat besleme yöntemi=Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }</p> <p>If Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Kit" Then KalanalanKit = KalanalanKit – Atanankasaalanı</p> <p>If KalanalanKit $<$ 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }</p> <p>If Min{ HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Difüzyon" Then Kalanalandifüzyon = Kalanalandifüzyon – Atanankasaalanı</p> <p>If Kalanalandifüzyon $<$1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf Go To 1</p> <p>EndIf</p> <p>ElseIf Min{ KitMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Difüzyon" Then Kalanalandifüzyon = Kalanalandifüzyon – Atanankasaalanı</p> <p>If Kalanalandifüzyon $<$ 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, KitMaliyeti }</p> <p>If Min{ HatyanıMaliyeti, KitMaliyeti } = "Kit" Then KalanalanKit = KalanalanKit – Atanankasaalanı</p> <p>If kalanalanKit $<$1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf Go To 1</p> <p>EndIf</p> <p>Else Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, KitMaliyeti }</p> <p>If Min{ HatyanıMaliyeti, KitMaliyeti } = "Kit" Then KalanalanKit = KalanalanKit – Atanankasaalanı</p> <p>If KalanalanKit $<$1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf</p> <p>EndIf</p>
--

Şekil 2: Tasarlanan Sistemin Sözde Kodu

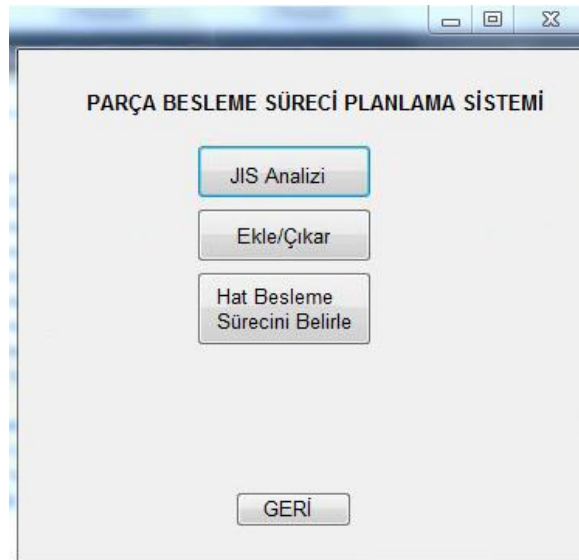
Eğer ilgili parça tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilir değil ise, diğer hat besleme süreçlerinin maliyet karşılaştırması yapılmaktadır. Maliyetler temelde taşıma ve işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır. Hat besleme süreçleri için dikkate alınan maliyet kalemleri Tablo 1’de verildiği gibidir. Maliyet karşılaştırmasına göre ilgili parça için hesaplanan maliyetler arasından en düşük maliyetli olan hat besleme süreci o parçaya ait hat besleme süreci olarak atanmaktadır. Bu atama yapılırken, diğer parçaların atamaları ve hat besleme sürecine ait sıralama alanlarının kapasitesi de göz önünde bulundurulmaktadır.

Tablo 1: Maliyet Kalemleri

Setleme	<ul style="list-style-type: none">• Ambara taşıma maliyeti• Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti• Taşıma aracı ile set (kit) bölgesine taşıma ve indirme maliyeti• Kit bölgesinden hat yanına taşıma ve indirme maliyeti• Taşıma araçlarının enerji maliyeti• Taşıma araçlarının kullanım maliyeti
Sıralama (difüzyon alanlarında)	<ul style="list-style-type: none">• Ambara taşıma maliyeti• Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti• Taşıma aracı ile difüzyon bölgesine taşıma ve indirme maliyeti• Difüzyon alanı sıralama maliyeti• Difüzyon bölgesinden hat yanına taşıma maliyeti• Yürüme ve kağıt kontrol maliyeti• Difüzyon sebepli hat yanında yürüme maliyeti• Dolu difüzyon arabasını bırakıp, boş difüzyon arabasını alma maliyeti• Yıllık kullanım maliyeti• Taşıma araçlarının enerji maliyeti• Taşıma araçlarının kullanım maliyeti
Hat Yanı Stoklama	<ul style="list-style-type: none">• Ambara taşıma maliyeti• Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti• Taşıma aracı ile hat yanına taşıma ve indirme maliyeti• Yürüme ve kağıt kontrol maliyeti• Taşıma araçlarının enerji maliyeti• Taşıma araçlarının kullanım maliyeti

4. UYGULAMA SONUÇLARI VE BULGULAR

Montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması için tasarlanan kural tabanlı algoritma yapısına sahip sistem, bir otomotiv ana sanayi firmasının montaj hattında yapılan pilot uygulama ile test edilmiştir. Pilot bölge olarak seçilen montaj hattında, montajı gerçekleştirilecek parça listesi, parçaların mevcut durumda hangi hat besleme süreci ile yönetildiği bilgisi, ilgili parça ve tedarikçisi ile ilgili tüm veriler elde edilmiştir. Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile oluşturulan programın ara yüz giriş ekranı Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3: Ara Yüz Giriş Ekranı

Kullanıcı, ara yüz giriş ekranından JIS analizine girdiğinde Şekil 4'deki JIS analiz ekranı ile karşılaşacaktır. Program tam sıralı hat besleme sürecinin uygulanabilirliği ile ilgili gerekli analiz ve hesaplamaları yaptıktan sonra ilgili parça için tam sıralı seçim yönteminin uygunluğunu çıktı olarak ekrana verecektir. Kullanıcı, hat besleme sürecini belirle butonunu seçtiğinde ise Şekil 5'de gösterilen ekran ile karşılaşacaktır. Bu ekran, parça numarası girişi ile birlikte parçanın hangi hat besleme yöntemine ait olduğunun analiz edilip gösterildiği ekrandır.

id	pictureno	productname	supplier	transportationtime	kim	boxarea	boxcode
2**	7*****	EL FREN *****	*****	30	8	1,2	***
2**	7*****	EL FREN *****	*****	30	8	1,2	***
2**	7*****	EL FREN *****	*****	30	8	1,2	***

Şekil 4: JIS Analizi Kullanıcı Ara Yüzü

PARÇA BİLGİLERİ

Parça No. 5*****
Parça Adı KAPUT *****

Hat Besleme Yöntemi DİFÜZYON

MALİYETLER

KİT ***** €
Difüzyon ***** €
Hat Yanı ***** €
Neden ALAN| €

GERİ

Şekil 5: Hat Besleme Yöntemi Belirleme Ara Yüzü

Herhangi bir hat besleme sürecinin seçilmesi ile o hat besleme sürecine atanan parçalar kullanıcıya liste halinde sunulabilmektedir. Örnek olarak hat besleme süreci olarak Kit seçildiği durumda, setleme süreci ile montaj hattına beslenecek olan parça listesine Şekil 6'da gösterildiği gibi ulaşılabilmektedir.

pictureno	productname	feedingresult
00*****	5.KAPI *****	KİT
07*****	ŞAPKALIK *****	KİT
07*****	ŞAPKALIK *****	KİT
00*****	ŞAPKALIK *****	KİT
00*****	KAMERA *****	KİT
00*****	FİSKİYE *****	KİT

Şekil 6: Örnek Bir Hat Besleme Sürecine Atanan Parçaların Listelendiği Ara Yüz

Yapılan pilot uygulama sonuçlarına göre, uygulama öncesinde değerlendirilen montaj hattına tam sıralı parça besleme süreci ile beslenen parça bulunmaz iken, uygulama neticesinde yirmi dört parçanın tam sıralı besleme süreci ile montaj hattına beslenebileceği sonucu elde edilmiştir. Hat yanı stoklama ile montaj hattına beslenen parça adedinde ise uygulama sonrasında önemli bir düşüş elde edilmiştir. Tablo 2’de uygulama neticesinde parça besleme süreci değişimleri ve değişen parça adetleri verilmiştir. Tablo 3’de ise her bir parça besleme süreci ile montaj hattını besleyen parça adetleri uygulama öncesi ve sonrası için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2: Parça Besleme Süreci Değişimleri

Uygulama Öncesi Parça Besleme Süreci	Uygulama Sonrası Parça Besleme Süreci	Parça Adedi
Hat Yanı Stoklama	Setleme	70
Hat Yanı Stoklama	Tam Sıralı	13
Hat Yanı Stoklama	Hat Yanı Stoklama	1
Hat Yanı Stoklama	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	10
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	52
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Tam Sıralı	8
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Setleme	12
Setleme	Setleme	106
Setleme	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	20
Setleme	Hat Yanı Stoklama	1
Setleme	Tam Sıralı	3

Tablo 3: Parça Besleme Süreçlerine Ait Adetler

Parça Besleme Süreçleri	Parça Adedi	
	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Sıralama (Difüzyon Alanında)	72	82
Hat Yanı Stoklama	94	2
Setleme	130	188
Tam Sıralı	0	24

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Montaj hatlarının beslenmesinde ortaya çıkan katma değersiz işlerin ve gereksiz alan kullanımının ortadan kaldırılması ve bu doğrultuda uygun hat besleme yöntemlerini belirleyen bir sistemin tasarlanması amacıyla yapılan bu çalışmada, setleme, hat yanı stoklama, sıralama (difüzyon alanlarında) ve tam sıralı parça besleme süreçleri dikkate alınmıştır. Günümüz endüstrisinde oldukça önemli bir konuma yerleşmiş olan tam sıralı hat besleme yönteminin çalışma kapsamında uygun parça besleme sürecinin seçiminde değerlendiriliyor olması, bu çalışmanın önceki çalışmalardan temel farklarından biridir. Tasarlanan sistem kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturularak Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile kodlanmıştır. Algoritma, malzeme sınıfı, malzemenin montajının yapıldığı istasyon, tedarikçi firmanın konumu gibi malzemeye ve tedarikçi firmaya ait özellikleri girdi olarak almakta ve ilgili kuralları işleyerek seçilen hat besleme yöntemini çıktı olarak kullanıcıya sunmaktadır. Önceki çalışmalarda yapılan karmaşık hesaplamalar ve dolayısıyla uzun işlem süreleri, geliştirilen program sayesinde ortadan kaldırılmış, olabilecek en kısa sürede uygun çözümlerin verilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan sistem ile birlikte, seçilen hat besleme yöntemine ait tüm parçaların listelenmesi mümkün kılınmıştır. Ayrıca, montaj hattındaki olası değişikliklerin getireceği farklı ihtiyaçların karşılanması için parça ekleme, çıkarma, güncelleme gibi özellikler ile tasarlanan programa esneklik kazandırılarak programın dinamik bir yapıya sahip olması sağlanmıştır. Başta otomotiv sanayi olmak üzere benzer hat ve üretim planlama yapısının bulunduğu ve karma üretim yapılan montaj hatlarına sahip tüm sanayi kuruluşlarında da, önerilen sistem ile uygun hat besleme yönteminin belirlenmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Battini, D., Faccio M., Persona, A., Sgarbossa, F. (2009), "Design of the Optimal Feeding Policy in an Assembly System", *International Journal of Production Economics*, 121, pp.233-254.
- [2] Bozer, Y.A., McGinnis, L.F. (1992), "Kitting Versus Line Stocking: A Conceptual Framework and a Descriptive Model", *International Journal of Production Economics*, 28, pp.1-19.
- [3] Caputo, A.C., Pacifico M. Pelagagge, P.M., Salini, P. (2015), "A Model for Kitting Operations Planning", *Assembly Automation*, 35(1), pp.69-80.
- [4] Choi, W., Lee, Y. (2002), "A Dynamic Part-Feeding System For an Automotive Assembly Line", *Computers and Industrial Engineering*, 43, pp.123-134.
- [5] Hanson, R., Brolin, A. (2013), "A Comparison of Kitting and Continuous Supply in in-Plant Materials Supply", *International Journal of Production Research*, 51(4), pp.979-992.
- [6] Kilic, H.S., Durmusoglu, M.B. (2015), "Advances in Assembly Line Parts Feeding Policies: A Literature Review", *Assembly Automation*, 35(1), pp.57-68.
- [7] Limere, V., Landeghem, H.V., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E.H., McGinnis, L.F. (2012), "Optimising Part Feeding in the Automotive Assembly Industry: Deciding Between Kitting and Line Stocking", *International Journal of Production Research*, 50(15), pp.4046-4060.
- [8] Sali, M., Sahin, E., Patchong, A. (2015), "An Empirical Assessment of the Performances of Three Line Feeding Modes Used in the Automotive Sector: Line Stocking vs. Kitting vs. Sequencing", *International Journal of Production Research*, 53(5), pp.1439-1459.
- [9] Sali, M., Sahin, E. (2016), "Line Feeding Optimization for Just in Time Assembly Lines: An Application to the Automotive Industry", *International Journal of Production Economics*, 174, pp.54-67.

SUCUL CANLILARIN ÜLKELERARASI TAŞIMACILIĞINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN BAZI ÖNEMLİ HUSUSLAR

Onur Karadal¹, İ. Polat Kalkan²

¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35620, Çiğli, İzmir, Türkiye,
onur.karadal@ikc.edu.tr

²Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksekokulu, Lojistik Programı, 77500, Armutlu, Yalova, Türkiye,
i.p.kalkan@yalova.edu.tr

ÖZET

Son dönemlerde akvaryum teknolojisinin gelişmesiyle birlikte sucul canlıların bakımı daha da kolaylaşmış ve bu hobinin geniş kitlelerce benimsenmesine yardımcı olmuştur. Bu sebeple akvaryum canlılarının ülkelerarası ticaret ve taşımacılıktaki payı da büyümüştür. Canlı hayvan taşımacılığı, kabulü, istiflenmesi, taşınması ve gümrükleme işlemleri açısından lojistik sektörü için özen gösterilmesi gereken konularından birisidir. Bu çalışmada, sucul canlıların uzak yol nakilleri sırasında dikkat edilmesi gereken konular derlenmiştir. Canlı taşıma öncesi ve sonrasında uygulanan hasat, paketleme ve adaptasyon işlemleri ve taşıma sırasında kullanılan lojistik modu üzerinde durulmuştur. Ayrıca Türkiye akvaryum sektörü ve akvaryum canlı ithalatında uygulanan gümrük işlemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: IATA, evcil hayvan ticareti, havacılık, uluslararası taşımacılık, gümrük.

SOME IMPORTANT ISSUES TO BE CAREFUL ON INTERNATIONAL TRANSPORT OF AQUATIC ORGANISMS

ABSTRACT

With the recent development of aquarium technology, the handling of aquatic organisms has become much easier and it has helped to adopt more people. As a result, the sharing of aquarium organisms in international trade and transport has also grown. It is one of the issues that should be taken care of for the logistics sector in terms of live animal transport, acceptance, stacking, transport and customs clearance operations. In this study, the subjects that should be considered during the remote road transport of aquatic organisms have been reviewed. Harvesting, packaging and adaptation processes applied before and after live transport and logistic mode used during transport were underlined. It also provides general information about aquarium sector and customs procedures applied in import of aquatic organisms in Turkey.

Keywords: IATA, pet trade, aviation, international transport, customs.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde stres unsurlarının ve kişisel yalnızlık / içe kapanıklığın artmasıyla birlikte evcil hayvanlara duyulan ilgi giderek fazlalaşmaktadır. Bu sebeple insanlar, bakıma muhtaç canlıları sahiplenmek yerine farklı görünüş ya da karakteristik özelliklere sahip hayvanlara yönelmektedir. Talep yoğunluğunun artmasıyla bu canlıların ithalat ve ihracatında küresel çapta büyüme görülmektedir. Akvaryum sektörü de yine bu hobiye hizmet eden bir yapıya sahiptir. Sayıları binleri aşan balık, omurgasız, sürüngen ve bitki türlerinin sürekli ve hızlı bir trafik içerisinde ilden ile, ülkeden ülkeye aktarıldığı bir ağ oluşmuştur (Gültekin vd., 2014). Dolayısıyla bu kadar yaygınlaşan bir hobinin vazgeçilmez elemanları olan sucul canlıların uzak mesafe canlı transferlerinde önemini artmıştır. Bu transferler esnasında canlıların yaşamsal faaliyetlerini sınırlı alanlarda (plastik torba, strafor ya da küçük hacimli tanklar) sürdürmelerinden dolayı stres ve ölümlerin artması en büyük problemlerin başında gelmektedir (Karadal vd., 2017). Özellikle ülkelerarası taşımacılıkta, transfer öncesi işlemler uygun yapılmadığı takdirde toplu ölümlerle karşılaşılmaktadır. Bu noktada hem paketleyicinin hem de ithalatçının bilinçli olması ve gerekli kontrolleri yapması oldukça önemlidir. Transfer sürecine geçilebilmesi için uygun paketleme işlemleri yapılmalı ve canlı taşımacılığı için gerekli koşullar sağlanmalıdır.

Sucul canlıların üretim veya toplama alanlarından varış yerlerine taşınması, hem su ürünleri hem de lojistik sektörünün entegre olduğu önemli bir faaliyetidir. Canlıların su olan bir ortamda taşınmaları zorunluluğu ve su parametrelerinin de optimuma yakın düzeyde korunması gerektiğinden dolayı hızlı bir taşıma yapılması şartı doğmaktadır. Bu sebeple, sucul canlıların taşımacılığı hava yolu ile yapılmaktadır. Ülkemizde hava yolu taşımacılığı henüz tam anlamıyla ivme kazanamamıştır. Havayolu taşımacılığının toplam yük taşımacılığı içindeki payının yaklaşık %2 olduğu bildirilmektedir (Kaya, 2008). Ancak, hızla gelişmesi ne derece önemli ve gelişen bir sektör olduğunun ispatıdır. Bu süreç, ulaştırma politikaları ile yolcu ve yük taşımacılığını kullanan aktörlerin rol aldığı bir durumdur.

Hava yollarının Türkiye'deki gelişimini başlangıçtan günümüze kadar değerlendirecek olursak şu sonuçlara ulaşabiliriz. Tarihe bakıldığında havacılık ile ilgili çalışmaların sadece askeri alanda kaldığı söylenebilir. Trablusgarp savaşında İtalyanların hava saldırılarına maruz kalınması havacılık alanında gelişime yol açmıştır. İlk havacılık çalışmalarına Sefaköy'de küçük bir tesiste başlanılmıştır (TÜSİAD, 2007). Cumhuriyetin ilanıyla havacılık gelişimine önem verilmeyle devam edilmiştir. Sivil havacılığın temellerinin atıldığı "Türk Teyyare Cemiyeti" 1925 yılında kurulmuştur. İlk kez sivil hava taşımacılığı "Türk Postaları" adıyla hizmet vermeye başlamış, hatta cumhuriyetin onuncu yılında Türkiye'de sivil hava yolları kurmak ve taşıma yapmak amacıyla "Hava Yolları Devlet İşletme İdaresi" kurulmuştur (URL1). Bu işletme, havacılıkla ilgili ilk çalışmaların ağırlık noktasını havaalanı inşaatı oluşturduğundan 1935 yılında, o zamanki adı "Nafia Vekâleti" olan Bayındırlık Bakanlığı'na ve 1938 yılında "Devlet Hava Yolları Umum Müdürlüğü" adını alarak Ulaştırma Bakanlığı'na bağlanmıştır. 1946 yılında "Devlet Hava Yolları İşletmesi Genel Müdürlüğü" olarak adı tekrar değiştirilmiştir (URL2). Havayolu alanında 1950'lerden bu yana meydana gelen yükseliş taşımacılığın tek merkezden idaresini güçleştirmiş, bu nedenle 1955 yılında "Türk Hava Yolları Kurumu" ile 1956 yılında "Devlet Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü" kurulmuştur (Bakırcı, 2012). Yaşanan gelişmeler ışığında Türkiye'de havayolu taşımacılığı önemli bir gelişme gösterse de arz ve talebin birbirini karşılamaması sonucu diğer taşıma modlarına yönelme çok daha fazla olmuştur (Taşlıgil, 1997).

Bu çalışmada, sucul canlıların uluslararası taşımacılığında uygulanması gereken adımlar sıralanmış ve bu süreçlerdeki önemli hususlar açıklanmıştır. Sucul canlıların tüm ithalat aşamaları aşağıda listelenen 7 adımda gerçekleştirilebilir;

1. Hasat öncesi işlemler
2. Hasat uygulamaları
3. Paketleme teknikleri
4. Taşıma süreci
5. Gümrük işlemleri
6. Yerel dağıtım
7. Son müşteri süreci (Adaptasyon)

Çalışmada, yukarıda sıralanan ilk üç madde "taşıma öncesi uygulanacak işlemler" olarak gruplandırılmış (Bölüm 3), son iki madde ise aynı başlık altında sunulmuştur (Bölüm 6).

2. TÜRKİYE AKVARYUM SEKTÖRÜ

Popüler akvaryum hobisinin Türkiye'de 1980'li yıllarda başladığı, daha öncesinde ise az sayı ve türde akvaryum canlısının kişisel çabalar ile ülkemize getirildiği belirtilmektedir (Türkmen ve Alpbaz, 2001). Bu yıllardan sonra ise akvaryumlarda bakılan balık türlerinin ve sayılarının giderek arttığı görülmüştür. Akvaryum canlılarına olan ilginin artmasıyla ithalat ve ihracat miktarlarında da yükselişler ortaya çıkmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) ithalat-ihracat sıralamasına göre Türkiye, 3,5 milyon \$ düzeyindeki ithalat değeri ile 23. sırada, 13 bin \$ düzeyindeki ihracat değeri ile 74. sırada, toplamda ise 210 ülke içerisinde 35. sırada yer almaktadır (Çelik vd., 2014). Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2013 yılında yayınladığı verilere göre, süs canlılarındaki toplam ithalat miktarı 245.200 kg, ithalat değeri 1.973.166 \$, ihracat miktarı 2.219 kg ve ihracat değeri ise 48.870 \$ olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2013). Detaylı veriler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Türkiye'nin akvaryum canlıları ithalat ve ihracat verileri (TÜİK, 2013)

	Miktar (kg)	Değer (\$)	Değer (₺)
İthalat Miktarları			
Tatlısu Süs Canlıları	172.750	1.463.460	2.744.336
Deniz Süs Canlıları	72.450	509.706	946.189
Toplam İthalat	245.200	1.973.166	3.690.525
İhracat Miktarları			
Tatlısu Süs Canlıları	799	4.860	9.398
Deniz Süs Canlıları	1.420	44.010	85.151
Toplam İhracat	2.219	48.870	94.549

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de akvaryum canlılarının önemli bir kısmı Singapur ve Tayland'dan ithal edilmektedir. Tropik iklimsel özellikleri sebebiyle bu ülkelerde yoğun olarak süs canlıları üretimi yapılmaktadır. Akvaryum malzemeleri (filtre, hava motoru, dekor, hortum vb.) ise genellikle Çin'den getirilmektedir. Türkiye'de akvaryum sektörü açısından en önemli merkez İstanbul'dur. İlde Atatürk ve Sabiha Gökçen gibi iki büyük havaalanının bulunması ithalat trafiğini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Çelik vd. (2014), İstanbul'da 2500-3000 civarı akvaryumcu olduğunu belirtmiş ve Türkiye'de bulunan 10-15 ithalatçı firmadan çoğunun İstanbul'da, birkaçının da Ankara'da bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Süs balıkları ihracatı ise genellikle Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Suudi Arabistan, Hollanda ve İspanya'ya yapılmaktadır (Tolon ve Emiroğlu, 2014). Ülkemizde 69 farklı akvaryum balığı türünün üretildiği ve profesyonel anlamda 23 adet işletmenin olduğu bildirilmektedir (Türkmen ve Çelik, 2014). Yine aynı çalışmada yıllık üretim miktarının 4 milyon adet üstünde olduğu ifade edilmektedir. Bu canlılar hem Türkiye iç pazarında yer bulmakta hem de yukarıda sayılan ülkelere gönderilmektedirler.

3. CANLI TAŞIMA ÖNCESİ UYGULANACAK İŞLEMLER

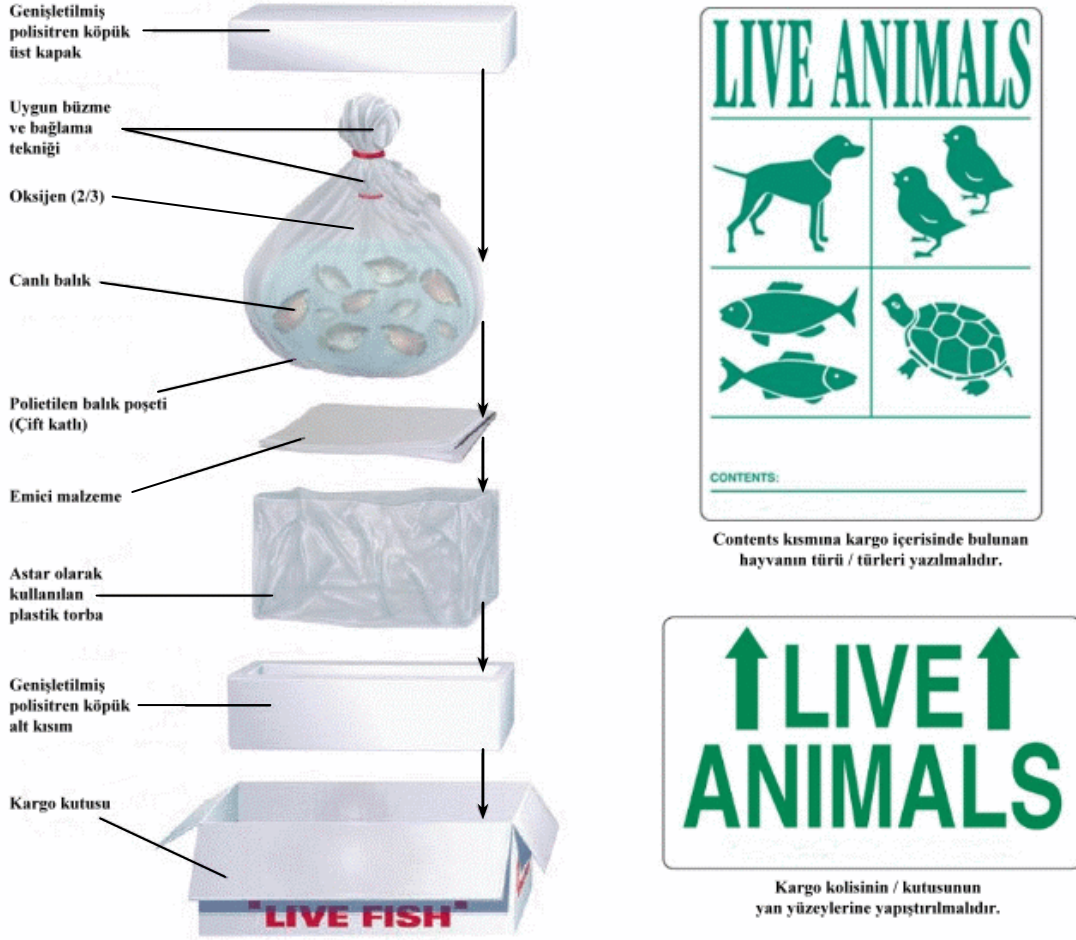
Canlı taşıma öncesi uygulanacak işlemler başarılı bir transfer sürecinin gelişmesinde oldukça etkilidir. Transfer esnasında balık ölümlerinin gerçekleşmesinin sebepleri, taşıma öncesi yapılan hatalar (balıkları besleme, aşırı stoklama, zayıf ve hasta balıklar), su ortamında yüksek karbon dioksit gerilimi ve / veya oksijen yetersizliği, amonyak ve diğer metabolitler gibi ortamda biriken atıkların toksisitesi, fiziksel yaralanmalara neden olan toplama ve paketleme işlemleri, uygun şekilde adapte edilmeden yeni suya çok hızlı transferler ve balıkların sağlığını etkileyen hastalıklar için yanlış tedaviler olarak sıralanabilir (Ramachandran, 2002). Bu nedenle uygulayıcının yeterince tecrübeli ve dikkatli olması temel gereksinimdir. Ayrıca taşımada kullanılacak suyun genel parametrelerinin de kontrol edilmesi gereklidir. Bu işlem transfer öncesi kontrolün sağlanmasında da oldukça önemlidir.

Hasat öncesi işlemlerde temel faktör canlılara iyi bir bakım uygulanması gerektiğidir. Hasattan önce canlılar muhtemelen üretimhanelerde olacağı için buralarda yemleme düzeni, su kontrolleri ya da hastalık müdahaleleri uygun şartlarda yapılmalıdır (Rimmer ve Franklin, 1997). Balıkların verimli büyümesi, yem alması ve rekabeti önlemek amacıyla boylama yapılması oldukça önemlidir. Böylece boylama işlemi hem hastalıklarla (büyük balıkların verdiği fiziksel hasarlar ya da yem alamayan balıkların zayıf düşmesi sonucu oluşan) mücadelede etkili olmakta hem de hasat sırasında kolaylık sağlamaktadır.

Sipariş geldikten itibaren transfer sürecine girecek balıkların seçilmesi ve adaptasyonu, hasat işlemleri olarak değerlendirilmektedir. Sipariştan hasat işlemine kadar geçen sürede transfer edilecek balıklar, temiz su bulunan akvaryumlara alınmalı, adapte edilmeli ve yemleme kesilmelidir. Bu sırada hasta balık görüldüğü takdirde hemen akvaryumdan uzaklaştırılmalı ve uygun karantina işlemleri gerçekleştirilmelidir. Yemden kesme işlemi ise, taşıma esnasında balıkların dışkı yapmaması ve böylece su ortamında amonyak miktarının artmaması için uygulanmaktadır (Harmon, 2009). Bu işlem balık boyutuna bağlı olarak, küçük balıklarda en az 1 günden az olmamak kaydıyla, 3 cm ve üzeri balıklarda 2 gün ve çok büyük balıklarda 3-4 güne kadar uzayan sürelerde gerçekleştirilmektedir (Ramachandran, 2002). Paketleme öncesi balıkların adapte edildikleri temiz su bulunan akvaryumda dip çekimi (sifon) yapılması, paketleme sırasında poşetlere dışkı girmesini önleyen etkili bir adım olmaktadır. Böylece, amonyak zehirlenmelerinin oranı düşürülmektedir. Ayrıca bu işlem, paketleme süresini ve dolayısıyla transfer sürecini de hızlandırmaktadır.

Paketleme işlemine geçilmeden hemen önce akvaryum suyunun taşıma için uygun ve temiz olduğuna kanaat getirilmeli ve kademeli olarak 10 °C'ye kadar soğutulmalıdır (Ramachandran, 2002). Soğutulan su, uygulanacak anesteziğin dozajına uygun miktarda temiz bir kaba alınmalı ve daha sonra aynı pakete girecek balıklar aynı anda ve dikkatlice suya bırakılmalıdır. Bu işlemler balıkların metabolik faaliyetlerini yavaşlatmak amacıyla uygulanmaktadır. Sucul canlıların taşımalarında yaygın olarak MS 222, kinaldin, amobarbital sodyum, barbitol sodyum ve sodyum amital gibi sentetik anestezikler kullanılmaktadır (Ramachandran, 2002; Lim vd., 2003). Doğal anesteziklerden ise karanfil yağı kullanılır (Kaiser vd., 2006). Taşıma sırasında en önemli kriterler su parametreleridir (Rimmer ve Franklin, 1997). Bu nedenle, paketleme sırasında su içerisine çeşitli düzenleyiciler (amonyak düzenleyiciler, oksijen tabletleri, tampon çözeltiler, köpük gidericiler, vb.) ilave edilmektedir. Paketleme esnasında türe ve sayıya uygun stoklama yoğunluğu seçilmeli ve mortalitenin önüne geçmek için düzgün bir paketleme sistemi kurgulanmalıdır. Akvaryum canlılarının ülkelerarası taşınmasında genellikle kapalı sistem taşımaları uygulanmaktadır. Bu amaçla genelde polietilen balık poşetleri kullanılmaktadır (Şekil 1). Polietilen (PE) malzemenin kullanılması sebepleri arasında şeffaf, su sızdırmaz, ısı yalıtımına elverişli, kimyasal yapısının uygun ve ekonomik olması sayılabilir. Paketleme işleminde, polietilen poşetler açılarak içerisine hacimlerinin 1/3'ü oranında su doldurulur (Lim vd., 2007) ve balıklar dikkatlice içerisine konulur. Poşetin geri kalanı oksijen ile doldurularak ağız sıkıca kapatılır. Transfere hazır olan poşetler yanyana ve üstüste en fazla ikişer adet olmak kaydıyla (toplam 4 poşet) straför kutulara konulur.

Son olarak ise strafor kutu kapatılır ve IATA kurallarına göre etiketlenir (Şekil 1). Depolama ve transit sırasında düşük sıcaklık ve yüksek nem oranının korunmasına özen gösterilmelidir. Böylece canlılar, sağlıklı bir şekilde taşınabilmekte ve ölüm oranı en aza indirgenmektedir.



Şekil 1: Canlı balık paketleme ve kargo etiketleri

4. CANLI TAŞIMADA LOJİSTİK VE TRANSFER SÜRECİ

Canlı hayvan taşımacılığı için mesafe ve seçilen taşıma modu oldukça önemlidir. Dünyada toplam canlı hayvan taşımacılığının yarısı deniz yolu ile sağlanmaktadır. Ancak, sucul canlılar daha hassas yapıda olduklarından dolayı hava yolu vasıtasıyla daha hızlı taşınmaları ve dolayısıyla transit sürenin düşürülmesi gerekmektedir (Davenport, 1996; Wöhr vd., 2005). Ayrıca, hava yolu taşımacılığı, yüksek emniyet ve güvenilirlik, kargoların elleçleme ve yüklenmesinde hassasiyet ve planlı ve tarifeli kargo hareketleri sağlamaktadır (Macit ve Gedik Göçer, 2017). Bu özellikler sebebiyle taşıma maliyetleri ve birey başına satış fiyatları da yüksek olmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından 1 Temmuz 1975 yılında hayvan ve bitki türleri ve bunlardan elde edilen yan ürünlerin dünya genelinde ticari kontrolünü kurallara bağlayıp, kontrolsüz ticareti yapılan birçok hayvan ve bitki türünün yok olmasını önlemek amacıyla CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) yani "Yok Olma Tehlikesiyle Karşı Karşıya Olan Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticari Konvansiyonu" kurulmuştur. Sevkiyatlarına kısıtlama ya da özel koşullar getirilen canlı türlerine ait taşımalar CITES tarafından belirlenen kurumların özel izinleri kapsamında yapılmaktadır. Derici (2015)'e göre, canlı kargolarının taşıma işlemlerinde uyulması gereken hususlar şu şekildedir;

- Güncel IATA kurallarına göre canlı hayvanların yüklemesi kabul edilir.
- Ülkelerin kendi içlerinde kısıtladığı hususlar kontrol edilir.
- Kabul işlemleri, Live Animals Acceptance Checklist'e göre yapılır.
- Yükleme yapılmadan önce uçağın kapasitesine uygun yükleme kabul edilmelidir.
- Taşınacak hayvan sayısı IATA kitabındaki metrekareye düşen sayı ile uyumlu olmalıdır.
- Birlikte taşınacak birbirlerine düşman hayvanlar varsa, bu hayvanlar farklı kompartımanlara yüklenmelidir.
- Taşıma koşulları hakkında uçuş ekibine bilgi verilmesi gereklidir.

- Yükleme yapılırken diğer özel kargolarla ayırım kurallarına dikkat edilmelidir.
- Canlı hayvanlar uçağa en son yüklenir.
- Uçuşta refakatçi gerekliliği dikkate alınmalıdır.
- Uçak içi kabin basıncı taşıyacak hayvanın yasama koşulları dikkate alınarak ayarlanmalıdır.

Ayrıca, hava yolu taşımacılığında uygulanan IATA Canlı Hayvan Düzenlemeleri (IATA, 2017) ile son derece ciddi denetimler gerçekleştirilmektedir. Öncelikle IATA tarafından düzenlenen Canlı Hayvan Kabul Kontrol Listesi mevcuttur. Canlı hayvanların taşınmasıyla ilgili kuralları belirlemek ve uygulamak hükümetlerin rolüdür. Bununla birlikte IATA, tüm üyelerinin uyması beklenen Canlı Hayvan Kurallarını yayımlamaktadır. Bu düzenlemeler, canlı hayvanların, ilgili tüm ortaklar tarafından refah seviyesinin üstü olacak şekilde ele alınmasını ve taşınmasını sağlamak ile her zaman güvenli, sağlıklı ve yaşamcıl koşullarda seyahat etmelerini sağlamak için vardır. Canlı taşımacılığa ilişkin IATA Canlı Hayvan Kuralları'nı başarılı bir şekilde uygulanması için mevzuatlar yayımlamaktadır. Taşıma sırasında hayvan refahını sağlamak için belirli kurallar getirmektedir. Hayvanların durumunu iyileştirmek ve düzensizliklerin miktarını azaltmak için havayolları ve taşıma birimleri için, havalimanlarındaki kabul personeli (hem yolcu check-in personeli ve kargo kabul elemanları) eğitime tabi tutulurlar. Konteyner gereksinimleri, dokümantasyon gereklilikleri ve hayvan sağlığının farkındalığı gibi ulusal ve uluslararası refah düzenlemelerini takiben resmi bir test her bir grup / personel kategorisi için ayrı ayrı tasarlanmıştır (URL3).

5. GÜMRÜK İŞLEMLERİ

Ülkelerarası yolculuğun dağıtımdan önceki en son noktası gümrüklerdir. Ülkemizde sucul canlıların ithalatı işlemlerinde aranan belli başlı kriterler vardır. Bu kriterler, 5596 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, alt yönetmelikleri ve tebliğlerinde belirlenmiştir. Öncelikle ithalatı gerçekleştirecek olan şahıs ya da firma bağlı oldukları ildeki Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'ne Kontrol Belgesi için başvuru yapması ve gerekli gümrük işlemlerinin de başlatılması için İl Gümrük Müdürlüğü'nde Özet Beyan açılması gerekmektedir. Başvuran kişi Kontrol Belgesi'nin onaylanabilmesi için bir takım evrakları Kontrol Belgesi Başvuru Formu'nun ekinde sunması gereklidir. Bu evraklar, Proforma Fatura veya Fatura, Örnek Veteriner Sağlık Sertifikası, Orijin Belgesi (Menşe Şahadetnamesi), CITES Belgesi (Koruma altına alınan türler için Bakanlıktan alınan belge), Taahhütname (Orijinal Sağlık Sertifikası ve Orijin Belge için), Ticaret Sicil Gazetesi veya Faaliyet Belgesi, Firmayı temsile yetkili kişi/kişilerin noter onaylı imza sirküleri olarak sıralanabilir (URL4). Bu işlemten sonra alınan Kontrol Belgesi ile Veteriner Sınır Kontrol Noktası'na başvurulur. Türkiye'nin 17 şehrinde (Ağrı, Ankara, Antalya, Artvin, Balıkesir, Edirne, Hatay, Iğdır, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Mersin, Samsun, Şırnak, Tekirdağ, Trabzon, Zonguldak) toplam 23 adet Veteriner Sınır Kontrol Noktası Müdürlüğü bulunmaktadır. Bu sınır kontrol noktalarına başvuran kişi Başvuru Dilekçesi'nin eklerinde Kontrol Belgesi ve ekleri, Veteriner Giriş Belgesi, Orijinal Veteriner Sağlık Sertifikası, Orijin Belgesi, Fatura, Konşimento (Taşıma Senedi) ve Özet Beyan belgelerini sunması gereklidir (URL5). Bu kurumdan alınan İthalata Uygunluk Belgesi ile İl Gümrük Müdürlüğü'ndeki işlemler tamamlanır ve ürün millileşir. Tüm bu işlemler esnasında GTİP (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu) numarasının doğru saptanması büyük önem arz etmektedir. Zira tüm işlemlerin iptal olmasına ve büyük cezalar alınmasına sebebiyet verebilir.

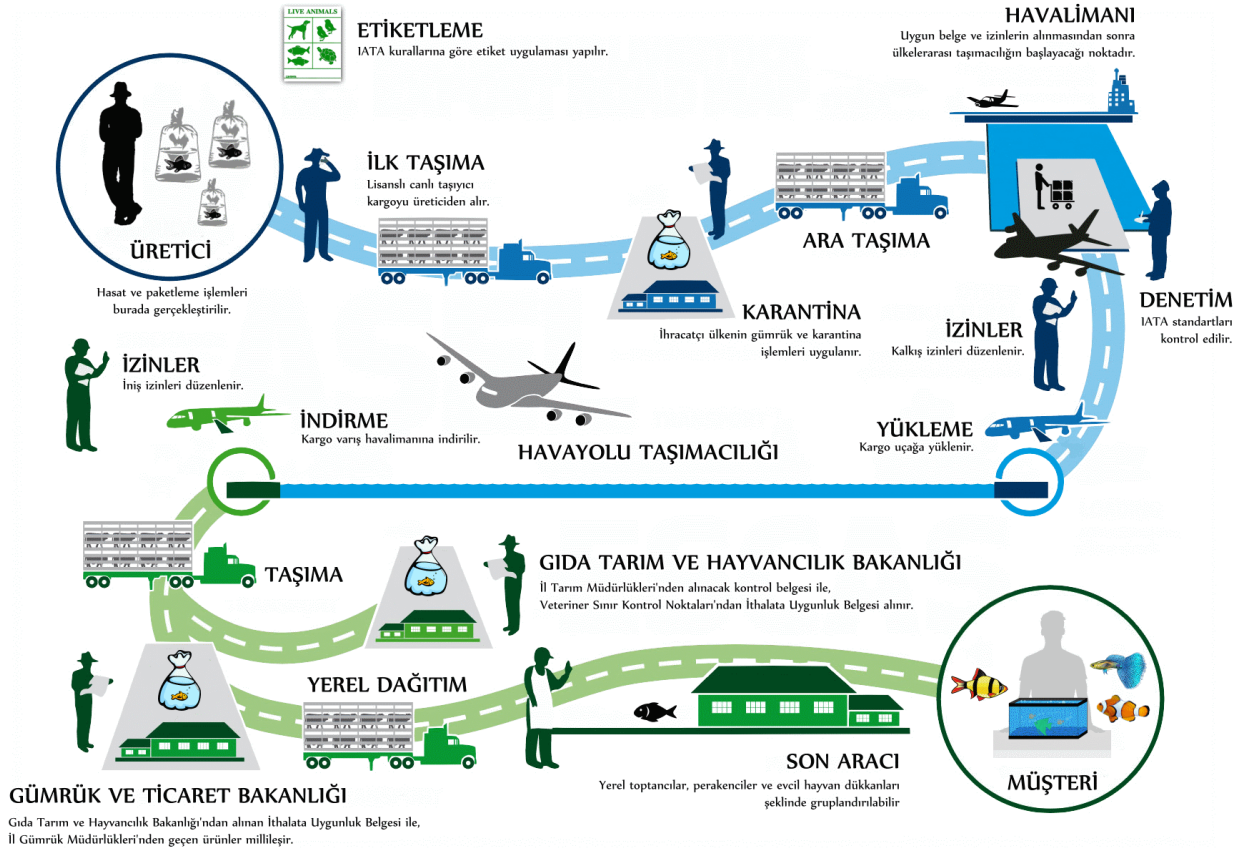
6. YEREL DAĞITIM VE SON MÜŞTERİ SÜRECİ

Yerel dağıtım süreci, gümrük işlemlerinin tamamlanıp canlıların ülkeye girişinden sonra başlar. Yerel dağıtım zincirinin ilk halkası genellikle ithalatçı firma olmaktadır. Canlıları gümrükten geçiren ithalatçı, hızlı bir şekilde dağıtım işlemine başlaması gerektiği için dağıtım zinciri zorunlu olarak başlatılmaktadır (Ramachandran, 2002). Bazen de ithalatçı firma müşteriyle anlaşarak malları direk gümrükten çekebilir. Bu işlemten sonra canlılar artık yolculuklarının sonuna yaklaşmaktadırlar. Yerel dağıtım süreci bir ya da birkaç şehiriçi veya şehirlerarası nakliyeyle son bulmaktadır. Yerel dağıtımın sonunda canlılar, ya ithalatçı firmanın kendi işletmesine, ya toptancıya, ya perakendeciye ya da direk hobiciye ulaşmaktadırlar (Wöhr vd., 2005). Dolayısıyla bu aşamadan sonra yapılması gereken işlemler, dikkatlice kargoyu açmak ve canlı poşetlerini çıkarmak, ölülere (varsa) saymak, gereken durumlarda ithalatçı firmaya bildirmek ve yaşayan canlıları ise uygun bir adaptasyon sistemine almak şeklinde sıralanabilir. Uygun adaptasyon koşulları sağlanmamışsa, kargonun tümü canlı ve sağlıklı da çıksa yine de ölümler kaçınılmaz olabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, sucul canlıların uluslararası taşımacılığı, üzerinde durulması ve tüm basamaklarının irdelenmesi gerektiği hassas bir konudur. Çünkü en başta bu konu, iki farklı sektörü (akvaryum ve lojistik) entegre bir şekilde bir araya getirmektedir. Lojistik sektörü, sadece temel ihtiyaçların değil, insanlığa hizmet eden tüm ihtiyaçların dünyanın bir ucundan diğer ucuna taşındığı gözde sektörlerdendir ve aslında hemen hemen tüm sektörlerle entegredir. Akvaryum sektörü ise temel bir ihtiyaçtan ziyade hobi amaçlı olmasına karşın yıldan yıla yükselen bir ivmeye sahiptir. Fakat bu sektörde birçok özel gereksinime ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü akvaryumların evsahipleri sucul canlılar ve bunların da yaşamsal gereksinimleri sudur.

Bu yüzden sucul canlıların transfer ve adaptasyon işlemleri diğer evcil hayvanlara göre biraz daha zorlu ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Hasattan son müşteriye kadar olan tüm bu işlemler çalışmanın bir sonuç çıktısı olarak Şekil 2’de özetlenmiştir.



Şekil 2: Hasattan tüketeye kadar sucul canlıların transfer aşamaları

Bunun dışında, sucul canlı taşımacılığının ekolojik etkilerinin de iyi düşünülmesi gerektiği vurgulanmalıdır. Özellikle son yılların güncel konusu olan yabancı ve istilacı türler, ülkemizin deniz ve tatlısularında da giderek artmaktadır. Akvaryum sektöründeki yoğun trafik ise bu türlerin artışında bir etken olarak görülmektedir. Ayrıca, sucul ortamda baş gösterebilecek çeşitli hastalıkların da uluslararası olarak taşınabilmesi mümkündür. Bu durum, tedavisi zor olan ya da bilinmeyen hastalıklarla karşılaşılma riskini de taşımaktadır. Dolayısıyla sucul canlıların taşınmasında lojistik sonrası işlemlerin önemi de artmaktadır. Bunların başında ise karantina uygulamaları gelmektedir. Sucul canlıların taşımacılığıyla ilgili lojistik süreci, adaptasyon ve karantina uygulamalarının artırılması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamıza verdikleri desteklerden dolayı, Lotus Danışmanlık Şirket Yetkilisi Nilüfer Karadal, İzmir Veteriner Sınır Kontrol Noktası Müdürlüğü Personeli Veteriner Hekim Gökhan Aktaş ve Merbay Group Gümrük Müşavirliği Dış Ticaret Uzmanı Engin Günaydın'a çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Bakırcı, M. (2012), "Ulaşım Coğrafyası Açısından Türkiye'de Hava Yolu Ulaşımının Tarihsel Gelişimi ve Mevcut Durum", Marmara Coğrafya Dergisi, 25, ss.340-377.
- [2] Çelik, İ., Çelik, P., Şahin, T. (2014), "Akvaryum Sektörünün Mevcut Durumu, Sorunlar ve Çözüm Önerileri", 1. Ulusal Akvaryum Balıkçılığı ve Sorunları Çalıştayı, 30-31 Ekim, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, ss.11-19.
- [3] Davenport, K.E. (1996), "Characteristics of the Current International Trade in Ornamental Fish, with Special Reference to the European Union", Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties, 15(2), pp.435-443.

- [4] Derici, S. (2015), “Lojistik Yönetiminde Özel Nitelikli Kargoların Havayolu İle Taşınmasında Müşteri Tercihlerinin Belirlenmesi”, İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [5] Gültekin, K.B., Karadal, O., Türkmen, G., Özaydın, O. (2014), “Halk Akvaryumlarında Sergilenen Türkiye Deniz Balıkları Faunasına Ait Türler”, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 31(3), ss.127-132.
- [6] Harmon, T.S. (2009), “Methods For Reducing Stressors and Maintaining Water Quality Associated with Live Fish Transport in Tanks: A Review of the Basics”, Reviews in Aquaculture, 1, pp.58-66.
- [7] IATA. (2017), Live Animal Regulations, 43th Edition, International Air Transport Association, Geneva, Switzerland, 425 p.
- [8] Kaiser, H., Brill, G., Cahill, J., Collett, P., Czypionka, K., Green, A., Orr, K., Patrick, P., Scheepers, R., Stonier, T., Whitehead, M.A., Yearsley, R. (2006), “Testing Clove Oil as an Anaesthetic for Long-Distance Transport of Live Fish: The Case of the Lake Victoria Cichlid *Haplochromis obliquens*”, Journal of Applied Ichthyology, 22(6), pp.510-514.
- [9] Karadal, O., Güroy, D., Türkmen, G., Mantoğlu, S. (2017), “Akvaryum Balıkları Yetiştiriciliğinde Bitkisel Kaynaklı Esansiyel Yağların Anestezik Madde Olarak Kullanımı”, 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 12-15 Eylül, Sinop Üniversitesi, Sinop, s.151.
- [10] Kaya, S. (2008), “Türkiye’de Ulaşım Sektörünün Genel Görünümü ve Sorunları”, İzmir Ticaret Odası Ar-Ge Bülteni, Şubat 2008, ss.31-38.
- [11] Lim, L.C., Dhert, P., Sorgeloos, P. (2003), “Recent Developments and Improvements in Ornamental Fish Packaging Systems For Air Transport”, Aquaculture Research, 34(11), pp.923-935.
- [12] Lim, L.C., Dhert, P., Sorgeloos, P. (2007), “Preparation for Transport: Fish Packaging Technology”, Ornamental Fish International, pp.25-45.
- [13] Macit, A., Gedik Göçer, S. (2017), “Havayolu Tedarikçilerinin Havayolu ve Havayolu Müşterileri İle İlişkileri: Balık-Kılçık Modeli”, Journal Of Emerging Economies and Policy, 2(1), ss.1-14.
- [14] Ramachandran, A. (2002), “Packing, Transportation and Marketing of Ornamental Fish”, In: Training on Breeding and Maintenance of Ornamental Fish, 1st Edition, Marine Products Export Development Authority, Cochin, India, pp. 77-86.
- [15] Rimmer, M.A., Franklin, B. (1997), “Development of Live Fish Transport Techniques”, Queensland Department of Primary Industries, Fisheries Research & Development Corporation Projects No: 93/184 & 93/185, 152 p.
- [16] Taşlıgil, N. (1997), "Türkiye'de Havayolu Ulaşımının Gelişimi", Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi, 2(7), ss.89-97.
- [17] Tolon, T., Emiroğlu, D. (2014), “Akvaryum Balıkları Pazar Yapısı ve Tüketici Tercihlerinin Değerlendirilmesi”, 1. Ulusal Akvaryum Balıkçılığı ve Sorunları Çalıştayı, 30-31 Ekim, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, ss.119-124.
- [18] TÜİK. (2013), Su Ürünleri İstatistikleri 2013, Türkiye İstatistik Kurumu, Çankaya, Ankara, Türkiye, 75 s.
- [19] Türkmen, G., Alpbaz, A. (2001), “Türkiye’ye İthal Edilen Akvaryum Balıkları ve Sonuçları Üzerine Araştırmalar”, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18(3-4), ss.483-493.
- [20] Türkmen, G., Çelik, İ. (2014), “Türkiye’de Yetiştiriciliği Yapılan Akvaryum Balık Türleri Konusunda Ön Çalışma”, 1. Ulusal Akvaryum Balıkçılığı ve Sorunları Çalıştayı, 30-31 Ekim, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, ss.43-51.
- [21] TÜSİAD. (2007), Kurumsal Yapısı, Yasal Çerçevesi ve Göstergeleriyle Ulaştırma Sektörü, Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği Yayınları, İstanbul, 61 s.
- [22] URL1, SHGM (2018), Tarihçe, <http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/1--tarihce>, 09.02.2018.
- [23] URL2, THY (2018), Tarihçe, <http://www.turkishairlines.com/tr-at/kariyer/tarihcemiz>, 15.02.2018.
- [24] URL3, IATA (2018), The International Air Transport Association, <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/live-animals/Pages/index.aspx>, 14.02.2018.
- [25] URL4, GTHB (2018), Türkiye Cumhuriyeti Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Resmi Sitesi, <http://www.tarim.gov.tr>, 15.02.2018.
- [26] URL5, İzmir VSKN (2018), İzmir Veteriner Sınır Kontrol Noktası Müdürlüğü Resmi Sitesi, <http://vskn.tarim.gov.tr/izmir/Menu/26/Veteriner-Kontrolleri>, 15.02.2018.

- [27] Wöhr, A.Z., Hildebrand, H., Unshelm, J., Erhard, M.H. (2005), “Aspects of Animal Welfare and Species Protection in the International Trade of Ornamental Fish and Air Transport to Germany”, Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift, 118(5-6), pp.177-185.

YENİ KÜRESELLEŞME MODELİNİN DENİZ TAŞIMACILIĞINI ETKİLEYEN UNSURLARI

Soner Esmer¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Lojistik Yönetimi

ÖZET

Dünya ekonomisi ve ticareti 2008 yılında yaşanan küresel finans krizi sonrasında köklü bir değişim sürecine girilmiştir. Özellikle 2012 yılı sonrasında küresel ekonomik gelişim, 90'lı ve 2000'li yıllarda kaydedilen hızlı gelişim oranlarından oldukça uzaktır. Bu dönem "Yeni Küreselleşme Modeli" olarak adlandırılmakta ve bu model, gerçek zaman ekonomisini öne çıkarmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yeni küreselleşme modelini tanımlayan değişkenleri denizcilik sektörünün bakış açısıyla tespit etmek ve bu değişkenleri önem derecelerine göre sıralamaktır. Çalışmada önce nitel, sonra nicel olmak üzere karma bir yöntem izlenmiştir. Uzmanlar ile derinlemesine mülakatlar yapılmış ve elde edilen değişkenlere Bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yeni küreselleşme modelinde deniz taşımacılığı ve limancılık sektörünü en fazla etkilemesi beklenen değişkenler dijital kırılganlık ve siber güvenlik tehdidi, Endüstri 4.0 teknolojileri ve iklim değişikliğidir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık AHP, Deniz Taşımacılığı, Liman, Küreselleşme.

A RESEARCH ON THE FACTORS OF THE NEW GLOBALIZATION MODEL INFLUENCING THE MARITIME TRANSPORTATION

ABSTRACT

After a global financial crisis in 2008, World economy and trade have taken place in a radical change. Especially after 2012, global economic development is far from the rapid growth rates recorded in the 90s and 2000s. This term is called "New Globalization Model" and this model emphasizes the real-time economy. The aim of this study is to identify the variables that define the new globalization model from the point of view of the maritime industry and to rank these variables by their importance. In the study, a mixed method, qualitative and then quantitative, was followed. In-depth interviews were conducted with the experts and Fuzzy AHP method was applied to the obtained variables. According to the results, the maritime transport and port industry are expected to be the most influential variables in the new globalization model, digital vulnerability and cyber security threat, Industry 4.0 technologies and climate change.

Keywords: Fuzzy AHP, Maritime Transport, Port, Globalization.

1. GİRİŞ

Dünyada üretim endüstrisi 2008'deki küresel finans krizi sırasında yavaşlamış, özellikle 2012 yılından sonra dünya mal ticareti neredeyse GSYİH gelişim oranlarına gerilemiştir. 2016 yılında ise 2001 yılından bu yana ilk kez mal ticareti %1.3 gelişim oranı ile dünya GSYİH gelişim oranının altında kalmıştır. 2001-2008 yılları arasında konteyner taşımacılığı her yıl ortalama %10.8 artarken 2011-2016 arasında gelişim sadece %3.9 olarak gerçekleşmiştir (Saxon ve Stone, 2017). Bu istatistikler 1990'larda ve 2000'lerin ilk yarısında alışıldık istatistiklerin çok uzağındadır. Bu verilerden dünyada klasik küreselleşme modelinin bir değişim içinde olduğu anlaşılmaktadır.

Bu değişimden her sektör gibi lojistik ve deniz ulaştırma sektörünün de etkilenmesi kaçınılmazdır. Diğer yandan dünyada taşınan yüklerin %90 oranında denizyoluyla taşınması, denizyolu taşımacılığını küresel lojistik faaliyetleri içinde her zaman önemli bir konumda olmasına neden olmuştur. İşte bu noktada belirtileri yavaş yavaş hissedilen yeni küresel ekonomik modelde hangi değişkenlerin gelecekte denizyolunu etkileyeceği net değildir. Bu belirsizlik araştırmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Bu çalışmada yeni küreselleşme modelinin temel değişkenleri ve bu değişkenlerin deniz taşımacılığına etkileri sorgulanmaktadır. Bu amaç kapsamında literatür çalışması ile temel değişkenler ortaya konulmuş, daha sonra denizcilik sektörünün uzmanları ile yapılan mülakatlar ile denizcilik sektörünü gelecekte etkileyecek olan değişkenler tespit edilmiştir. Yine aynı uzmanlar ile yapılan Bulanık AHP çalışması ile de değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Küreselleşmenin ulaştırma ve lojistik ile çok temel bir bağı vardır (Tavasszy vd. 2003). Taşımacılıkta kullanılan devasa konteyner gemilerinden küçük bir kamyonete kadar tüm unsurlar, küresel pazarlardaki üretim faaliyetleri ile bütünlüktedir. Böylece küreselleşme modern taşıma sistemlerinin gelişimi sayesinde desteklenmekte ve yaygınlaşmaktadır (Rodrigue, 2006). Ancak 21. Yüzyılın başlangıcından bu yana ulaştırmanın küresel ekonomideki rolü önemli bir değişim içindedir. Küresel ulaştırma sistemindeki bu değişimin güdüleyicileri klasik olarak altı temel grupta toplanabilir, bunlar: Politika, toplum ve demografi, çevre ve enerji, ekonomi, finans ve teknolojidir (Rodrigue, 2010). Bu değişkenler birlikte ve ayrı ayrı önemli roller üstlenmektedir. 2008 yılı küresel finans krizi sonrasında “Yeni Küreselleşme Modeli” olarak adlandırılan süreç iş gücü ya da sermaye tabanlı olmaktan çok bilgi tabanlı olmasıyla farklılık göstermektedir (Tyson ve Lund, 2017).

Yeni küreselleşme modelinin kökeninde gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik büyümenin yavaşlaması (1), gelişmiş ülkelerde ortalama yaş oranlarının artması sonucunda ürünlere olan talebin azalma eğilimi ve hizmet sektörünün önem kazanması (2), Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler sayesinde üretim teknolojilerinde elde edilen verimlilik artışları ile üretimin lokale dönme eğilimi (3) ve ülkelerin klasik küreselleşme modeline tepki olarak korumacılık politikalarını arttırması (4) gibi nedenler sayılabilir (Saxon ve Stone, 2017) (*Bhattacharya, A. vd. (2017).*

Yaşanan bu değişimin küresel ticarete, dolayısıyla küresel tedarik zincirinde %90 oranında kullanılan deniz taşımacılığında önemli değişimlere neden olması beklenmektedir. Nitekim Uluslararası Ulaştırma Forumu (ITF) ticari coğrafyanın özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki değişimlerden etkileneceğini vurgulamıştır. Gelişmekte olan ülkelerde önümüzdeki dönemde düşük maliyetli iş gücüne dayalı üretim modelinin artık geçerli olmayacağı, tüketim ve yerel talepler ve endüstri yapısındaki değişimlerin öncü olacağı düşünülmektedir. ITF'in tahminine göre 2015-2030 yılları arasında dünyada taşınan mal miktarının yıllık %4.2 gibi bir oranda artış göstereceği ve 2030 sonrasında ise bu oranın % 3.3'e gerileyeceği öngörülmektedir. Gelişmiş ülkeler arasındaki mal akış oranı, gelişmekte olan ülkelerin kendi aralarındaki mal akış koridorlarındaki oranlar yanında sönük kalacaktır (OECD/ITF, 2017).

Öyleyse bahsedilen bu yeni küreselleşme modelinin hangi unsurları denizcilik sektörünü en fazla etkileyecektir? Bu sorunun açık bir yanıtı henüz yoktur. Yapılan literatür taramasında bu soruyla ilişkin çok fazla yanıt bulunamamıştır. Aggelakakis vd. (2015) AB Komisyonu için hazırladığı “Taşımacılık Endüstrisinin Geleceği” adlı raporda taşımacılık endüstrisini etkileyecek değişkenleri ortaya koymuştur. Bu değişkenler ağırlıklı olarak Bernardino vd (2013) çalışmasından elde edilmiştir. Bahsedilen değişkenler iklim değişikliği, küreselleşme, kentleşme, yaşlanma, toplumun bilgi düzeyinin artması, bireysellik, göçler, bağlılık (connectivity), acil ihtiyaçlar (buraya&hemen), yavaş hareket, kadınların toplum içinde güçlenmeleri, farkındalık ve bilinçlenme, Tüketim 2.0 (sahip olma, kullan), hep genç kalma trendi, tecrübe arayışı ve kendi kendine yapma trendleridir. Bernardino vd (2013) bu değişkenleri “taşımacılık talebi evriminin kilit faktörleri” olarak adlandırmıştır.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada deniz taşımacılığı özelinde gelecekteki kilit faktörlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Veri toplamak için hem nitel hem de nicel yöntemleri içeren karma bir süreç izlenmiş (Eisenhardt, 1989), bu sayede nitel bulgular nicel verilerle desteklenmiştir (Johnson ve Onwuegbuzie, 2004).

Yarı yapılandırılmış mülakat tekniği nitel araştırmalarda konunun derinlemesine anlaşılması için ideal bir yöntemdir (Wilson, 2011). Bu çalışmanın nitel araştırma sürecinde yarı yapılandırılmış mülakat formu ile konunun uzmanlarına danışılmış, böylece araştırmanın 9 temel kriterleri elde edilmiştir. Daha sonra nicel araştırma sürecine geçilmiş, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Bulanık AHP) yöntemi ile kriterlerin öncelikleri belirlenmiştir.

Saaty AHP yöntemini tanımlarken “uzmanlardan elde edilen yargıların ikili karşılaştırmalarıyla öncelik sıralamalarının belirlenmesi yöntemi” ifadesini kullanmıştır (Saaty, 2008). Yöntem her ne kadar Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilse de (Saaty, 1977), pek çok akademik disiplinde yaygın olarak kullanılmıştır (Vaidya and Kumar, 2006). Çok kriterli karar verme yöntemleri içinde AHP yönteminin literatürdeki bu yaygın kullanım çalışmada yöntemin tercih edilmesinin en temel nedenini oluşturmaktadır. Ancak AHP yönteminin literatürde bazı açılardan eleştirilmesi nedeniyle klasik AHP değil, bu eleştirileri gideren Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir.

Klasik AHP yönteminin tercih edilmemesinin nedeni yöntemin belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı eleştirilmesidir (Deng, 1999: 215). Bu eleştirilerin odak noktası klasik mantıktaki “bir şey ya doğru ya da yanlıştır” kabulünün gerçek hayatla çok fazla örtüşmemesi, insani düşünme tarzını yansıtmamasıdır. Gerçek hayatta doğru ile yanlış arasında birçok durumun olduğu bulanık bir durum söz konusudur.

1965 yılında Zadeh tarafından yayınlanan “Bulanık Kümeler” adlı makale ile literatüre giren bulanık mantık, daha sonra birçok yönetime olduğu gibi AHP yöntemine de uyarlanmıştır. İnsanın düşünme mantığına oldukça yakın olduğu için çok daha tutarlı kararlar alınabilen Bulanık AHP yöntemi, Saaty’nin klasik AHP’ sine göre daha ileri bir tekniğe sahiptir (Yu, 2002; Sheu, 2004).

Bulanık sayılar, gerçek sayılar gibi doğal bir sıra oluşturmazlar. Bu nedenle literatürde bulanık sayıları sıralamak için birçok çalışma yer almaktadır (Jain (1976), Bortolan ve Degani (1985), Baas ve Kwakernaak (1977), Chen ve Hwang (1992), Abdel-Kader ve Dugdale (2001), Ezzati v.d. (2012), Liou ve Wang (1992) ve Kwong ve Bai (2003)).

Bu çalışmalara ilave olarak Chang (1996), yeni bir yaklaşım geliştirmiş ve Bulanık AHP’de ikili karşılaştırma skalaları için üçgen bulanık sayıları kullanmıştır. Nitekim bu çalışmada da Chang (1996) tarafından önerilen ve oldukça yaygın kullanılan “Genişletilmiş Bulanık AHP” yöntemi kullanılmıştır. Sayıları bulanıklaştırırken Chang yönteminin tercih edilmesinin nedeni ise hesaplama gereksiniminin düşük olması ve klasik AHP aşamalarını kullanmasıdır.

3.1. Örneklem Seçimi

Boddy (2016) 12 görüşme rakamının nitel araştırmalarda teorik doygunluğa ulaşmak için yeterli olduğunu ifade etmiştir. Diğer yandan teorik olarak yeni değişkenlerin üretilmediği noktada örneklem büyüklüğünün tatminkar bir seviyeye geldiği kabul edilmektedir (Bryman, 2008). Bu çalışma hem nitel hem de nicel araştırma sürecinde 24 örneklem üzerinden yürütülmüştür.

Denizyolu taşımacılığının iki temel unsuru, denizlerde yükün taşınması ve limanlarda yükün işlem görmesidir (Rodrigue, 2010). Başka bir ifadeyle gemi işletmeciliği ve liman işletmeciliği deniz taşımacılığının iki temel iş dalıdır. Bu çalışmadaki toplam 24 görüşmenin 12’si deniz taşımacılığı, kalan 12’si ise limancılık sektöründeki uzmanlarla yapılmıştır. Bu uzmanların 12’si Türkiye’de yer alırken, 4’ü BAE (Dubai)’de, 4’ü Singapur’da, 3’ü Çin’de ve 1’i Hamburg’da yer alan işletmelerde görev almaktadır. Mülakat yapılan kişilerin 12’si küresel konteyner hat operatörlerinde, diğer 12’si ise küresel konteyner terminal operatörlerinde üst ve orta düzey yöneticilerdir. Hat ve liman tarafından eşit sayıda yönetici seçilmesinin nedeni hat ve limanlar arasındaki görüş ayrılıklarını dengeli bir şekilde tespit edilmesidir. Görüşme yapılan kişiler yargısal örnekleme yöntemiyle seçilmiş, böylece araştırma sorularına cevap verebilecek kapasitede kişilerin seçimi emniyet altına alınmıştır (Malhotra, 2008).

3.2. Nitel Araştırma Süreci: Yarı Yapılandırılmış Mülakat

Mülakatlarda gelecekte deniz taşımacılığını etkileyeceği düşünülen, yeni küreselleşme modeline ilişkin değişkenler sorulmuştur. On iki mülakat yüz yüze gerçekleştirilirken kalan on iki mülakat görüntülü telefon görüşmesi ile yapılmıştır. 2018 yılı Ocak ayında gerçekleştirilen mülakatlar ortalama 50 dakika sürmüştür ve kayıtları tutulmuştur.

3.3. Nicel Araştırma Süreci: Bulanık AHP

Bu çalışmada Bulanık AHP yöntemi, mülakatlardan elde edilen değişkenlerin ağırlıklarını bulmak amacıyla uygulanmıştır. Tipik bir AHP yapısında 3 temel seviye bulunmaktadır. En üstteki seviye araştırmanın amacını oluştururken orta seviyede kriterler yer almaktadır. Her ne kadar en alt seviyede seçimi yapılacak alternatifler yer alsada bu çalışmada, çalışmanın amacı gereği bu üçüncü seviye yer almamaktadır.

Bu araştırma için hazırlanan AHP anketinde iki bölüm yer almaktadır. Birinci bölüm katılımcılara ilişkin profil sorularından oluşurken ikinci bölümde daha önce mülakatlardan elde edilen değişkenlerin ikili karşılaştırmaları yer almaktadır.

Çalışmada mülakatlardan elde edilen 9 adet kriter karşılaştırılırken Saaty’nin (2008) önerdiği gibi 9’lu karşılaştırmalı ölçek kullanılmıştır. Anketler mülakatları gerçekleştiren 24 uzman tarafından 2018 yılı Ocak ve Şubat aylarında yanıtlanmıştır. Daha sonra 24 anket formundan elde edilen verilere Bulanık AHP yöntemi uygulanmış ve bulgular elde edilmiştir.

4. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

4.1. Mülakat sonuçları

Mülakatlardan elde edilen sonuçlara göre gelecekte deniz taşımacılığı ve limancılığı etkileyecek 9 temel değişken yer almaktadır. Bu değişkenler ve bu değişkenlere ilişkin görüşme yapılan kişiler tarafından ifade edilen temel kriterler ve görüşler aşağıdaki gibidir:

- **Kriter 1: Endüstri 4.0 teknolojileri** Endüstri 4.0, sanayinin dijital dönüşümüdür. Üretimde esneklik ve verimliliğin sağlanması ile müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilen akıllı robotlar, nesnelerin interneti, büyük veri analizi gibi 8 temel teknolojiyi ifade eder. Bu teknolojilerin sadece üretim değil hizmet sektörünü de derinden etkileyeceği düşünülmektedir. Örneğin IoT ile tedarik zincirinin şeffaflığı, verimliliği ve güvenilirliği artacak, bu sayede kaynakların verimli planlanması ile çevresel duyarlılık artacaktır. 3 boyutlu yazıcılar taşıma taleplerini azaltacak, taşımalar ağırlıklı olarak ham madde taşımalarına yönelecektir. Otonom araçlar ile iş gücüne olan talep azalacak ve teslim süreçlerinin performansı artacaktır. Endüstriyel robotlar ile üretim verimliliği artarken üretim maliyeti azalacak, iş gücüne olan bağımlılık ortadan kalkacaktır.
- **Kriter 2: Dijital kırılabilirlik ve siber güvenlik tehdidi** Mobil aygıtların da etkisiyle dünyada her alanda bir dijitalizasyon süreci başlamış, dijital pazarlar en önemli pazarlar haline gelmiştir. Teknik olarak dijitalleşme gerçekleşmeden Endüstri 4.0 teknolojisini yakalamak mümkün değildir. Ancak dijitalleşme beraberinde güvenlik ile ilgili sorunları ortaya çıkarmaktadır. Dijital pazarlara bağlılığın artması risklere karşı önlemler almayı gerektirmektedir. Dijital veriler için siber saldırılar ve veri gizliliği ihlalleri önemli bir tehdit haline gelmiştir. Siber saldırılar ile işletmelerin IT sistemleri çökmekte, böylece iş süreçlerinde çok önemli kayıp ve aksaklıklar meydana gelebilmektedir. Nitekim 2017 yılında siber saldırıya uğrayan Maersk'in üçüncü çeyrekte 300 milyon dolarlık bir kayıp yaşadığı ifade edilmiştir (Wienberg, 2017). Bu hızlı dijital değişim sürecini ve teknolojik gelişimi takip etmek güç bir hal alırken, bir yandan da bu teknolojilere çok fazla güvenilmektedir. Birbirine bağlılığın sürekli arttığı iş dünyasında çok daha karmaşık işletim modelleri ortaya çıkmaktadır.
- **Kriter 3: Politik dengesizlikler ve korumacılık politikaları** 2015 yılında dünyada beklenmedik hava değişimleri, terörizm, zorunlu göçler ve kriminal faaliyetlerden dolayı küresel tedarik zincirinde 56 milyar dolarlık ilave bir maliyetin ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (BSI, 2016). Buna ilave olarak regülasyonlardaki artan karmaşıklık, hükümetlerin engelleyici ve öngörülemeyen politik kararları, emniyet ve güvenlik kurallarının artış göstermesi, güvenlikle ilgili kaygılardan dolayı operasyonların aksaması, rekabeti sınırlandıran korumacılık politikaları, dış ticaret gümrük işlemleri ve vergileri, makro çevresel faktörlerdeki değişimler gelecekte ticari faaliyetlerde dolayısıyla taşımacılık sektöründe kısıtlar oluşturmaya devam edecektir.
- **Kriter 4: Yıkıcı yenilikler** Konteynerin birçok sektörde yıkıcı etki yaratması gibi gelecekte de birçok yıkıcı yeniliklerin olması beklenmektedir (Hyperloop, insansız gemiler, dronlar vb). Yeni teknolojiler mevcut ulaştırma araçları ve alt yapıları için bir tehdit unsurudur.
- **Kriter 5: İklim değişikliği** Yağış yoğunluğunun artması gemilerdeki radar ve radyo ekipmanlarının düzgün çalışmasını olumsuz etkilemekte, limanlardaki drenaj sistemlerinin yetersiz kalmasına ve depolama alanlarının zarar görmesine yol açmaktadır. Ortalama hava sıcaklıklarının artması demiryolu ve kara yollarının zarar görmesine neden olmakta, soğutmalı konteynerlerin enerji tüketimini arttırmaktadır. Yoğunlaşan fırtınalar liman sahasında konteynerin devrilmesine neden olurken, diğer yandan dalga gücünü arttırmakta bu da limanlardaki dalga kıran ve mendireklerin yetersiz kalmasına ve kıyı erozyonuna neden olmaktadır. Hızlı esen rüzgarlar navigasyon ve iletişim ekipmanlarını olumsuz etkilemekte, gemilerin liman operasyonlarını geciktirmekte, yaşlı binalara ve depolara zarar vermektedir.
- **Kriter 6: Üretimin yeniden lokale dönmesi (Lokalizasyon)** Endüstri 4.0 teknolojileri Çin gibi ülkelerde iş gücüne bağımlı devasa üretim tesislerinde üretim yerine küçük ölçekli fakat çok daha verimli üretimi mümkün kılmaktadır. Üretimde iş gücüne bağlılığın azalması ile üretimin yeniden gelişmiş ülkelerde pazara yakın noktalara çekilmesinin küresel tedarik zincirini kısaltıcı bir etki yaratması beklenmektedir.
- **Kriter 7: İş modellerindeki değişim** Müşteri ihtiyaç ve beklentilerindeki değişiklikler, yeni ve artan rakiplerin oluşturduğu tehditler, riski azaltma maliyetlerindeki artış gibi faktörler yöneticiler üzerinde çok daha dinamik bir iş modelinin oluşturulması konusunda bir baskı oluşturmaktadır. Bu yeni iş modeli küresel pazarlardaki artan kırılabilirliğe karşı dirençli olmak durumundadır. Bu iş modellerinin deniz taşımacılığındaki iş modellerini de etkileyeceği düşünülmektedir.
- **Kriter 8: Kentleşme** Kontrollü ve kontrolsüz göçlerle nüfus büyük kentlerde yoğunlaşmaktadır. Bu durum ise üretim tesislerinin bu kentlerin etrafında konuşlanması için bir başka önemli nedendir. Özellikle kent lojistiğinin çok daha fazla önem kazanması beklenmektedir.
- **Kriter 9: Yaşlanma** Özellikle gelişmiş ülkelerde yaş ortalamalarının yükselmesi hizmet sektörünün önem kazanmasına ve ürünleri satın almak yerine kullanma alışkanlığının artmasına (Consumption 2.0) neden olmakta, bu da küresel mal ticaretini olumsuz etkileyebilecek bir unsur olarak dikkate alınmaktadır.

4.2. Bulanık AHP Sonuçları

24 uzman tarafından belirlenen kriterlerin önem derecelerini belirleyebilmek için, yine aynı 24 karardan ikili karşılaştırmalara dayanan anketleri cevaplandırmaları istenmiştir. Daha sonra, her bir karar vericinin kriterleri değerlendirme sonucunu göstermek üzere bu 24 karar vericinin değerlendirmeleri tek bir değere indirgenerek ve üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek Tablo 1 oluşturulmuştur.

Tablo 1: Kriterler (K) için Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9		
K1	1	1	1	1,02	1,69	2,38	1,66	2,29	3,00	1,52	2,21	2,99	1,16	1,67	2,26	1,85	2,49	3,12	1,28	1,61	2,11	3,78	4,82	5,85	6,24	7,26	8,27
K2	0,42	0,59	0,98	1	1	1	1,32	2,23	3,09	2,05	2,96	3,84	1,16	1,61	2,19	2,69	3,76	4,80	2,85	3,94	4,99	5,36	6,38	7,40	5,65	6,57	7,47
K3	0,33	0,44	0,60	0,32	0,45	0,76	1	1	1	0,85	1,26	1,85	0,34	0,47	0,70	1,39	2,00	2,60	0,65	0,87	1,24	1,72	2,43	3,20	2,87	3,72	4,63
K4	0,33	0,45	0,66	0,26	0,34	0,49	0,54	0,79	1,18	1	1	1	0,70	1,01	1,47	1,91	2,69	3,45	1,75	2,31	2,89	4,03	5,05	6,06	3,60	4,61	5,56
K5	0,44	0,60	0,87	0,46	0,62	0,86	1,42	2,13	2,91	0,68	0,99	1,43	1	1	1	3,12	4,02	4,96	1,59	2,12	2,75	3,14	4,96	7,39	3,94	5,57	7,52
K6	0,32	0,40	0,54	0,21	0,27	0,37	0,38	0,50	0,72	0,29	0,37	0,52	0,20	0,25	0,32	1	1	1	0,48	0,67	0,91	0,96	1,24	1,54	1,16	1,59	2,18
K7	0,47	0,62	0,78	0,20	0,25	0,35	0,81	1,16	1,54	0,35	0,43	0,57	0,36	0,47	0,63	1,10	1,50	2,07	1	1	1	1,73	2,52	3,30	2,23	3,00	3,78
K8	0,17	0,21	0,26	0,14	0,16	0,19	0,31	0,41	0,58	0,16	0,20	0,25	0,14	0,20	0,32	0,65	0,80	1,04	0,30	0,40	0,58	1	1	1	1,27	1,69	2,20
K9	0,12	0,14	0,16	0,13	0,15	0,18	0,22	0,27	0,35	0,18	0,22	0,28	0,13	0,18	0,25	0,46	0,63	0,86	0,26	0,33	0,45	0,46	0,59	0,79	1	1	1

Son olarak Tablo 1’de yer alan veriler sayesinde her bir kriterin ağırlıkları Bulanık AHP yöntemi ile hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Tüm yanıtlar dikkate alındığında ağırlık sıralaması

Kriter	Ağırlık (%)
K2-Dijital kırılganlık ve siber güvenlik tehdidi	24,1
K1-Endüstri 4.0 teknolojileri	22,3
K5-İklim değişikliği	17,5
K4-Yıkıcı yenilikler	13,4
K3-Politik dengesizlikler ve korumacılık politikaları	10,6
K7-İş modellerindeki değişim	8,8
K6-Üretimin yeniden lokale dönmesi (lokalizasyon)	5,6
K8-Kentleşme	4,0
K9-Yaşlanma	3,0
Tutarlılık oranı	3,9%
Yanıt sayısı	24

24 karar vericinin genel sonuçlarına bakıldığında gelecekte denizcilik sektörünü etkilemesi beklenen en önemli üç değişkenin siber güvenlik tehdidi, Endüstri 4.0 teknolojileri ve iklim değişikliklerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu üç değişkeni yıkıcı yenilikler ve politik dengesizlikler ve korumacılık politikaları değişkenleri takip etmektedir.

Diğer yandan katılımcı grupların fikir ayrılıklarını görmek üzere iki grubun önem sıralamaları hesaplanmış ve Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3: Her bir gruba ilişkin ağırlık sıralaması

Kriterler	Gemi Operatörleri		Terminal Operatörleri	
	Ağırlık (%)	Sıra	Ağırlık (%)	Sıra
K1-Endüstri 4.0 teknolojileri	28,0%	1	17,4%	3
K2-Dijital kırılganlık ve siber güvenlik tehdidi	23,9%	2	23,9%	1
K5-İklim değişikliği	15,2%	3	19,9%	2
K4-Yıkıcı yenilikler	12,8%	4	13,8%	4
K3-Politik dengesizlikler ve korumacılık politikaları	10,0%	5	11,1%	5
K7-İş modellerindeki değişim	7,4%	6	10,3%	6
K6-Üretimin yeniden lokale dönmesi (lokalizasyon)	5,5%	7	5,7%	7
K8-Kentleşme	4,0%	8	3,9%	8
K9-Yaşlanma	2,4%	9	3,8%	9
Tutarlılık oranı	%5,7		%6,3	
Yanıt sayısı	12		12	

Her iki grupta da ilk üç değişkenin sıralaması farklılık gösterirken diğer değişkenlerin sıraları aynı kalmıştır. Gemi operatörleri gelecekte denizcilik sektörünü en çok etkileyecek olan değişkenin Endüstri 4.0 teknolojileri olduğunu düşünürken liman operatörleri en önemli değişkenin dijital kırılganlık ve siber güvenlik tehditleri olduğunu düşünmektedir.

5. SONUÇLAR

Lojistik sektörü dünyadaki ekonomik faaliyetlerden doğrudan etkilenmektedir. Son yıllarda dünya ekonomisi ve ticareti ile ilgili temel istatistiklerdeki köklü değişim, lojistik sektörünün geleceği hakkında bazı kuşku ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde ismi sıklıkla anılan ekonomik, teknolojik, sosyal, demografik ve yasal unsurların gelecekte lojistik sektörünü ne ölçüde etkileyeceğini belirlemek oldukça güçtür. Ancak bu değişkenleri tespit etmek ve önem derecelerini bulmak nispeten uygulanabilir bir araştırmadır. Nitekim bu çalışmada denizcilik sektörünün uzmanları ile yapılan mülakatlar sonucunda gelecekte denizcilik sektörünü etkileyecek potansiyel değişkenler tespit edilmiş, daha sonra bu değişkenler hem limancılık hem de gemi taşımacılığı sektör temsilcilerinin bakış açısıyla önem derecelerine göre sıralanmıştır.

Hem gemi hem de liman işletmecilerinin verdikleri tüm yanıtlar dikkate alındığında siber güvenlik tehdidinin denizcilik sektörünü gelecekte en çok etkileyecek unsur olarak düşünüldüğü çok net bir şekilde görülmektedir. İkinci önemli değişken olan Endüstri 4.0 teknolojileri ise aslında birinci değişkenle doğrudan bağlantılıdır. Çünkü Endüstri 4.0'ın temelinde dijitalizasyon vardır ve tüm iş süreçlerinin dijitalizasyonu beraberinde dijital kırılganlığı ve siber güvenlik tehditlerini ortaya çıkarmaktadır. Sıralamada en üstte yer alan bu iki değişkenin, sadece gemi operatörlerinin yanıtları dikkate alındığında da ilk iki sırada yer aldığı görülmektedir. Sadece liman operatörlerinin yanıtları dikkate alındığında ise ilk iki sıraya siber güvenlik tehdidi ile birlikte iklim değişikliği değişkeninin girdiği görülmektedir. İklim değişikliğinin limanlara muhtemel olumsuz etkileri dikkate alındığında sonucun bu şekilde çıkması normal karşılanabilir.

Bu sonuçlar dikkate alındığında, hem gemi hem de liman işletmelerinin yakın gelecekte hangi konulara öncelik vermeleri gerektiği konusunda bir fikir edinilebilmektedir. Tüm bu kriterlerin fırsatları olduğu kadar tehditleri de bulunmakta, tüm bunları dikkate alan dengeli gelişim ve uyum stratejilerinin uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışmada deniz taşımacılığının sadece konteyner taşımacılığı sektörüne yönelik yapılmış olması araştırmanın en önemli kısıtı olarak gösterilebilir. Sonraki çalışmalarda deniz taşımacılığının diğer yük tiplerini ve hatta farklı ulaştırma modlarını da dikkate alan çalışmaların yapılması önerilebilir. İlave olarak bu çalışma bir adım daha ileriye götürülerek belirli bir deniz işletmesi için geleceğe yönelik uygulama stratejisi belirleme çalışması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Abdel-Kader, M. and Dugdale, D. (2001) Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy set Theory Approach.” British Accounting Review, 33, pp. 455-489.
- [2] Aggelakakis, J., Bernardino, M., Boile, P., Christidis, A., Condeco, M., Krail, A., Papanikolaou, M. and Reichenbach, J. Schippl (2015) The Future of the Transport Industry. European Commission Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies. ISBN 978-92-79-45246-8.
- [3] Baas, S.M. and Kwakernaak, H. (1977) Rating and Ranking of Multiple Aspect Alternatives Using Fuzzy Sets, Automatica, 13, pp. 47-58.
- [4] Bernardino J., Vieira J., Garcia H. (2013) Factors of evolution of demand and methodological approach to identify pathways. FUTRE Deliverable D3.1. Project financed by the 7th Framework Programme.
- [5] Bhattacharya, A., Khanna, D., Schweizer, C. and Bijapurkar, A. (2017) The New Globalization: Going Beyond The Rhetoric. Boston Consulting.
- [6] Boddy, C.R. (2016) Sample size for qualitative research. Qualitative Market Research: An International Journal, 19(4), pp.426-432. Available at: <http://dx.doi.org/10.1108/QMR-06-2016-0053>.
- [7] Bortolan, G. and Degani, R. (1985) A Review of Some Methods for Ranking Fuzzy Numbers, Fuzzy Sets and Systems, 15, pp. 1-19.
- [8] Bryman, A. (2008) Social research methods, Oxford university press.
- [9] BSI (2016) the British Standards Institution report, <https://www.bsigroup.com/Documents/about-bsi/financial-performance/2016/BSI-Annual-report-and-financial-statements-2016.pdf>

- [10] Chen, S.J. and Hwang C.L. (1992) Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. In: Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, vol 375. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [11] DY, Chang (1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research. Volume 95, Issue 3, 20 December 1996, Pages 649-655.
- [12] Deng, H.(1999), "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison", International Journal of Approximate Reasoning, 21, 215-231
- [13] Eisenhardt, K.M., (1989). Building theories from case study research. Academy of management review, 14(4), pp.532-550.
- [14] Ezzati, R., Allahviranloo, T., Khezerloo, S. and Khezerloo, M. (2012) An Approach for Ranking of Fuzzy Numbers, Expert Systems with Applications, 39, pp. 690-695.
- [15] Jain, R. (1976), "Decision Making in the Presence of Fuzzy Variable", IEEE Trans Systems Man and Cybernet SMC, 6, pp. 698-703.
- [16] Johnson, R.B. ve Onwuegbuzie, A.J., (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. Educational researcher, 33(7), pp.14-26.
- [17] Kwong, C.K. and Bai, H. (2003) Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach. IEE Transactions, 35(7), pp. 619-626.
- [18] Liou, Tian-Shy and Wang, Mao-Juin J. (1992) Ranking Fuzzy Numbers with Integral Value. Fuzzy Sets and Systems, 50(3), pp. 247-255
- [19] Malhotra, N.K., (2008). Marketing research: An applied orientation, 5/e, Pearson Education India.
- [20] OECD/ITF (2017), ITF Transport Outlook 2017, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108000-en>
- [21] Rodrigue, J.P. (2006) Transportation and Globalization. Encyclopaedia of Globalization, Edited by Roland Robertson and Jan Aart Scholte. Routledge ISBN-10: 0415973147
- [22] Rodrigue, J.P. (2010) Maritime Transportation: Drivers for the Shipping and Port Industries. International Transport Forum, Paris.
- [23] Saaty, T.L. (1977) A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of mathematical psychology, 15(3), pp.234-281.
- [24] Saaty, T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), pp.83-98.
- [25] Sheu, J. B., (2004), "A Hybrid Fuzzy-Based Approach for Identifying Global Logistics Strategies", Transportation Research, 40, 1, 39-61.
- [26] Saxon, S. and Stone, M. (2017) Container Shipping, The next 50 years. McKinsey&Company. Travel, Transport & Logistics October 2017
- [27] Tavasszy, L.A., Ruijgrok, C. J., and Thissen, M. J. P. M.. (2003) Emerging global logistics networks: Implications for transport systems and policies. Growth and Change 34(4): 456-472.
- [28] Tyson, L.D. ve Lund, S. (2017). Globalization isn't in retreat. It's just gone digital. <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/why-globalization-isnt-it-in-retreat-its-gone-digital> Erişim: 11.02.2018.
- [29] Vaidya, O.S. ve Kumar, S. (2006) Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of operational research, 169(1), pp.1-29.
- [30] Wienberg, C. (2017) Maersk Says June Cyberattack Will Cost It up to \$300 Million. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-08-16/maersk-misses-estimates-as-cyberattack-set-to-hurt-third-quarter>
- [31] Wilson, A.(2011) Marketing research: an integrated approach, FT Prentice Hall.
- [32] Yu, C. S., (2002), "A GP-AHP Method for Solving Group Decision-Making Fuzzy AHP Problems", Computers & Operations Research, 29, 14, 1969-2001
- [33] Zadeh, L. A. (1965), "Fuzzy Sets." Information and Control, 8, pp. 338- 353.

SERBEST TİCARET ANLAŞMALARI: TÜRKİYE DIŞ TİCARETİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Zahide Yeşim Akbınar¹, Oğuzhan Dikici²

¹Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Tezli Yüksek Lisans, Bursa,
yesimakbınar@hotmail.com

²Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Tezli Yüksek Lisans , Bursa,
oguzhandikici92@hotmail.com

ÖZET

Ülkeler serbestleşme hareketleriyle beraber, küreselleşerek yeni boyutlar kazanan ticaret akımlarına uyum sağlamak adına ikili ve çok taraflı tercihli ticaret anlaşmaları yapmaya yönelmiştir. Serbest Ticaret Anlaşmaları ise bu uyum sürecinde ülkeler tarafından ekonomik bir birleşme olarak seçilmiştir. Küreselleşmenin yarattığı zorlu rekabet ortamında Serbest Ticaret Anlaşmaları ülkelere destek sağlamaktadır. Bu makalede Türkiye'nin Serbest Ticaret Anlaşmaları ve bu anlaşmaların önündeki engeller hakkında bilgi verilerek Sırbistan-Türkiye Anlaşması incelenmiş, yorum getirilmiştir. Mevcut kaynaklar literatür taraması yöntemiyle derinlemesine incelenmiştir. Serbest Ticaret Anlaşmaları hakkında bilgi verilerek, Türkiye dış ticaretindeki yeri hakkında yorum getirilmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İhracat, İthalat, Gümrük Birliği, Serbest Ticaret Anlaşmaları

FREE TRADE AGREEMENTS: AN ASSESSMENT ON TURKISH FOREIGN TRADE

ABSTRACT

Together with the liberalization movements, the countries have turned to bilateral and multilateral preferential trade agreements in order to adapt to the trade flows that have gained new dimensions through globalization. The Free Trade Agreements were chosen as an economic union by the countries in this harmonization process. Free trade agreements provide support to countries in the challenging competitive environment created by globalization. This article in Turkey's Free Trade Agreements and providing information about the obstacles these agreements Serbia-Turkey Agreement have been examined and brought reviews. Available sources have been examined in depth by literature survey. Giving information about Free Trade Agreements it is aimed to bring a comment about place in Turkey's foreign trade.

Keywords: Export, Import, Customs Union, Free Trade Agreements

1.GİRİŞ

Dış ticaretin serbestleşmesi ülke içinde ihracata yönelen firmalara pazar sağlama, ithalat yapan firmaların üretim maliyetlerini düşürme, ölçek ekonomisi ve istihdam gibi birçok faktöre önemli etkisi bulunmaktadır. Ülkeler İkinci Dünya Savaşı sonrası, uluslararası çapta serbestleşme, ekonomik birlikteliği sağlama, hızlı bir kalkınma sürecine geçiş, ve likidite gibi ihtiyaçları karşılamak için yeni kurumların oluşturulması yoluna gidilmiştir. 23 ülke 1947'de Cenevre'de Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması'nı (GATT) imzalamıştır (URL1). Ticaretin liberalleşmesi ve geliştirilmesi, ticaret engellerinin azaltılması, üyelerin refahlarının artırılması gibi amaçları bulunan GATT sisteminin temelinde, ayırım yapmama ilkesi benimsenmiştir (Koçtürk, Kocaefe, 2014). GATT kapsamında sekiz tane tarife turu yapılmıştır. Bunlardan son tur Uruguay Roundu'nda, GATT kurumsal bir işlev kazandırılmak adına Dünya Ticaret Örgütü'ne (DTÖ) dönüştürülmüştür. 1994 tarihinde Fas Marakeş'te imzalanan Dünya Ticaret Örgütü Anlaşması ile kurulan Dünya Ticaret Örgütü, 29 ayrı çok taraflı hukuki belgeyi ve 25 Bakanlar Bildirisini kapsayan anlaşmasıyla, 1 Ocak 1995 tarihinde yürürlüğe girmiştir (URL2).

Ayrım yapmama ilkesi üzerine oturtulan GATT'ta, En Çok Kayrılan Ülke ilkesine göre ticaretteki engeller bazı ülkeler için azaltılırsa diğer ülkeler içinde azaltılmak durumundadır. İşte bu ayrım yapmama ilkesine, GATT'ın 24. Maddesinde istisna oluşturulmuştur. Böylece Serbest Ticaret Anlaşmaları, GATT'ın 24. Maddesinden dolayısıyla DTÖ'den doğuş kaynağını almaktadır (Koçtürk, Kocaefe, 2014).

Çok taraflı ticaret sisteminin gelişerek karmaşık bir yapıya bürünmesi, yeni pazar açılımları konusunda yetersiz kalan düzenlemeler ve DTÖ'ye karşı getirilen bu eleştiriler sonucu ülkeler Serbest Ticaret Anlaşmalarını (STA) kullanma yoluna gitmişlerdir (URL3). İkili görüşmeler sonucu uzlaşılan STA uygulamaları, DTÖ'ye göre varılmak istenen sorunların çözümüne daha hızlı cevap vermesi nedeniyle günümüzde tercih edilmektedir. DTÖ müzakereleri, STA müzakerelerine göre daha uzun sürmektedir. Tartışılan birçok konuda DTÖ'ye taraf ülke sayısının çokluğundan dolayı anlaşmaya varma çok zor olmaktadır, STA'ya taraf ülke sayısının çok daha az olması sebebiyle tartışılan konular daha kısa sürede sonuca ulaştırılmaktadır (Doğan, Uzun, 2014).

1963 yılındaki Ankara Anlaşması ile Avrupa Birliği'ne (AB) üyeliğine hız veren Türkiye, Gümrük Birliği'nin 1/95 sayılı Ortaklık Konseyi Kararı'nca Avrupa Birliği'nin Tercihli Ticaret Politikası'nı ve uyum yükümlülüğünü kabullenmiştir. Bu yükümlülük yalnızca AB'nin STA imzaladığı ülkelerle STA imzalayabilmesine yol açmıştır. Türkiye ikili ticarete zararlı konuma düşmemek için AB'nin STA yaptığı ülkelerle anlaşma yapmaktadır (Kalaycı, 2017).

Çalışmanın amacı Türkiye'nin ikili ticarete gerçekleştirdiği STA'ların etkisini yorumlamaktır. İkinci bölümde STA'lara genel bir açıklama getirilmiştir. Üçüncü bölümde Türkiye'nin STA'ları, dördüncü bölümde STA'ların önündeki engeller incelenmiştir. Beşinci bölümde Türkiye-Sırbistan STA'sı, mevcut verilerle incelenerek ülkemize etkileri yorumlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde araştırmanın genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.SERBEST TİCARET ANLAŞMALARI

STA, taraf ülkelerin birbirleri arasında gümrük vergisi ve kısıtlamaları bertaraf etmesi, üçüncü ülkeye karşı her üye ülkenin kendi gümrük tarifelerini akdedebildiği, taraflar arasında bir serbest ticaret alanı oluşturulmasını sağlayan ekonomik birleşmedir (Atalay, 2011). STA'larda anlaşmaya taraf olmayan diğer ülkelere ortak bir tarife uygulanmamakla beraber bu anlaşmalarda menşei kuralları geçerlidir (URL4).

STA'ların tercih edilmesinde öne çıkan faktörler şunlardır; küreselleşmeyle beraber artan rekabete uyum sağlamak, bölgeselleşmenin avantajlarından faydalanmak ve en belirginini ise engellerin azaltılmasıyla daha geniş pazar alanlarına ulaşmak dolayısıyla ihracat hacminin artması ve yerli firmaların elde ettiği ölçek ekonomisiyle maliyet düşüşü sağlayarak kaynak verimliliği ile daha etkin üretim yapılabilmesidir (Doğan ve Uzun,2014). Rekabetin getirdiği fiyat avantajıyla düşük vergili veya vergisiz mallara ulaşabilme imkanını elde eden tüketicilerin satın alma gücünü artırır (Özen, 2016).

Ticarette adil rekabetin oluşturulması ve serbestleşmeler için önemli bir araç olan STA'lar ticaret önlemi olan tarife ve vergilerin azaltılması yoluyla maliyetleri düşürür ve piyasada fiyat-rekabet avantajı sağlar (Küçüksakarya, 2016).

3.TÜRKİYE'NİN SERBEST TİCARET ANLAŞMALARI

Türkiye'de STA'ların ilk örnekleri Avrupa Birliği (AB) uyum süreci kapsamında imzalanmıştır. Türkiye, 22 Aralık 1995 tarih ve 1/95 sayılı Türkiye ile Avrupa Birliği Arasında Gümrük Birliği Kurulmasına İlişkin Ortaklık Konseyi Kararı'nın 16. Maddesi'ne göre AB'nin Ortak Ticaret Politikasına dayanarak üçüncü ülkelere karşı AB'nin STA imzaladığı üçüncü ülkelerle karşılıklı ilişki çerçevesinde münferiden STA imzalamaktadır. Buna bağlı olarak Türkiye'de AB'nin akdettiği tercihli anlaşmalarından başlanarak üçüncü ülkelerle STA müzakerelerine yeni bir boyut kazandırılmıştır (Küçüksakarya, 2016).

1992 yılında Avrupa Serbest Ticaret Birliği (EFTA) ile yapılan ve yürürlükte bulunan STA, Türkiye'nin bu yolda attığı ilk adımdır. Bu zamana kadar 34 STA imzalanmıştır fakat AB üyeliğinden dolayı Merkezi ve Doğu Avrupa ülkeleriyle akdedilmiş olan 11 STA feshedilmiştir. Diğer 21 STA ise yürürlükte bulunmaktadır (Tablo1). Lübnan ve Kosova iç onay süreçlerinin tamamlanmasının ardından yürürlüğe girecektir. Gana STA'sının ise imzalanması beklenmektedir. STA müzakereleri kapsamında Endonezya, Pakistan, Cibuti, Katar, Japonya, Meksika, Ukrayna, Peru, Kolombiya, Tayland, Sudan ve Ekvator ile müzakereler devam etmektedir. Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Kamerun, Çad, Körfez İşbirliği Konseyi, Şeyşeller, Mercosur, Libya ile ise müzakere süreci içerisinde görüşmeler yapılmaktadır. Ayrıca, 8 ülke/ülke grubu olarak ABD, Hindistan, Vietnam, Kanada, Orta Amerika Topluluğu, Afrika Karayip Pasifik Ülkeleri, Cezayir ve Güney Afrika Cumhuriyeti ile de STA müzakerelerine başlama girişiminde bulunulmuştur (URL5).

Tablo 1:Türkiye'nin Tamamlanan Serbest Ticaret Anlaşmaları

AVRUPA	ORTA DOĞU	AFRİKA	UZAKDOĞU	LATİN AMERİKA
EFTA-1992 MAKEDONYA-2000 BOSNA HERSEK-2003 ARNAVUTLUK-2008 GÜRCİSTAN-2008 SİRBİSTAN-2010 KARADAĞ-2010 MOLDOVA-2016 FAROE ADALARI-2017 KOSOVA(İç onay)	İSRAİL-1997 FİLİSTİN-2005 SURIYE-2007 ÜRDÜN-2011 LÜBNAN(İç onay)	TUNUS-2005 FAS-2006 MISIR-2007 MORİTYUS-2013 GANA(paraf)	GÜNEY KORE-2013 MALEZYA-2015 SİNGAPUR-2017	ŞİLİ-2011

Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı (2018)

4.TÜRKİYE'NİN SERBEST TİCARET ANLAŞMALARININ ÖNÜNDEKİ ENGELLER

Gümrük Birliği'nin (GB) 1/95 sayılı Türkiye-AB Ortaklık Konseyi Kararı'nın 16.maddesine göre, Türkiye AB'nin Tercihli Ticaret Politikasını ve Uyum Yükümlülüğünü kabullenmiştir. Buna bağlı olarak üçüncü ülkelerle AB arasında imzalanan STA ve bu anlaşmaların maddeleri çerçevesinde karşılıklı çıkara dayanarak Türkiye de STA imzalamaktadır. Bu demek oluyor ki Türkiye yalnızca AB'nin STA imzaladığı veya müzakere yaptığı ülkelerle anlaşma imzalayabilmektedir. AB kendi amaçları doğrultusunda üçüncü ülkelerle özgürce STA imzalayabilirken, Türkiye ise bu konuda kısıtlı seçenekleri uygulamak için gayret göstermektedir. Bunun temel nedeni ise AB'nin üçüncü ülkelerle STA'sına 'taraf ülkenin AB ile GB ilişkisi olan Türkiye ile de GATT'ın 24. Maddesine göre AB ile müzakereler tamamlanıp anlaşma yürürlüğe girdikten kısa süre sonra başlamalıdır' şeklindeki Türkiye Hükümdür. Ancak bu hükümün herhangi bir hukuki bağlayıcılığının bulunmaması ve Türkiye ile STA imzalamadan, AB ile olan anlaşmasına dayanarak Türkiye pazarlarına erişim sağlaması, bu üçüncü ülkelerin anlaşma yapmaktan kaçınmalarına sebep olmaktadır (Bozkurt, 2017).

Bu ülkelere en güzel örnekler ise Güney Afrika Cumhuriyeti, Meksika ve Cezayir'dir. AB ile Meksika arasında 2000 yılında imzalanan STA'nın, halen daha Türkiye ile müzakereleri devam ederken Güney Afrika Cumhuriyeti ve Cezayir henüz müzakere isteğini kabul etmemiştir (URL6).

AB'nin 2011 tarihli Güney Kore STA'sında gerçekleştirdiği gibi bu anlaşmaların niteliğini artırıcı bir boyuta getirmesi ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada, Japonya vs. gibi gelişmiş ülke ve Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN),Orta ve Güney Amerika Ortak Pazarı (MERCOSUR) gibi ticari birleşimlerle STA imzalanması amacı bu ülkelerin de Güney Afrika Cumhuriyeti ve Cezayir gibi Türkiye ile STA imzalamaktan kaçınması durumunu oluşturabilir. Bu konular Gümrük Birliği ve Avrupa Birliği üzerinde eleştiriler getirilmesine sebep olmuştur (Erhan, Gürbüz, 2013).

Türkiye AB'nin Tercihli Ticaret Politikasını ve uyum yükümlülüğünü kabul etmesinden dolayı AB'nin STA akdettiği ülkelerle STA imzalayabilmekteyken bu duruma alternatif bir seçenek olarak diğer ülkelerle Tercihli Ticaret Anlaşması (TTA) imzalayabilmektedir. Fakat TTA'da taviz, AB'nin Ortak Ticaret Politikası yükümlülüğü gereği tarım ürünlerinde verilebilmekte, sanayi ürünlerinde ise üçüncü ülkelere AB tarafından belirlenen gümrük vergileri uygulanabilmektedir. Dolayısıyla dar bir kapsam içeren TTA, ülke ekonomisine STA'ya oranla daha az etkisi olacaktır (Erdem, 2015).

5.TÜRKİYE'NİN İMZALADIĞI BİR STA ÖRNEĞİ:TÜRKİYE-SİRBİSTAN İNCELEMESİ

Türkiye-Sırbistan arasında gerçekleşen STA, 1 Eylül 2009 yılında,Türkiye-Dünya Ticaret Köprüsü 2009 ve Ticaret Bakanları Zirvesi vesilesiyle Türkiye Devlet Bakanı Zafer Çağlayan ve Sırbistan Başbakan Yardımcısı Mlajan Dinkic tarafından imzalanmıştır. 1 Eylül 2010 yılında ise yürürlüğe girmiştir. Bu STA ile ticari ve ekonomik işbirliği bağlarının güçlendirilmesi, yatırım teşviklerinin artırılması ve rekabete uygun koşullar oluşturulması hedeflenmektedir (URL7).

Anlaşma kapsamının içeriği: Mal ticaretinde tarife ve tarife dışı engellerin kaldırılması, sağlık ve bitki sağlığı önlemleri, fikri, sınaî ve ticari mülkiyet hakları, menşe kuralları, vergilendirme, teşebbüslere ilişkin rekabet kuralları, devlet yardımları, korunma önlemleri, ödemeler dengesi önlemleridir (URL7). 2017 yılında Türkiye Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan liderliğinde gerçekleştirilen Sırbistan görüşmesi sonucu STA kapsamına hizmetler ticaretinin de eklenmesine karar verilmiştir. Hizmet Ticareti Protokolünde; telekomünikasyon hizmetleri, finansal hizmetler, karayolu taşımacılığı ve yan hizmetler, e-ticaret, film ve televizyon dizilerinde ortak proje konuları yer almaktadır (URL8).

Türkiye tarafından Sırbistan menşeli sanayi ürünlerine uygulanan gümrük vergileri STA'nın yürürlüğe girdiği tarihten itibaren kaldırılmıştır. Sırbistan tarafından, ekli listelerdeki ürünlerin vergilerinin 1 Ocak 2010'dan itibaren 2, 4 ve 5 yıllık geçiş süreleri sonunda ve en geç 1 Ocak 2015 tarihinde olmak üzere kademeli indirimler neticesinde sıfırlanmıştır. Liste dışında kalan ürünlerin gümrük vergileri STA'nın yürürlüğe girdiği tarihte kaldırılmıştır. Tarım ürünlerinde seçilmiş ürünlerde tarife kontenjanları çerçevesinde vergi muafiyeti veya En Çok Kayrılan Ülke Kuralı(MFN) vergi indirimi şeklinde olmak üzere karşılıklı taviz değişiminde bulunulmuştur. 2017 yılında yapılan görüşmelerde STA'ya yeni tarım ürünleri de eklenmiştir. Sırbistan'ın verdiği tavizlere göre domates, taze biber, taze üzüm, kabak ithalatında Türkiye'ye düşük vergili kota uygulanacak ayrıca Türkiye taze meyve sebze, konserve zeytin ve meyve suları ihracatı yapabilme şansı elde edecektir. Bu kapsamda elde edilecek zeytinyağındaki taviz, ihracatta Sırbistan'ın önemli bir paya gelmesini sağlayacaktır. Ayrıca 3 yıl içerisinde bu STA'nın ticaret hacminin 3 milyar dolar olması hedeflenmektedir (URL7) (URL8) .

STA'nın ticarete olan etkisi incelendiğinde, Türkiye ihracat rakamları 2007- 2010 yılları arasında düşüş eğiliminde olduğu, STA anlaşması ile birlikte ihracat rakamlarının artış eğilimine geçtiği görülmektedir. Aynı durum Sırbistan ihracatı içinde söylenebilmektedir. Bu durum ülke ihracatçılarının ölçek ekonomisi sağlamasına ve üretimlerini daha verimli kullanmasına, istihdam gibi birçok alana olumlu etkide bulunmaktadır. Türkiye'nin STA sonrası Sırbistan'dan gerçekleştirdiği ithalatı sürekli bir artış eğiliminde olduğu ve imzalandığı tarih olan 2010 sonrası 2017 tarihine kadar %381 oranında arttığı görülmektedir. İthalatın bu nedenle artmış olmasına karşın ihracatın daha fazla artmış olmasından dolayı dış ticaret fazlası verildiği ve bu durumun dış ticaret açığını kapatma konusunda ülkemize olumlu etki yaratmakta olduğu gözlemlenmektedir (Tablo2).

Tablo 2 : Türkiye-Sırbistan Ticaret Rakamları (1.000\$)

Yıl	İhracat	İhracat Değişim %	İthalat	İthalat Değişim %	Hacim	Denge
2006	278.784		49.081		327.866	229.703
2007	475.096	70,4	70.703	44,1	545.800	404.393
2008	458.103	-3,6	61.705	-12,7	519.808	396.397
2009	306.469	-33,1	55.897	-9,4	362.367	250.574
2010	306.115	-0,1	109.524	95,9	415.638	196.591
2011	354.670	15,9	213.301	94,8	567.971	141.369
2012	380.869	7,4	205.538	-3,6	586.407	175.332
2013	440.650	15,7	251.957	22,6	692.686	188.772
2014	506.419	14,9	273.901	8,7	780.320	232.518
2015	492.472	-2,8	238.299	-13	730.771	254.173
2016	581.667	18,11	288.237	20,95	869.904	293.43
2017	717.906	23,42	414.375	44,80	1135.281	300.531

Kaynak: Trade Map (2018)

*Yıllık verilere dayanarak oluşturulmuştur.

2010 yılında yürürlüğe giren Türkiye-Sırbistan STA'sı sonrası, Türkiye'den Sırbistan'a gerçekleştirilen ihracat rakamı, Türkiye toplam ihracatından yüzde olarak daha fazla artış göstermiş ve Türkiye toplam ihracat payındaki yeri neredeyse iki kat artmıştır. Bu pay ne kadar az görünse de Türkiye ihracatının belli başlı ülkelere bağımlılığını azaltarak ekonomik ve politik risklere karşı önemli bir kazanım elde edilmiş olduğu görülür. Bu durum Türkiye'nin ihracat yelpazesinin eşit ve dengeli dağılım içine girmesine olanak tanır (Tablo3).

Tablo 3: Türkiye ihracatında Sırbistan'ın Payı (1.000.000 \$)

	Türkiye'nin Toplam İhracatı	Türkiye'nin Sırbistan'a Gerçekleştirdiği İhracat	% Payı
2006	85,534	278	0.325
2007	107,271	475	0.442
2008	132,027	458	0.346
2009	102,142	306	0.299
2010	113,883	306	0.268
2011	134,906	354	0.262
2012	152,461	380	0.249
2013	151,802	440	0.289
2014	157,610	506	0.321
2015	143,838	492	0.342
2016	142,529	581	0.407
2017	157,055	717	0.456

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (2018)

*Yıllık verilere dayanarak oluşturulmuştur.

Türkiye'nin toplam ithalat rakamına bakıldığında dalgalı bir artış görülmektedir. Sırbistan'ın bu ithalattaki payını imzalanan STA açısından incelemek gerekirse 2010 yılı ve sonrasına bakmak gerekir. Sırbistan'dan gerçekleşen ithalat toplam ithalat oranından daha fazla artış gösterip, 2010-2017 yılı arası Sırbistan'ın ithalat payı 3 kat artmıştır (Tablo4).

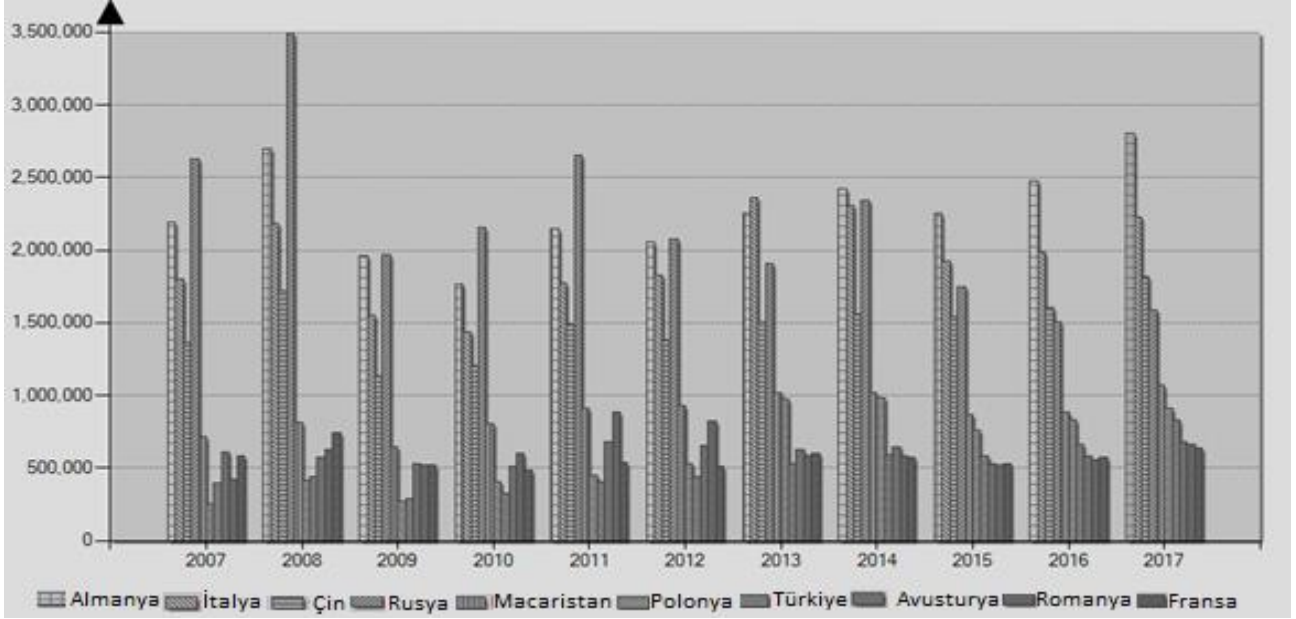
Tablo 4: Türkiye İthalatında Sırbistan'ın Payı (1.000.000 \$)

	Türkiye'nin Toplam İthalatı	Türkiye'nin Sırbistan'dan Gerçekleştirdiği İthalat	% Payı
2006	139,576	49	0.035
2007	170,062	70	0.041
2008	201,963	61	0.030
2009	140,928	55	0.039
2010	185,544	109	0.058
2011	240,841	213	0.088
2012	236,545	205	0.086
2013	251,661	251	0.099
2014	242,177	273	0.112
2015	207,234	238	0.114
2016	198,618	288	0.145
2017	233,791	414	0.177

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (2018)

*Yıllık verilere dayanarak oluşturulmuştur.

Şekil 1'de görüldüğü üzere Sırbistan'ın 2007 yılında ithalat yaptığı ilk 3 ülke Rusya, Almanya ve İtalya'dır. Türkiye, 2007 yılında 9. sırada yer almaktadır. 2010 yılına gelindiğinde ise 10. sıraya gerilemiştir. 2010 yılında yürürlüğe giren Türkiye-Sırbistan STA'sı ile birlikte artan ihracat rakamları etkisini göstermiş ve 2014 yılında 8.ülke, 2015 yılında ise 7. ülke konumuna gelmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Sırbistan'ın İthalat Yaptığı İlk 10 Ülke

Kaynak: Trade Map (Ocak 2018)

6. SONUÇ

STA'lar günümüz globalleşme döneminde ülkelere rekabet avantajı sağlamak için tercih edilmektedir. STA, imzalanan iki ülke arasında belirlenen mallara ilişkin gümrük vergilerinin ve kısıtlamaların bertaraf edilmesi şeklinde oluşur. Türkiye de dünya ticaretindeki payını arttırmak ve yerli firmalara ihracat fırsatı sağlayarak üretimi genişletmek için STA'lar imzalamaktadır. Fakat Gümrük Birliği'nin 1/95 sayılı Türkiye-Avrupa Birliği Ortaklık Konseyi Kararı'nın 16.maddesine göre, Türkiye Avrupa Birliği'nin Tercihli Ticaret Politikasını ve uyum yükümlülüğünü kabullendiğinden dolayı yalnızca AB'nin STA imzaladığı veya müzakere yaptığı ülkelerle anlaşma imzalayabilmektedir. AB'nin özgürce STA imzalayabilme hakkı mevcutken, Türkiye bu konuda kısıtlı kalmaktadır. Gümrük Birliği'ndeki Türkiye Hükümü'nün herhangi bir hukuki bağlayıcılığının bulunmaması, AB ile olan anlaşmasına dayanarak Türkiye pazarlarına erişim sağlayan ülkelerin Türkiye ile STA imzalamaktan kaçınmasına sebep olmaktadır. Türkiye için STA'ların önündeki büyük engellerden birisi budur. Ayrıca AB'nin STA'ların kapsamını genişletme, gerek ekonomik gerekse nüfus olarak büyük ülkelerle ve önemli ticari bloklarla STA gerçekleştirme hedefi, bahse konu ülkelerin Türkiye ile de bir STA imzalamaması durumunda Türkiye ekonomisi açısından son derece önemli bir etki doğurabilir. Türkiye'nin önündeki bu engellere rağmen Sırbistan ile olan STA incelendiğinde, Türkiye'nin Sırbistan'la olan ticaret değerleri STA yürürlüğe girdikten sonraki dönemlerde lehimize gözükmemektedir. STA imzalanan dönem sonrasında bakılarak Türkiye'nin Sırbistan ile olan ticaret dengesinde açık vermediği görülmüştür. Ayrıca Türkiye'nin Sırbistan'ın ithalat yaptığı ülke sıralamasında giderek üst sıralara çıktığı görülmektedir. Sonuç olarak Sırbistan-Türkiye STA'sına bakılarak STA'ların ülkelerin ticaretine olumlu bir etki yaptığı fakat Türkiye'nin, Gümrük Birliği nedeniyle STA'lardan gereken ölçüde yararlanamadığına varılmıştır. Daha fazla olumlu ekonomik etki için Gümrük Birliği'ndeki Türkiye Hükümü'nün hukuki niteliğe bağlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Atalay, I. (2011), "Türkiye'nin Dış Ticaretinde Serbest Ticaret Anlaşmaları Hakkında Bilgi ve Değerlendirme Notu", Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Ankara.
- [2] Bozkurt, O. (2017), "Vaka Çalışması: Türkiye-Ürdün Serbest Ticaret Anlaşması ve İkili Ticarete Etkileri", İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 31, pp.613-630.
- [3] Doğan, A., Uzun, A. (2014), "Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türkiye'nin Dış Ticaretine Etkileri", C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 15, pp.325-344.
- [4] Erdem, C. (2015), "Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türkiye'nin Tarımsal Dış Ticaretine Etkileri", T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, AB Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [5] Erhan, Ç., Gürbüz, A. (2013), "Türkiye'nin AB İle İlişkilerinde Alternatif Model Arayışı: "Kapsamlı Ekonomik Entegrasyon Anlaşması"", Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi, 12(1), pp.47-78.

- [6] Kalaycı, C. (2017), “Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türkiye’nin Dış Ticaretine Etkileri: Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Endeksi Uygulaması”, Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi, 3(2), pp.133-147.
- [7] Koçtürk, M., Kocaefe, A. (2014), “Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türk Dış Ticareti Üzerine Etkileri”, Tarım Ekonomisi Dergisi, 20(2), pp.65-77.
- [8] Küçüksakarya, S. (2016), “Türkiye’nin Serbest Ticaret Anlaşmaları Kapsamında Endüstri-İç Ticareti Üzerine Bir İnceleme”, Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(2), pp.27-41.
- [9] Özen, B. (2016), “Avrupa Birliği Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türkiye Üzerine Yansımaları”, T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- [10] URL1, Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ), <http://www.mfa.gov.tr/dunya-ticaret-orgutu-dto.tr.mfa>, (03.02.2018).
- [11] URL2, Gelir İdaresi Başkanlığı (2009), GATT Bilgilendirme Rehberi, http://www.gib.gov.tr/fileadmin/mevzuat/uluslararasi_mevzuat/gatt95.pdf, (03.02.2018).
- [12] URL3, Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Serbest Ticaret Anlaşmalarına İlişkin Genel Bilgi, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/disIliskiler/SerbestTic;jsessionid=3jaeWbaBhMmdAYgEmaebdYhSRr6ZGeZs6mHyfO8EoIZ1uq6HCM5T!1256595224?_adf.ctrl-state=19z8yq7yj3_1&_afLoop=18023313237491234&_afWindowMode=0&_afWindowId=null#!%40%40%3F_afWindowId%3Dnull%26_afLoop%3D18023313237491234%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D19z8yq7yj3_5, (11.02.2018).
- [13] URL4, İstanbul İhracatçılar Birlikleri Genel Sekreterliği (2010), Serbest Ticaret Anlaşmaları (STA) Kılavuzu, http://www.iib.org.tr/files/downloads/mevzuat/sta_kilavuz.pdf, (04.02.2018).
- [14] URL5, Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Türkiye’nin STA’ları, <https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/path/Contribution%20Folders/web/D%C4%B1%C5%9F%20%C4%B0li%C5%9Fkiler/Serbest%20Ticaret%20Anla%C5%9Fmalar%C4%B1/ekler/%C3%9Cikemizin%20STA'lar%C4%B1n%C4%B1%20yans%C4%B1tan%20tablo.pdf?lve>, (16.02.2018).
- [15] URL6, Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Yürürlükte Bulunan STA’lar Genel Bilgi, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/disIliskiler/SerbestTic/SerbestTic-YururlukteBulunanSTA?_afLoop=18025922372665998&_afWindowMode=0&_afWindowId=null&_adf.ctrl-state=19z8yq7yj3_152#!%40%40%3F_afWindowId%3Dnull%26_afLoop%3D18025922372665998%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D19z8yq7yj3_156, (03.02.2018).
- [16] URL7, Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Türkiye-Sırbistan Serbest Ticaret Anlaşması, <https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/path/Contribution%20Folders/web/D%C4%B1%C5%9F%20%C4%B0li%C5%9Fkiler/Serbest%20Ticaret%20Anla%C5%9Fmalar%C4%B1/Y%C3%BCr%C3%BCrl%C3%BCkte%20Bulunan%20STAlar/ekler/S%C4%B1rbistan%20STA%20Bilgi%20Notu.pdf?lve>, (16.02.2018).
- [17] URL8, HABERTÜRK (2017), Türkiye, Sırbistan’a Zeytinyağı, Çikolata ve Şekerleme Satıcak, <http://www.haberturk.com/sirbistan-ile-imzalanan-ticaret-anlasmalari-3-milyar-dolari-bulacak-1671108-ekonomi>, (10.02.2018).

İHTİSAS GÜMRÜKLERİNİN LOJİSTİK MALİYETLERE ETKİSİ: BAZI PETROL ÜRÜNLERİNDE (PETROKİMYA) İHTİSAS GÜMRÜK UYGULAMASI ÖRNEĞİ

Tuğçe Doğan Mesutoğulları¹, Emine Tanbaş², Burak Kayabaşı³

¹Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, tugcedogan03@gmail.com

² Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, eminet@tugem.com.tr

³ Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul,

burak.kayabasi@amacaerospace.com

ÖZET

İhtisas gümrük uygulaması, Gümrükler Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan tebliğlere istinaden, belirli eşyanın gümrük işlemlerinin yalnızca belirli gümrük idarelerinden yapılmasını zorunlu kılan bir gümrük politikası olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu uygulama lojistik maliyetini artırıcı etkisi olan önemli bir etkidir. Bu bildiri de ihtisas gümrük uygulamalarının çıkış sebebi, sürece ve lojistik maliyetlerine etkisi incelenmektedir. Araştırma da bazı petrol ürünlerinde ihtisas uygulaması örnek olarak kullanılmış olup, ihtisas gümrük uygulamasının olduğu ve olmadığı durumlar süreç analiz modeli ile incelenerek, karşılaştırılması yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İhtisas gümrük uygulaması, Lojistik maliyet analizi, Petrol ürünleri.

SPECIALIZED CUSTOMS EFFECT ON LOGISTICS COSTS: SPECIALIZED CUSTOMS APPLICATION EXAMPLE FOR THE SOME OIL PRODUCTS (PETROCHEMICAL)

ABSTRACT

Specialized customs application is a customs policy that requires customs processing of a specific person only from certain customs administrations in accordance with the communiqués issued by directorate general of customs. This application has a significant factor on logistics cost which is the increasing effect. This paper (academic) has been examined the main reason of the customs applications and the effect on process and logistics costs. In the research has also been used as an example of specialization in some petroleum products. And the cases where the customs application is and the cases where the customs application is not done are examined by the process analysis model and compared.

Keywords: Specialized customs application, Logistics cost analysis, Petroleum products.

1. GİRİŞ

İhtisas gümrük uygulaması Türkiye Cumhuriyeti devletinin uyguladığı bir ticaret politikası önlemidir. Belirli eşyaların gümrük işlemlerinin belirli gümrük idarelerinden yapılmasının zorunluluğudur. Serbest ticaretin önünde bir engel olduğundan AB ülkeleri bu uygulamaya pek sıcak bakmamaktadır.

Bu çalışmada gümrük politikasının olması ya da olmaması gerekliliği hususu yerine uygulamanın lojistik maliyetlere etkisi araştırılmıştır. Uygulama örneği olarak Solvent ve Bazı Petrol Ürünleri (Petrokimya) İhtisas gümrük uygulamasına tabi Gümrük Tarife Cetvelindeki 2710 pozisyonu baz alınarak, denizyolu ile gelen eşyanın süreç ve maliyet analizi yapılmıştır.

İhtisas gümrük uygulaması ithalatçı açısından işlem süresini ve lojistik maliyetlerini arttıran bir uygulamadır. İthalatçının maliyetlerinin yanında tüketicinin satın alacağı ürünlerin fiyatını da etkileyen bir unsurdur. İhtisas gümrük uygulamasının olduğu ve olmadığı durumların karşılaştırılması ve lojistik maliyet analizi bu bildirin konusudur.

2. İHTİSAS GÜMRÜKLERİNİN UYGULAMA AMACI VE KAPSAMI

İhtisas gümrük uygulaması bir gümrük politikası olarak karşımıza çıkmakta ve belirli bir eşyanın ithalat gümrük işlemlerinin belirli gümrük idarelerinden yapılmasıdır. Literatürde uygulamanın amaçları; Gümrük işlem süresini kısaltmak, gümrük kontrol etkinliğini arttırmak, zorunlu standartlara uyumun sağlanması, tüketici ve halk sağlığını korumak ve de devleti vergi zararına uğratacak bir düşük kıymet beyanının önüne geçmektir. (URL1)

İhtisas Gümrük Müdürlükleri üretimin ve sektörün yoğunlaştığı bölgelere göre belirlenmektedir. Örneğin; Çay üretiminde Rize ili öne çıktığından çay ithalatı için Rize Gümrük Müdürlüğü, petrokimya sektörünün yoğunluğu dikkate alınarak petrokimya ürünlerinin ithalatı için Körfez Petrokimya Müdürlüğü yetkilendirilmiştir.

İhtisas gümrüğü uygulamasına konu gümrük işlemlerini esas itibarıyla serbest dolaşıma giriş işlemleri oluşturmakla birlikte, giriş, ithalat, dahilde işleme izni, ihracat ve çıkış ile birlikte toplamda 6 çeşittir. (URL2)

İhtisas gümrük uygulamaları ürün grubu olarak aşağıdaki tabloda listelenmiştir. Tabloda görüleceği üzere ihtisas gümrük uygulaması ürün bazında iki ayrı bakanlık tarafından yürütülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1: İhtisas Gümrük Uygulamaları

İHTİSAS GÜMRÜĞÜ UYGULAMALARI
1. GÜMRÜK VE TİCARET BAKANLIĞINCA YÜRÜTÜLEN İHTİSAS GÜMRÜĞÜ UYGULAMALARI
Tekstil İhtisas
Otomotiv İhtisas
Ham Petrol ve Akaryakıt İhtisas
LPG İhtisas
Solvent ve Bazı Petrol Ürünleri (Petrokimya) İhtisas
Boru Hatları veya Elektrik Telleri ile Taşınan Eşya İhtisas
Oyun Aletleri ve Makineleri İhtisas
Gübre İhtisas
Atıklar ve Metal Hurdalar İhtisas
Telsiz ve Telekomünikasyon Terminal Ekipmanları İhtisas
Pil ve Akümülatörler İhtisas
Halı ihtisas
Ozon Tabakasını İncelten Maddeler (OTİM) İhtisas
Deri ve Deriden Mamul Eşya ile Ayakkabı İhtisas
Mobilya İhtisas
Çakmak İhtisas
Düz Cam İhtisas
2. GIDA, TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIĞINCA YÜRÜTÜLEN İHTİSAS GÜMRÜĞÜ UYGULAMALARI
Çay İhtisas
Bitki ve Bitkisel Ürünler İhtisas
Canlı Hayvanlar ve Hayvansal Ürünler İhtisas
Alkollü İçkiler İhtisas
Üretim ve Çoğaltım Materyali İhtisas (Tohum, Fide, Fidan, Çelik, Soğan, Aşı Gözü, Spor, Doku Kültürü Amacıyla Kullanılan Bitki Kısımları vb.)
Orman Ürünleri İhtisas (Ahşap Ambalaj Materyali Hariç)
Porselen ve Seramikten Sofra ve Mutfak Eşyası İhtisas
Gıda Maddeleri İhtisas

Kaynak: URL1

3. SOLVENT VE BAZI PETROL ÜRÜNLERİNDE İHTİSAS GÜMRÜĞÜ UYGULAMASI

Solvent ve bazı petrol ürünleri ihtisas uygulaması, 100 Seri No.lu Gümrük Genel Tebliği çerçevesinde yürütülmektedir. 100 Seri no.lu tebliğ Ek 1 listesinde Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu ve tanımı yer alan eşyanın serbest dolaşıma giriş işlemleri sadece Doğu Marmara Gümrük ve Ticaret Bölge Müdürlüğüne bağlı Körfez Petrokimya Gümrük Müdürlüğü'nden yapılır.

Tebliğ kapsamındaki eşyaları sanayici bir firma kendi ihtiyacı doğrultusunda getirdiğinde aşağıdaki gümrük idarelerinden de gümrük işlemlerini yaptırabilir (Tablo 2).

Tablo 2: Sanayicilerin Kendi İhtiyaçları İçin Getirdiği Ürünlerin İşlemlerini Yapmaya Yetkili Gümrük İdareleri

Sıra No	Yetkili Gümrük Müdürlüğü (Sanayicilerin kendi ihtiyaçları için getirdikleri eşya)
1	Adana Gümrük Müdürlüğü
2	Aliağa Gümrük Müdürlüğü
3	Ankara Gümrük Müdürlüğü
4	Beylikdüzü Akaryakıt Gümrük Müdürlüğü
5	Bursa Gümrük Müdürlüğü
6	Erenköy Gümrük Müdürlüğü
7	Gaziantep Gümrük Müdürlüğü
8	Gemlik Gümrük Müdürlüğü
9	İzmir Gümrük Müdürlüğü
10	Karadeniz Ereğli Gümrük Müdürlüğü
11	Mersin Akaryakıt Gümrük Müdürlüğü
12	Tekirdağ Gümrük Müdürlüğü
13	Mersin Serbest Bölge Gümrük Müdürlüğü

Kaynak: URL 3

Tebliğ kapsamında olup miktar ve kullanım alanı itibarıyla ticari nitelik arz etmeyen 25 kg/25 litreye kadar olan eşyanın gümrük işlemleri yetkili (A sınıfı) gümrük idarelerinden yapılabilir. Yanı sıra soğuk zincir kapsamında gelen +2/+8 derecelerinde saklanması gereken, tüp bebek solüsyonlarla birlikte ithal edilen ve kullanılan embriyo kültür ortamlarında kullanılmak üzere hazırlanmış özel yağların serbest dolaşıma giriş işlemleri de yetkili (A sınıfı) gümrük idarelerinden yapılabilir. (Yavuz, 2017).

4. LOJİSTİK KAVRAMI VE FAYDALARI

Lojistik ile tedarik zinciri tanımı birbiri ile karıştırılmaktadır. Tedarik zinciri bir ürünün kaynağından, nihai tüketiciye teslimi hatta satış sonrası hizmet ve iadelerinde dahil olduğu bir süreçtir. Fakat lojistik müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, bilgi ve servis hizmetinin başlangıçtan nihai tüketiciye kadar olan tedarik zinciri içerisinde hareket etmesi, durması için yapılan tüm işlemler olarak tanımlanabilir.

Lojistik; depolamayı da kapsayacak şekilde tedarik zincirinde gerçekleştirilen faaliyetler bütünüdür. Yani, taşıma, depolama, dağıtım, stok yönetimi gibi dağıtım sürecinde gerçekleştirilen ve ürüne katma değer sağlayan birbiriyle ilişkili, koordine edilmesi gereken işlevleri kapsamaktadır. Bu durumda Lojistik için yönetilmesi gereken bir süreç denebilir. (Küçük, 2011)

Lojistik dış ticaretin artmasına ve artan nüfusun getirdiği potansiyele bağlı olarak gelişme gösterirken, mevzuattan kaynaklanan sorunlar sektörün gelişmesine engel teşkil etmektedir.

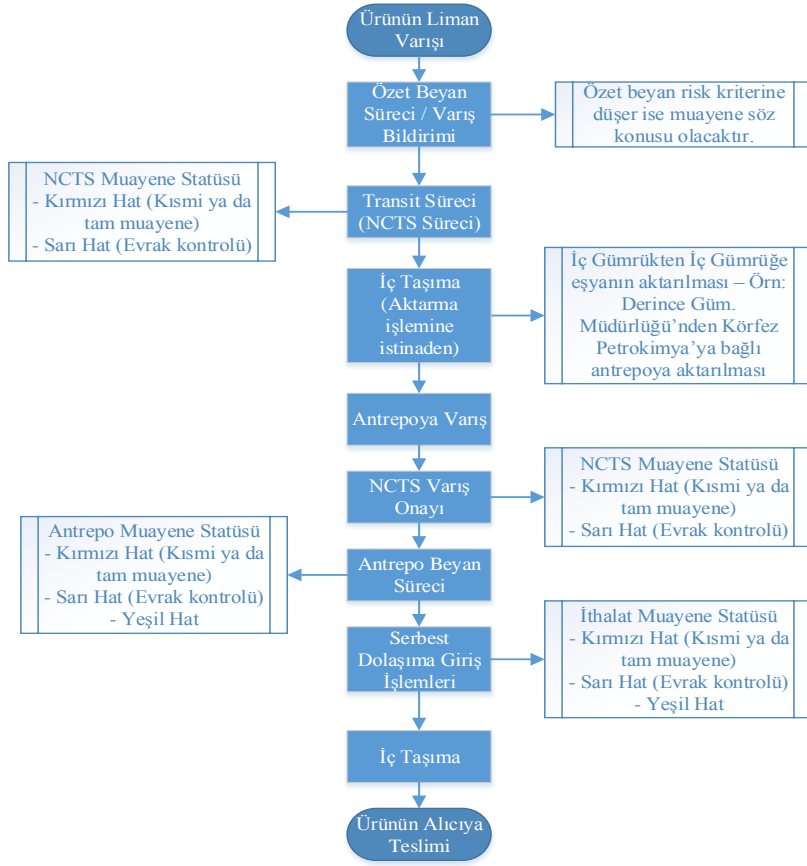
Etkin bir lojistik faaliyetinin maliyetleri düşürücü etkisi vardır. İşletmelerde gerekli materyallerin doğru miktar, yer ve zamanda temin edilmesiyle stok miktarında düşüş sağlanır. Bu sayede stok maliyetleri azaltılır ve üretimde aksama yaşanması engellenir. Üretim süreci gibi sonrasında da doğru miktar ve çeşitte ürünlerin zamanında müşteriye ulaştırılması ile de etkin bir lojistik uygulanmış olur. Ayrıca müşteri memnuniyetinde de artış sağlanır.

5. İHTİSAS GÜMRÜK UYGULAMA SÜRECİ VE MALİYET ANALİZİ

İhtisas Gümrük uygulamaları önceki başlıklarda da belirttiğimiz gibi devletin etkin bir denetim yapmak adına uyguladığı bir gümrük politikasıdır. Bu bölümde ihtisas gümrük sürecine tabi bir eşya ele alınmış olup, sürecin adımları belirlenmiştir.

Aşağıdaki şekilde denizyolu ile Derince Gümrük Müdürlüğü'ne bağlı bir limana gelen, 100 sayılı tebliğ kapsamı dahilindeki (ihtisas gümrük uygulamasına tabi) 1 tank konteynerlik ürünün gümrük ve lojistik süreçleri görülmektedir. İhtisas gümrük uygulaması sebebiyle, ürünün limana varışı itibarıyla süreç birçok adımdan oluşmaktadır. Türkiye Gümrük Bölgesine gelen ürün ihtisas uygulamasına tabi olduğundan, gümrük işlemlerini yapmaya yetkili gümrük idaresi Doğu Marmara Gümrük ve Ticaret Bölge Müdürlüğüne bağlı Körfez Petrokimya Gümrük Müdürlüğü'dür. Bu sebeple Derince Gümrüğü'ne bağlı bir limana gelen konteynerin özet beyan süreci tamamlandıktan sonra NCTS sistemi üzerinden Körfez Petrokimya Gümrük Müdürlüğü'ne bağlı bir antrepoya veya geçici depolama alanına aktarma işlemi yapılmaktadır. Gelen konteynerin özet beyan sürecinde risk kriterine düşmesi, aktarma sürecinde ise hattın kırmızı çıkması durumunda kısmi muayene, tam muayene veya haricen muayene söz konusu olacaktır ve bu da ekstra maliyet demektir. Aktarma işlemine istinaden konteynerin ihtisas gümrüğüne bağlı antrepoya taşıma işlemi yapılmaktadır. Konteynerin antrepoya varışını takiben NCTS varış onayı yapılarak, antrepo beyan süreci başlamaktadır. Antrepo beyanı tamamlandıktan sonra konteynerin serbest dolaşıma giriş işlemlerine başlanır. Belirlenen hatta istinaden işlemler tamamlanarak, konteynerin alıcıya sevki yapılmaktadır. Her iki adımda da belirlenecek hatta istinaden eşyanın kısmi muayene, tam muayene veya haricen muayenesi söz konusu olabilir (kırmızı hat ise). Süreç adımları birden fazla ve operasyon süresinin uzun olması nedeniyle 1 tank konteynerin varış limanından alıcıya kadar tesliminde oluşacak lojistik maliyetleri yüksek olmakta olup, teslim süresi uzamaktadır (Şekil 1).

Körfez Petrokimya Gümrüğüne bağlı bir konteyner terminali olmadığından, sıvı yük gemisi ile ürün getirilmediği durumlarda gelen ürünler konteyner terminali olan bir limana getirilmektedir. Ürün ihtisasa tabi işlem gördüğünden ihtisas gümrüğüne aktarma işlemleri yapılmadan ve belirtilen süreçler tamamlanmadan ürünün ithali söz konusu olmamaktadır. Bu da ithalatçıya ek maliyet getirmekle birlikte tüketiciye de yansımaktadır.



Şekil 1: İhtisas Gümrük Uygulamasına Tabi Bir Eşyanın Serbest Dolaşıma Giriş Süreci

- Kaplı eşyada emsal laboratuvar tahlil sonucu muayene memuru inisiyatifince kabul edilebilir. Fakat dökme olarak gelen eşya Gümrük Kanununun 196/1A maddesine istinaden laboratuvara tahlil için gönderilir. Yanı sıra tam muayene sürecinde de eşyanın laboratuvara tahlil için gönderilmesi söz konusudur.
- Kırmızı Hat → Kısmi, tam ve haricen muayene şeklinde olup, eşyanın fiziki muayenesinin yapılarak evrakların kontrolüdür. Belirtilen eşyanın beyana uygunluğunun tespiti de denebilir. Eşya niteliğine göre, G.T.İ.P. bazında laboratuvara sevki muayene memuru tarafından yapılabilir.
- Sarı Hat → Beyan edilen eşyanın evrak üzerinden kontrolünün sağlanmasıdır.
- Yeşil Hat → YYS'ye istinaden işlemlerin tamamlanmasıdır.

Örnek Vaka: 27. Fasıla ait 1*20' Tank konteyner ile Derince Gümrük Müdürlüğü'ne bağlı DP World limanına gelen ihtisasa tabi bir ürünün Körfez Petrokimya Gümrüğü'ne bağlı X antreposuna aktarılarak serbest dolaşıma giriş işlemleri yapılacaktır. İlgili ürünün DP World limanındaki özet beyan işlemlerinde risk kriteri oluşmamış olup özet beyan süreci tamamlanmıştır. NCTS yani aktarma sürecinde kırmızı hattan işlem görerek, konteynerin muayenesi yapıp tahlil için laboratuvara numune sevk edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına istinaden aktarma işlemleri tamamlanarak konteyner Körfez Petrokimya Gümrük Müdürlüğü'ne bağlı X antreposuna aktarılmıştır. Burada süreç 4 iş gününde tamamlanmıştır (tahmini asgari süre). Aktarma işleminden sonra konteynerin antrepoya alınması için antrepo beyanı verilmiştir. Akabinde konteynerin serbest dolaşıma giriş işlemleri tamamlanarak Gebze organize sanayi bölgesinde ki alıcısına teslim edilmiştir. Bu süreçte 2 iş gününde tamamlanmıştır (tahmini asgari süre).

Yukarıda örnekte mevcut konteynerin uygulama sürecindeki toplam maliyeti aşağıdaki tabloda masraf kalemleri bazında hesaplanmıştır. Konteynerin limana varışından itibaren ortalama 6 günde gümrük süreçleri tamamlanarak, ürünün maliyetine yaklaşık 3233,88 TL lojistik gider yansımaktadır (Tablo 3).

Tablo 3: İhtisas Gümrük Uygulamasına Tabi Ürüne ait Lojistik Masrafları

MASRAF KALEMLERİ	20'	Para Birimi
Liman Masraf Kalemleri		
Liman ardiye (4 günlük)	225,55	TL
Terminal Ücreti	236,82	TL
Numune Alma	221,79	TL
Dokümantasyon	22,18	TL
Konteyner Eşlik Hizmeti	66,54	TL
Kilit/Mühür Takma-Sökme	26,61	TL
Gümrük Muayene Masraf Kalemleri		
Laboratuvar Tahlil Bedeli (1 adet numune)	180	TL
Muayene Bedeli (Kırmızı Hat)	160	TL
Laboratuvar Tahlil Yolluk Bedeli	110	TL
İç Nakliye Masraf Kalemleri		
Ara Nakliye Bedeli (Antrepoya sevk)	500	TL
Ara Nakliye Bedeli (Alıcıya sevk)	400	TL
Beyanname Masraf Kalemleri		
Transit Refakat Belgesi (NCTS)	260	TL
Antrepo Beyannamesi	85	TL
İthalat Beyannamesi	220	TL
Antrepo Masraf Kalemleri		
Antrepo Ardiye Bedeli (2 günlük)	86,57	TL
Antrepo konteyner araç üzerinden indirme-bindirme bedeli	432,83	TL
TOPLAM	3233,88	TL

Liman masrafları 16.02.2018'deki TCMB USD kuruna istinaden TL'ye çevrilmiştir.

Tablodaki ücretler 2018 yılına ait asgari tarifelerdir. Ürünün cinsine, sayısına ve sürece göre değişkenlik gösterebilir.

Aşağıda tabloda DP World limanının konteyner ve USD bazında 2018 tarifesi mevcuttur (Tablo 4)

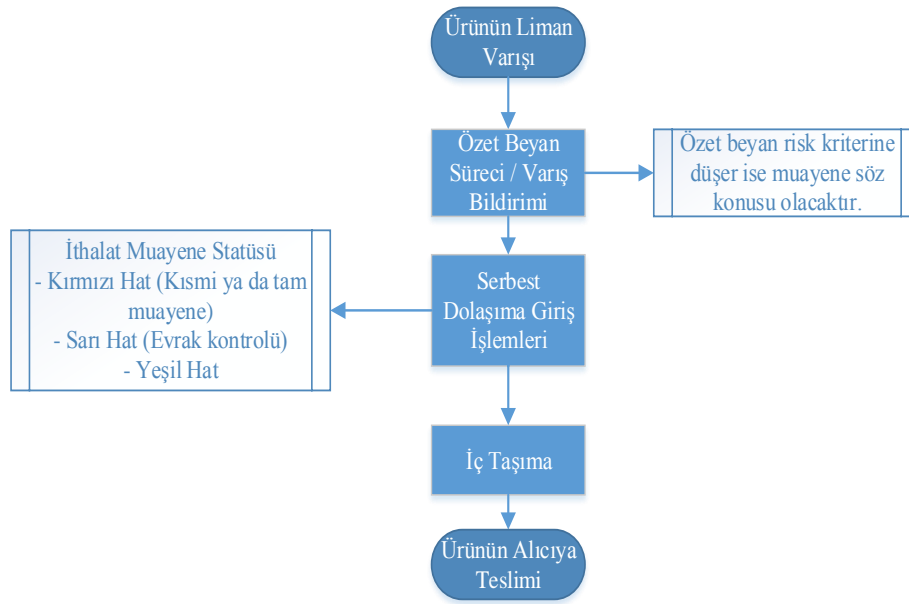
Tablo 4: DP WORLD Liman Masrafları (2018)

Liman Masraf Kalemleri	20'	40'-45'	Para Birimi
Liman ardiye (0-6 gün/günlük ücret)	15	26	USD
Terminal Ücreti	63	63	USD
Numune Alma	50+KDV	50+KDV	USD
Dökümantasyon	5+KDV	5+KDV	USD
Konteyner Eşlik Hizmeti	15+KDV	15+KDV	USD
Kilit/Mühür Takma-Sökme	6+KDV	6+KDV	USD

Kaynak: URL 4

6. İHTİSAS GÜMRÜK UYGULAMASININ OLMADIĞI SÜREÇ VE MALİYET ANALİZİ

İhtisas gümrük uygulamasının uygulanmadığı ve ürünlerin geldiği gümrük idaresinden gümrük işlemlerinin tamamlanması durumunda aşağıdaki süreçler izlenecektir. Ürünün limana varışı ile birlikte özet beyan bildirimi yapılarak serbest dolaşıma giriş işlemlerine başlanacaktır. Burada özet beyan sürecinde konteynerin risk kriterine düşmesi söz konusu olabilir. Risk kriteri sebebiyle eşyanın muayenesi gerçekleştirildikten sonra serbest dolaşıma giriş işlemlerine başlanacaktır. Serbest dolaşıma giriş işlemlerinde de hattın kırmızı olarak belirlenmesi sebebiyle tekrar muayenesi ve tahlil için numunenin laboratuvara sevki söz konusu olmaktadır. Serbest dolaşıma giriş işlemlerinin tamamlanmasından sonra ürünün iç nakliyesi yapılarak alıcıya teslimi yapılmaktadır. Süreç burada daha kısa sürede tamamlanmakta ve lojistik maliyeti daha düşük olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: İhtisas Gümrük Uygulamasına Tabi Olmadan Bir Eşyanın İthalat Süreci

- Kaplı eşyada emsal laboratuvar tahlil sonucu muayene memuru inisiyatifince kabul edilebilir. Fakat dökme olarak gelen eşya Gümrük Kanununun 196/1A maddesine istinaden laboratuvara tahlil için gönderilir. Yanı sıra tam muayene sürecinde de eşyanın laboratuvara tahlil için gönderilmesi söz konusudur.
- Kırmızı Hat → Kısmi, tam ve haricen muayene şeklinde olup, eşyanın fiziki muayenesinin yapılarak evrakların kontrolüdür. Belirtilen eşyanın beyana uygunluğunun tespiti de denebilir. Eşya niteliğine göre, G.T.İ.P. bazında laboratuvara sevki muayene memuru tarafından yapılabilir.
- Sarı Hat → Beyan edilen eşyanın evrak üzerinden kontrolünün sağlanmasıdır.
- Yeşil Hat → YYS'ye istinaden işlemlerin tamamlanmasıdır.

Örnek Vaka: 27. Fasıla ait 1*20' Tank konteyner ile Derince Gümrük Müdürlüğüne bağlı DP World limanına gelen ürünün serbest dolaşıma giriş işlemleri yapılarak, alıcıya teslimini gerçekleştirilecektir. Öncelikle özet beyan süreci tamamlanmış olup, konteynerin serbest dolaşıma giriş işlemlerine başlanmıştır. Gümrük statüsünün kırmızı belirlenmesi sebebiyle konteynerin muayenesi yapıp, 196/1A maddesi gereğince tahlil için laboratuvara numune sevk edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına istinaden serbest dolaşıma giriş beyanname işlemleri tamamlanıp, konteynerin alıcıya sevki gerçekleştirilmiştir. Toplamda süreç 4 günde tamamlanmıştır (tahmini asgari süre).

Yukarıda örnekte mevcut konteynerin uygulama sürecindeki toplam maliyeti aşağıdaki tabloda masraf kalemleri bazında hesaplanmıştır. Konteynerin limana varışından itibaren ortalama 4 günde gümrük süreçleri tamamlanarak, ürünün maliyetine yaklaşık 1869,49 TL gider yansımaktadır (Tablo 5).

Tablo 5: İhtisas Gümrük Uygulamasına Tabi Olmayan Ürüne ait Lojistik Masrafları

MASRAF KALEMLERİ	20'	Para Birimi
Liman Masraf Kalemleri		
Liman ardiye (4 günlük)	225,55	TL
Terminal Ücreti	236,82	TL
Numune Alma	221,79	TL
Dökümantasyon	22,18	TL
Konteyner Eşlik Hizmeti	66,54	TL
Kilit/Mühür Takma-Sökme	26,61	TL
Gümrük Muayene Masraf Kalemleri		
Laboratuvar Tahlil Bedeli (1 adet numune)	180	TL
Muayene Bedeli (Kırmızı Hat)	160	TL
Laboratuvar Tahlil Yolluk Bedeli	110	TL
İç Nakliye Masraf Kalemleri		
Ara Nakliye Bedeli (Alıcıya sevk)	400	TL
Beyanname Masraf Kalemleri		
İthalat Beyannamesi	220	TL
TOPLAM	1869,49	TL

Tablodaki ücretler 2018 yılına ait asgari tarifelerdir. Ürünün cinsine, sayısına ve sürece göre değişkenlik gösterebilir.

Liman masrafları 16.02.2018'deki TCMB USD kuruna istinaden TL'ye çevrilmiştir.

7. SONUÇ

İhtisas gümrük uygulaması lojistik maliyetlerini arttırıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca ürünün alıcıya teslimini uzatan bir süreç olduğu da görülmektedir. Gümrük sürecinin uzaması ve ürünlerin tesliminde oluşabilecek herhangi bir belirsizlik sebebiyle, üretime girdi olacak bir ürün ise üretimde gecikme ve ekstra maliyete sebep olacaktır. Hem zaman hem de maliyete etki eden bir uygulamadır.

Bu çalışmada ihtisas gümrük uygulamasının olduğu ve olmadığı iki örnek vaka incelenmiştir. İhtisas gümrük uygulamasının olduğu örnek vakada ilgili ürün, konteyner gemisi ile Körfez Petrokimya gümrüğü harici başka bir gümrük müdürlüğüne gelmek zorunda olduğundan, Derince Gümrük Müdürlüğüne bağlı DP World limanından Petrokimya Gümrük Müdürlüğüne bağlı bir antrepoya aktarılarak serbest dolaşıma giriş işlemleri tamamlanmıştır. Lojistik maliyetlerinde artış gümrükten gümrüğe yapılan transit sürecinde devreye girmektedir. İhtisas gümrük uygulamasının olmadığı bir vakada eşyanın gümrük işlemleri ortalama 4 günde tamamlanırken (kırmızı hat muayene işlemi dahil), ihtisas uygulaması sebebiyle eşyanın gümrük işlemleri ortalama 6 günde tamamlanmaktadır (tahmini asgari süredir. 6-10 gün arasında değişkenlik gösterebilmektedir). Kıyaslanan iki vaka sonucuna göre ihtisas uygulaması sebebiyle gümrük işlem süresi minimum 2 gün uzamakta olup, konteyner için yaklaşık 1364,39 TL ekstra lojistik maliyete katlanılmaktadır. İlgili maliyet ürünün birim maliyetine etki eden bir unsurda olduğundan, tüketiciye de negatif yansiyacak ve refah düzeyini düşürecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Küçük, O. (2011). Lojistik İlkeleri ve Yönetimi, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [2] Yavuz,H. (2017), Gümrük Mevzuatı ve Uygulamaları, Analiz Yayınları, Ankara.
- [3] URL1, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi, İhtisas Gümrükleri Uygulaması, <https://ggm.gtb.gov.tr/gumruk-idareleri/ihtisas-gumrukleri-uygulamasi>, E.T. 27.01.2018
- [4] URL2, Gümrükler Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi, Gümrük İşlemleri, <https://ggm.gtb.gov.tr/sikca-sorulan-sorular/ticari/gumruk-islemleri>, E.T. 29.01.2018
- [5] URL3, Gümrükler Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi, Solvent ve Bazı Petrol Ürünleri (Petrokimya) İhtisas Detayları, <https://ggm.gtb.gov.tr/gumruk-idareleri/ihtisas-gumrukleri-uygulamasi>, E.T. 27.01.2018
- [6] URL4, DP World Yarımca internet sitesi, DP World Yarımca Terminal 2018 Liman Tarifesi, <http://www.dpworldyarimca.com/port-services/190>, E.T. 17.02.2018

İHRACATA YÖNELİK DEVLET TEŞVİK VE DESTEKLERİNİN İHRACAT PERFORMANSI VE ULUSLARARASILAŞMA DÜZEYİ ÜZERİNE ETKİSİ

Işıl Kuşanaç¹, Hanifi Murat Mutlu²

¹Gaziantep Üniversitesi, SBE, Uluslar arası Ticaret ve Pazarlama ABD, Gaziantep, isilkusanac@hotmail.com

²Gaziantep Üniversitesi, İİBF, Uluslar arası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Gaziantep, mmutlu@gantep.edu.tr

ÖZET

Küreselleşmenin her alanda hissedildiği günümüz dünyasında, ihracat gerek ülke ekonomisine katkıları açısından gerekse firmalara sağlamış olduğu avantajlar bakımından oldukça önem kazanmıştır. Dış pazarlara açılmak veya dış pazarlardaki pazar paylarını arttırmak isteyen firmalar; hedef pazarla ilgili bilgi eksikliği, finansal yetersizlik, pazarlardaki rekabet koşulları gibi ihracatı engelleyici birtakım sorunlarla karşılaşmakta ve bazen bu sorunları çözmeye kendi kendilerine yeterli olamamaktadırlar. Bu sebeple kamu otoritesi, firmaları ihracata özendirmek ve ihracatlarında artış sağlamak amacıyla çeşitli teşvik ve destek araçları oluşturmuştur. Bu bağlamda çalışma, ihracata yönelik devlet teşvik ve desteklerinden yararlanma düzeyleri, firmaların ihracat performansı ve uluslararasılaşma düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Ayrıca, ihracat için ana motivasyon kaynağı, ihracatta karşılaşılan başlıca zorluklar ve firmaların kişisel bağ, network ve bağlantıları değişkenleri de araştırma modeline dahil edilmiştir. Çalışmada veri toplama yöntemi olarak anket yöntemi uygulanmış ve araştırma hipotezleri "korelasyon" ve "regresyon" analizleri ile test edilmiştir. Yapılan analizler, ihracata yönelik destekler ile ihracat performansı ve ihracatta karşılaşılan zorluklar arasında anlamlı ilişkiler bulgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İhracat Engelleri, İhracat Destekleri, İhracat Performansı, Uluslararasılaşma Düzeyi.

THE EFFECT OF GOVERNMENT EXPORT ORIENTED INCENTIVES AND SUPPORT ON EXPORT PERFORMANCE AND INTERNATIONALIZATION LEVEL

ABSTRACT

In today's world where globalization is felt in every field, exports have gained considerable importance in terms of advantages that have been provided by firms in terms of their contributions to the country's economy. Companies that want to open up to foreign markets or increase their market share in foreign markets; lack of information related to the target market, financial insufficiency, competitive conditions in the market, and sometimes they are not sufficient to solve these problems themselves. For this reason, the public authority has created various incentive and support tools to encourage firms to export and to increase their exports. In this context, the study examines the relationship between government incentives and support for exports, and the level of export performance and internationalization of firms. In addition, the main motivation source for export, the main challenges in exporting, and the variables of firms' personal ties, networks and connections are also included in the research model. A questionnaire was applied as a method of data collection in the study and research hypotheses were tested with "correlation" and "regression" analyzes. Analyzes made reveal significant relationships between export support and export performance and export difficulties.

Keywords: Export Barrier, Export Supports, Export Performance, Internationalization Level.

1. GİRİŞ

Ekonomilerin küreselleşmesi ve artan ürün, hizmet ve sermaye akışkanlığı, ülke ekonomileri ve bu ekonomilerin yapı taşları olan işletmeler için sadece yeni fırsatları doğurmamakta, aynı zamanda birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Küresel dış ticaret hacminde meydana gelir artıştan her ülke ve bu ülkelerde faaliyet gösteren çoğu işletme, özellikle de küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (KOBİ) motivasyon, yetenek veya finansal kaynak eksikliklerinden dolayı görece daha az yararlanmaktadır (Freixanet, 2012:1065).

Uluslararası pazarlarda faaliyet göstermek isteyen KOBİ niteliğindeki çoğu firma; hedef dış pazarın tüketim alışkanlıkları, dış ticarete ait tarife ve tarife dışı düzenlemeler, hedef dış pazarın rekabet yapısı ve ekonomik durumu gibi konularda yeterli bilgiye ulaşmada ciddi sorunlar yaşamaktadır. Üstelik çoğu KOBİ için bu sorunlar, sadece kendi kaynak ve imkanları ile çözüme ulaştırılabılır değildir. Dış ticaretin ülke ekonomisi için öneminin farkında olan kamu otoriteleri yerel firmaların dış pazarlarda etkinliğini ve etkililiğini arttırma amacıyla pazar ile ilgili bilgi sağlama, ticaret fuarları katılımını desteleme, uygun dağıtım kanallarının oluşturulması, ihracat sigortaları ve eğitim gibi konularda gerek finansal gerekse de finansal olmayan yardım ve destek fonları oluşturmaktadır (Calderón, Fayós ve Cervera, 2005:35).

Bu çalışma, ülkemizde ihracata yönelik teşvik ve destekleri, bu teşvik ve desteklerin alt boyutlarını ve yararlanma koşullarını kısaca açıklayarak; KOBİ'lerin teşvik ve desteklerden yararlanma düzeyinin ihracat performanslarına ve uluslararasılaşma derecelerine etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, çalışmada, ihracat için ana motivasyon kaynakları ve ihracatta karşılaşılan başlıca zorluklara ilişkin firma algıları ile firma yöneticisinin kişisel bağ, network ve bağlantı düzeyinin ihracat destek ve teşviklerinden yararlanma, ihracat performansı ve uluslararasılaşma değişkenleri arasındaki ilişkilerin araştırılması da hedeflenmektedir. Dolayısıyla araştırma problemleri:

- İhracata yönelik teşvik ve desteklerin firmaların ihracat performansları ile uluslararasılaşma düzeylerindeki rolü nedir?
- Firmaları ihracata iten ana motivasyon kaynakları ve başlıca zorluk algıları nelerdir?
- Firmaların sahip oldukları network, bağ ve bağlantı düzeyi, gerek ihracat destek ve teşviklerinden yararlanma düzeyi gerekse ihracat performansı ve uluslararasılaşma düzeyinde nasıl bir rol oynamaktadır?

Bu araştırma sorunlarının açıklanması ile teşvik ve desteklere ilişkin mevcut durumun analiz edilmesinin yanısıra nasıl daha da iyileştirilebileceğine yönelik olarak politika yapıcılara ışık tutacaktır. İhracatçı firmalar için başlıca motivasyon kaynakları ve zorlukların analiz edilmesi sayesinde, firmalarla daha çok eşleşen ve daha doğru teşvik ve destek sisteminin kurulmasına katkı verecektir. Network, bağ ve bağlantı kavramları, ilk algı olarak olumsuz çağrışımlar yaratsa da (örneğin kayırmacılık gibi) aslında, firmalar için belirsizliğin azaltılması ve dış ilişkilerin geliştirilmesinde bir köprü vazifesi üstlenelen son derece pozitif algı içeren bir kavramdır. Ulusal yazında farklı alanlarda incelenen bu kavramın ihracat kavramı içerisinde az değinilmiş olması nedeniyle çalışma yazındaki bu boşluğa katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. YAZIN İNCELEMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, ihracat performansı, uluslararasılaşma kavramları kısaca açıklandıktan sonra ana başlıklarıyla ihracat teşvik ve destekleri ve network, bağ ve bağlantı kavramları değerlendirilerek değişkenler arası kurgulanan hipotezler tartışılacaktır.

2.1. İhracat Performansı

İhracat, bütünü veya bir kısmı ülke ekonomisi tarafından üretilmiş olan ürünlerin, gümrük sınırlarından kesin çıkışı yapılarak önceden belirlenen bir bedel karşılığında yurt dışına satılmasıdır. Ulusal ekonomiden ürün çıkışı meydana gelip yine ulusal ekonomiye döviz girişi sağlanması bakımından hem istihdama hem de milli gelire yaptığı katkı ile ihracat, özellikle ülkemiz ve ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler açısından oldukça önemli bir ticari faaliyettir (Demir, 2004:3). İhracat Yönetmeliği'nde ihracat, "Bir malın, yürürlükteki İhracat Mevzuatı ile Gümrük Mevzuatı'na uygun şekilde Türkiye Gümrük Bölgesi dışına veya serbest bölgelere çıkarılması veyahut Müsteşarlıkça ihracat olarak kabul edilecek sair çıkış ve işlemler" olarak tanımlanmıştır (Ekonomi Bakanlığı, İhracat Yönetmeliği, 1).

Firmalar, yoğun rekabet koşullarının bulunduğu uluslararası pazarlarda varlıklarını sürdürmek, ölçek ekonomisinden yararlanarak kaynaklarını verimli ve doğru alanlarda kullanmak, sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamak, yalnızca yerel pazarda faaliyetlerini gerçekleştirmiş olmanın meydana getirebileceği riskleri azaltmak veya yok etmek gibi amaçlarla dış pazarlara açılmaya çalışmaktadırlar. Dolayısıyla, firmalar için ihracat performansını nasıl arttırabilecekleri üzerinde önemle tartışılması gereken bir sorun olmuştur. Bu sorunun çözümü için ilk adım, ihracat performansının doğru bir şekilde tanımlanması ve devamında da performansı oluşturan kritik başarımlar faktörlerinin hangi değişkenlerden oluştuğunun güvenilir ve geçerli bir şekilde analiz edilmesidir.

Çavuşgil ve Zou (1994:4), ihracat performansını, uluslararası pazarlara satışı yapılan bir ürün için firmanın ihracat pazarlama stratejisi oluşturup bu stratejiyi uygulaması yoluyla ekonomik ve stratejik hedeflere ulaşmanın bir derecesi olarak tanımlarken; Mutlu ve Sürer (2012:38), ihracat performansını, işletmelerin belirli bir dönemde faaliyette bulunacakları uluslararası pazarlara ilişkin hedeflerin, rakiplerle karşılaştırılması yoluyla ölçümleneceğini, Cadoğan ve arkadaşları (2003:495) ise uluslararası pazarlarda gerçekleştirilen ihracat faaliyetinin ekonomik başarı derecesi olarak ele almışlardır. İhracat performansında başarının elde edilmesi, hem firmalar hem de kamu politikası karar vericileri için stratejik karar alma sürecinin merkezini oluşturur.

Firmalar için ihracat performansının başarısı, belirli bir zaman diliminde uluslararası bağlamda hem ekonomik hem de ekonomik olmayan hedeflere ne ölçüde ulaşıldığının ve belirlenen ihracat stratejisinin firma ve çevre şartlarına başarılı bir şekilde cevap verip vermediğinin göstergesidir. İhracatın bir firmanın yurt dışı pazarlara girişte stratejik bir seçenek olduğu düşünüldüğünde, hedefler; firmalar, endüstriler, her ülkenin kendi ulusal durumları ve zaman dilimleri arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Sonuç olarak, ihracat literatüründe kullanılan oldukça fazla sayıda ihracat performansına ilişkin gösterge bulunmaktadır (Beleska-Spasova, 2014). İhracat performansının değerlendirilmesi noktasında yazında yer alan çeşitlilik nedeniyle doğru performans kriterlerinin belirlenmesi oldukça zor ve karmaşık bir hâl almıştır (Çavuşgil ve Zou, 1994). Bu durum ihracat başarısının ölçülebilir hale getirilip değerlendirilebilecek evrensel bir ölçütünün olmadığını gösterir (Gençtürk ve Kotabe, 2001).

2.2. Uluslararasılaşma

Dünya'daki tüm ülkeler, küreselleşmenin getirdiği yoğun rekabet ortamından minimum düzeyde etkilenmek veya tamamıyla sıyrılabilmek için, hem ölçek ekonomilerinden faydalanarak ürün geliştirmek ve üretim maliyetlerini azaltmak, hem de ekonomik kalkınma düzeylerini arttırmak veya sosyal gelişmelerine hız kazandırmak amacıyla ulusal sınırların dışına çıkan ticarete giderek daha fazla önem vermeye başlamışlardır ve böylece uluslararasılaşma kavramı önem kazanmıştır (Altınbaşak vd., 2008: 35). Uluslararasılaşma, firmaların yerel pazarda gerçekleştirdikleri faaliyetlerini ulusal sınırlarının dışına taşımasıyla ilgili bir kavramdır. İşletmeler, faaliyetlerini uluslararası pazarlara yaydıklarında uluslararası özellikte firma konumunda nitelendirilirler. İşletmeler ihracat, doğrudan yatırım veya lisans anlaşmaları aracılığıyla uluslararası pazarlarda farklı yöntemlerle ve farklı derecelerde faaliyet gösterebilirler (Erkutlu ve Eryiğit, 2001:150). "Uluslararası pazarlama literatüründe uluslararasılaşma, aşamalı ve yenilikçi bir süreç olarak ele alınmakta; uluslararasılaşma sürecinin ilk aşamasının ihracat, son aşamasının doğrudan yatırımlar olduğu kabul edilmektedir" (Ulaş, 2009: 18). Welch ve Loustarinen (1988: 36) tarafından yapılan tanıma göre uluslararasılaşma, yabancı pazarlara açılarak uluslararası faaliyetlerde daha fazla yer alma sürecidir.

OECD ise uluslararasılaşmaya farklı bir tanım getirmiş ve ulusal pazarda faaliyet gösteren işletme, sınırlı uluslararasılaşmış işletme, yaygın olarak küreselleşmiş işletme ve tamamen küreselleşmiş işletme olarak işletmeleri sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sınırlı uluslararasılaşmış işletme, üretimde kullandığı girdilerin en fazla %10'unu uluslararası faaliyetlerden kazanan işletmedir. Uluslararasılaşmış işletme, üretimde kullandığı girdileri %10-40 arasında uluslararası pazarlardan ithal eden, en az 3 uluslararası bölgede faaliyette bulunan ve toplam hasılatının %10-40 arasında bir tutarını uluslararası faaliyetlerden kazanan işletmedir (Ecer ve Camitez, 2005: 12).

Uluslararasılaşmada, bir işletmenin ana ülke dışındaki satış kazançları ya da faaliyetlerinin derecesi üzerinde durulmaktadır. Bir işletmenin ülke dışındaki satışlarının, toplam satışlarına oranı yüksek ise uluslararasılaşma derecesinin yüksek olduğu kabul edilebilmektedir. Diğer taraftan, işletmenin ülke dışındaki satışları dışında incelenmesi gereken bazı faktörler vardır. Bu faktörler; işletmenin finans ve örgüt yapısı, ihracat bölümü, uluslararası becerilere sahip personeli, uluslararası bölümün olup olmaması, pazara sunduğu mal çeşidi, hedef pazar olarak seçtiği ülkeler, üst düzey yöneticilerin uluslararası pazarlamaya bakış açısı, dışa açılmada kullanılan stratejiler olarak sıralanabilir (Ulaş, 2009: 19).

2.3. İhracat Teşvik ve Desteklerin Kapsamı

Ülkeler ekonomik büyüme ve kalkınma için, ihracatlarını hem nitelik hem de nicelik olarak geliştirmeye önem vermektedir. Dolayısıyla, ülkeler ihracat rakamlarında düzenli ve sürekli iyileştirme hedeflemektedir. Ancak dünya üzerindeki her ülkenin böylesi bir talep içerisinde yer alması nedeniyle yaşanan yoğun rekabetle başa çıkabilmek için ülke yönetimleri, ihracatlarını arttırıcı doğru stratejileri oluşturmak ve ihracatın teşviki için yeni politikalar oluşturmaya başlamışlardır. Ülkeler, kısa vadede ihracatlarını arttırmak, uzun vadede ise ihracata nitelik kazandırıp döviz kazandırıcı bir faaliyete dönüştürmek amacıyla, kendi ülke şartlarına uygun olarak çeşitli teşviklere başvurmaktadırlar (Kemer, 2003: 39). Bu teşvikler, (a) Pirime Dayalı, (b) Finansman Kolaylıkları, (c) Vergi Düzenlemeleri, (d) Araştırma Destekleri ve (e) Gümrük Tarife ve Tarife Dışı Düzenlemeler şeklinde kurgulanabilir.

Türkiye'de planlı döneme geçişten itibaren ve özellikle 1980 sonrasında ihracatı teşvik etmek amacıyla, ihracatta nakit ödemeler ve ihracatçıların ihracat faaliyetlerine yönelik harcamalarının kamu tarafından karşılanması gibi farklı uygulamalar getirilmiştir. Ancak Uruguay Round Nihai Senedi kapsamında imzalanan ve Türkiye'nin de taraf olduğu Dünya Ticaret Örgütü'nün "Sübvansiyonlar ve Telafi Edici Ödemeler" anlaşmasına göre ihracata yönelik verilen sübvansiyonlar yasaklanmış ve Türkiye ile Avrupa Birliği arasında 6 Mart 1995 tarihinde imzalanan Gümrük Birliği anlaşmasında yer alan maddeler nedeniyle nakit olarak yapılan, ihracat performansına yönelik yardımlar 1994 yılı sonunda kaldırılmış; ancak 7. ve 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, ihracatın arttırılmasında sürekliliğin sağlanması için, uluslararası yükümlülüklerle ters düşmeyecek şekilde, araştırma-geliştirme, çevre koruma, tanıtım faaliyetleri, Türk markalarının uluslararası pazarda tanınması gibi faaliyetlerin teşvikine önem verileceği ifade edilmiştir (Kutlu ve Hacıköylü, 2007: 382).

İhracata yönelik teşvikler, ülkemizde devlet yardımlarının önemli bir kısmını oluşturur. Avrupa Birliği ve GATT normları göz önünde bulundurularak oluşturulan ihracata yönelik devlet yardımlarının temel amacı, ihracatçı işletmelerin ihracatla ilgili faaliyetlerini; üretim, pazarlama ve tanıtım aşamalarında destekleyerek, işletmelerin uluslararası pazarlara girerken karşılaştıkları zorlukların azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yardımcı olmak ve rekabet gücü kazanmalarına olanak sağlamaktır. İhracata yönelik devlet yardımları, “bir faaliyetin yapılması” şartıyla ve batılı ülkelerdeki uygulamalar doğrultusunda sağlanır (Ersan, 2012: 11). Ülkemizde, Ekonomi Bakanlığı tarafından, 1995 yılından beri AB ve GATT normlarına uygun olarak hazırlanan ve Para ve Kredi Koordinasyon Kurulu Kararları ile yürürlüğe giren çeşitli ihracat destek programı bulunmaktadır. Bu teşvik ve destek programları kısaca Tablo 1’de özetlenmektedir.

Tablo 1: İhracata Yönelik Devlet Teşvik ve Destek Programları

Pazar Araştırması ve Pazara Giriş Desteği	Yurt Dışı Pazar Araştırması Desteği E-Ticaret Sitelerine Üyelik Desteği Sektörel Ticaret ve Alım Heyeti Desteği Rapor ve Yurt Dışı Şirket Alım Desteği İleri Teknolojiye Sahip Yurt Dışı Şirket Alım Desteği (Danışmanlık\Kredi Faiz Desteği)
Pazara Giriş Belgelerinin Desteklenmesi	Pazara Giriş Belgeleri Desteği Küresel Tedarik Zinciri (KTZ) Yetkinlik Projeleri Desteği
Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesinin Desteklenmesi	İhtiyaç Analizi Eğitim, Danışmanlık, Tanıtım Yurt Dışı Pazarlama Alım Heyeti İstihdam Bireysel Danışmanlık
İhracatçıya Alıcı Kredisi ve Sigorta Tazmin Desteği	Eximbank’ın Uyguladığı Faiz Oranı İle CIRR Arasındaki Farkın Desteklenmesi İhracat Kredi Sigortası Tazmin Desteği Proje Bazlı İhracat Sigorta Desteği
Sektörel Nitelikli Uluslararası Fuarların Desteklenmesi	Yurtiçi Fuarlara İlişkin Tanıtım Faaliyeti Desteği Yurtiçi Fuar Katılımcılarının Desteklenmesi
Yurt Dışında Gerçekleştirilen Fuar Katılımlarının Desteklenmesi	Yurt Dışı Fuar Organizasyonlarında Katılımcıların Desteklenmesi Yurt Dışı Fuarlara İlişkin Organizatör Tanıtım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Sektörel Nitelikli Uluslararası Fuarlara Bireysel Katılımların Desteklenmesi Hedef Ülke ve Prestijli Fuar Bazında İlave Fuar Desteği
Tasarım Desteği	Tasarımcı Şirketlerin Desteklenmesi Tasarım Ofislerinin Desteklenmesi İşbirliği Kuruluşlarının Desteklenmesi Tasarım ve Ürün Geliştirme Projelerinin Desteklenmesi
Yurt Dışı Birim, Marka ve Tanıtım Faaliyetlerinin Desteklenmesi	Birim Kira Giderlerinin Desteklenmesi Tanıtım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Yurt Dışı Marka Tescil Faaliyetlerinin Desteklenmesi Türkiye Ticaret Merkezlerinin Desteklenmesi
Türk Ürünlerinin Yurt Dışında Markalaşması, Türk Malı İmajının Yerleştirilmesi ve Turquality’nin Desteklenmesi	İhracatçı Birlikleri, Üretici Dernekleri\Birliklerinin Desteklenmesi Marka Destek Programı Kapsamına Alınan Şirketlerin Desteklenmesi Turquality Destek Programı Kapsamına Alınan Şirketlerin Desteklenmesi Turquality Programının Desteklenmesi
Tarımsal Ürünlerde İhracat İadesi Yardımları	
Eximbank Kredileri	

İşletmelerin her ne kadar yararlanabileceği destek ve teşvik programları olsa da firmalar, ihracat faaliyetleri öncesinde ve ihracat süresince gerek iç kaynaklı gerekse dış kaynaklı birçok sorun ve zorlukla mücadele etmek zorundadırlar. Ay ve Talaşlı (2007:179), bu sorunlar ulusal düzeydeki sorunlar ve işletme düzeyindeki sorunlar olarak ikiye ayırmaktar ve bu sorunlarla karşılaşan firmalar, uluslararası pazarlarda kendi ürünlerini pazarlamada güçlük çektiğini belirtmektedir.

İhracatta karşılaşılan finansal yetersizlik, ihracat faaliyeti konusunda bilgi eksikliği, hedef pazara yönelik bilgi eksikliği, hedef pazarda güvenilir iş bağlantılarının olmaması, uluslararası pazarlarda yer almak veya büyümek için zaman kısıtı, hedef pazardaki müşteri davranışlarının belirsizliği, nitelikli insan kaynakları eksikliği, yetersiz devlet desteği gibi sorunların ihracat performansını ve uluslararasılaşmayı olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın birinci hipotezi,

H₁: İhracatta yönelik zorluk algısı(a) ihracat performansını ve (b) uluslararasılaşma derecesini negatif etkiler.

İhracata yönelik destekler, daha öncede değinildiği gibi, firmaları ihracat yapmaya teşvik etmesi, dünya ihraç pazarlarından daha fazla pay elde edilmesi, firmaların yeni pazarlarda rekabet güçlerini arttırması bakımından oldukça önemlidir. İhracata yönelik destekler sayesinde, bir ürünün üretimini arttırmak, ihracatı gerçekleştirmek ve ürünün dış pazarlarda satılabilmesi amaçlanmaktadır. İhracata yönelik destekler ile ihracat performansı arasındaki pozitif ilişki olduğuna yönelik alan yazında Wilkinson vd., 2005, Martincus ve Carballo, 2010, ve Jalali, 2012 tarafından yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Quaye ve arkadaşları (2017:466), ihracatçıların ihracat performansını arttırmak ve uluslararası pazarlarda başarılı olmaları için belirli ihracat promosyon programlarını kullanmaları gerektiğini belirterek; ticaret fuarları, yabancı ofisler ve mali teşvikler gibi ihracat promosyon programlarının ihracat performansını arttırdığını bulgulamışlardır. Ghimire (2013:61), ticaret için yardım kullanan ülkelerin makro ihracat performanslarının pozitif ayrıştığını belirtmektedir. Dolayısıyla;

H₂: İhracat teşvik ve destek programlarından yararlanma düzeyi (a) ihracat performansını ve (b) uluslararasılaşma derecesini pozitif etkiler.

2.4. Network, Bağ ve Bağlantı

Literatürde ağ terimi, bireyler ve kuruluşlar arasında olabilecek bağlantıları ifade etmek için kullanılır (Kontinen ve Ojala, 2011: 441). Ekonomik serbestleşmelerin ve piyasa sistemlerine geçişin bir sonucu olarak gelişmekte olan ekonomilerin, ekonomik, sosyal ve yasal kurumlarında meydana gelen hızlı değişiklikler pazarlamacılar için ciddi zorluklar yaratmaktadır. Böyle çalkantılı durumlarda kişisel bağ, network ve bağlantılar; firmaların kaynak temin etmesini ve belirsiz durumlarla başa çıkmasını sağlayacak önemli bir stratejik seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Firmaların ve firma yöneticilerinin sahip olduğu bağ ve bağlantılar, firmaların karşılaştığı zayıf kurumsal altyapının sınırlarını, özellikle belirsiz zamanlarda bazı sorunları aşmasına yardımcı olurlar (Sheng vd., 2011: 1). Farklı pazarlardaki firmalar arasındaki bağlar, dış pazara girişi kolaylaştıran köprüler olarak da nitelendirilebilmektedir. Bir firma, var olan bir ağdaki konumunu geliştirerek veya yeni bağlar kurarak sınırlı kaynaklarını telafi edebilir. Ağlarda ortak çıkarlar, firmaları birbiriyle ağ bağlantıları geliştirmeleri ve sürdürmeleri için harekete geçirir; çünkü bu tür bağlar, karşılıklı çeşitli yararlar sağlamaktadır. Uluslararası pazarlarda bir firma; müşteriler, distribütörler, tedarikçiler, rakipler, kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ve kamu yönetimindeki organlar gibi farklı aktörlerle bağları olabilir (Kontinen ve Ojala, 2011: 441). Firmalar ve kişiler arasındaki bağlar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Kişisel bağ, bir girişimcinin kendisinin doğrudan sahip olduğu veya girişimcinin düzenli olarak toplandığı ve hizmetler, tavsiyeler ve ahlakî destek aldığı ortaklarını, tedarikçilerini, müşterilerini, bankacılarını, distribütörlerini ve aile üyelerini içerebilir. Girişimciler, kişisel ağlarını geliştirerek, sürdürerek ve genişleterek, aksi halde erişemediği kaynaklara erişirler (Faroque vd., 2017: 3). İş bağlantıları, bir firmanın alıcılar, tedarikçiler, müşteriler ve diğer ticari kuruluşlar da dahil olmak üzere iş dünyasındaki gayri resmi bağlantılarını ifade eder (Peng ve Lou, 2000: 486). İş bağlantıları bir firmanın uluslararası faaliyetlerini kolaylaştırmak için oldukça önemlidir, çünkü küçük ölçekli firmaların uluslararasılaşma süreçleri genellikle geliştirdikleri iş bağları tarafından yönlendirilir (Faroque vd., 2017: 3). Girişimcilerin bir endüstrideki müşteriler, tedarikçiler ve rakiplerle olan ilişkileri geliştikçe iş başarısı da gelişir. Kanal üyeleri arasında artan kaynak ve pazar bilgi paylaşımı, lojistik faaliyetlerin koordinasyonunun geliştirilmesi, müşteri kazanımı artırılıp dağıtım maliyetlerinin azaltılması ve iş ortaklarının daha düşük fırsatçı davranışı iş bağlantılarının gelişmesinin avantajlarıdır (Boso vd., 2013: 713). Politik bağlar, yöneticilerin hükümet yetkilileri ile kişiler arası ilişkiler geliştirdikleri düzeydir (Guo vd., 2014: 117). Yani, bir firmanın, merkezi ve yerel yönetimler de dahil olmak üzere, yönetimin çeşitli kademelerindeki hükümet görevlileriyle ve vergi veya borsa idari büroları gibi düzenleyici ve destekleyici kurumlardaki görevlilerle olan gayri resmi sosyal bağlantılarıdır. Gelişen ekonomilerdeki kamu otoriteleri, sanayi kalkınma planları hazırlayarak ve düzenleyici politikalar belirleyerek ekonomik faaliyetleri yönlendirirler. Politik bağlar firmalara, politika ve sanayi bilgilerine erişim konusunda kolaylıklar sağlar (Sheng vd., 2011: 1). Ayrıca bir firmanın üniversiteler, araştırma enstitüleri ve bilimsel ve teknolojik kuruluşlarla işbirliği yapmalarını kolaylaştıracak bir bilgi kaynağı sağlar (Kotabe vd., 2011: 167). Sosyal bağlantıları güçlü olan firmalar, sadece daha doğru yerel pazar bilgilerinden faydalanmakla kalmaz, aynı zamanda daha önceki uyarıları ve yaklaşmakta olan devlet düzenlemelerini, parasal ve parasal olmayan teşvik girişimleri ve hükümet politikalarındaki değişikliklerden kaynaklanabilecek fırsatlardan daha önceden haberdar olurlar. Bu türden bir bilginin avantajı, girişimci firmanın pazarlama stratejisinin değişimi, yeni ürün tasarımı vb. değişiklikleri ön planda tutmasını ve şirketin bu pazarlarda başarısızlık olasılığını azaltmasını sağlar (Boso vd., 2013: 713). Kişisel bağ, network ve bağlantılar vasıtasıyla bilgi edinme fırsatlarını araştıran ve bunlardan yararlanan girişimci firmalar, uluslararası pazarlarda önemli ölçüde büyürler.

Ortaklarından aktif olarak bilgi edinen ve bu bilgileri kendi kuruluşlarında uygulayıp yaygınlaştıran firmalar, başarılı iş ilişkileri kurma konusunda daha yeteneklidir (Felzensztein vd., 2015: 147).

Farklı pazarlardaki firmalar arasındaki bağlar, dış pazara girişi kolaylaştıran köprüler olarak nitelendirilebilmektedir. Bir firma, var olan bir ağdaki konumunu geliştirerek veya yeni bağlar kurarak sınırlı kaynaklarını telafi edebilir (Kontinen ve Ojala, 2011: 441). Kişisel bağ, network ve bağlantı oluşturma ve kullanma, bir firmanın uluslararası faaliyetlerinin kolaylaşması ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilmeleri için en önemli başarı faktörlerindedir; çünkü küçük ve orta ölçekli firmaların uluslararasılaşma süreçleri genellikle geliştirdikleri iş bağlantıları tarafından yürütülür. Bu nedenle bir girişimcinin kişisel ve firmalar arası bağları uluslararasılaşma sürecini ve ihracat performansını olumlu etkiler (Faroque vd., 2017: 11). Dolayısıyla bu çalışmada da firmaların ve yöneticilerin kişisel bağ, network ve bağlantılarının ihracat performansı ve uluslararasılaşma düzeyini olumlu etkilediği düşünülmektedir.

H₃: Network, bağ ve bağlantı düzeyi (a) ihracat performansını ve (b) uluslararasılaşma derecesini pozitif etkiler.

3. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan araştırma değişkenlerini ölçümlemek için geniş bir alanyazın taraması yapılarak, ölçeklerin ölçtükları kavramların hem teorik hem de operasyonel tanımlarına uygun ifadeler içermesine, geçerlilik ve güvenilirliklerinin daha önceki çalışmalarda test edilmiş olmasına özen gösterildi. Firmaları ihracat yapmaya yönelten ihracat için ana motivasyon kaynağı ile ihracatta karşılaşılan başlıca zorlukların tespitinde Durmuşoğlu vd. (2011) tarafından geliştirilen ifadelerden yararlanıldı ve “1-Hiç, 2-Biraz, 3-Orta, 4-Çok Kez, 5-Her Zaman” şeklinde derecelendirildi. İhracat teşvik ve desteklerden yararlanma düzeyini belirlemek amacıyla yazarlar tarafından, yanıtlayıcılardan, Ekonomi Bakanlığı tarafından sağlanan 10 adet ihracat destek programı ve Eximbank kredilerinin firmalar tarafından son 3 yıl içinde kullanım sıklıklarının “1-Hiç, 2-Biraz, 3-Orta, 4-Çok Kez, 5-Her Zaman” belirtmeleri istendi. Firma sahipleri ve/veya üst düzey yöneticilerin network, bağ ve bağlantı düzeylerini ölçmek için Sheng ve arkadaşlarının (2011) araştırmasından yararlanılmış ve 5 madde ile ölçüldü. Derecelendirmede kullanılan ifadeler “1-Çok Zayıf, 2-Zayıf, 3-Orta, 4-Güçlü, 5-Çok Güçlü” şeklindedir. İhracat performansları Navarro ve arkadaşlarının (2010) çalışmasından adapte edilmiş ve firmaların son 3 yıl içinde ihracat performanslarını dikkate alarak “1-Çok Azaldı, 2-Azaldı, 3-Değişim Yok, 4-Arttı, 5-Çok Arttı” şeklinde değerlendirmeleri istendi. Son olarak, firmaların uluslararasılaşma faaliyetleri, Sullivan (1994) geliştirdiği ölçüm modeli esas alınarak değerlendirildi.

Çalışma, Türkiye’de faaliyet gösteren tüm KOBİ niteliğindeki firmaları evren tanımlaması içine almaktadır. Ancak gerek hedef evrenin sayı ve coğrafi dağılımı gerekse araştırmanın zaman, maliyet ve insan kaynakları açısından mevcut kısıtları nedeniyle çalışmanın ulaşılabilir evreni olarak Gaziantep ilinde faaliyet gösteren KOBİ niteliğine uygun firmalar şeklinde belirlenmiştir. Araştırmada, örnekleme yöntemi olarak belirli bir olasılık hesabına dayanmayan kolayda örnekleme yöntemini kullanılmıştır. Veri toplama yöntemi olarak anket yöntemine başvurulmuş, anketler cevaplayıcılara yüzyüze ya da bu imkanı tanımayan işletmeler için bırakılacak yöntemle doldurtulmuştur. Toplam 74 firmaya ulaşılmış ancak firmaların bir kısmının KOBİ tanımlaması dışında olmaları ve/veya tanımlama yapmayı sağlayan soru/ifadelere yanıt vermemeleri ayrıca özensiz doldurulan formlar sebebiyle nihai olarak 48 adet anket analiz yapmaya uygun bulunmuştur.

Araştırmada ilk olarak ankete katılan bireylerin demografik özelliklerine ilişkin minimum maksimum değerleri, frekans dağılımları ve ortalamalarına ilişkin değerler incelenmiştir. İkinci olarak çalışmada incelenen değişkenlere ilişkin ortalamalar, standart sapma değerleri ile bu değişkenlere ilişkin güvenilirlik analizlerine yer verilmiştir. Araştırma değişkenlerinin içsel tutarlılığının ölçmek amacıyla Cronbach α değerleri hesaplanmıştır. Araştırmada iki değişken arasındaki ilişkinin şiddetini görmek amacıyla korelasyon analizlerinden yararlanılmış ve araştırma değişkenlerinin ihracat performansı ve uluslararasılaşma derecesi üzerine etkilerini belirleyebilmek için çoklu regresyon analizi yapılmıştır.

4. ANALİZ ve BULGULAR

Araştırmaya katılan işletmelerin faaliyet süreleri incelendiğinde 1 ile 64 yıl arasında dağıldıkları ve firma yaşı ortalamasının 17,61 olduğu görülmektedir. Yanıtlayıcıların yaşları 24 ile 79 arasında değişmekte, %29,8 kadınlardan geri kalan %70,2 erkelerden oluşmaktadır. %38,3 işletme sahibi ve genel müdür, %46,8 bölüm yöneticisi kalanlar ise diğer pozisyonda çalışmaktadır.

Araştırmaya katılan firmaların ihracat için ana motivasyonlarını tespit etmeye yönelik olarak 8 ifade sorulmuş, firmaların özellikle büyüyen dış pazarlara katılmak, ihracatı şirketin bir büyüme stratejisi olarak görmek ve dış pazardaki müşteri fırsatlarını görmek yargıları ortalamasının üzerinde bir değerlendirme ile ilk üç motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Araştırma değişkenleri arasında ikili ilişkileri tespit etmek amacıyla yapılan korelasyon analizinde ihracat performansı (IP) ile uluslararasılaşma derecesi (UA) ve politik olmayan paydaşlara yönelik network, bağ ve bağlantı (APN) ile

pozitif ve ihracatta karşılaşılan zorluklar (IKZ) ile negatif anlamlı korelasyon katsayıları bulunurken UA ile sadece IKZ değişkeni arasında negatif ve anlamlı korelasyon katsayısı hesaplandı (bknz. Tablo 2).

Tablo 2: Korelasyon Tablosu

	IP	UA	IKZ	ID	APN	PYN
IP	1					
UA	,402*	1				
IKZ	-,451*	-,357*	1			
ID	,120	,008	-,116	1		
APN	,348*	,318	-,355*	,075	1	
PYN	-,075	,214	-,183	,117	,478**	1

IP: İhracat Performansı, UA: Uluslararasılaşma Derecesi; IKZ: İhracatta Karşılaşılan Zorluklar; ID: İhracat Desteklerinden Yararlanma Düzeyi; APN: Politik Olmayan Network, Bağ ve Bağlantı; PYN: Politik-Yerel Network, Bağ ve Bağlantı.

*: p<0,05; **: p<0,01

Araştırma hipotezlerini test etmek amacıyla çoklu regresyon analizleri yapıldı. Birinci regresyon modelinde IP bağımlı değişken IKZ, ID, APN ve PYN bağımsız değişkenler olarak modele girildi. Sonuçlar modelin istatistiksel olarak anlamlı (F=5,175; p<0,01) ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücü olan R² değerinin 0,330 olarak hesaplandığını göstermektedir. IKZ (β =-0,340; p<0,01), APN (β =0,105; p<0,05) ve PYN (β =-0,099; p<0,05) değişkenlerine ilişkin β katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmektedir. Bu sonuçlar, H_{1a} ve H_{3a} hipotezlerinin desteklendiğini göstermektedir.

İkinci regresyon modelinde UA bağımlı değişken olarak modele girildi. Analiz sonuçları modeli ve bağımlı değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. H_{1b}, H_{2b} ve H_{3b} hipotezleri desteklenmemiştir.

Tablo 3: Regresyon Analizi-

	Bağımlı Değişken IP				Bağımlı Değişken UA			
	β	β (Std)	R ²	F	β	β (Std)	R ²	F
Sabit	3,973		,330	5,175*	45,195		,167	1,559
IKZ	-,340	-,371**			-6,163	-,276		
ID	,088	,087			-,345	-,011		
APN	,105	,367*			1,134	,157		
PYN	-,099	-,328*			,675	,088		

IP: İhracat Performansı, UA: Uluslararasılaşma Derecesi; IKZ: İhracatta Karşılaşılan Zorluklar; ID: İhracat Desteklerinden Yararlanma Düzeyi; APN: Politik Olmayan Network, Bağ ve Bağlantı; PYN: Politik-Yerel Network, Bağ ve Bağlantı.

*: p<0,05; **: p<0,01

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma, işletmelerin, ihracat için ana motivasyon kaynaklarını tespit ederek, ihracatta karşılaştıkları başlıca zorlukları, firmaların kişisel bağ, network ve bağlantı düzeyinin ve ihracat destek ve teşviklerinden yararlanma düzeylerinin ihracat performansı ve uluslararasılaşma derecesi üzerine etkilerini incelemektedir. Bu kapsam içerisinde çalışma öncelikle firmaların ihracat motivasyon kaynakları olarak tespit ettiği ve ilk üç sırayı paylaşan motivasyon kaynaklarının daha çok firma içi stratejilerin bir sonucu olduğu görülmektedir. Firmalar için iç pazarda yaşanan sorunlar, rekabet ve/veya kamu otoritesinin sağladığı fırsat ve desteklerden yararlanmaktan ziyade kendi girişimci stratejilerinin bir sonucu olarak dış pazarlara açılmayı tercih ettikleri gözlemlenmektedir. Bu sonucun bir yansıması ihracat desteklerinden yararlanma düzeyi ile ihracat performansı ve uluslararasılaşma derecesi arasında anlamlı bir ilişkinin bulunmaması ile de gözlemlenmektedir.

İhracatta karşılaşılan zorluk algısı beklenildiği gibi ihracat performansı üzerinde negatif bir etki yaratmaktadır. Özellikle hedef pazara ilişkin zorluklar ve belirsizlikler ihracat performansı üzerinde olumsuz etki yaratılmaktadır. Bu tip zorlukların üstesinden gelmek, tek başlarına KOBİ niteliğindeki firmaların üstlenebileceği bir iş değildir. Dolayısıyla ihracata yönelik desteklerin, zorluk algılarını yıkmak üzere kurgulanması karar alıcıların dikkate alınması gereken bir çıkarım olmalıdır.

Network, bağlantı ve bağ düzeylerinin, beklenildiği ya da ilk aklı geldiği gibi, ihracat desteklerinden yararlanma düzeyi üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu değişkenin politik olmayan bağlantı düzeyi yani tedarikçilerle, alıcılarla, bu bağları geliştirmeye ayırdığı kaynak miktarı, ihracat performansına pozitif etki de bulunurken politik ve yerel bağlantı düzeyinin yani hükümet, düzenleyici ve destekleyici kuruluşlar ile yerel

yönetimlerle bağlantısının ihracat performansına negatif etki de bulunması oldukça ilginç bir sonuç açığa çıkarmıştır. Tedarik zincirinin mevcut ve olası tüm üyeleri ve fiili ve potansiyel müşteriler ile güçlü bağlar yaratılması ve yeterli finansal ve ilişkisel kaynak ayrılması sayesinde geliştirilen doğru işletme stratejileri, bu pozitif ilişkiyi açıklamaktadır. Ancak benzer durum politik ve yerel bağların geliştirilmesi noktasında tam tersi çalışmaktadır. Bu durum, çalışma örnekleminin sınırlılığı nedeniyle genelleştirilebilir bir bulguyu ortaya koymamaktadır. Dolayısıyla, gelecek araştırmalarda özellikle dikkate alınması ve şiddetle daha büyük örneklerle araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Altınbaşak, İ., Akyol, A., Alkibay, S., Arslan, F.M., Burnaz, Ş., Cengiz, E., Çağatay, Ü., (2008), Küresel pazarlama yönetimi. Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ, İstanbul.
- [2] Ay, H. M., Talaşlı, E., (2007), “Türkiye’de Kobi’lerin İhracattaki Yeri Ve Karşılaştıkları Sorunlar”, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2007(3), 173.
- [3] Beleska-Spasova, E., (2014), “Determinants and measures of export performance: Comprehensive literature review”, Journal of Contemporary Economic and Business Issues, 1(1), 63-74.
- [4] Boso, N., Story, V.M., Cadogan, J.W., (2013), “Entrepreneurial orientation, market orientation, network ties, and performance: Study of entrepreneurial firms in a developing economy” Journal of Business Venturing, 28(6), 708-727.
- [5] Cadogan, J.W., Cui C.C. Li K.Y., (2003), “Export Market-Oriented Behaviour and Export Performance: The Moderating Roles of Competitive Intensity and Technological Turbulence”, International Marketing Review, 20(5), 493-513.
- [6] Calderón, H., Fayós, T. Cervera, A., (2005), “A Model For Valuation of Government Promotion Policies: An Empirical Analysis in the Spanish Context From a Market Oriented Perspective”, International Review on Public and Non Profit Marketing, 2(2), 34-49.
- [7] Cavusgil, S.T. Zou, S. (1994), “Marketing Strategy Performance Relationships: An Investigation of the Empirical Link in Export Market Ventures”, Journal of Marketing, 58,1-21.
- [8] Demir, M., (2004), Dış Ticaret İşlemleri ve Muhasebesi. Detay Yayıncılık, Ankara.
- [9] Durmuşoğlu, S.S., Apfelthaler, G., Nayir, D.Z., Alvarez, R., Mughan, T., (2012), “The effect of government-designed export promotion service use on small and medium-sized enterprise goal achievement: A multidimensional view of export performance” Industrial marketing management, 41(4), 680-691.
- [10] Ecer, H.F., Canitez, M., (2005), Uluslararası Pazarlama: Teori ve Uygulamalar. Gazi Kitabevi, Ankara.
- [11] Ekonomi Bakanlığı, İhracat Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi 06.06.2006, Resmi Gazete Sayı 26190, 1.
- [12] Erkuşlu, H., Eryiğit, S., (2001), “Uluslararasılaşma Süreci”, Gazi Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3, 149-164.
- [13] Ersan, A., (2012), İhracatta Devlet Yardımları Teşvik\Destek Rehberi Serisi 4. İstanbul Ticaret Odası, Yayın No:2011-20.
- [14] Faroque, A.R., Morrish,S.C., Ferdous, A.S., (2017), “Networking, Business Process Innovativeness, and Export Performance: The Case of South Asian Low-Tech Industry”, Journal of Business and Industrial Marketing, 32(6), 1-41.
- [15] Felzensztein, C., Ciravegna, L., Robson, P., Amorós J.E., (2015), “Networks, Entrepreneurial Orientation, and Internationalization Scope: Evidence from Chile an Small and Medium Enterprises”, Journal of Small Business Management, 53(1), 145–160.
- [16] Freixanet, J., (2012), “Export Promotion Programs: Their Impact on Companies’ Internationalization Performance and Competitiveness”, International Business Review, 21(6), 1065-1086.
- [17] Gençtürk, E.F., Kotabe, M., (2001), “The Effect of Export Assistance Program Usage on Export Performance: A Contingency Explanation”, Journal of International Marketing, 9(2), 51-72.
- [18] Ghimire, S.P., (2013), “Foreign Aid Effectiveness: Three Essays on Aid for Trade and Export Performance of Developing Countries”, Western Michigan University Scholarworks, 204, 1-86.
- [19] Guo, H., Xu, H., Jacobs, M., (2014), “Managerial Political Ties and Firm Performance During Institutional Transitions: An Analysis of Mediating Mechanisms”, Journal of Business Research, 67(2):116–127.

- [20] Jalali, S.H., (2012), "The Effect of Export Promotion Programmes on Export Performance: Evidence from Iranian Food Manufacturers", *International Journal of Business and Globalisation*, 9(2), 122-133.
- [21] Kemer, O.B., (2003), *Bir Dış Ticaret Politikası Aracı İhracat Teşvikleri Teori-Uygulama*. 1. Baskı, İstanbul: Alfa Yayınları.
- [22] Kontinen, T., Ojala, A., (2011), "Network Ties in the International Opportunity Recognition of Family SMEs", *International Business Review*, 20, 440-453.
- [23] Kotabe, M., Jiang, C.X., Murray J.Y., (2011), "Managerial Ties, Knowledge Acquisition, Realized Absorptive Capacity and New Product Market Performance of Emerging Multinational Companies: A Case of China", *Journal of World Business*, 46(2), 166-176.
- [24] Kutlu,E., Hacıköylü,C., (2007), "Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Devlet Yardımları", *Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 367-390.
- [25] Martincus, C.V., Carballo, J., (2010), "Beyond the Average Effects: The Distributional Impacts of Export Promotion Programs in Developing Countries", *Journal of Development Economics*, Vol. 92 No. 2, pp. 201-214.
- [26] Mutlu, H.M., Sürer, A., (2012), "Pazar, E-Pazarlama, Girişimcilik ve Teknoloji Yönelimlerinin İhracat Performansı Üzerine Etkileri", *Journal of Internet Applications and Management / İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi*, 3(2), 27-52.
- [27] Peng, M.W., Luo, Y., (2000), "Managerial Ties and Firm Performance in a Transition Economy: The Nature of a Micro-Macro Link", *Academy of Management Journal*, 43(3), 486-501.
- [28] Quaye, D.M., Sekyere, K.N., Acheampong, G., (2017), "Export promotion programmes and export performance: A study of selected SMEs in the manufacturing sector of Ghana", *Review of International Business and Strategy*, 27(4), 466-483.
- [29] Sheng, S., Zhou, K.Z., Li, J.J., (2011), "The Effects of Business and Political Ties on Firm Performance Evidence From China", *Journal of Marketing*, 75(1), 1-15.
- [30] Sullivan, D., (1994), "Measuring the degree of internationalization of a firm", *Journal of international business studies*, 25(2), 325-342.
- [31] Ulaş, D., (2009), *Küreselleşme Sürecinde Dışa Açılma Stratejileri*. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- [32] Welch, L.S., Luostarinen R.K., (1988), "Internationalization: Evolution of a Concept", *Journal of General Management*, 14(2), 34-55.
- [33] Wilkinson, T.J., Keillor, B.D., d'Amico, M., (2005), "The Relationship Between Export Promotion Spending and State Exports in the US", *Journal of Global Marketing*, Vol. 18 No: 3/4, 95-114.

EKONOMİK AKTİVİTELER VE DEMİRYOLU TAŞIMACILIĞININ İLİŞKİSİ

Abdullah Açık¹, Sadık Özlen Başer²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi, İzmir, abdullah.acik@deu.edu.tr

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi, İzmir, ozlen.baser@deu.edu.tr

ÖZET

Demiryolu taşımacılığı hem birim başına taşıma maliyetindeki avantajıyla, hem de karayolu taşımacılığına göre daha çevreci yapısıyla önemli bir konumda yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin ekonomik aktiviteleriyle demiryolunda taşınan yük miktarı arasındaki ilişkiyi belirleyip, ülkemizin 2023 vizyonundaki hedeflerine ulaşma sürecindeki olası talep artış miktarını tespit ederek gerekli yatırım miktarlarının belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca taşıma sürecinde demiryollarına ağırlık verilmesi çevreye olan zararları azaltarak yeşil tedarik zinciri hedeflerine de önemli katkıda bulunacaktır. Bu çalışmada 1977-2016 yılları arasındaki Türkiye'nin ticaret hacmi ve demiryollarında taşınan yük miktarı ekonometrik tekniklerle analiz edilmiştir. Araştırmanın sonucunda değişkenler arasında anlamlı pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ticaret hacmindeki %1'lik artış, demiryolu taşımacılığındaki yüklerde yaklaşık %0,35'lik bir artışa neden olmaktadır. Ekonometrik analizlere ek olarak hiyerarşik kümeleme analiziyle Avrupa Birliği'nden Türkiye'yle benzer yapıdaki ülkeler belirlenmeye çalışılmış ve aynı kümede yer alan ülkelerle veri zarflama analizi kullanılarak etkinlik kıyaslaması yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda, ülkemizin 2023 yılında hedeflediği 1,17 trilyon dolarlık ticaret hacmine etkin bir şekilde hizmet edebilmesi için kısa dönemde etkinliği artırıcı yatırımlara, uzun dönemde ise ciddi altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu taşımacılığı, ticaret hacmi, etkinlik, yatırım

THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC ACTIVITIES AND RAIL FREIGHT TRANSPORT

ABSTRACT

Rail freight transport is in an important position with its advantage in transportation cost per unit, as well as its environmental friendliness compared to road transportation. The aim of this study is to determine the relationship between the amount of cargo carried by the railway and economic activities of Turkey, and to contribute to Turkey's determination of the required investment amount by detecting the amount of increase in potential demand of railway transport in our country's progress in achieving the objectives of the 2023 vision. In addition, the emphasis on railways in the transport process will make a significant contribution to the green supply chain objectives by reducing losses to the environment. In this study, the amount of cargo transported by railways and Turkey's trade volume were analyzed by econometric techniques covering the years 1977-2016. As a result of the research, a significant positive relationship was found between the variables. A 1% increase in trade volume leads to an increase of about 0.35% in freight loads on rail transport. In addition to econometric analysis, the European Union countries that have similar nature with Turkey were tried to be determined by hierarchical clustering analysis, and then a data envelopment analysis was implemented. As a result of these analyzes, it was determined that in order to effectively serve the 1.17 trillion dollar trade volume targeted by our country in 2023, it needed short-term efficiency-enhancing investments and long-term serious infrastructure investments.

Keywords: Rail freight transport, trade volume, efficiency, investment

1. GİRİŞ

Ulaştırma karayolu, demir yolu, denizyolu, havayolu, boru hatları, iç su yolu ve bilgi iletişimi olmak üzere 7 alt sistem altında toplanmaktadır. Ancak mevcut ulaştırma ihtiyaçları ağırlıklı olarak kara, deniz ve hava gibi üç ortamda gerçekleştirilmektedir.

Ulaştırma talebinin bu üç ortama yönelmesinde, bu ortamların sağladığı ekonomik üstünlükler fark oluşturmaktadır (Altınok, 2011). Bu ekonomik üstünlükler ağırlıklı olarak maliyet ve zaman temeline değerlendirilmektedir.

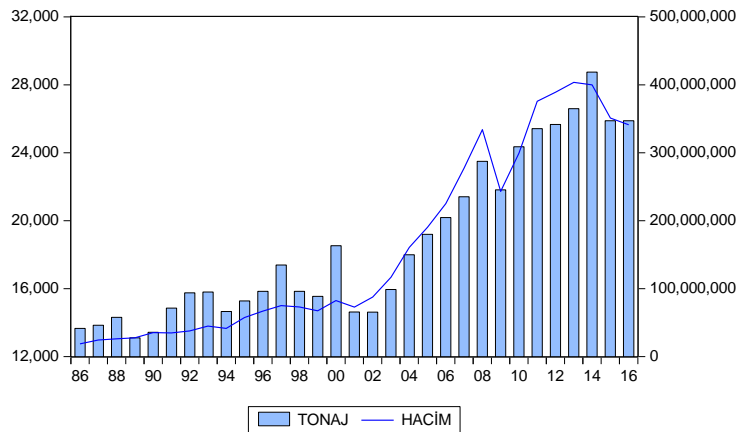
Ancak günümüzde farklı taşıma sistemlerinin birbirlerine olan üstünlükleri azalmaya başlamıştır. Çünkü tedarik zinciri anlamında taşıma ağları büyümüş ve sistemler arası rekabet arttığı için alternatif taşıma sistemleri de ekonomik seçenekler haline almışlardır. Ayrıca teknolojik gelişmeler de çoğu sistemde taşıma maliyetlerini ve teslimat sürelerini düşürerek birbirlerine ikame sistem olmalarını sağlamıştır. Bu gelişmelerle beraber küreselleşen dünyada taşıma sistemlerinin tek başlarına önemleri azalmış ve birbirlerini tamamlayıcı özellikleri giderek artmaya başlamıştır. Tedarik zincirinde tüm sistemler birbirlerine muhtaç hale gelmeye başlamışlardır. Bu noktada kombine taşımacılık sistemleri daha da önem kazanmaya başlamıştır (Kaynak, 2002). Kara taşıma sistemlerinde kombine taşımacılığın en önemli destekleyicisi ise çevreci, ekonomik ve güvenli yapısıyla demiryolu taşımacılığıdır.

Son yıllarda demiryolu taşımacılığı daha da önem kazanmıştır. Bunun başlıca nedenleri, alternatif taşıma sistemi olan karayolu taşımasının doyum noktasına ulaşması ve çevreyle ilgili duyarlılıkların artması olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca birim başına yakıt tüketiminin düşük olması nedeniyle havayı daha az kirletmesi ve yüksek hızlarda seyir edebilmesine karşın kaza riskinin diğer alternatiflere göre düşük olması da bu nedenlere dâhil edilebilmektedir (İnan ve Demir, 2017).

Yük ve yolcu taşımacılığı açısından düşünüldüğünde ise, karayolunun trafik yükünü azaltması, alternatif taşıma sistemlerine göre uzun dönemde fiyatının daha az değişmesi, karayollarında limitlerle sınırlanan yüksek tonajlı yüklere imkân tanınması, vagonların yüke göre düzenlenebilmesi, hava koşullarından etkilenmemesi ve yolcular için konforlu hizmet vermesi demiryolu taşımacılığının avantajlı yönleri olarak sıralanabilmektedir (Murat ve Şahin, 2010).

Türkiye'nin coğrafi olarak stratejik bir konumda yer aldığı sürekli vurgulanmakla beraber ülkenin coğrafi konumundan kaynaklı öneminin ülkenin kalkınmasında karşılık bulması ancak transit ağlar üzerindeki altyapı ihtiyaçlarına cevap verebilmesi ve çoklu taşıma türleri arasındaki güçlü bir bütünleşmeyi sağlayabilmesine bağlıdır (Çekerol ve Nalçakan, 2011). Intermodal taşımacılık da bu bütünleşmenin ürünlerinden biridir. Demiryolu ayağı düşünüldüğünde Türkiye ulusal ve uluslararası taşımacılıkta intermodal demiryolu taşımacılığının oranının artması için gereken potansiyele ve fırsatlara sahiptir (Deveci ve Çavuşoğlu, 2013). Demiryolu taşımacılığı intermodal taşımacılık zincirinin bir düğüm noktası olarak düşünüldüğünden diğer sistemlerle birleşim ve paylaşım imkânlarının artırılması önemlidir (Kasapoğlu ve Cerit, 2011).

Ayrıca Avrupa Birliği'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yeşil lojistik uygulamaları ön plana çıkmakta ve birim başına çevreye daha az zarar veren denizyolu ve demiryolu taşıma sistemleri önem kazanmaktadır (Tuna, 2011). Bu noktada, AB taşıma politikaları kapsamında tasarlanan taşıma koridoru projeleri ülkemizi de kapsamaktadır. Bunun bir gerekliliği olarak da demiryollarının geliştirilmesi ve denizyoluyla entegrasyonun güçlendirilmesi, ülkemizin bu fırsatlardan maksimum faydayı elde edebilmesi için hayati önem taşımaktadır. Ayrıca bu projeler demiryolu sektörünün tekrar canlandırılması ve etkin projeler içine dâhil edilmesi için önemli fırsatlardır (Saatçioğlu ve Kolbaşı, 2012) Ülkemizde demiryolu sektörünün serbestleştirilmesi ve rekabete açılması teknoloji izlemeyi kolaylaştıracağı için gelişmeleri daha da hızlandırabilir (Kabasakal ve Solak, 2009). Ayrıca demiryollarının işletmelere açılması halinde, piyasaya girişte hat yapım maliyetleri yer almayacağı için yatırım maliyetleri de düşük olacaktır ve ikinci el demiryolu araçları varlık maliyetleri de düşeceği için yatırım riskleri düşecektir (Kabasakal ve Solak 2008). Ayrıca işletmelerin çoğalması demiryolu altyapısının etkin olarak işletilebilmesi için de faydalı olacaktır.



Şekil 1: Türkiye'nin Ticaret Hacmi ve Demiryoluyla Taşınan Toplam Tonaj
Kaynak: URL1, URL2, URL3

Demiryolu taşımacılığı ekonomik, çevreci, güvenli ve hızlı olmasının yanında hem transit yüklere hizmet ederek hem de ülke içindeki ekonomik aktiviteleri destekleyerek ülke ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır. Ülke içindeki ihracatçılarımızın ara mal ithalatı ve bitmiş ürün ihracatı faaliyetlerinde önemli bir maliyet kalemi olan taşımacılık masraflarında kayda değer düşüşler sağlayarak ihracatçılarımızın rekabetçi üstünlük kazanmalarına önemli katkıda bulunmaktadır. Ayrıca ticaret hacmi arttıkça demiryoluna olan talep de dolaylı olarak artacaktır. Şekil 1’de ticaret hacmi ve demiryoluyla taşınan yük miktarının grafiği sunulmuştur. Bu grafikten de görüldüğü gibi ticaret hacmi ve taşınan tonaj çoğunlukla beraber hareket etmektedirler ve ticaret hacmindeki düşüş demiryolu sektöründe de doğrudan hissedilmektedir.

Bu noktada bu çalışma, Türkiye’deki ekonomik aktiviteler ile demiryolu taşımacılığı arasındaki ilişkiyi tespit ederek ülkemizin demiryolu altyapısının 2023 vizyonu çerçevesinde hedeflediği 1,17 trilyon dolarlık ticaret hacmi hedefine ne kadar hazır olduğunu belirlemeyi amaçlamaktadır. Ekonometrik ilişkinin yanında altyapının etkin kullanımı da önemli olduğu için çeşitli etkinlik ölçümleriyle de sonuçlar desteklenmektedir ve öneriler sunulmaktadır.

Çalışmanın hedefleri doğrultusunda 2. bölümde çalışmanın yöntemleri tanıtılmaktadır. Çalışmanın modeli 3. bölümde açıklandıktan sonra 4. bölümde analizlerden elde edilen bulgular sunulmaktadır. Daha sonra çalışma 5. bölümdeki tartışma ve sonuç bölümüyle sona ermektedir.

2. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan yöntemler sırasıyla korelasyon analizi, regresyon analizi, hiyerarşik kümeleme analizi ve veri zarflama analizidir. Yöntemler hakkında tanıtıcı kısa bilgiler aşağıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

2.1. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve kuvvetini gösterir. Değişkenlerin kovaryanslarının standart sapmalarına bölünmeleriyle elde edilir. Korelasyon değeri +1 ve -1 aralığında değişmekle birlikte mutlak değer 1’e ne kadar yakın bir değer elde edilirse ilişkinin o kadar kuvvetli olduğu anlaşılmaktadır (Chang, 2014:78). Korelasyonun da en yaygın kullanılan yöntemleri Pearson ve Spearman korelasyonlarıdır. Pearson genel olarak normal dağılımlı verilere uygulanırken Spearman normal dağılım özelliği göstermeyen verilere uygulanmaktadır.

2.2. Regresyon Analizi

Regresyon analizi bir bağımlı değişkenin bir ya da daha fazla sayıdaki bağımsız değişkene olan bağımlılığını ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Bağımlı değişken ekonometrik bir model oluşturularak açıklayıcı değişkenlerle açıklanmaya çalışılır (Gujarati, 2004:18). Bir bağımlı ve bir bağımsız değişkenden oluşan basit bir regresyon denklemi (1)’deki gibi kurulmaktadır. Y_i bağımlı değişkendir, X_i bağımsız değişkendir ve u_i de hata terimidir. β_1 sabit terimi ifade ederken β_2 ise bağımsız değişkenin katsayısını gösterir.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i \quad (1)$$

Bu çalışmada tercih edilmiş olan log-log regresyon modelinde (2) ise bağımlı değişkenin bağımsız değişkene göre esnekliği elde edilir. Bağımsız değişkendeki yüzdesel değişimin bağımlı değişkende meydana getirdiği yüzdesel değişimi ifade eder (Gujarati, 2004:176). Logaritmik verilerin kullanılmasının bir diğer avantajı da serileri sürekli hale getirerek işlenmelerini kolaylaştırmasıdır.

$$\ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_i + u_i \quad (2)$$

2.3. Kümeleme Analizi

Bireyleri ya da olguları farklı gruplara ayıran ve verileri teknik özelliklerine göre gruplandıran çok değişkenli bir analiz tekniğidir. Birbirine benzeyen nesnelere aynı kümede yer toplanır ve böylece her bir küme içindeki homojenlik ve kümeler arasındaki heterojenlik maksimum düzeye çıkar (Karagöz, 2016:899). Kümeleme analizi, sosyal bilimler, eğitim, tıp, biyoloji, psikoloji, sosyoloji, arkeoloji, pazarlama gibi bilim alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kümeleme analizinde değişken sayısı arttıkça veri sayısının da artması gerekecektir. Veri sayısının değişken sayısının yaklaşık 3-4 katı olması analiz için güvenilirliği açısından daha iyi olacaktır.

2.4. Veri Zarflama Analizi

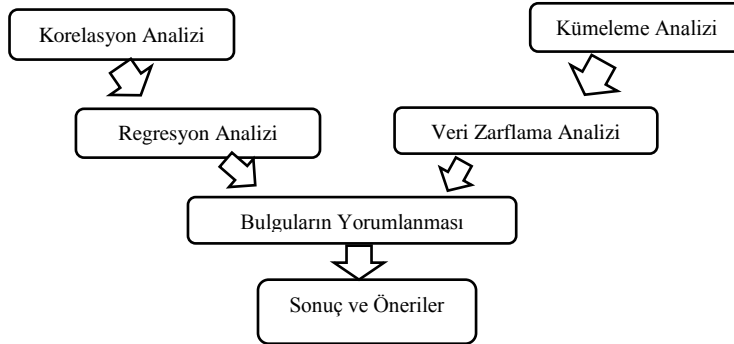
Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilmiş olan veri zarflama analizi, en çok kullanılan doğrusal programlama tabanlı matematiksel etkinlik ölçümü tekniklerindedir. Bu teknikte etkinlik öncülleri oluşturulur ve ilgili etkinliklerin tahmini için karar noktaları kullanılır. Öncüllerin üstünde olan birimlerin etkin, altında konumlanan birimlerin ise etkin olmadığı

kabul edilir. Kullanılan en yaygın yöntemler CCR (ölçeğe göre sabit getiri) ve BCC (ölçeğe göre değişken getiri) modelleridir. Charnes vd. (1978) tarafından matematiksel olarak modellenen ilk veri zarflama analizi modeli CCR'dir. Bu model girdiler ve çıktılar arasındaki ölçeğe göre sabit getiri varsayımının ilişkisini temel alır. Banker vd. (1984) tarafından geliştirilen BCC yöntemi ise CCR modelinin varsayımlarında değişiklik yapılarak elde edilmiş bir modeldir ve temelde ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanır.

Veri zarflama analizi, çalışmanın amacı doğrultusunda girdi odaklı veya çıktı odaklı olarak yapılandırılır. Eğer amaç fazla kaynak kullanan birimlerin tespiti ise odaklanılması gereken girdi odaklı modeldir. Ancak eğer amaç çıktı artırımı ise uygun model çıktı odaklı modeldir (Cook vd., 2014).

3. ARAŞTIRMA MODELİ

Araştırmanın modeli iki farklı kanattan toplanan bilgilerin ortak havuzda yorumlanmasıyla oluşmaktadır. İlk olarak araştırmanın temelini de oluşturan ekonomik aktiviteler ve demiryolu taşımacılığı ilişkisi ekonometrik yöntemlerle analiz edilmektedir. Daha sonra buradan elde edilen bilgilere farklı açıdan elde edilen etkinlik bilgileri de eklenerek ortak bir sonuca ulaşılmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi analiz ilk olarak toplam ticaret hacmiyle demiryoluyla taşınan yük miktarı arasındaki ekonometrik ilişkiyi inceleyerek başlamaktadır. Bu noktada korelasyon ve regresyon analizleri kullanılmaktadır. Daha sonra ekonomik aktivitelerin olası pozitif etkilerinin yanında, mevcut altyapının verimli kullanılıp kullanılmadığının da yatırım ve düzenlemeler için önemli olduğu düşünülerek veri zarflama analiziyle etkinlik ölçümü yapılmıştır. Veri zarflama analizinden önce ise etkinlik değerlendirmelerinin benzer özellikteki ülkelerle yürütülebilmesi için hiyerarşik kümeleme analizi kullanılarak homojen bir küme oluşturulmaya çalışılmaktadır. Tüm bu yöntemlerden elde edilen bilgiler ışığında da bulgular yorumlanmakta ve sonuçlar öneriler eşliğinde sunulmaktadır.



Şekil 2: Çalışmanın Modeli

4. BULGULAR

Bu kısımda korelasyon, regresyon, hiyerarşik kümeleme ve veri zarflama analizlerinde kullanılan veriler ve analizlerin sonuçları sırasıyla sunulmaktadır.

4.1. Korelasyon Analizi Sonuçları

Korelasyon ve regresyon analizleri için kullanılacak veri seti Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu analizlerde Türkiye'nin toplam ticaret hacmiyle demiryoluyla taşınan toplam tonaj değişkenleri arasındaki ilişki incelenecektir. Serilerin logaritması alınarak daha işlenebilir hale dönüştürülmüşlerdir ve sürekli hale gelmeleri sağlanmıştır. Zaman serisi analizlerinde tahmincinin sahte sonuçlar vermesinin önüne geçmek için ve tahminleme gücünü arttırmak için serilerin durağan olması gerekmektedir. Bu yüzden serilere birim kök testi uygulandıktan sonra ilk farkları alınarak seriler durağan hale getirilmişlerdir. Logaritmik ve farkı alınmış serilerin tanımlayıcı istatistikleri de Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Tonaj (bin t)	Hacim (bin\$)	Ln Tonaj	Ln Hacim	ΔLn Tonaj	ΔLn Hacim
Gözlem Sayısı	31	31	31	31	30	30
Ortalama	18696.06	1.61E+08	9.806005	18.45703	0.021317	0.097041
Medyan	15941.00	82277727	9.676650	18.22561	0.036075	0.132989
Maksimum	28747.00	4.03E+08	10.26629	19.81560	0.175843	0.326406
Minimum	13103.00	18561497	9.480596	16.73660	-0.236814	-0.317760
Standart Sapma	4801.950	1.38E+08	0.245564	1.003268	0.083450	0.153307
Çarpıklık (Skewness)	0.654666	0.619333	0.459582	-0.019827	-0.999956	-0.623406
Basıklık (Kurtosis)	1.975052	1.758600	1.755801	1.603264	4.445795	2.993874
Jarque-Bera İstatistiği	3.571285	3.972351	3.090823	2.521908	7.612462	1.943224
JB Olasılığı	0.167689	0.137219	0.213224	0.283384	0.022232	0.378472

Kaynak: URL1, URL2, URL3

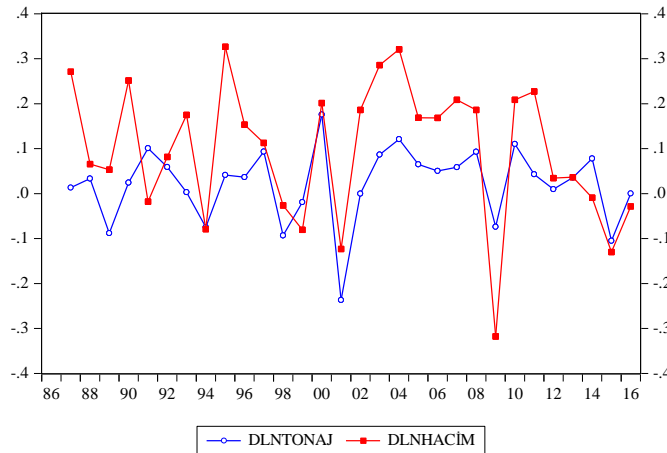
Birim kök testi için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri Augmented Dickey-Fuller testidir. Hacim ve tonaj değişkenlerine test uygulandığında Tablo 2’de görüldüğü gibi serilerin birim kök içerdikleri görülmüştür. İlk farkları alındığında ise seriler durağan hale gelmektedir. Bundan sonraki aşama ise korelasyon ve regresyon analizlerine geçilmesidir.

Tablo 2: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

		Intercept	Trend and Intercept
Seviye			
ln HACİM		-1.4073	-1.6152
ln TONAJ		-0.7096	-2.7226
Birinci Farklar			
Δln HACİM		-5.4547***	-5.4893***
Δln TONAJ		-6.5229***	-6.4230***
Kritik Değerler	1%	-3.6701	-4.2967
	5%	-2.9639	-3.5683
	10%	-2.6210	-3.2183

Anlamlılık Seviyeleri = * 10%, ** 5%, *** 1%

Korelasyon analizinden önce farkı alınmış serilerin grafiksel ilişkilerini görmek çıkacak sonuç hakkında bir fikir sunacaktır. Şekil 3’de görüldüğü gibi serilerin arasındaki pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki vardır. Teoriye de uygun olarak ekonomik aktiviteler arttığında demiryolu taşımacılığı da artmaktadır. Ancak bu ilişkinin ekonometrik olarak kuvveti ve anlamlılığı korelasyon testiyle belirlenebilmektedir.



Şekil 3: Farkı Alınmış Logaritmik Değişkenlerin Grafiği

Yöntem kısmında da belirtildiği gibi normal dağılımlı serilerin korelasyon analizlerinde Pearson’un korelasyon tekniğinin kullanılması daha uygun olmaktadır. Ancak Tablo 1’deki Jarque-Bera olasılıkları incelendiğinde Hacim değişkeninin normal dağılım özelliklerine sahipken Tonaj değişkeninin bu özelliklere sahip olmadığı görülmektedir. Bu

yüzden seriler arasındaki korelasyon hem Pearson hem de Spearman yöntemleriyle test edilmiş ve sonuçlar Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. Korelasyon Analizi Sonuçları

	$\Delta \ln \text{TONAJ}$ (Pearson)	$\Delta \ln \text{TONAJ}$ (Spearman)
$\Delta \ln \text{HACİM}$	0.636461 (4.366395) 0.0002	0.577308 (3.741248) 0.0008

Test sonuçlarına göre ticaret hacmi ve demiryoluyla taşınan yük tonajı arasında orta derecede pozitif anlamlı korelasyon katsayıları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar iki değişkenin aynı yönde hareket ettiğini göstermektedir. Ticaret hacmi artarken tonaj da artmakta, ticaret hacmi azalırken tonaj da azalmaktadır. Sonuçlar teoriye uygundur fakat korelasyon analizi aralarındaki bir nedenselliği ve etkileşimi göstermediği için regresyon analizini de uygulamak faydalı olacaktır.

4.2. Regresyon Analizi Sonuçları

Regresyon analizi, daha önce de değinildiği gibi, bağımlı değişkenlerdeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenlerdeki değişimlerden kaynaklandığını tespit etmek için kullanılan en yaygın ekonometrik yöntemlerden birdir. Bizim modelimiz demiryoluyla taşınan toplam tonaj bağımlı değişken, toplam ticaret hacmi bağımsız değişken olacak şekilde tasarlanmış ve (3)’te model gösterilmiştir. Değişkenlerin işlenmelerinin kolaylaşması ve sürekli hale gelmelerinin sağlanması için denklem logaritmik verilerle oluşturulmuştur. Ayrıca korelasyon bölümünde gösterildiği şekilde serilerin farkı alınarak durağanlaştırılmışlardır.

$$\Delta \ln \text{TONAJ}_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \Delta \ln \text{HACİM}_i + u_i \quad (3)$$

Ekonometrik program aracılığıyla tahminlenen sonuçlar Tablo 4’te sunulmuştur. F istatistiği modelin bir bütün olarak anlamlılığını göstermektedir ve olasılık değeri incelendiğinde modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde sabit değişkeninin anlamsız ama hacim değişkeninin anlamlı olduğu olasılık değerlerinden tespit edilebilmektedir. Modelin açıklama gücü R-kare değerinin ise 0,40 olduğu, yani bağımsız değişkenlerdeki değişimin bağımlı değişkendeki değişimlerin %40’ını açıkladığı söylenebilmektedir. Anlamlı bağımsız değişkenimiz olan hacim değişkeninin katsayısına göre de hacimde meydana gelen %1’lik bir değişme, tonajda %0.35’lik bir değişmeye neden olmaktadır. Başka bir deyişle ticaret hacmi %1 arttığında, demiryoluyla taşınan toplam yük miktarı %0,35 oranında artmaktadır. Bundan sonraki adım, bu tahminleme sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için modelin artıklarına otokorelasyon, seri korelasyon, değişen varyans ve normallik testlerinin uygulanmasıdır.

Tablo 4: Regresyon Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: $\Delta \ln \text{TONAJ}$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık
C	-0.012302	0.014224	-0.864885	0.3945
$\Delta \ln \text{HACİM}$	0.346444	0.079343	4.366395	0.0002
R-kare	0.405083	F-istatistiği		19.06540
Ayarlanmış R-kare	0.383836	Olasılık (F-istatistiği)		0.000156

Otokorelasyon testinde 16 gecikmeye bakılmış ve tüm gecikme turlarında boş hipotez reddedilmemiştir. Bu testteki boş hipotez otokorelasyon problemi olduğunu reddeden hipotezdir ve Tablo 5’te görüldüğü gibi denklemde bu problem mevcut değildir.

Tablo 5: Oto Korelasyon Testi Sonuçları

Gecikme	AC	PAC	Q-İst.	Olasılık	Gecikme	AC	PAC	Q-İst.	Olasılık
1	-0.104	-0.104	0.3575	0.550	9	0.134	0.106	7.0519	0.632
2	-0.266	-0.280	2.7881	0.248	10	-0.258	-0.132	10.255	0.418
3	0.125	0.066	3.3403	0.342	11	-0.095	-0.147	10.711	0.468
4	-0.082	-0.146	3.5875	0.465	12	0.086	-0.064	11.109	0.520
5	0.036	0.072	3.6373	0.603	13	-0.098	-0.136	11.648	0.557
6	0.164	0.116	4.7074	0.582	14	0.209	0.158	14.259	0.431
7	-0.138	-0.067	5.4992	0.599	15	-0.126	-0.182	15.274	0.432
8	0.129	0.194	6.2273	0.622	16	-0.043	0.159	15.401	0.495

Bir diğer test olan LM seri korelasyon testi sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur. Örneklem sayısı küçük olduğu için F testi temel alınarak yorum yapılmaktadır. Bu testin olasılık sonucuna göre boş hipotez olan seri korelasyon olmadığı hipotezi reddedilememektedir. Yani denkleminizde bir seri korelasyon problemi bulunmamaktadır.

Tablo 6: LM Seri Korelasyon Testi Sonuçları

F-istatistiği	1.439313	Olasılık F(2,26)	0.2554
Göz*R-kare	2.990406	Olasılık Ki Kare	0.2242

Denklemlerin artıklarında değişen varyans problemimin olması tahmincinin tahminleme gücünde önemli problemler oluşturmaktadır. Bu sorunun tespiti için kullanılan en yaygın testlerden biri de White testidir. Bu test değişkene göre değişen varyans olup olmadığını tespit etmek için kullanılır. Testin sonuçları Tablo 7’te sunulmuştur ve bu testte de F testine bakılarak yorum yapılmaktadır. Sonuçlara göre boş hipotez olan değişen varyans sorunu olmadığı hipotezi reddedilememiştir. Dolayısıyla denkleminizde değişen varyans problemi bulunmamaktadır.

Tablo 7: White Değişen Varyans Test Sonuçları

F-istatistiği	1.164383	Olasılık F(2,27)	0.3273
Göz*R-kare	2.382063	Olasılık Ki-kare	0.3039

Tüm bu testlere ek olarak, artıkların normal dağılım özellikleri göstermesi de tahmincinin sağlığı açısından gerekli bir durumdur. Bu durumu test etmek için Jarque-Bera testi kullanılan en yaygın testlerden biridir. Bu testin sonuçları Tablo 8’de gösterilmiştir ve boş hipotez olan artıkların normal dağıldığı hipotezi, JB olasılığına göre reddedilememiştir. Yani denklemin artıkları normal dağılım özellikleri göstermektedir.

Tablo 8: Normallik Testi Sonuçları

Çarpıklık (Skewness)	-0.440132
Basıklık (Kurtosis)	3.679422
Jarque-Bera	1.545600
JB Olasılığı	0.461718

Regresyon denkleminin artıkları gerekli varsayımları sağladığına göre denklem kullanımına geçilebilir. Tahmin sonuçlarımıza göre sabit değişkenimiz anlamsız çıkmıştı ve toplam ticaret hacmini temsil eden Hacim değişkenindeki %1’lik değişme demiryoluyla taşınan yükün toplam tonajını temsil eden Tonaj değişkeninde yaklaşık %0,35’lik bir değişime neden olmaktadır. Tüm bu bilgiler doğrultusunda Türkiye’nin 2023 yılındaki hedefi olan 1,17 trilyon dolarlık ticaret hacmine ulaşabilmesi için bugünkü ticaret hacminin %243 oranında artması gerekmektedir. Tablo 9’da görüldüğü gibi, regresyon denkleminizdeki katsayılar göre de hacimdeki bu artış tonajda %85’lik bir artışa neden olacaktır.

Tablo 9: Tahmin Sonuçlarına Göre 2023 Yılına Kadar Demiryolu Yük Artışı

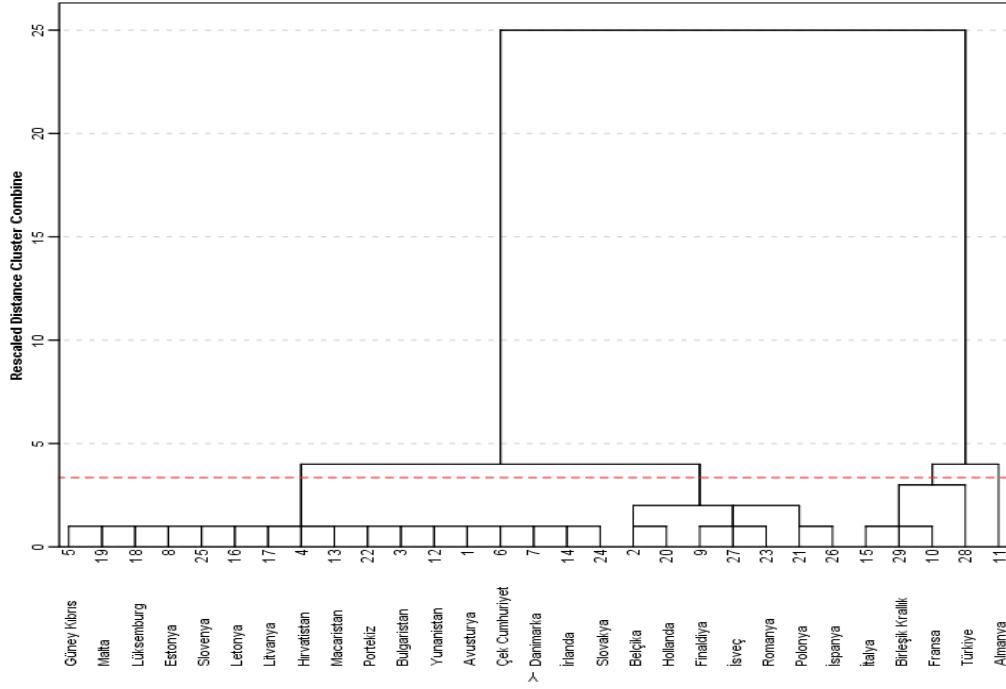
2016 Yılındaki Ticaret Hacmi	\$341.147.818.855,00
2023 Yılındaki Ticaret Hacmi Hedefi	\$1.170.000.000.000,00
2016 Yılına Göre 2023 Yılındaki Ticaret Hacmi Artışı	243%
Regresyona Göre Demiryoluyla Taşınan Yük Miktarı Artışı	85%

Regresyon sonuçlarına göre altyapıda büyük yatırımlara ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Ancak bu noktada mevcut altyapının ne kadar etkin kullanıldığı önemlidir. Çünkü eğer bir verimsizlik söz konusuysa büyük yatırımlardan ziyade verimliliği arttıracak yatırımlar yeterli olacaktır. Bu bağlamda kümeleme analizi ile Avrupa Birliği üyesi ülkelerden Türkiye ile benzerlik gösteren ülkeler tespit edilip veri zarflama analizi ile etkinlikleri kıyaslanacaktır.

4.3. Kümeleme Analizi Sonuçları

Kümeleme analizi için Avrupa Birliği üyesi 28 ülke ile beraber Türkiye de dâhil edilerek hiyerarşik kümeleme tekniği kullanılmıştır. Kümeleme analizi için de demiryolu kullanımını ve boyutunu etkileyebilecek faktörler olarak, gayri safi yurt içi hâsıla, ürün ithalatı, ürün ihracatı, nüfus ve ülke yüz ölçümü değişkenleri seçilmiştir. Değişkenler analiz programına aktarıldıktan sonra daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi adına 0 ve 1 arasında standartlaştırılmıştır.

Ward yöntemi kullanılarak oluşturulan hiyerarşik kümelemelerin sonuçları Şekil 4’teki dendogram aracılığıyla gösterilmiştir. Bu teknikte mesafenin temel alındığı noktaya göre kümeler oluştuğu için küme sayısı araştırmanın yorumlamasına bırakılmaktadır. Bu yüzden mesafe kırmızı şerit ile belirtilen noktadan itibaren temel alınarak 4 küme oluşturulması uygun bulunmuştur.



Şekil 4: Hiyerarşik Kümeleme Sonuçlarının Dendogram İle Gösterimi

Oluşturulması uygun görülen bu 4 kümenin elemanları Tablo 10'da gösterilmiştir. Türkiye bu hiyerarşik kümelemeye göre, Birleşik Krallık, Fransa ve İtalya'nın da bulunduğu 3. kümede yer almaktadır.

Tablo 10: Ülkelerin Kümelere Göre Dağılımı

Küme 1		Küme 2	Küme 3	Küme 4
Avusturya	Kıbrıs	Slovakya	Belçika	Birleşik Krallık
Bulgaristan	Letonya	Slovenya	Finlandiya	Fransa
Çek Cumhuriyeti	Litvanya	Yunanistan	Hollanda	İtalya
Danimarka	Lüksemburg		İspanya	Türkiye
Estonya	Macaristan		İsveç	
Hırvatistan	Malta		Polonya	
İrlanda	Portekiz		Romanya	

4.4. Veri Zarflama Analizi Sonuçları

Hiyerarşik kümeleme sonuçlarına göre Türkiye, Birleşik Krallık, İtalya ve Fransa'dan oluşan 4 elemanlı kümede yer almaktadır. Bazı yönlerden Türkiye'ye denk bu ülke grubu tespit edildikten sonra bir etkinlik analizi olan veri zarflama analizi kullanılarak denklemlere göre Türkiye'nin demiryolu kullanımında ne derecede etkin olduğu tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bunun belirlenmesi için ülke içindeki toplam demiryolu uzunluğu girdi olarak ve toplam taşınan yük miktarı ton-km bazında çıktı olarak modele dahil edilmiştir. Yöntem kısmında da değinildiği gibi, mevcut girdiyle elde edilebilecek çıktıyı belirleyebilmek için çıktı odaklı CCR (ölçeğe göre sabit getiri) modeli kullanılmıştır. Analizde kullanılan ham veri, etkinlik değeri ve projeksiyon değerleri Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11: VZA İçin Ham Data ve Analiz Sonuçları

KVB Birimi	MTKM	Uzunluk	CCR O Değeri	BTKM Projeksiyonu
Fransa	34,252	28765	0,877	39,024
İtalya	20,781	17041	0,898	23,118
Türkiye	10,178	10131	0,740	13,744
Birleşik Krallık	21,990	16209	1	21,990

Kaynak: URL4

Sonuçlara göre 4 ülke içinde Birleşik Krallık en etkin ülke olarak öne çıkmaktadır. Onu sırasıyla İtalya ve Fransa izlemektedir. Türkiye ise 0,74'lük etkinlik değeriyle bu ülke grubundaki en etkin olmayan ülke konumunda yer almaktadır.

Tabloda yer alan projeksiyon değerleri ise, en etkin ülke baz alındığında diğer etkin olmayan ülkelerin mevcut altyapılarıyla ne kadar daha fazla taşımacılık yapabileceklerini önermektedir. Türkiye'nin projeksiyon değerine göre şuanda 10,178 milyar ton-km olan demiryolu yük taşımacılığının, mevcut altyapıyla 13,744 milyar ton-km seviyelerinde yapılabilmesi gerekmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Demiryolu taşımacılığı hem birim başına taşıma maliyetindeki avantajıyla, hem de karayolu taşımacılığına göre daha çevreci yapısıyla önemli bir konumda yer almaktadır. Daha önce de değinildiği gibi bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin ekonomik aktiviteleriyle demiryolunda taşınan yük miktarı arasındaki ilişkiyi belirleyip, ülkemizin 2023 vizyonundaki hedeflerine ulaşma sürecindeki olası talep artış miktarını tespit ederek gerekli yatırım miktarlarının belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Bu doğrultuda ilk olarak 1977-2016 yılları arasındaki toplam ihracat-ithalat verileri ticaret hacmi olarak ve bu yıllar arasında demiryolu taşımacılığıyla taşınan yük miktarı ise tonaj olarak ele alınarak korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda iki değişken arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki tespit edilmiş ve ticaret hacmindeki %1'lik artışın tonajda %0,35'lik bir artışa neden olduğu saptanmıştır. Bu verilere göre Türkiye'nin 2023 yılında hedeflediği 1,17 trilyon dolarlık ticaret hacmine ulaşabilmesi için ticaret hacminin %243 oranında artması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, demiryoluyla taşınan tonaj miktarının %85 artacağı hesaplanmıştır. Bu sonuca göre demiryollarının ciddi yatırımlara ihtiyacı olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak bu noktada, demiryollarının ne kadar verimli kullanıldığı sorusu gündeme gelmektedir. Çünkü mevcut altyapının verimsiz kullanılması büyük maliyetli yatırımlardan çok etkinliği artırıcı küçük yatırımlar ve düzenlemelerle daha iyi sonuçlar alabilmeyi sağlayacaktır. Bu noktada altyapının etkinliğinin hesaplanması büyük önem arz etmektedir. Bu noktada altyapı ve tedarik zinciri yönetimi konusunda bizden daha iyi seviyelerde olan Avrupa Birliği ülkeleriyle bir kıyaslama uygun görülmüştür. Ancak Türkiye ile etkinlikleri kıyaslanacak olan ülkelerin Türkiye ile bezer özelliklere sahip olması sağlıklı sonuçlar almak açısından önem arz etmiştir. Çünkü etkinlik ölçü yöntemi olan VZA minimum girdiyle maksimum çıktıyı elde etmeyi hedef aldığı için, göreceli olarak küçük ve transit yüklerin yoğun olduğu ülkeler en verimli çıkacak ve sonuçlarda büyük sapmalara neden olacaktır. Bu noktada hiyerarşik kümeleme analizi ile ülkeler GSYİH, ürün ithalatı, ürün ihracatı, nüfus ve yüz ölçümü özelliklerine göre kümelendirilmişlerdir. Türkiye bu analiz sonucunda, Birleşik Krallık, İtalya ve Fransa ile beraber bir küme oluşturulmuşlardır.

Kıyaslama yapılacak ülke grubu belirlendikten sonra ise bu 4 ülke, demiryolu ağlarının uzunluğu girdi ve taşınan yük miktarı ton-km birimi cinsinden çıktı olarak modele dâhil edilerek etkinlikleri ölçülmüştür. Çünkü ton-km en yaygın kullanılan performans göstergelerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Model çıktı odaklı olarak kullanılmış ve sonuçlara göre en etkin ülke Birleşik Krallık olurken, etkinliği en düşük ülke 0,74 skoruyla Türkiye olmuştur. Çıktı odaklı modelin sunduğu projeksiyona göre ise 2016 yılında gerçekleştirilen 10,178 milyar ton-km tutarındaki taşıma işleminin, en etkin ülke temel alındığında mevcut altyapıyla 13,744 milyar ton-km olarak gerçekleştirilebilmesi mümkündür. Bir diğer deyişle ülke altyapısı %74 oranında etkin kullanılmaktadır. Buradan etkinliği artırıcı yatırımlarla mevcut altyapının daha yüksek taşıma hacimlerine hizmet edebileceğini göstermektedir.

Etkinliği artırıcı kısa vadeli öneriler ise şu şekilde sıralanabilirler;

- Çoklu taşıma modlarının yaygınlaştırılması için yasal zeminin düzenlenmesi
- Demiryolu taşımacılığındaki rekabetin artırılması ve girişimcilerin ilgisinin çekilmesi
- Özel sektörün ilgisinin artırılmasıyla teknoloji izlemenin kolaylaştırılması
- Demiryolu taşımacılığı kullanan firmalara teşviklerin sağlanması

Uzun vadede öneriler ise şu şekilde sıralanabilirler;

- Demiryolu ağının kapsamının genişletilmesi
- Limanlara bağlantıların güçlendirilmesi
- Aktarma merkezlerinin sayısının artırılması
- Ulaştırma Ana Planı kapsamından demiryolu yatırım önceliklerinin belirlenmesi
- Yerli teknolojilerin teşvik edilerek yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin sürdürülebilir seviyede tutulması
- Lojistik üslerinin sanayilerin yakınlarında olacak şekilde kurulması ve teşvik edilmesi

KAYNAKLAR

- [1] Altınok, Serdar (2001), “Türkiye’de Ulaştırma Politikaları, Karayolları ve Demiryollarının Mukayesesi”, SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 1(2), ss.73-87.
- [2] Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, Management Science, 30(9), pp.1078-1092.
- [3] Chang, M. (2014), Principles of Scientific Methods, CRC Press.
- [4] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978), “Measuring The Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research, 2(6), pp.429-444.
- [5] Cook, W. D., Tone, K., Zhu, J. (2014), “Data Envelopment Analysis: Prior To Choosing A Model”, Omega, 44, pp.1-4.
- [6] Çekerol, G., Nalçakan, M. (2011), “Lojistik Sektörü İçerisinde Türkiye Demiryolu Yurtiçi Yük Taşıma Talebinin Ridge Regresyonla Analizi”, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 31(2), ss.321-344.
- [7] İnan, M., Demir, M. (2017), “Demiryolu Ulaşımı ve Türkiye’de Hızlı Tren Yatırımlarının Etkileri: Eskişehir-Konya Örneği”, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 27(1), ss.99-120.
- [8] Kabasakal, A. ve Solak, A.O. (2008), “Evrensel Hizmet Yükümlülüğünün Uygulanması ve Türk Demiryolu Sektörü”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, 3(2), ss.137-146
- [9] Kabasakal, A. , Solak, A.O. (2009), “Demiryolu Sektörünün Rekabete Açılması”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25, ss.27-34
- [10] Karagöz, Y. (2016), SPSS ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler, Nobel Akademik, Ankara.
- [11] Kasapoğlu, L., Cerit, A. G. (2011), “Türkiye’de Intermodal Konteyner Taşımacılığında Demiryolu Ulaştırma Potansiyelinin Analizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 3(1), ss.59-72.
- [12] Kaynak, Muhteşem (2002),“Yeni Demiryolu Çağı Yüksek Hızlı Trenler ve Türkiye”, Ekonomik Yaklaşım, Cilt: 13, Yıl: 2002, Sayı: 42-43, ss.23-53.
- [13] Saatçioğlu, C., Çankırı Kolbaşı, N. (2012), "Türkiye Lojistik Sektöründe Denizyolu-Demiryolu Entegrasyon Sürecinin İncelenmesi", Sakarya İktisat Dergisi, 1(2), ss.1-25
- [14] Tuna, O. (2011), “Türkiye İçin Lojistik ve Denizcilik Stratejileri: Uluslararası ve Bölgesel Belirleyiciler”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3 (2).
- [15] URL1, TÜİK (2017), Demiryoluyla Taşınan Yük, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1584 yük.
- [16] URL2, World Bank (2017), Ürün İhracatı, <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.MRCH.CD.WT>.
- [17] URL3, World Bank (2017), Ürün İthalatı, <https://data.worldbank.org/indicator/TM.VAL.MRCH.CD.WT>.
- [18] URL4, Eurostat (2017), Milyar Ton-KM ve Toplam Demiryolu Uzunluğu, https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2017_en.

LOJİSTİK PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİNİN KULLANIMI: BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ

Hakan Arslanhan, Buket Özoğlu, Arzum Büyükkeklik

Arş. Gör. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, hakanarslanhan@ohu.edu.tr

Dr. Öğretim Üyesi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, abuyukkeklik@ohu.edu.tr

Dr. Öğretim Üyesi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, Niğde, buketozoglu@ohu.edu.tr

ÖZET

İşletmeler pazardaki değişimleri daha iyi karşılayabilmek, uygun maliyetlerle daha kaliteli ürün ve hizmet sunabilmek adına kendilerine hedefler koymak ve bu hedeflere ulaşma derecelerini görmek için düzenli olarak performans ölçümü yapmalıdırlar. Bu durum lojistik faaliyetler yürüten işletmeler için de geçerlidir. Özellikle son 20 yılda ana faaliyet alanı lojistik olan işletmelerin sayısındaki artış ile gelen yoğun rekabet ortamı, lojistik performansın ölçülmesi ve değerlendirilmesine yönelik konuları araştırmacılar ve uygulamacılar açısından dikkat çekici hale getirmiştir. Lojistik performansın ölçümünde farklı yöntemlerden faydalanılmaktadır. Değerlendirme süreçlerinin nispeten basit olması ve tekniklerin etkinliği nedeniyle çok kriterli karar verme teknikleri de lojistik performansın ölçümünde kullanılmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, lojistik performansın değerlendirmesinde çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanıldığı çalışmaların sistematik bir literatür taramasıyla ayrıntılı bir biçimde incelenmesidir. Araştırma sonucunda literatürdeki çalışmalar kullanılan performans değişkenleri ve farklı karar verme tekniklerine göre sınıflandırılacaktır. Araştırma sonuçlarının, lojistik performansın değerlendirilmesi konusundaki gelecek çalışmalara hem kullanılan performans değişkenleri hem de teknikler açısından yol göstermesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme teknikleri, Literatür taraması, Lojistik performans

USE OF MULTI CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES IN LOGISTICS PERFORMANCE EVALUATION: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Businesses must regularly measure performance to put targets in order to better meet the changes in the market, to offer better quality products and services at affordable costs, and to reach the reach of these targets. This also applies to businesses that carry out logistical activities. Particularly in the last 20 years, the intense competition environment, which is the main activity with the increase in the number of logistics companies, has made the subjects for measurement and evaluation of logistic performance remarkable in terms of researchers and practitioners. Different methods are utilized for measurement of logistic performance. Due to the relatively simple evaluation procedures and the effectiveness of the techniques, very specific decision making techniques are also used to measure logistic performance.

The purpose of this research is to examine in detail a systematic literature review of the studies using multi-criteria decision making techniques in the evaluation of logistic performance. As a result of the research, the studies in the literature will be classified according to the performance variables used and different decision making techniques. The data in the research will be collected by scanning through different electronic databases focusing on the terms "logistics performance" and "multi-criteria decision making techniques" published in academic journals.

It is expected that the results of the research will be guided by both the performance variables and the techniques used in the future studies on evaluation of logistic performance.

Keywords: Multi-criteria decision making techniques, Literature review, Logistic performance.

1. GİRİŞ

Bilgi ekonomisinin hakim olduğu günümüz küresel ticaret ortamı teknolojik gelişmelerin de etkisi ile hammadde, malzeme, yarı mamul ve ürünlerin dünya üzerindeki hareketlerinde artışa neden olmuştur. Küreselleşme hareketlerinden yoğun biçimde etkilenen rekabet ortamını tüketicileri ve endüstriyel alıcıları dünyanın farklı bölgelerinden ürün temin etmek konusunda teşvik etmiştir. Üretim faktörlerinin ya da ürünlerin dünyanın farklı yerlerinden temin edilmesi lojistik faaliyetlere olan ilgiyi arttırmış, bu faaliyetlerin önemini kavranmasına neden olmuştur. Üretim faaliyetlerinin etkin ve verimli bir biçimde sürdürülmesinin yanı sıra lojistik faaliyetlerin etkinliği ve verimliliği rekabet avantajı sağlamakta önemli bir araç olarak görülmektedir. İşletme performansının yanı sıra küreselleşmenin etkisiyle önemi giderek artan lojistik faaliyetlerin performans değerlendirmesinin yapılması işletmelerin başarısı açısından önemlidir. Lojistik faaliyetlerin artan öneminden dolayı lojistik performans konusu araştırmacıların ve uygulayıcıların her geçen gün artan ilgisine maruz kalmaktadır. Literatürde de artan bu ilgiye paralel olarak lojistik performans ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada da lojistik performansın değerlendirmesinde kullanılan yöntemlerden çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanımı sistematik bir literatür taraması ile incelenmiştir. Lojistik performansın değerlendirilmesi ile ilgili literatür taraması yapan çalışmalar sınırlı sayıda (Gunasekaran ve Kobu, 2007) olmakla birlikte, lojistik performans ölçümünde daha çok matematiksel modellerle çalışılmış olduğu tespit edilmiştir. Araştırma ile elde edilen bilgilerin araştırmacı ve uygulayıcılara hem lojistik performans değerlendirmesinde kullanılan teknikler, hem de kullanılan performans değişkenleri açısından katkı sağlaması beklenmektedir.

Dört bölümden oluşan çalışmanın ilk bölümünde lojistik performans kavramsal bir çerçevede incelenmiş, lojistik performansın ölçümünde kullanılan teknikler ve çok kriterli karar verme teknikleri hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Sonrasında araştırmanın metodolojisi kapsamında veri toplama yöntemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bulgulara yer verilmiş, dördüncü ve son bölümde ise sonuçlar ve gelecekte konuyla ilgili yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. LOJİSTİK PERFORMANS

Artan rekabet şartları işletmelerin kendilerini sürekli olarak geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Gelişimin sağlanabilmesi mevcut durumun değerlendirilmesi ile başlayan bir süreçtir. İşletmeler etkin ve verimli bir biçimde sürdürmek, amaçlarına ulaşabilmek ve sürekliliği sağlayabilmek için faaliyetlerini planlamak, koordine etmek, uygulamak ve faaliyet sonuçlarını/çıktılarını kontrol etmek durumundadırlar (Şengel, 2012). Çıktıların/sonuçların amaçlara ne derecede uyduğunu değerlendirmeleri gerekmektedir. İşletmelerin faaliyetleri ile ilgili yaptıkları değerlendirmelerden biri de performans ölçümleridir. Bir işletmenin hedeflerini ne kadar başarabildiğini ve sektördeki göreceli konumunu öğrenebilmenin en sağlıklı yolu performans ölçümüdür. İşletmeler performanslarını, belirledikleri performans boyutlarına göre ölçerler. Performans ölçümü, işletmelerin mevcut durumlarını görmeyi yanında rekabet avantajı sağlama ve farklılaşma amacına hizmet eden oldukça önemli bir araçtır (Çakır ve Perçin, 2013).

Mentzer ve Konrad (1991) lojistik performansı, belirli bir görevi yerine getirirken yapılan işin etkililik ve verimliliğinin analizi olarak tanımlar. Fugate vd. (2010) ise lojistik performansı; lojistik hizmetlerin başarı ile gerçekleştirilmesinde söz konusu olan verimlilik, etkililik ve farklılaşma derecesi olarak ifade eder. Tanımlarda bahsedilen verimlilik, kaynakların ne kadar ekonomik bir şekilde kullanıldığı ile ilgilidir (Mentzer ve Konrad, 1991) ve bir şeyleri doğru yapmak demektir. Diğer taraftan etkililik hangi hedeflere ulaşılabilirdiği ile ilgilidir (Panayides ve So, 2005) ve doğru şeyi yapmak şeklinde ifade edilebilir. Farklılaşma değer sağlayacak bir iş kabiliyetini (Karagöz ve Akgün, 2015) ve değer konusu işin içine girdiğinde bahsetmemiz gereken müşteriler için daha fazla değer yaratacak şekilde işlerin yürütülmesidir. Lojistik performans üzerinden ele aldığımızda lojistik operasyonların müşterilere değer yaratılarak gerçekleştirilmesinden bahsedebiliriz.

Lojistik performans ile ilgili, Chow vd. (1994) farklı bir perspektiften konuyu ele alıp lojistik performansın belirlenmesinde söz konusu olan çeşitli faktörleri belirtip bunları bir sınıflandırmaya tabi tutmuştur. Bu sınıflandırmaya göre lojistik performans için net gelir, ulaşım maliyeti, standart işçilik maliyeti, sevkiyat sayısı, sipariş devri süresi gibi “sert (hard)” ölçüm faktörleri; müşteri memnuniyet oranları gibi “yumuşak (soft)” ölçüm faktörleri olmak üzere 2 temel ölçüm faktörü sınıfı vardır. Bunlarda “sert” ölçüm faktörleri her ne kadar genellikle doğru, kolay ve elde edilmesi ucuz olsa da doğru bir performans ölçümü için “yumuşak” ölçüm faktörleri ile birlikte kullanılmalarında fayda vardır (Chow vd., 1994).

Bir faaliyetle ilgili performansın değerlendirilmesinde özellikle de işletme performansı gibi çok fonksiyonu olan bir faaliyetler bütünü için pek çok değişken olduğundan bahsedebiliriz. Çok kritere bağlı değerlendirmelerde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleridir. ÇKKV teknikleri genellikle birbiriyle çelişen subjektif ve objektif çok sayıda kriterlere göre belirlenen amaç doğrultusunda kriterleri kıyaslayarak aralarından en uygun alternatifin seçilmesi veya alternatiflerin sıralanması işlemidir (Çınar, 2004; Uzun ve Kazan, 2016). ÇKKV kapsamında çok sayıda teknik vardır. Bunlardan bazıları AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), ANP (Analitik Ağ Süreci), DEMATEL, ELECTRE, TOPSIS vb.dir. ÇKKV tekniklerinin avantajı çok sayıda kriterin ve seçim alternatifinin aynı anda değerlendirilebilmesini sağlamasıdır (Chatterjee vd, 2011). ÇKKV tekniklerinden herhangi birinin tercih edilmesinde, birinin diğerine göre daha kesin olduğu bakış açısından değil, seçilecek tekniğin problemin amaçlarına uygunluğundan hareket etmek gerekir (Senir ve Büyükkeklik, 2017).

3. METODOLOJİ

Çalışmanın temel amacı lojistik performansı ÇKKV teknikleri ile değerlendiren akademik çalışmaları incelemektir. Bu kapsamda araştırma verileri, “ScienceDirect”, “Web of Science” ve “Emerald” veri tabanlarında “lojistik performans” ve “çok kriterli karar verme teknikleri” anahtar kelimeleri ile yapılan taramalarla elde edilen bilimsel makalelerden oluşmaktadır. Taramalarda İngilizce dışında farklı bir yabancı dil ile yazılmış çalışmalar ile kongre tebliğleri kapsam dışı tutulmuştur. Taramalar 1980-2018 yılları aralığı ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 1: İncelenen Makalelerde Kullanılan Performans Kriterleri ve ÇKKV Yöntemleri

Makaleler	Kullanılan Performans Kriterleri/Ölçütleri	Kullanılan ÇKKV Yöntemleri
Alinejad vd., 2018	Organizasyon ve Strateji Ölçütleri <ul style="list-style-type: none">• Temel Yetkinlik• İnovasyon• Büyüme• Örgütsel Görevler• Globalleşme Yönetim ve Süreç Ölçütleri <ul style="list-style-type: none">• Yönetim ve Liderlik• Lojistik Deneyimi• Tedarik Zinciri Entegrasyonu• Uygun Yol Seçimi• Pazarlama İnsan Kaynakları Ölçütleri <ul style="list-style-type: none">• Çalışanların Yetkinlikleri, Bilgileri ve Güvenilirliği• Kalifiyeli Eleman• Grup Çalışması Müşterinin Kapsamlı Ölçütleri <ul style="list-style-type: none">• Şikayetlerin Hızlı Bir Şekilde İşlenmesi• Müşteri Sorgularına Hızlı Tepki• Sorun Olması Durumunda Hızlı Reaksiyon• Müşterinin Uzun Vadeli İlişkileri	<ul style="list-style-type: none">• AHP• DEMATEL
Küçükaltan vd., 2016	Finansal Boyut <ul style="list-style-type: none">• Maliyet• Karlılık• Satış Hacminde Büyüme• Öz Kaynak Hacmi Oranı Finansal olmayanlar <ol style="list-style-type: none">Öğrenme ve Büyüme Boyutu<ul style="list-style-type: none">• Bilgi Teknolojileri Altyapısı• Yönetim Becerileri• Çalışanların Eğitim Düzeyi• Sosyal Medya Kullanımıİşletmenin İç Süreç Boyutu<ul style="list-style-type: none">• Zamanında Teslimat• Hatasız Teslimat• Maksimum Taşıma Kapasitesi• Maksimum Depolama KapasitesiPaydaşlık Boyutu<ul style="list-style-type: none">• Müşteri Memnuniyeti• Çalışan Memnuniyeti• Hükümet Memnuniyeti	<ul style="list-style-type: none">• ANP

Tablo 1'in Devamı.

<p>Özyörük vd., 2014</p>	<p>Finansal Boyut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karlılığı Artırmak • Büyümek • Verimliliği Artırmak • Maliyetlerin Düşürülmesi • Nakit Geri Dönüş Süresini Azaltmak <p>Müşteri Boyutu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Müşteri Sadakati • Müşteri Memnuniyeti Oranı • Ürün Çeşitliliğinin Eksiksiz Hale Getirilmesi <p>Şirket İçi İşlevler Boyutu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Envanter Kullanım Oranı • Yeni Ürün ve Hizmet Geliştirme Çabaları • Operasyonel Sorunların En Aza İndirilmesi <p>Öğrenme ve Gelişme Boyutu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çalışanların Eğitimi • Çalışanların Tatmini ve Memnuniyeti • Çalışanların Kalıcılığı • Çalışanların Kendilerini Geliştirmeleri ve Kariyer Olanakları 	<ul style="list-style-type: none"> • AHP
<p>Çakır ve Perçin, 2013</p>	<p>Finansal Kriterler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Özkaynaklar • Aktifler • Kaldıraç Oranı • Çalışan Sayısı • Net Satışlar • Esas Faaliyet Kâr Marjı 	<ul style="list-style-type: none"> • CRITIC • SAW • TOPSIS • VIKOR • Borda Sayım Yöntemi
<p>Kunadhamraks ve Hanaoka, 2009</p>	<p>Lojistik Maliyetler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taşıma Maliyeti • Elleçleme Maliyeti • Stok Maliyeti <p>Hizmet Kalitesi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zamanında Teslimat • Bilgi Sistemi Kullanımı • Esneklik <p>Güvenilirlik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gecikme Sıklığı • Gecikme Süresi 	<ul style="list-style-type: none"> • Bulanık–AHP • Bulanık – MCDM
<p>Hanaoka ve Kunadhamraks, 2007</p>	<p>Lojistik Maliyetler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taşıma Maliyeti • Elleçleme Maliyeti • Stok Maliyeti <p>Hizmet Kalitesi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zamanında Teslimat • Bilgi Sistemi Kullanımı • Esneklik <p>Güvenilirlik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gecikme Sıklığı • Gecikme Süresi 	<ul style="list-style-type: none"> • Bulanık AHP

“Emerald” veri tabanından yapılan taramada “lojistik performans” ve “çok kriterli karar verme” anahtar kelimelerinin çalışma başlığında yer alması istenmiş ve 18 makaleye ulaşılmıştır. Bu 18 makalenin içerik açısından incelenmesi sonucunda bazı makalelerin tedarik zinciri performansının ölçülmesinde ÇKKV teknikleri kullanımıyla ilgili olduğu, bir kısmının da çalışma konusuyla doğrudan alakalı olmadığı belirlendiğinden araştırma kapsamı dışında tutulmuştur. Geriye kalan 3 makale ile ilgili bilgiler yukarıda Tablo 1’de raporlanmıştır. “Web of Science” veri tabanında “lojistik performans” ve “çok kriterli karar verme” anahtar kelimelerinin çalışma başlığında yer alması istenmiş ve 10 makale bulunmuştur. Bu 10 makalenin içeriği incelendiğinde ise 3 makalenin tersine lojistik, 2 makalenin tedarik zinciri performansını ÇKKV yöntemleriyle ölçmesi ve 2 makalede de ÇKKV yerine regresyon analizinin kullanılmış olması

dolayısıyla kapsam dışı tutulmuştur. Aynı yöntemle “Science Direct” veri tabanında tarama yapıldığında ise 16 makaleye ulaşılmıştır. Bu makalelerin içeriği incelendiğinde bazı makalelerin tedarik zinciri performansını, tersine lojistik performansını ve ulaştırma yöntemlerinin performansını ölçmesi ve bir kısmının da sürdürülebilirlikle alakalı olması nedeniyle kapsam dışı tutulmuştur. Geriye kalan 2 makale Tablo 1’de raporlanmıştır.

Alinejad vd. (2018) İran’da faaliyet gösteren lojistik işletmelere yönelik lojistik performans kriterlerini belirlemek amacıyla anket yoluyla veri toplanmıştır. Anket sonucu belirlenen kriterler AHP yöntemiyle ağırlıklandırılarak sıralama yapılmıştır. Yapılan sıralamayı doğrulamak için performans kriterleri DEMATEL yöntemiyle yeniden analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre yönetim ve liderlik ilk sırada, globalleşme ikinci en önemli faktör olarak tespit edilmiştir.

Özyörük vd. (2014) Dengelenmiş Skor Kart Tekniğini kullanarak lojistik şirketlerinin ana performans kriterlerini finansal ve finansal olmayan (müşteri, örgüt içi süreçler, öğrenme ve gelişme) olarak belirlemiştir. AHP ile bu kriterlerin önemi değerlendirilmiş ve işletmeler arasında kıyaslama yapılmıştır. Yine Dengelenmiş Skor Kart Tekniğini Küçükaltan vd. (2016) de kullanmış ve belirlediği lojistik performans kriterlerini ANP ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada finansal boyutun yanısıra müşteri ve şirket içi işlevler boyutu kriter olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlara göre rekabetçi avantaj sağlamada en önemli kriter eğitimli işgücü olarak tespit edilmiştir.

Çakır ve Perçin (2013) FORTUNE 500 sıralamasında yer alan 10 lojistik firmasında kıyaslama yoluyla performans ölçümü yapmıştır. Üç aşamada gerçekleştirilen çalışmada önce CRITIC yöntemiyle değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiş, sonrasında SAW, TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle kriterler sıralanmıştır. Son aşamada ise elde edilen sıralamalar Bordo Sayım Yöntemiyle bütünleştirilerek tek bir sıralama elde edilmiştir. Uygulanan melez modelin performans ölçümünde kullanılabilir bir yöntem olduğu ve uygulayıcılara tatmin edici sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaların yanısıra bulanık mantık ile ÇKKV tekniklerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar da yapılmıştır. Hanaoka ve Kunadhamraks (2007) Bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Benzer şekilde Kunadhamraks ve Hanaoka (2009), çokmodlu taşımacılıkta performans kriterinin değerlendirilmesinde yine Bulanık AHP tekniğini kullanmıştır. Sonuçlar ulaştırma modları arasında eşgüdüm eksikliğine ve intermodal sistemin çekiciliğine dem vurmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lojistik faaliyetlerin öneminden dolayı lojistik performans konusu araştırmacıların ve uygulayıcıların ilgisini çeken bir konudur ve literatürde de bu ilgiye paralel olarak lojistik performans ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ancak lojistik performansın değerlendirmesi ile ilgili literatür taraması çalışmalarının sınırlı sayıda olduğu ve lojistik performansın değerlendirmesinde ÇKKV tekniklerinin kullanıldığı çalışmalara odaklanan bir literatür taramasına rastlanmamıştır. Bu temelde araştırma verileri, akademik dergilerde yayınlanmış makalelerin “lojistik performans” ve “çok kriterli karar verme teknikleri” terimlerine odaklanılarak farklı elektronik veri tabanları üzerinden taranması yoluyla toplanmıştır.

Araştırma sonucunda literatürdeki çalışmalar kullanılan performans değişkenleri ve farklı karar verme tekniklerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre pek çok makalede lojistik performansın incelemesinde işletme performans değerlendirme kriterlerinin (özkaynaklar, kaldıraç oranı, çalışan sayısı, net satışlar, kâr gibi finansal kriterlerin veya müşteri sadakati, müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi gibi finansal olmayan kriterlerin) kullanıldığı ya da bu kriterler temel alınarak çalışmaların gerçekleştirildiği belirtilebilir. Buna göre işletme performans kriterlerinin temel alındığı çalışmalarda maliyet boyutu önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan müşteri memnuniyeti ya da pazarlama bakış açısının hakim olduğu bir kısım makalede ise hizmet kalitesi boyutları da performans kriterleri içerisinde değerlendirilmiştir. ÇKKV teknikleri ile lojistik performansın değerlendirildiği bu makalelerde AHP, ANP ve TOPSIS yöntemlerinin ve bunların bulanık yapılarının kullanıldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Gelecek çalışmalarda, lojistik performans ölçümünde kullanılan ÇKKV teknikleri dışındaki istatistiksel teknikler, matematiksel modelleme teknikleri gibi başka sayısal ölçüm tekniklerine odaklanarak çalışmalar planlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ahmad Alinejad, E., Pishvae, M. S., & Bonyadi Naeini, A. (2018). "Key Success Factors For Logistics Provider Enterprises: An Empirical Investigation In Iran." *Kybernetes*.
- [2] Chatterjee, P., Athawale, V. and Chakraborty, S., (2011), "Materials Selection Using Complex Proportional Assessment And Evaluation Of Mixed Data Methods," *Materials and Design*, 32 (2), 851-860.
- [3] Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). "Logistics Performance: Definition and Measurement." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24 (1), 17-28.
- [4] Çakır, S., & Perçin, S. (2013). "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü." *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.
- [5] Çınar, Y. (2004), "Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği," *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [6] Fugate, B. S., Mentzer, J. T., & Stank, T. P. (2010). "Logistics Performance: Efficiency, Effectiveness, and Differentiation." *Journal of Business Logistics*, 31 (1), 43-62.
- [7] Gunasekaran, A. & Kobu, B. (2007). "Performance Measures and Metrics in Logistics and Supply Chain Management: A Review of Recent Literature" (1995-2004) for Research and Applications. *International Journal of Production Research*, 45(12), 2819-2840.
- [8] Hanaoka, S., & Kunadhamraks, P. (2009). "Multiple Criteria and Fuzzy Based Evaluation of Logistics Performance for Intermodal Transportation." *Journal of Advanced Transportation*, 43(2), 123-153.
- [9] Karagöz, B. İ. & Akgün, A. E. (2015). "The Roles of It Capability and Organizational Culture on Logistics Capability and Firm Performance." *Journal of Business Studies Quarterly*, 7 (2), 23-45.
- [10] Kucukaltan, B., Irani, Z., & Aktas, E. (2016). "A Decision Support Model for Identification and Prioritization of Key Performance Indicators in the Logistics Industry." *Computers in Human Behavior*, 65, 346-358.
- [11] Kunadhamraks, P., & Hanaoka, S. (2008). "Evaluating The Logistics Performance of Intermodal Transportation in Thailand." *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 20(3), 323-342.
- [12] Mentzer, J. T., & Konrad, B. P. (1991). "An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis." *Journal of Business Logistics*, 12 (1), 33-61.
- [13] Özyörük, B., Şirin, Y., Yoksulabakan, T., Şanver, M., & Saraç, M. A. (2014). "Performans Ölçümünde Balanced Scorecard ve Analitik Hiyerarşi Prosesi Entegrasyonu." *Tübv Bilim Dergisi*, 7(1), 7-28.
- [14] Panayides, P. M., & So, M. (2005). "Logistics Service Provider-Client Relationships." *Transportation Research Part E*, 41, 179-200.
- [15] Senir G. ve Büyükkelik A. (2017), "Sürdürülebilirlik Raporlaması ve Lojistik Şirketler Üzerine Bir Uygulama," *The International New Issues in Social Sciences*, 5 (5), 119-138.
- [16] Şengel, S. (2012). "Lojistik İşletmelerde Performans Değerlemede Lojistik Raşyoların Önemi ve Bir Araştırma." *Ankara: Detay Yayıncılık*
- [17] Uzun, S. ve Kazan, H. (2016), "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması," *Journal of Transportation and Logistics*, 1 (1), 100-113.

TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ K-ORTALAMALAR YÖNTEMİYLE KÜMELENMESİ

Selin Yalçın¹, Ertuğrul Ayyıldız²

¹Beykent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, selinyalcin@beykent.edu.tr

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Trabzon, ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr

ÖZET

Türkiye'de 2000'li yıllardan sonra yaşanan ekonomik büyüme ile havalimanlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. 2015 yılında, Hakkâri ve Ordu'da hizmete giren havalimanları ile birlikte, havalimanı sayısı 55'e ulaşmıştır. Havalimanı sayısının artmasıyla birlikte havayolu taşımacılığı ülkemizde lüks bir hizmet olmaktan çıkmış ve toplumun her kesiminin sıkça başvurduğu bir ulaşım aracı haline gelmiştir. 2016 yılı içerisinde 143 milyon yolcu havalimanlarını kullanmıştır. Ayrıca havalimanları ile 4 milyon tondan fazla yük taşınmıştır. Ülkemizde yer alan havalimanları, çeşitli yöntemlerle gruplandırılabilir. Bu yöntemlerden bir tanesi de K-ortalamlar yöntemidir. Bu yöntem; her bir özellik için o özelliğe en yakın merkeze olan uzaklıkların toplamını en küçük olacak şekilde veri setini kümelere ayırmak esasına dayanır. Bu çalışma kapsamında havalimanları K-ortalamlar yöntemiyle benzer özelliklerine göre kümelendirilmiştir. Küme sayısı, dirsek yöntemi (elbow method) ile belirlenmiştir. Kümeler oluşturulurken, havalimanlarını kullanan yolcu, havalimanlarından taşınan yük, uçuş sayısı gibi temel özellikler kullanılmıştır. Sonuç olarak, havalimanları benzer özelliklerine göre kümelendirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalimanı, K-Ortalamlar, Kümeleme, Türkiye

CLUSTERING AIRPORT in TURKEY USING K-MEANS METHOD

ABSTRACT

With economic growth in the 2000s in Turkey, the number of airports increases day by day. The number of airports has reached 55 with the Hakkâri and Ordu Airports that came into service in 2015. With the increase in the number of airports, air transport is no longer a luxury service in our country and it is now a frequent means of transportation for every segment of the society. 143 million passengers used the airport in 2016. Besides, more than 4 million tons of cargo have carried by air transportation. The airports in our country can be grouped by various methods. One of these methods is K-means method. This method; is based on the principle of dividing the dataset into clusters so that the sum of the distances to the nearest center for each feature is the smallest. In this study, airports were clustered according to similar characteristics by K-means. The number of the clusters were determined by using elbow method. Basic features such as the number of passengers using airports, the amount of cargo carried by airports and number of flights were used while the clusters were created. Eventually, airports were clustered according to similar characteristics and the results are evaluated.

Keywords: Airport, K-Means, Clustering, Turkey

1. GİRİŞ

Günümüzde ekonominin hızla büyümesi ile birlikte havaalanlarının önemi giderek artmaktadır. İnsanların hayatlarında zaman ve hız kavramı da oldukça önemli bir hale gelmiştir. Aynı zamanda Türkiye'de yüksek hızlı tren alt yapısının zayıf olması ve bazı yol bağlantılarının yetersiz kalmasına bağlı olarak hava yolu taşımacılığının önemi son on yılda giderek artmıştır. Hava yolu taşımacılığı, uzun mesafeli şehirlerarası yolcu taşımacılığında, en iyi seçeneklerden biri olduğunu kanıtlamıştır (Tanyaş ve Düzgün, 2015). Bu sebeple, yolcuların ulaşım aracı olarak havalimanlarını tercih etmeleri kaçınılmaz olmuştur. Ayrıca, havacılık sektörü ülkelerin ekonomisi açısından oldukça stratejik bir öneme sahiptir. Gayri safi milli hasıla, büyümekte olan bir hava ulaşım sistemi ile doğrudan ilişkilidir.

Ekonominin büyümesine bağlı olarak artan talebin karşılanabilmesi için havalimanlarının sayısının artırılması, var olan havalimanlarının daha etkin ve verimli çalışmasının sağlanması şart olmuştur. Rekabetin artmasıyla birlikte hava yollarında bulunan işletmeler ayakta kalabilmeleri için farklı stratejiler geliştirmek zorunda kalmışlardır. Düşük fiyatlı biletlerin satışa sunulması, işletmenin istediği rotalara uçuş yapabilmesi olanağının sağlanması gibi stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Aynı zamanda ihracat edilen ürünler içinde havayollarının kullanımı oldukça önemlidir. Havalimanları, illerin ve ilçelerin gelişmesini de önemli ölçüde desteklemektedir. Havalimanlarına sadece ulaşım amacıyla bakılmamalıdır. Havalimanları artık ülkelerin dış dünyaya açılan bir kapısı olarak görülmektedir. Farklı coğrafyaları yakınlaştırarak turizm, ticaret ve farklı kültürlerin kaynaşmasına sebep olmuştur. Ülkeye gelen turistlerin ilk gördüğü yer ülkenin havalimanları olmaktadır. Ülkenin tanıtımı açısından havalimanlarının ne kadar önemli olduğu görülmektedir.

Değişen hedefler çerçevesinde, daha ileriye ve iyiye gitmek, diğer havaalanları ile rekabet edebilmek, havaalanlarının işletilmesinde hem kendi iç performanslarının değerlendirilmesi hem de diğer havaalanları ile performansların karşılaştırılarak belli göstergeler doğrultusunda hareket edilmesi gerekmektedir (Gökdalay ve Evren, 2009). Bu sebeple, bu çalışmada konu olarak ülkeler için büyük bir öneme sahip olan havalimanları ele alınmıştır. Havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma olduğu dikkate alınarak, Türkiye'deki 55 havalimanı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) tarafından paylaşılan veriler doğrultusunda K-ortalama yöntemini yardımcı ile benzer özellikleri değerlendirilerek gruplandırılmıştır. Yapılan bu çalışmadan beklenen fayda, birbirlerine benzer veya tamamlayıcı şekilde çalışan işletmelerin birbirine yakın olmasını sağlayarak maliyetlerin en aza indirilmesi, benzer problemler üzerinde getirilebilecek çözümler açısından işbirliğinin oluşmasını sağlanması şeklinde özetlenebilir. Kümeleme yöntemi dünya ile birlikte ülkemizde de yapılan çalışmalarda çok farklı konularda kullanılmaktadır (Tanyaş, 2014). Geleneksel ticaret yöntemlerinin geride kaldığı bu dönemlerde taşıma faaliyetleri içerisinde yer alan havayolu taşımacılığının önemi de giderek artmaktadır. Değişimin en fazla yaşandığı sektörlerden bir tanesi de havayolu taşımacılığıdır. İnsanlar hizmetlerini pahalıya alırken, niteliğinin de yüksek olmasına oldukça önem vermektedirler (URL 1). Bu sebeple, birbirlerine benzeyen havalimanlarının kümelenmesi ile yaşanacak herhangi bir sorunda kümeler içerisinde yer alan havalimanlarının birbirleri ile entegre olarak çalışmasını sağlamak, lojistik faaliyetleri açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma ile birlikte, maliyetlerin azaltılması, önlemlerin alınması, havalimanlarının entegre olarak çalışmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Birinci bölümün (giriş) ardından, ikinci bölümde havalimanları ve K-ortalama kümeleme yöntemi ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan K-ortalama kümeleme yöntemi ve dirsek yöntemi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, çalışmada kullanılan veriler ve bu verilerle elde edilen sonuçlara yer verilirken, çalışmanın son bölümlerinde uygulama sonucunda elde edilen veriler hakkında değerlendirmeler yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Rekabetin artmasıyla havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesi ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde, Ar (2012) tarafından 2007-2011 yılları arasında Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) tarafından işletilen havalimanlarının etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla; personel sayısı, pist/apron başına uçak kapasiteleri, alan başına yolcu, kapasiteleri, pist/apron başına gerçekleşen uçak trafiği, alan başına gerçekleşen yolcu trafiği, yük trafiği değişkenleri girdi ve çıktı olarak alınmış, çıkan sonuçlara göre etkinlik değerleri incelenmiştir. Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanlarının 2013-2014 yılları arasındaki dönem bazında performanslarının incelenmesi personel sayısı, terminal alanı, yolcu sayısı, yük trafiği, toplam uçak trafiği değişkenleri girdi ve çıktı olarak alınarak Avcı ve Aktaş (2015) tarafından yapılmıştır. Tanyaş ve Düzgün (2015) DHMI tarafından paylaşılan verileri; uçak sayısı, koltuk kapasitesi, yurtiçi taşınan yük miktarı, yurt dışı taşınan yük miktarı, toplam taşınan yük miktarı, yurtiçi taşınan kargo miktarı, yurtdışı taşınan kargo miktarı, havayoluyla taşınan toplam kargo miktarı, yurtiçi hava trafiği, yurtdışı hava trafiği, toplam hava trafiği, yurtiçi toplam yolcu sayısı, yurtdışı toplam yolcu sayısı, toplam yolcu sayısı gibi kriterleri inceleyerek İstanbul'daki havalimanlarının artan talebi karşılamadığını yeni havalimanının yapılmasının gerekliliği sonucuna ulaşmıştır. Avrupa'daki en büyük havalimanlarının Altın, Karaatlı ve Budak (2017) tarafından yolcu sayısı, terminal sayısı, otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanının şehir merkezine uzaklığı, çıkış kapı sayısı ve uçak stand sayısı kriterleri kullanılarak veri zarflama ve çok kriterli karar verme teknikleri ile performansları incelenmiştir. Ömürbek, Demirgubuz ve Tunca (2013) tarafından havalimanlarının performansları, uçuş trafiği, ticari uçuş trafiği, kargo trafiği, yolcu trafiği, satış gelirleri, giderler, hizmet verilen alan, yolcu kapasitesi, otopark kapasitesi, taşıt parkı, apron kapasitesi, uçak kapasitesi, bilgi işlem cihaz sayısı, kurtarma cihaz sayısı, personel sayısı gibi değişkenleri dikkate alarak Veri Zarflama Analizi yöntemiyle incelenmiştir.

Teknolojinin hızla artmasıyla büyük verilerin saklanabilmesi sağlanmıştır. Saklanan tüm bu verilerin anlaşılabilirliği için veri madenciliği kullanılmaktadır. Veri madenciliği ile verilerin ortak özellikleri yardımıyla gruplandırma yapmak mümkündür. Çalışmalar incelendiğinde, Sarıman tarafından (2011) yılında yapılan çalışmada K-ortalama ve K-medoids kümeleme algoritması ile ülkeler özelliklerine göre gruplandırma yapılmıştır.

Eğitim alanındaki veriler kullanılarak öğrencilerin üniversite giriş sınavı sonuçları ile başarıları arasındaki ilişki kümeleme analizi ve K-ortalamar yöntemi kullanılarak incelenmiştir (Erdoğan ve Timor, 2005). Türkiye’de 1997-2006 yıllarında meydana gelen trafik kazaları sonucunda her ilde meydana gelen ölüm ve yaralanma oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu oranlar yardımı ile K-ortalamar ve bulanık K-ortalamar yöntemi kullanılarak kümeleme yapılmış, en yüksek ölüm ve yaralanma yaşanan iller tespit edilmiştir (Atalay ve Tortum, 2010). Fosil kökenli yakıtların çevreye verdiği zarardan dolayı yeni enerji kaynakları arayışları ortaya çıkmıştır. Biyogaz, diğer yakıtlara göre daha temiz ve yüksek enerji kaynağı olmasından dolayı hayvansal atıklarından biyogaz potansiyelini daha sağlıklı hesaplamak için tesisleri K-ortalamar kümeleme ile konularına göre ayırma yapılmıştır (Yürük ve Erdoğan, 2015). Türkiye’deki endüstriyel sektörlerin banka kredilerine göre kümelenmesi K-ortalamar yöntemi ve bulanık K-ortalamar yöntemi ile yapılmıştır (Dönme vd., 2017). Ormanların sağlık kalitesi ve süreklilik göstergelerinden biri olağanüstü hasılat etası olduğu üzerinde durulmuştur. Orman Genel Müdürlüğü’nün verileri kullanılarak K-ortalamar yöntemi ile kümelere ayrılmıştır. Kümeler, her olağanüstü kesim grubu için ele alınmıştır (Çatal ve Carus, 2017).

Literatür incelendiğinde havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Çalış B. vd., 2018). Uçak seferlerindeki rötarları etkileyen faktörler veri madenciliği yöntemlerinden biri olan karar ağaçları yardımıyla analiz edilmiştir. Yılmaz vd. (2017) tarafından Eskişehir’de potansiyel yolcu talebinin ölçülmesi, çapraz havayolu uçuşların gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan veriler karar ağaçları yardımıyla elde edilmiştir. Veri madenciliği ile havaalanı buz çözme faaliyetlerinin havaalanı çevresindeki alıcı suların kimyasal oksijen talebi ve çözülmüş oksijen üzerindeki etkilerini değerlendirmek için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Karar ağacı modelleri havaalanı suyuollarındaki kimyasal oksijen talebi ve çözülmüş oksijen düzeylerini tahmin etmek için kullanılmıştır (Fan vd., 2011). Havalimanının hizmet düzeyinin, yolcu açısından gelecekteki turizm ve iş faaliyetlerini teşvik etme veya cesaret kırma konusunda önemli bir etkiye sahip olabileceği vurgusu geleneksel istatistiksel analizin aksine, yeni bir yöntem ile anket uygulanarak model karar kuralları gerçekleştirilmiştir (Liou vd., 2011). Yolcularının "iki adımlı" karar sürecini içeren havaalanı-havayolu seçimi için iç içe geçmiş bir model geliştirilmiş ve kararlar tahmin edilmiştir (Suzuki, 2007). Ana planlara dayalı geleneksel havaalanı geliştirme yaklaşımları artık yeterli olmamaktadır. Esneklik olası bir çözüm olarak ileri olmuştur. Literatürde konu ile ilgili yeterli çalışma olmaması sebebiyle, Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya’daki 140 havalimanına kümeleme analizi uygulanmış ve bu havalimanlarının 20’si esnek olarak tanımlanmıştır (Magalhaes vd., 2015). Havayolları ve hava taşıyıcılarının performans değerlendirmesi ve süreç iyileştirmesi hizmet faaliyetlerini yönetmek açısından önemlidir. Çok kriterli parametrik olmayan modeller kullanarak 5 tanesi büyük çaplı olmak üzere 44 havalimanının operasyonel verimliliği değerlendirilmiştir. Bu verimlilik puanları, kötü performans gösteren havaalanlarını iyileştirmek için kriterlerin belirlenmesinde, kümeleme yöntemi için kullanılmıştır (Sarkis ve Talluri, 2004). Wang vd. (2009) havalimanlarının altyapı, bakım çizelgeleme gibi konularda önemli rol oynayan altyapı performanslarını baz alan ve kesin olmayan veriler kullanarak gri kümeleme metoduyla değerlendirmişlerdir. Wang ve Xu (2011) havalimanlarının kapasitelerinin ne derece etkin kullanıldığı konusunda belirleyici olan zemin tutma politikalarını değerlendirmek için kümeleme yöntemlerinden yararlanmışlardır. Günün farklı saatleri için farklı değerlerin kullanıldığı çalışma ele alınan havalimanında israfları azaltmıştır. Wang vd. (2011) yeni bir havalimanı kümeleme algoritması sundukları çalışmalarında havalimanlarını uçak trafiğine göre kümelemiştir.

Yapılan bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, Türkiye’de yer alan havalimanlarına odaklanılmış ve bu havalimanları k-ortalamar yöntemiyle kümelendirilmiştir. Böylece Türkiye’de havacılık sektöründe yer alan yöneticilere yardımcı bir kaynak hazırlanması amaçlanmıştır.

3. YÖNTEM

3.1. Veri Madenciliği

Teknolojinin hızla ilerlemesiyle büyük miktardaki verilerin işlenmesi, saklı kalmış bilgilerin açığa çıkmasını sağlayan en önemli yöntemlerden biri veri madenciliğidir. Veri madenciliği, çok büyük miktardaki verilerin depolandığı veri tabanlarından, hedeflerimize ulaşabilmeyi sağlayacak anlamlı verilerin bulunması ve verilerin hedeflerimiz doğrultusunda gelecek hakkında tahmin yapmamamızı sağlayarak kullanılmaktadır. Karar verme alanında kullanılan en sık uygulamalardan biri de veri madenciliğidir. Örneğin; pazarlama, bankacılık, sağlık, bilim ve mühendislik gibi birçok alanda uygulamaları mevcuttur (Savaş vd., 2012). Veri madenciliğinde kullanılan modeller, tahmin edici ve tanımlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tahmin edici modellerde, sonuçları bilinen veriler doğrultusunda bir modelin geliştirilmesi, geliştirilen modele sonucu bilinmeyen veri setlerinin aktarılması ile sonuç değerlerinin tahmin edilmesi gerçekleştirilir. Tanımlayıcı modeller, var olan modellerde örüntülerin tanımlanmasıdır. Veri madenciliği modelleri sınıflama, kümeleme ve birliktelik kuralları olmak üzere üç ana gruptan oluşmaktadır (Özekes, 2003). Sınıflandırma, belli veri setlerinin hangi sınıf veya gruba dâhil olacağını belirlemesidir. Kümeleme, veri setlerinin aralarındaki benzerliklere göre bir araya getirilerek küme oluşturulmasıdır. Birliktelik kuralları ise, veri setindeki potansiyel ilişkilerin ortaya çıkması olarak tanımlanmaktadır (Taşdelen, 2014). Bu çalışmada kullanılan veri madenciliği bir kümeleme uygulamasıdır.

3.1.1. K-Ortalamlar Kümeleme Yöntemi

Kümeleme, veri setlerinin aralarındaki benzerliklere göre bir araya getirilerek küme oluşturulmasıdır. Küme içerisinde üst düzey homojenlik, kümeler arasında ise üst düzey heterojenlik bulunmaktadır (Taşdelen, 2014). Kümeleme için kullanılan yöntemler, birimler arasındaki uzaklıklara dayanan benzerlik veya benzemezlik matrisine göre işlem yapmaktadırlar. Bu nedenle, farklı kümeleme yöntemleri farklı uzaklık ölçülerine göre farklı sonuçlar verebilmektedir. Ayırmaya dayanan kümeleme yöntemleri her veri setinin her bir birimini bir ve yalnızca bir kümeye ayırmaktadır. Böylelikle aşamalı ya da aşamalı olmayan kümeleme yöntemleri her bir birim için kesin karar almakta ve bir kümeye atamaktadır. Sonuçları itibarıyla yaklaşık aynı sonuçları veren kümeleme yöntemlerinde bazı birimlerin farklı kümelerde yer aldığı gözlemlenmektedir (Murat ve Şekerler, 2009). Kümelemede kullanılan yöntemler, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hiyerarşik yöntemlerde küme sayısı önceden bilinmemektedir. Başlangıç olarak her birinde bir birim veya değişken olan tek küme ile başlanmaktadır. Daha sonra benzer kümeler birleştirilerek ve çeşitli yöntemler kullanılarak kümeleme işlemine devam edilmektedir. Hiyerarşik olmayan yöntemlerde ise, başlangıç olarak küme sayısı yaklaşık olarak bilinmektedir. Her bir birim veya değişken en yakın olan kümeye dâhil edilmektedir. Bu sayede, n adet veri nesnesinin k sayıda kümeye ayrılması sağlanmaktadır (Çakır Z. vd., 2016). Bu çalışmada, kümeleme yöntemlerinden biri olan k-Ortalamlar yöntemi kullanılmıştır. Bunun nedeni k-ortalamlar yönteminin az sayıda küme oluşturulacak olan durumlarda hiyerarşik kümelemeye nazaran oldukça hızlı sonuç vermesi ve yöntemin, en çok bilinen kümeleme yöntemlerinden biri olmasıdır. k-Ortalamlar yöntemi, hiyerarşik olmayan bir yapıya sahiptir. Yöntem, 50 yıldan fazladır en çok kullanılan kümeleme yöntemlerinden biri olmuştur. Nesne sınıflandırma, görüntü bölümlenme, makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi uygulamaların dışında, iktisat, pazarlama, müşteri yönetimi, mühendislik araştırmaları gibi birçok alanda çok sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında bulunmaktadır (Pekin vd., 2017).

K-Ortalamlar yöntemi, bir X veri setine n adet veri nesnesinden k adet kümeye ayırma özelliğine sahiptir. Sınıflandırmada k adet kümenin merkezleri bulunmaktadır (Pekin vd., 2017). Özellik vektörleri kendine en yakın olan merkezlerde kümelenebilir. İlk olarak k adet nesne seçmektedir. Bu nesnelerin her biri, bir kümenin merkezini veya orta noktasını temsil etmektedir. Geriye kalan nesnelere her biri kendisine en yakın olan küme merkezine göre kümelere dağılmaktadır. Ardından her küme için ortalama hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değer o kümenin yeni merkezini oluşturmaktadır. Bu işlem tüm veri nesnelerin kümelere yerleşmesi tamamlanuncaya kadar (kümesi belli olmayan nesne kalmayuncaya kadar) devam etmektedir (Murat ve Şekerler, 2009). K-ortalamlar yönteminde nesnelere kümelere ayrılırken denklem 1 ile gösterilen öklit uzaklığı formülü dikkate alınarak kümeleme yapılır.

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{p=1}^m (X_i^p - X_j^p)^2} \quad (1)$$

Denklem 1’de X_1, X_2, \dots, X_n nesnelere, m özellik sayısını, X_i^p ise i nesnesinin p özelliğine ait değerini ifade etmektedir. k-ortalamlar yönteminin adımları kısaca Tablo 1’de gösterilmiştir (Demiralay ve Çamurcu, 2005).

Tablo 1: K-Ortalamlar Yönteminin Adımları

K-Ortalamlar Yönteminin Adımları:	
1	Küme merkezlerini belirlemek için n adet nesne arasından rastgele k adet nesne seçilir. Bu nesnelere küme merkezi olur.
2	Her nesnenin seçilen merkez noktalara olan uzaklığı Denklem 1’e göre hesaplanır. Elde edilen sonuçlara göre her nesne k adet kümeden kendisine en yakın olan kümeye atanır.
3	Kümelerin yeni merkez noktaları o kümedeki tüm nesnelerin ortalama değeri olarak güncellenir.
4	Küme merkezleri sabit kalıncaya kadar adım 2 ve 3 tekrarlanır.

Küme sayısı dirsek yöntemi ile belirlenmiştir. Dirsek yöntemi, k adet küme merkezi ile yürütülmesi tamamlanmış algoritma sonucunda, veriye ait bir grafik eğrisi oluşturularak değerlendirilmektedir (Pinar vd., 2017).

4. ÇÖZÜM VE BULGULAR

Literatür incelenerek çalışmada yer alan kriterler belirlenmiştir. Kriterler, havalimanlarını kullanan yolcu, havalimanlarından taşınan yük, uçuş sayısı olarak belirlenmiştir. Tablo 2’de DHMİ tarafından paylaşılan 2017 Aralık sonu verileri kullanılmıştır. Verilerin analizinde “SPSS 25.0 for Windows” istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

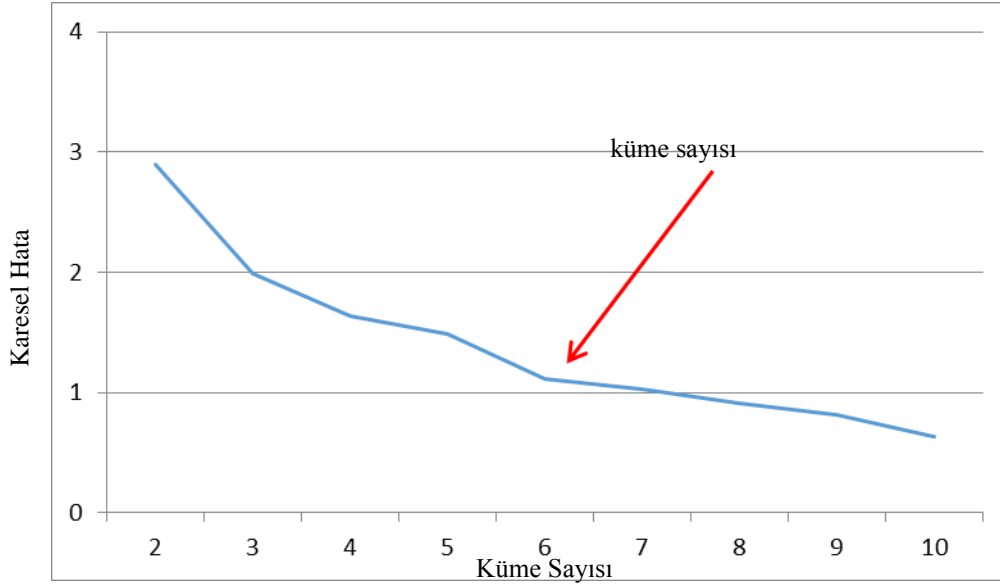
Tablo 2: DHMİ 2017 Aralık Sonu (Kesin Olmayan) Veriler (URL3)

Havalimanları	Tüm Uçak Trafığı		Yolcu Trafığı (Gelen-Giden)		Ticari Uçak Trafığı		Yük Trafığı	
	İç Hat	Dış Hat	İç Hat	Dış Hat	İç Hat	Dış Hat	İç Hat	Dış Hat
İstanbul Atatürk	142.886	317.891	19.450.347	44.277.101	134.735	314.713	203.058	1.899.039
İstanbul Sabiha Gökçen	139.311	80.345	21.056.767	10.329.074	134.572	76.353	137.171	193.698
Ankara Esenboğa	99.682	18.138	13.853.899	1.991.979	91.509	15.237	95.829	33.620
İzmir Adnan Menderes	72.343	17.578	10.469.079	2.354.622	66.095	16.758	87.200	48.481
Antalya	51.928	107.416	7.459.241	18.472.418	49.233	105.935	67.336	228.808
Gazipaşa Alanya	4.140	2.244	475.775	347.463	3.482	2.180	4.624	4.047
Muğla Dalaman	14.479	13.774	1.436.326	2.274.607	10.067	12.741	12.276	29.434
Muğla Milas-Bodrum	20.522	7.997	2.573.498	935.849	17.186	6.074	20.746	11.865
Adana	38.585	6.351	4.963.594	647.406	32.538	5.180	38.035	9.627
Trabzon	26.187	2.911	3.952.764	200.768	25.329	1.561	32.246	4.079
Erzurum	9.838	197	1.366.495	10.420	8.437	82	9.647	354
Gaziantep	16.923	1.863	2.633.359	289.062	15.689	1.793	22.107	4.744
Adıyaman	2.005	17	256.207	1.990	1.838	16	1.882	40
Ağrı Ahmed-i Hani	2.145	8	284.004	451	1.860	4	2.600	0
Amasya Merzifon	1.554	82	215.351	8.905	1.447	71	1.631	200
Aydın Çıldır	20.081	0	0	0	0	0	0	0
Bahkesir Koca Seyit	22.829	120	431.088	9.177	3.176	119	2.961	177
Bahkesir Merkez	134	0	0	0	0	0	0	0
Batman	3.559	25	516.541	2.800	3.254	23	4.872	65
Bingöl	1.480	19	163.220	1.270	1.223	18	1.524	15
Bursa Yenişehir	7.715	382	227.228	24.051	1.722	260	2.070	647
Çanakkale	5.994	100	206.766	12.994	1.429	77	937	135
Çanakkale Gökçeada	196	0	0	0	4	0	32	0
Denizli Çardak	11.030	618	592.167	91.845	4.050	559	4.666	1.557
Diyarbakır	12.763	628	1.982.048	72.999	12.455	621	14.253	971
Elazığ	6.908	227	999.070	28.000	6.532	218	8.337	701
Erzincan	3.376	21	439.611	1.175	2.924	17	3.613	28,54
Eskişehir Hasan Polatkan	4.444	668	2.479	77.462	29	554	128	1.611
Hakkari Yüksekova S.E.	1.251	0	154.795	0	1.189	0	1.438	0
Hatay	7.263	2.303	1.002.715	277.449	6.744	2.259	8.926	4.557
İğdır Şehit Bülent Aydın	1.778	0	247.516	0	1.582	0	2.605	0
Isparta Süleyman Demirel	24.104	606	86.401	103.108	674	606	675	1.553
Kahramanmaraş	2.578	38	297.848	2.615	2.157	17	2.516	61
Kars Harakani	4.104	6	572.891	0	3.622	0	5.290	0
Kastamonu	891	19	89.576	1.754	759	19	612	43
Kayseri	13.238	2.101	1.886.729	260.967	12.404	1.996	16.119	5.973
Kocaeli Cengiz Topel	1.456	37	46.445	2.730	302	19	421	57
Konya	8.531	878	1.099.942	105.764	8.134	840	8.935	2.355
Malatya	7.084	108	880.299	7.168	5.574	61	6.975	157
Mardin	4.226	37	677.734	3.276	4.320	26	6.188	12
Muş	2.992	12	439.767	1.528	2.801	12	3.756	21
Kapadokya	2.677	24	127.158	425	958	5	990	11
Ordu-Giresun	8.119	667	1.109.268	83.857	7.106	663	8.496	1.560
Samsun Çarşamba	11.073	523	1.111.627	40.526	7.789	337	7.353	1.107
Siirt	386	0	22.684	0	300	0	181	0
Sinop	1.374	106	152.230	1.766	1.159	8	1.363	26
Sivas Nuri Demirağ	4.077	80	571.692	6.535	3.698	77	4.846	142
Şanlıurfa GAP	6.131	168	814.025	18.943	5.510	167	5.980	493
Şırnak Şerafettin Elçi	2.452	0	341.047	0	2.144	0	3.020	0
Tekirdağ Çorlu	35.358	565	102.567	1.768	772	95	607	1.209
Tokat	442	0	13.084	0	164	0	88	0
Uşak	1.229	8	0	0	0	0	0	0
Van Ferit Melen	13.799	92	1.662.576	2.353	10.334	20	13.297	62
Zafer	796	188	81.621	21.261	729	184	630	517
Zonguldak Çaycuma	238	249	0	24.904	0	234	66	504

Kümeleme işlemi gerçekleştirilirken yapılan denemeler sonucunda, ele alınan 8 kriterin her birinde oldukça yüksek değerlere sahip olan en büyük 5 havalimanı ayrı tutulmuştur. Bunun nedeni, küme sayısı ne olursa olsun bu havalimanlarının her birinin ayrı kümede yer alarak küme merkezi olmasıdır. Bu da çalışmada daha az kullanılan havalimanlarının incelenmesinde zorluklar çıkarmaktadır. Bu 5 büyük havalimanının elemanları kendi başlarına ayrı bir küme şeklinde düşünülmüştür. Havalimanlarının çıkarılmasıyla elde kalan 50 havalimanı için kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Küme sayısı 2'den başlayarak 10'a kadar artırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Küme sayısı belirlenirken dirsek yöntemi uygulanmıştır.

Dirsek yöntemi, bir veri kümesinde uygun sayıda kümenin bulunmasına yardımcı olmak üzere tasarlanan kümeleme analizi içindeki tutarlılığın yorumlanması ve doğrulanması için bir yöntemdir. Daha doğru kümeleme yapılmasına yardımcı olmaz. Dirsek yöntemi kümeler için karesel hatanın hesaplanması yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yöntemde her bir küme sayısı için karesel hata hesaplanır ve yatay eksene küme sayısı, dikey eksene karesel hata

gelecek şekilde grafiğe yerleştirilir. Karesel hatanın düşük olması kümeleme modelinin daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. Daha sonra grafik incelenir. Grafikte karesel hatanın azalma hızının düştüğü nokta ideal küme sayısı olarak belirlenir. Aşağıda verilen Şekil 1’de çalışmada farklı küme sayıları için elde edilen karesel hatalar grafikte gösterilmiştir. Grafikten de görülebileceği üzere küme sayısı 6 olana kadar karesel hata hızla düşmektedir. 6’dan sonra ise yatay bir seyir izlemekte olan grafikten ideal küme sayısının 6 olduğu anlamı çıkarılabilir. 6’dan sonra artan küme sayısı, karesel hatayı azaltmadığı gibi modelin yorumlanabilirliğini de düşürmektedir.



Şekil 1: Dirsek Yöntemi

Şekil 1’de gösterilen grafik kullanılarak dirsek yöntemi ile küme sayısının 6 olmasına karar verilmiştir. Küme sayısı belirlendikten sonra k-ortalamlar kümeleme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre havalimanlarının hangi kümeler dahil olduğu Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. K-ortalamlar yöntemi ile elde edilen kümeleme sonuçları

	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5	Küme 6	
Gazipaşa Alanya	Erzincan	Kapadokya	Erzurum	Muğla Dalaman	Adana	Trabzon	Aydın Çıldır
Adıyaman	Eskişehir H.P.	Siirt	Denizli Çardak	Muğla Milas			Balıkesir K.S.
Ağrı Ahmed-i Hani	Hakkari Y.S.E.	Sinop	Elazığ	Gaziantep			Isparta S.D.
Amasya Merzifon	Iğdır Ş.B.A.	Sivas N.D.	Hatay	Diyarbakır			Tekirdağ Çorlu
Balıkesir Merkez	Kahramanmaraş	Şırnak Ş.E.	Konya	Kayseri			
Batman	Kars Harakani	Tokat	Malatya	Van Ferit Melen			
Bingöl	Kastamonu	Uşak	Ordu-Giresun				
Bursa Yenişehir	Kocaeli C.T.	Zafer	Samsun Çarşamba				
Çanakkale	Mardin	Zonguldak	Şanlıurfa Gap				
Gökçeada	Muş						

K ortalamlar yöntemi uygulanırken farklı başlangıç noktaları çalıştırılmış ve hatanın en aza indirildiği nokta belirlenmiştir. Kullanılan verilerde aralıkların birbirinden farklı olması nedeniyle normalizasyon uygulanan yöntemde k=2,3,4,5,6,7,8,9,10 değerleri için denemeler yapılmıştır. İdeal küme sayısının 6 olduğu çalışmada, küme 1’de 29, küme 2’de 9, küme 3’de 6, küme 4’de 1, küme 5’te 1 ve küme 6’da 4 havalimanı yer almıştır.

5. SONUÇ

Tablo 3 incelendiğinde, birbirlerine benzerlik gösteren havalimanları K-ortalama kümeleme yöntemi ile 6 kümede gruplandırılmıştır. Türkiye'nin en aktif 5 havalimanının (İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes, Antalya) ayrı olarak değerlendirildiği bu çalışmada, sonuçlar incelendiğinde en kalabalık küme olarak küme 1 karşımıza çıkmaktadır. 29 havalimanının dahil olduğu bu kümeye odaklanıldığı takdirde aktif olarak kullanılan fakat çok fazla rağbet görmeyen havalimanlarının yer aldığı görülmektedir. Çok yoğun uçuşların bulunmadığı bu havalimanlarının işletmelerinde de benzer problemlerle karşılaşılacağı söylenebilir.

Küme 2'de ise ortalama değerlere sahip 9 havalimanı yer almıştır. Küme 2'de yer alan havalimanlarının Elazığ dışında tamamının yer aldığı şehirler, büyükşehir belediyesine sahip şehirlerdir. Ortalama uçuş yoğunluğuna sahip havalimanlarının yer aldığı bu kümede turizmin çok gelişmediğini söylemek hata olmayacaktır. Küme 3'te ise görece yoğun 6 havalimanı yer almıştır. Küme 2 gibi büyükşehir belediyelerine sahip bu kümede Küme 2'ye göre turizmin gelişmiş olduğu şehirler yer almıştır. Küme 4 ve 5 ise Adana ve Trabzon havalimanlarının kendi başlarına küme merkezi olduğu kümelerdir. Bunun nedeni olarak bu 2 havalimanının ele alınan havalimanlarından en aktif olanları olması gösterilebilir. Son olarak Küme 6'da ise aktif olarak işletilmeyen 4 havalimanı yer almıştır. Tüm kümelerin birbirlerinden ayrılırken farklı özelliklere sahip olması çalışmanın doğruluğunu kanıtlar niteliktedir.

6. TARTIŞMA

Ekonominin büyümesine bağlı olarak artan talebin karşılanabilmesi için havalimanlarının sayısının artırılması, var olan havalimanlarının daha etkin ve verimli çalışmasının sağlanması şart olmuştur. İhracat ve ithalat işlemlerinde havayollarının kullanımı oldukça önemlidir. Havalimanları, illerin ve ilçelerin gelişmesini de önemli ölçüde desteklemektedir. Bu çalışmada, konu olarak ülkeler için büyük bir öneme sahip olan havalimanları ele alınmıştır. Havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma olduğu dikkate alınarak, Türkiye'deki 55 havalimanı, DHMİ tarafından paylaşılan veriler doğrultusunda K-ortalama kümeleme yöntemi ile benzer özellikleri değerlendirilerek gruplandırılmıştır. Küme sayısı dirsek yöntemi ile 6 olarak belirlenmiştir. Tablo 3 dikkate alındığında, oluşturulan 6 küme içerisinde yer alan havalimanlarının ele alınan kriterler ve veriler doğrultusunda benzerlik gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır. Günümüzde bu denli öneme sahip olan havalimanları üzerinde daha fazla durulmalı ve çalışmalar yapılmalıdır. Kullanılan kriterlere ek kriterler eklenerek çalışma geliştirilebilir. Literatürde havalimanları ve veri madenciliği uygulamasının yetersiz olduğu görülmekte ve veri madenciliği yöntemlerinden olan kümeleme, sınıflandırma ve karar ağacı gibi uygulamalar yapılarak havalimanları incelenmelidir. Veri madenciliği, gizli kalmış bilgilerin açığa çıkmasına yardımcı olması yönüyle havalimanlarının performansını, müşteri memnuniyetini veya kapasitesini verimli kullanması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sonuç olarak bu çalışmada havalimanları kümelenecek benzer havalimanları tespit edilmiş, ortak sorunlara getirilen çözümlerin benzer havalimanlarında etkin olacağı düşünülerek yöneticilere yardımcı olacak bir kaynak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Altın, F. G., Karaatlı, M., Budak, İ. (2017). "Avrupa'nın En Büyük 20 Havalimanının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(4), ss.1049-1064.
- [2] Ar, İ. M. (2012). "Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi: 2007- 2011 Dönemi İçin Malmquist-Tfv Endeksi Uygulaması", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(3-4), ss.143-160.
- [3] Atalay, A., Tortum, A. (2010). "Türkiye'deki İllerin 1997-2006 Yılları Arası Trafik Kazalarına Göre Kümeleme Analizi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), ss. 335-343.
- [4] Avcı, T., Aktaş, M. (2015). "Türkiye'de Faaliyet Gösteren Havalimanlarının Performanslarının Değerlendirilmesi", Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 7(3), ss.67-77.
- [5] Çakır Zeytinoglu, F., Çağlayan Akay, E., Karabıyık Yerden, N. (2016). "İstanbul'daki Alışveriş Merkezleri Üzerine Bir Araştırma: Kümeleme Analizi", Social Sciences Research Journal, 5(1), ss.111-128.
- [6] Çalış Boyacı, A., Durmaz, K. İ., Gencer, C. (2018), "Uçak Seferlerindeki Rotaları Etkileyen Faktörlerin Analizi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi",11(18), ss.179-190.
- [7] Çatal, Y., Carus, S. (2017), "Kümeleme analizi ile orman bölge müdürlüklerinin olağanüstü hasılat etasına göre sınıflandırılması", Türkiye Ormancılık Dergisi, 18(2), ss.119-124.

- [8] Demiralay, M., ve Çamurcu, A. Y. (2005). "Cure, agnes ve k-means algoritmalarındaki kümeleme yeteneklerinin karşılaştırılması". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(8), 1-18.
- [9] Dönme, C. Ç., Hopali, E., Hamal, S. (2017), "Endüstri Sektörlerinin Ekonomik Açısından Kümeleme Analizi: Türkiye Uygulaması", Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 16(63), ss.1081-1091.
- [10] Erdoğan, Ş. Z., Timor, M. (2005), "A Data Mining Application in A Student Database. Journal of Aeronautics and Space Technologies", 2(2), ss.53-57.
- [11] Fan, H., Tarun, P. K., Shih, D. T., Kim, S. B., Chen, V. C., Rosenberger, J. M., Bergman, D. (2011), "Data mining modeling on the environmental impact of airport deicing activities", Expert Systems with Applications, 38, ss.14899-14906.
- [12] Gökdalay, M. H., Evren, G. (2009), "Havaalanlarının performans analizinde bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımı". itüdergisi/d mühendislik", 8(6), ss. 157-168.
- [13] Liou, J. J., Tang, C.-H., Yeh, W.-C., Tsai, C.-Y. (2011), "A decision rules approach for improvement of airport service quality", Expert Systems with Applications, 38, ss.13723-13730.
- [14] Magalhaes, L., Reis, V., Macario, R. (2015), "Can flexibility make the difference to an airport's productivity? An assessment using cluster analysis", Journal of Air Transport Management, 47, ss. 90-101.
- [15] Murat, Y. Ş., Şekerler, A. (2009), "Trafik Kaza Verilerinin Kümeleme Analizi Yöntemi ile Modellenmesi", İMO Teknik Dergi, 311, ss.4759-4777.
- [16] Ömürbek, N., Öksüz Demirgubuz, M., Tunca, M. Z. (2015), "Hizmet Sektöründe Performans Ölçümünde Veri Zarflama Analizinin Kullanımı: Havalimanları Üzerine Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 4(9), ss.21-43.
- [17] Özkes, S. (2003), "Veri Madenciliği Modelleri ve Uygulama Alanları", İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi, 2(3), ss.65-82.
- [18] Pekin, M. A., Kahraman, O., Coşkun, M. (2017), "K-Ortalamlar Yöntemi İle Sıcaklık ve Yağış Bakımından Türkiye'deki Homojen Bölgelerin Belirlenmesi", IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017, 4-7 Temmuz, İstanbul, ss. 1-9
- [19] Pınar, M., Okumuş, O., Turgut, U. O., Kalıpsız, O., Aktaş, M. S. (2017), "Büyük Veri İçeren Öneri Sistemleri İçin Hiperparametre Optimizasyonu", Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu, ss. 22-272.
- [20] Sarıman, G. (2011), "Veri Madenciliğinde Kümeleme Teknikleri Üzerine Bir Çalışma: K-Means ve K-Medoids Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırılması", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(3), ss.192-202.
- [21] Sarkis, J., Talluri, S. (2004), "Performance based clustering for benchmarking of US airports", Transportation Research Part A, 38, ss.329-346.
- [22] Savaş, S., Topaloğlu, N., Yılmaz, M. (2012), "Veri Madenciliği ve Türkiye'deki Uygulama Örnekleri", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(21), ss.1-23.
- [23] Suzuki, Y. (2007), "Modeling and testing the "two-step" decision process of travelers in airport and airline choices", Transportation Research Part E 43, ss.1-20.
- [24] Tanyaş, M., Düzgün, M. (2015), "İstanbul Üçüncü Havalimanı (IGA)'nın Türkiye İçin Önemi ve Geniş Çaplı Bölgesel Hava Trafik Üzerindeki Etkisi", Loder Dergisi, 33, ss.37-45.
- [25] Tanyaş, M., (2014), "İstanbul Lojistik Sektör Analizi Raporu", Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği Loder Dergisi.
- [26] Taşdelen, A. (2014), "Veri Madenciliği Yöntemleri İle Mühendislik Fakültesi Uzaktan Eğitim Bölümlerinin Analizi: Karabük Üniversitesi", Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- [27] URL1, Emre İpekci, (2016), Havayolu Taşımacılığı, <http://www.emreipekci.com/havayolu-tasimaciligi-html/> 19 Şubat 2018 tarihinde erişildi.

- [28] URL 2, SPSS Tutorial, SPSS, <https://www.mvsolution.com/wp-content/uploads/SPSS-Tutorial-Cluster-Analysis.pdf>, 20 Kasım 2017 tarihinde erişildi.
- [29] URL3, DHMİ, (2017), 2017 Aralık Sonu (Kesin Olmayan) Veriler, <http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx> 19 Şubat 2018 tarihinde erişildi.
- [30] Wang, G., Cai, L., Shao, B., Chong, X., Hao, W., & Xu, F. (2009). Comprehensive evaluation model of grey fixed weight clustering for airport pavement service performance. In International Conference on Transportation Engineering, ss. 984-989.
- [31] Wang, L., Taylor, C., & Wanke, C. (2011). An airport clustering method for air traffic flow contingency management. In 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference s. 6862
- [32] Wang, F., & Xu, X. H. (2011). Mixed clustering algorithm of airport capacity in stochastic GHP model. Journal of Traffic and Transportation Engineering,1 (1), ss 1-12.
- [33] Yürük, F., Erdoğan, P. (2015), "Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilebilecek Biyogaz Potansiyeli ve K-means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi", İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1), ss.47-56.

TARIM-GIDA TEDARİK ZİNCİRİNDE ORTAKLAŞA PLANLAMA, TAHMİN ve İKMAL YAKLAŞIMI

Atiye Tümenbatur¹, Mehmet Tanyaş²

¹ Maltepe Üniversitesi Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, Türkiye, atumenbatur@gmail.com

² Maltepe Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, mehmettanyas@maltepe.edu.tr

ÖZET

Tarım sektörü üretim ve/veya dağıtım aşamasında yapılan bir hatanın anlaşılmasının çok zor ve bazen de olanaksız olduğu bir sektördür. Ayrıca hatayı düzeltmek uzun süre alabilmekte ve maliyeti yüksek olabilmektedir. Tarım-Gıda zinciri tarladan sofraya fiyatların birkaç kat arttığı bir zincirdir. Üretim yerinde düşük olan tarım ürünleri fiyatı, tüketiciye gelene kadar önemli ölçüde artmakta ve bu durum enflasyon oranını da artırmaktadır. Enflasyonu düşürmenin yollarından biri zincir boyunca verimliliği yükseltmektir.

Değişken hava şartları, ürünlerin bozulabilirliği, gıda güvenliği koşulları, plansızlık, hatalı üretim ve dağıtım sistemleri, tüketicilerin sürekli değişen yaşam tarzı eğilimleri, çevresel kaygılar ve sektördeki paydaşların çokluğu, tarım sektörü için sağlam tedarik zincirlerinin geliştirilmesinde önemli zorluklar oluşturmaktadır. Tarım-gıda tedarik zincirinde pazarın istekleri çok önemli bir kavram olup önce üretim anlayışından önce pazar anlayışına geçen talep odaklı bir tedarik zinciri modelinin uygulanması gereklidir. Çekme esaslı bir tarım-gıda tedarik zincirinin kapsamı çok sayıda kararın ortaklaşa alınmasını gerektirir. Tedarik zincirinin sonundaki tüketim talebinin etkin bir şekilde belirlenmesi girdi gereksinimlerinin hesaplanmasında başlıca etmendir. Bu bağlamda ekonomik sipariş ve üretim miktarlarının belirlenmesi, entegre talep ve arz planlamasının yapılması zincirin verimliliğini artırarak tarımda sürdürülebilirliği sağlayacaktır.

Tarım-Gıda tedarik zincirinde tedarikçi, üretici, komisyoncu, tüccar, gıda üreticisi, market, manav, pazarcı gibi çok sayıda paydaş bulunmaktadır. Talep odaklı bir tedarik zinciri için bu paydaşların işbirliği ve birlikte hareketi son derece önemlidir. Bu bildiride tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması ve etkin bir değer zinciri oluşturulabilmesi amacıyla entegre talep ve arz planlama uygulaması için Ortaklaşa Planlama, Tahmin ve İkmal (CPFR) yöntemi uygulanacaktır. CPFR, müşteri talebinin planlanması ve yerine getirilmesinde paydaşların iş birliğine dayalı zekasını birleştiren bir uygulamadır. Temel adımları; tedarikçi, üretici ve lojistik işletme arasında ortaklaşa ilişki anlaşmalarının oluşturulması, söz konusu şirketlerin rollerinin, hedeflerinin ve taktiklerinin tanımlandığı ortaklaşa iş planının belirlenmesi, tüketiciden hareketle satış tahminlerinin oluşturularak zincirdeki şirketlerle paylaşılması, satış tahmini dışında kalan farklı durumların ortaklaşa belirlenmesi ve çözümlenmesi, taraflar arasındaki satın alma sipariş tahminlerinin oluşturulması, meydana gelen farklılıkların belirlenmesi ve çözümlenmesi ile satın alma siparişinin oluşturulmasıdır. Bu adımlar tarım-gıda tedarik zinciri için belirlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Ortaklaşa Planlama, Tahmin ve İkmal, Tarım Sektörü, Tedarik Zinciri Yönetimi.

COLLABORATIVE PLANNING, FORECASTING AND REPLENISHMENT APPROACH FOR AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN

ABSTRACT

The agricultural sector is a sector where it is very difficult and sometimes impossible to understand the mistake made in the production and / or distribution phase. In addition, the correction of errors takes a long time and the costs associated with it are rising. The agriculture-food chain is a chain that is a few times higher than the prices of agricultural products. The price of agricultural products, which are low at the production site, is increasing significantly as the consumption of agricultural products and this situation increases the inflation rate. One way to reduce inflation is to increase productivity along the chain.

Variable weather conditions, perishability of the product,, food safety conditions, unplanned, faulty production and distribution systems, ever-changing lifestyle trends of consumers, environmental concerns and the multiplicity of stakeholders in the sector pose significant challenges in the development of robust supply chains for the agricultural sector. In the agri-food supply chain, the desire of the market is a very important concept and it is necessary to implement a supply chain model which is demand-focused before the understanding of production. Pull-based supply chain requires a plurality of decisions to be taken jointly. The main factor in calculating input requirements is the efficient identification of consumption claims at the end of the supply chain. In this context, determining the economic order and production quantities, carrying out the integrated demand and supply planning will increase the efficiency of the chain and ensure sustainability in agriculture.

In the agri-food supply chain, there are many stakeholders such as suppliers, producers, brokers, traders, food producers, grocers, groceries, and marketers. For a demand-driven supply chain, the collaboration and co-operation of these stakeholders is crucial. In this declaration, Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) method will be applied for integrated demand and supply planning application in order to ensure sustainability in agriculture and establish an effective value chain. CPFR is an application that combines the intelligence based on the business combination of the stakeholders in the planning and fulfillment of the customer request. Basic steps; establishing partnership agreements between suppliers, producers and logistics enterprises, determining the joint business plan defined by the roles, targets and tactics of the companies in question, creating sales estimates with consumer movement and sharing them with the companies in the chain, jointly identifying and resolving different situations other than sales forecasting, creation of order estimates, determination and resolution of the differences in the order, and creation of the purchase order. These steps will be determined for the agri-food supply chain.

Keywords: Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, Agriculture Sector, Supply Chain Management.

1. GİRİŞ

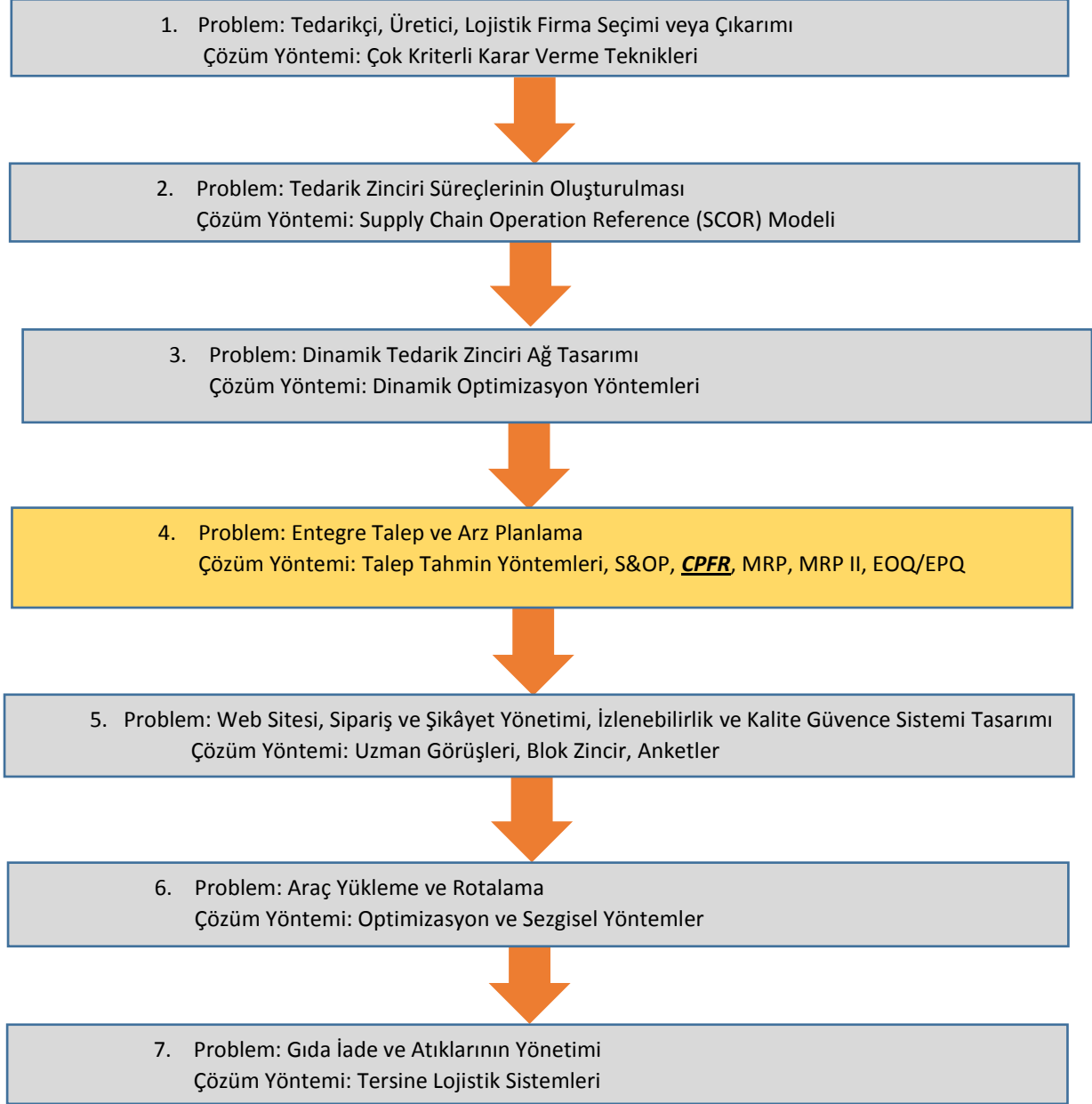
Tarım sektörü hem istihdam yaratması hem de dış ticaret işlemlerinde önemli bir paya sahip olmasından dolayı ülke ekonomisine olumlu etkisi fazladır. Gelişmiş ülkelerin tarımsal ihracatlarını artırma hedefleri yanında, gelişmekte olan ülkelerin tarımı kalkınmada öncelikli sektör olarak görmeleri tarım sektörünün ne denli stratejik bir sektör olduğu gerçeğini gün geçtikçe daha açık şekilde ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliği, ülkelerin arz güvenliği ve tarımsal üretim stratejilerini tehdit etmektedir. Bu değişim ve gelişmelere paralel olarak gıda güvenliğinde öncelikli olarak yeterli tarımsal üretim, sürdürülebilirlik, kalkınma ve ekolojik dengeyi koruyan politikalar ön plana çıkmaktadır (TGHB,2013).

Toprağın tarım amaçlı yoğun olarak ekimi, küresel ısınma, su yetersizlikleri ve özellikle hatalı tarım uygulamaları sonucunda, dünyada toprak verimliliği (üretkenliği) her geçen sene önemli oranda azalmaktadır. Toprak verimlilik vasfını yitirdiğinde, özellikle su ve rüzgâr erozyonundan ciddi oranlarda etkilenmeye başlamaktadır. Bu unsurlar sonucu, üretimde kullanılan gübre, pestisit, su gibi girdilerin verimlilikteki azalışına paralel olarak üreticiler de gelir kayıpları ile karşı karşıya kalmaktadırlar (Interagency Report, 2012).

Tarımsal ürünler insan yaşamında önemli yeri olan ürünlerdir. Beslenme için temel gıda maddeleridir. Doğal olarak sağlıklı beslenme için bu ürünlerin uygun koşullarda yetiştirilmesi, toplanması, muhafaza edilmesi ve tüketicilere ulaştırılması gerekmektedir. Tarım sektörünün temel hedeflerinden biri diğeri de gıda güvenliğinin sağlanmasıdır. Sağlıklı beslenme için önemli bir yere sahip olan yaş sebze ve meyvelerde gıda güvenliği ve hijyen konularının son dönemlerde ön plana çıktığı görülmektedir. Gıda güvenliğinde amaçlanan, gıda maddelerindeki bozulmaların önlenmesi ve raf ömürlerinin uzatılmasıdır. Taze sebze meyveler, gıda sektöründe raf ömrü kısa olan ürünler içinde yer almaktadır ve belli bir süre içinde tüketilmesi gerekir. Bundan dolayı, ürünlerin tüketiciye hızlı bir şekilde, yeterli miktarda ve aynı kalitede ulaştırılması büyük önem taşımaktadır. Çabuk bozulabilir nitelikte olan bu ürünlerin, en ekonomik yollarla tüketiciye ulaştırılması, depolanması, fiziksel etkenlerden korunması için uygun ambalajlarla dağıtım kanalı içinde hareketi sağlanmalıdır.

Tarım-Gıda tedarik zincirinde tedarikçi, üretici, komisyoncu, tüccar, gıda üreticisi, market, manav, pazarcı gibi çok sayıda paydaş bulunmaktadır. Talep odaklı bir tedarik zinciri için bu paydaşların iş birliği ve birlikte hareketi son derece önemlidir. Bu bildiri kapsamında tarım ürünlerinin taze, hızlı ve düşük fiyattan elde edilebilmesi için öngörülen bütünsel tedarik zinciri kavramsal modelinin iş akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.

Bu bildiride Tarım-Gıda tedarik zinciri için kavramsal bir Ortaklaşa Planlama, Tahmin ve İkmal (CPFR) modeli geliştirilmiştir. Bölüm ikide konu ile alakalı literatür araştırması özetlenmiştir. Bölüm üçte CPFR yaklaşımı açıklanmıştır. Bölüm dördte CPFR'ın Tarım-Gıda Tedarik Zincirine uygulanmasına yönelik kavramsal bir model oluşturulmuştur. Beşinci bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.



Şekil 1 Önerilen Metodolojinin Akış Diyagramı

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Web Of Science, Science Of Direct, Scopus, 2000-2017 yılları için “agricultural supply chain, agricultural supply chain management, agricultural logistics, agri-food supply chain, food supply chain, traceability in agriculture, CPFR, tarımda sürdürülebilirlik, tarımda izlenebilirlik, tarım ürünleri tedarik zinciri, tarım ve gıda lojistiği” kavramları ile taranmış olup Tarımsal Ürünler ve Tarımsal Ürünlerin Tedarik Zinciri ilgili rapor, makale ve konferans bildirileri bulunmuştur. Aşağıda Tablo 1’de bu bildiri ile ilgili 10 adet çalışmanın özeti bulunmaktadır.

Tablo 1. Literatür Araştırması

No	Yazar (lar) ve Tarih	Ele Alınan Problem	Çözüm Yöntemi	Kısa Özeti
1	Tsolakis vd, (2014)	Tarımsal gıda tedarik zincirlerinin tasarımı ve yönetimi için kapsamlı bir hiyerarşik karar verme çerçevesi oluşturması ve sınıflandırması	Kavramsal Çalışma	Tarımsal Gıda Tedarik Zincirinin tasarım ve planlanmasında karar verme sürecinin hiyerarşisi tanımlanarak hiyerarşik karar alma kademeleri stratejik, taktiksel ve operasyonel seviyelerinde belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır.
2	Lusine H. Aramyan vd, (2007)	Tarımsal gıda tedarik zincirinde tedarik zinciri performans ölçümü için oluşturulan yeni kavramsal modelin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi.	Kavramsal Çalışma Vaka Çalışması	Entegre bir performans ölçüm sisteminin çerçevesi oluşturulmuş ve yetiştiriciden perakendeciye kadar tüm zinciri kapsayan Hollanda-Almanya domates tedarik zincirinde değerlendirilmiştir.
3	Omar Ahumada vd, (2011)	Tarımsal ürünlerin üretimi ve dağıtımına yönelik stokastik bir model geliştirme.	Stokastik Model	Üreticilere sağlam planlar geliştirmeleri için araçlar sunmayı amaçlayan bu modelleme yaklaşımında ilk aşamadaki kararlar ikinci aşamadaki belirsizlik sonuçlarını karşılayacak şekilde iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. Karma tam sayılı bir doğrusal programlama modelinin uygulanabilirliğini test etmek için Meksika'da taze ürün üreticileri ile bir vaka çalışması yapılmıştır.
4	Fang Du X. Vd. (2009)	Tarımsal ürünler için bir tedarik modeli geliştirmek için CPFR modeli için yeni bir çerçeve oluşturmak	n-Katmanlı CPFR Tedarik Modeli Uygulaması	İki kademeli bir tedarik zincirini çok kademeli bir tedarik zincirine uzatarak n-katmanlı bir CPFR modeli oluşturulmuş ve iş birliğine dayalı ulaşım kavramı modele entegre edilmiştir. Son olarak bir vaka çalışması ile analiz edilerek modelin etkinliği doğrulanmıştır.
5	Taylor D., (2006)	Talep yönetim sistemlerinin analizi ve talepleri karşılamak için kullanılan bilgi kanallarının ve prosedürlerinin yapısının ve etkinliğinin ölçülmesi	Vaka Çalışması	İngiltere'de tarım-gıda faaliyetinde bulunan şirket ve çiftçilerle yapılan anketler genişletilmiş değer analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Talep yönetiminde bilginin yönetiminin önemi vurgulanmıştır.
6	Yan B., vd (2016)	Tarımsal ürünlerin tedarik zincirinde yetersiz ve düşük kaliteli bilgi sorununu çözmeye yönelik IoT temelli bilgi paylaşımının incelenmesi.	Bilgi Paylaşım Modeli	İlk olarak tarımsal ürünlerin tedarik zincirindeki IoT uygulama modeli oluşturulmuş ve IoT' nin bilgi paylaşımında önemli rol oynayan bir EPCIS sistemi tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Buna ek olarak, EPCDS ile bilgi kayıt işlemi, ONS ile tarımsal ürünlerin bilgi sorguları incelenmiştir.
7	Lusine H. Aramyan vd, (2006)	Tarımsal tedarik zincirlerinin performansını ölçmek için kavramsal çerçeve oluşturulması.	Kavramsal Çalışma	Tedarik zincirlerinin performansını ölçmek için kullanılan model ve yöntemler gözden geçirilmiş ve bu bilgiler altında tarım-gıda tedarik zinciri performans göstergelerinin kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur.

Tablo 1'in Devamı.

8	Bao L., vd., (2012)	Meyve sebze için e-ticaret platformuna dayanan tedarik zinciri yönetimi stratejisinin oluşturulması.	Kavramsal Çalışma	Meyve ve sebzelerin anlaşmaya dayalı dolaşımının iş süreçlerinin gereklilik analizi ile, meyve ve sebze tarımsal ürünlerinin tedarik zinciri yönetimi için e-ticaret hizmet platformu tasarlanmış ve uygulanmıştır.
9	Ali J., Kumar S., (2011)	Çiftçilerin Sosyo-demografik profiline uygun bilgi ve iletişim teknolojilerinin tasarlanmasının önemi ele alınmıştır.	e-Choupal Model	Hindistan'da bir tütün şirketi üzerinde vaka çalışması yapılmış ve Hintli çiftçilerin karar verme yeteneklerini geliştirmede bilgi ve iletişim teknolojisi kullanarak bilgi paylaşımının rolünü ampirik olarak analiz etmişlerdir.
10	Folinas D., vd. (2013).	Gıda tedarik zincirinde yeşil tedarik zinciri ve lojistik yönetimi girişimlerini desteklemek için yalın düşünme araçlarının uygulanmasına ilişkin bir perspektif oluşturmak.	Değer Akışı Haritalama(VSM) Modeli	Tarımsal tedarik zincirindeki değer yaratmayan seviyeleri belirlemek için temel bir yalın düşünme aracı olan VSM modelinin uygulanmış ve tarımsal yeşil tedarik zincirinin oluşturulması için etkin ve verimli bir araç olabileceğini belirtmişlerdir.

3.ORTAKLAŞA PLANLAMA TAHMİN ve İKMAL MODELİ

Tedarik zincirinin entegrasyonu için müşteri firmanın tedarikçi firmaya tahmin değerlerini ilettiği geleneksel planlamadan ortaklaşa planlamaya dayalı tedarik zinciri odaklı planlama yaklaşımının uygulanması gerekmektedir. Tedarik zinciri odaklı planlama yaklaşımında kullanılan başlıca yöntem CPFR yöntemidir. CPFR yöntemi, arz ve talep tarafları arasındaki farklılıkları azaltmak için Endüstriler Arası Ticaret Standartları Gönüllüleri Derneği (VICS-Voluntary Inter-Industry Commerce Standards) tarafından geliştirilen bir iş süreç modeli olarak dokuz adıma yoğunlaşmaktadır (Şekil 2). Her adımda ortaklaşa çalışmayı hedefleyen tarafların yapması gerekenleri aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür:

Adım 1- Ortaklaşa İlişki Anlaşmasının Oluşturulması: Tedarikçi, üretici, lojistik işletme, distribütör ve perakende ilişkileri için kuralları ve ilkelerin oluşturulması, iş birliğinin başlangıç aşaması olarak hedefler ve gizlilik anlaşmalarının hazırlanması. Tedarik zinciri performansını ölçmek amacıyla skor kart oluşturulması ve teşviklerin belirlenmesi.

Adım 2- Ortaklaşa İş Planının Oluşturulması: İş birliği yapan paydaşların rollerinin, stratejilerinin, kapasitelerinin ve hedeflerinin tanımlanması. Promosyonlar, stok politikaları, yeni ürün geliştirme, satış noktası açma ve kapama vb konularda planlar oluşturmak üzere proje takımının oluşturulması.

Adım 3- Satış Tahminin Oluşturulması: Satış noktası verileri ve diğer bilgiler kullanılarak iş planı boyunca izlenebilen bir satış tahmini oluşturulması.

Adım 4- Satış Tahminindeki Farklılıkların Belirlenmesi: Paydaşların satış tahmini dışında kalan istisnaları belirlemesi.

Adım 5- Satış Tahmini Farklılıklarının Ortaklaşa Çözülmesi: Paydaşların istisnaları çözerek tek ve düzeltilmiş satış tahmini oluşturması.

Adım 6- Sipariş Tahminlerinin Oluşturulması: Paydaşların belirledikleri satış tahmin verilerinden hareketle zincir stoklarını ideal düzeyde tutan ve kapasiteleri verimli kullanan birbirleri arasındaki ikmal planlarını oluşturması.

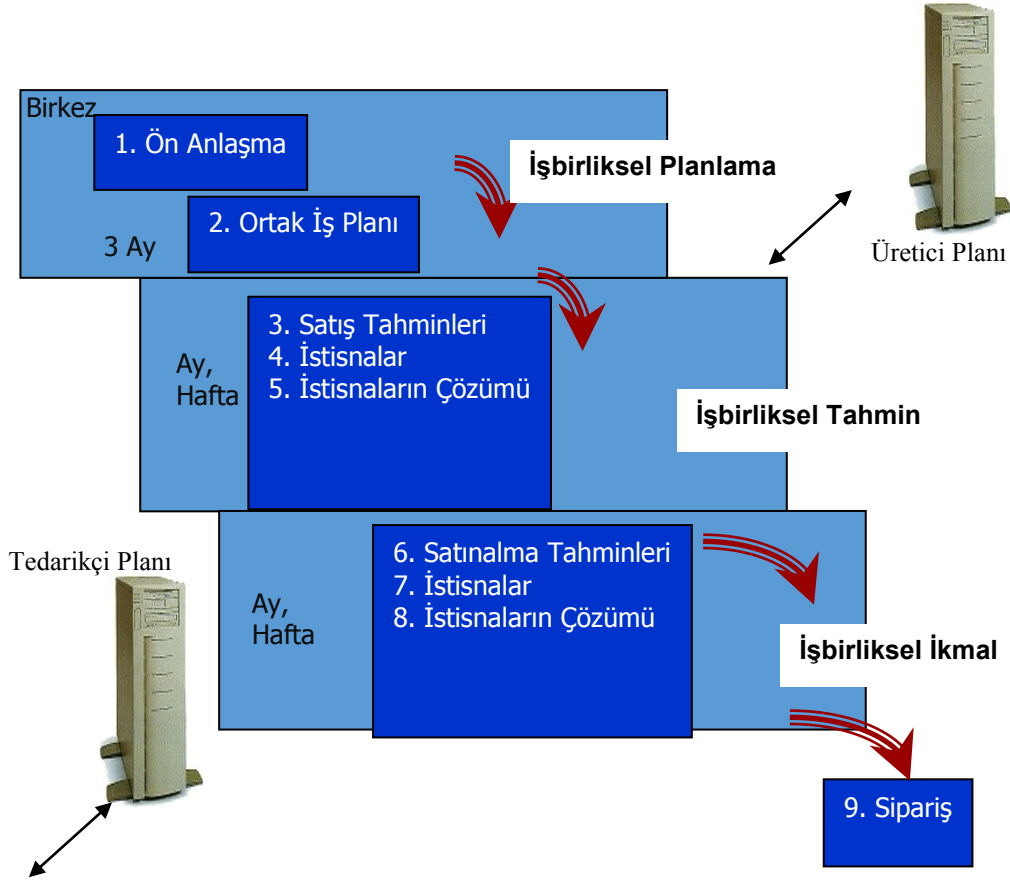
Adım 7- Sipariş Tahminindeki Farklılıkların Ortaklaşa Belirlenmesi: Paydaşların İkmal planı dışında kalan istisnaları belirlemesi.

Adım 8- Sipariş Tahminindeki Farklılıkların Ortaklaşa Çözülmesi: Paydaşların istisnaları çözerek tek ve düzeltilmiş ikmal planı oluşturması.

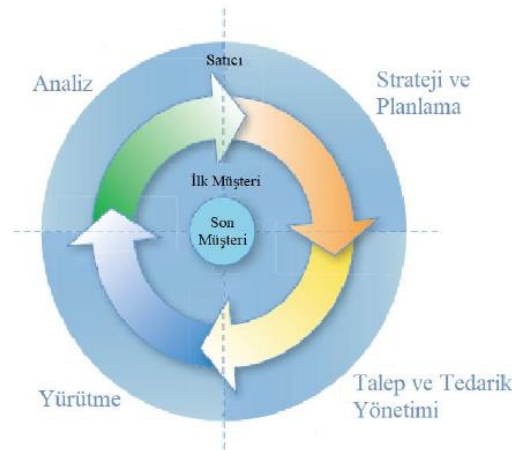
Adım 9- Sipariş Oluşturulması: Bütün kurallar ve sorumlulukların yerine getirilmesinden sonra, siparişlerin oluşturulması, gerçekleşen verilerin paylaşılması, tahmin tutarsızlığı problemlerinin belirlenmesi, performans göstergelerinin taraflarca paylaşılması.

CPFR referans modeli, tedarik zinciri paydaşları arasındaki işbirliği için tanımlanan dört ana görev alanını içermektedir (Şekil 3) Bunlar; strateji ve planlama, arz ve tedarik yönetimi, yürütme ve analizdir.

CPFR uygulamasında yukarıda belirtilen dört ana görev çerçevesinde, tedarik zincirindeki tüm üyeler talep tahmininden, stok ve üretim planlamaya kadar olan tüm süreçleri, birbirleri ile iletişim halinde ve iş birliği içerisinde gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte, CPFR modeli mevcut piyasa dinamiklerine etkili bir şekilde hitap edebilmek ve sorunsuz çok kanallı tüketici deneyimi yaşatmaya yardımcı olmak için GS1 tarafından yenilenmiştir. CPFR'ın yol gösterici ilkelerine uygun olarak yeniden tasarlanan CPFR 2.0, temel iş süreçlerini daha etkili bir iş birliği ile senkronize ederek bugün şirketler tarafından karşılaşılan zorlukları ve fırsatları değerlendirmeyi kolaylaştırmak üzere düzenlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. CPFR Dokuz Adım Kılavuzu (Tanyaş, 2017)



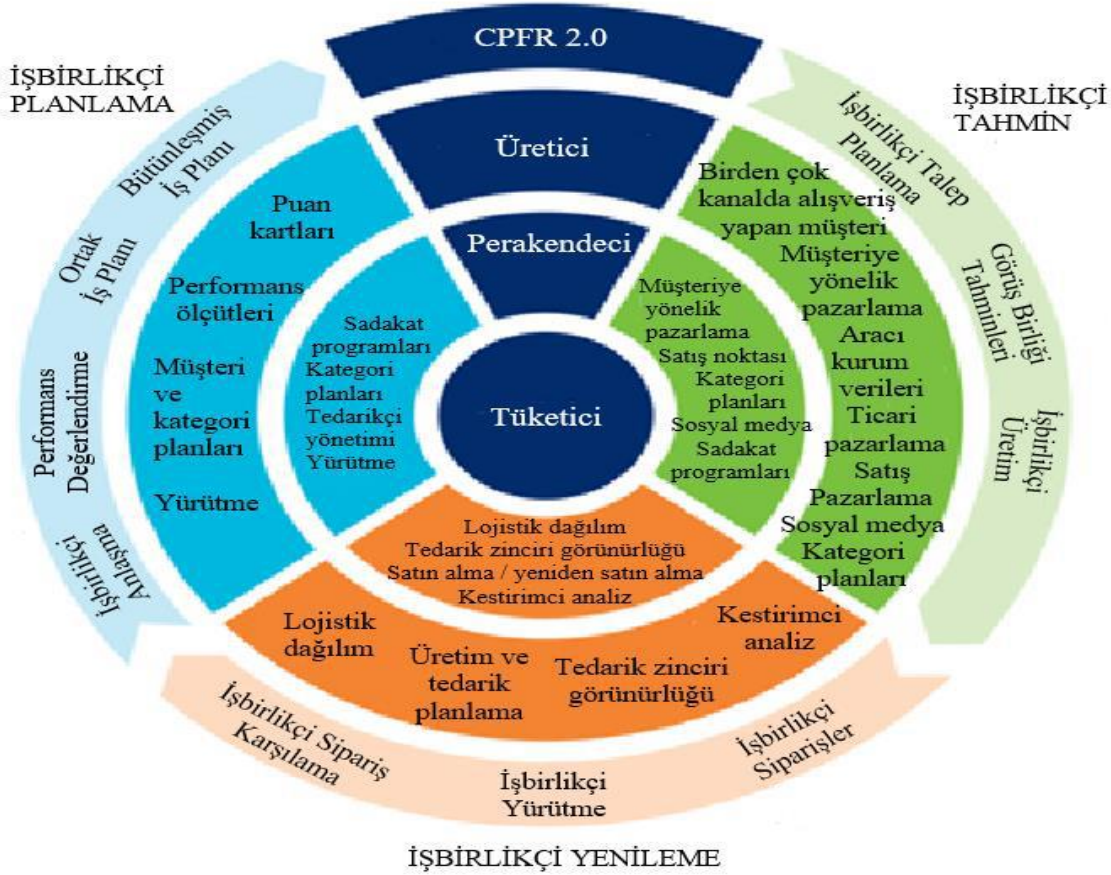
Şekil 3. CPFR Modeli (VICS, 2004)

Sürekli değişen tüketici davranışlarına paralel olarak teknolojinin ortaya çıkışı ve yakınsaması, endüstrinin müşterilere etkili bir şekilde tahmin ve tepki vermesi için çabucak adapte olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bundan dolayı geliştirilen bu modelde mevcut durumdaki ürün ve teknolojiler ile müşteri ihtiyaçları bir araya getirilmiştir. Bu şekilde;

- Tüketicilerle etkileşim kurmanın ve öğrenmenin yeni yollarını bulma,
- Ürün geliştirme ve çözüm oluşturma,
- Arz ve talebi eşleştirmek için yeni yolları bulma,
- Ürün dağıtımı ve servis hizmetleri için çözüm önerileri geliştirme,
- Yeni değerler yaratmak

gibi konularda gelişim sağlanması amaçlanmıştır (Blackburn vd.,2014).

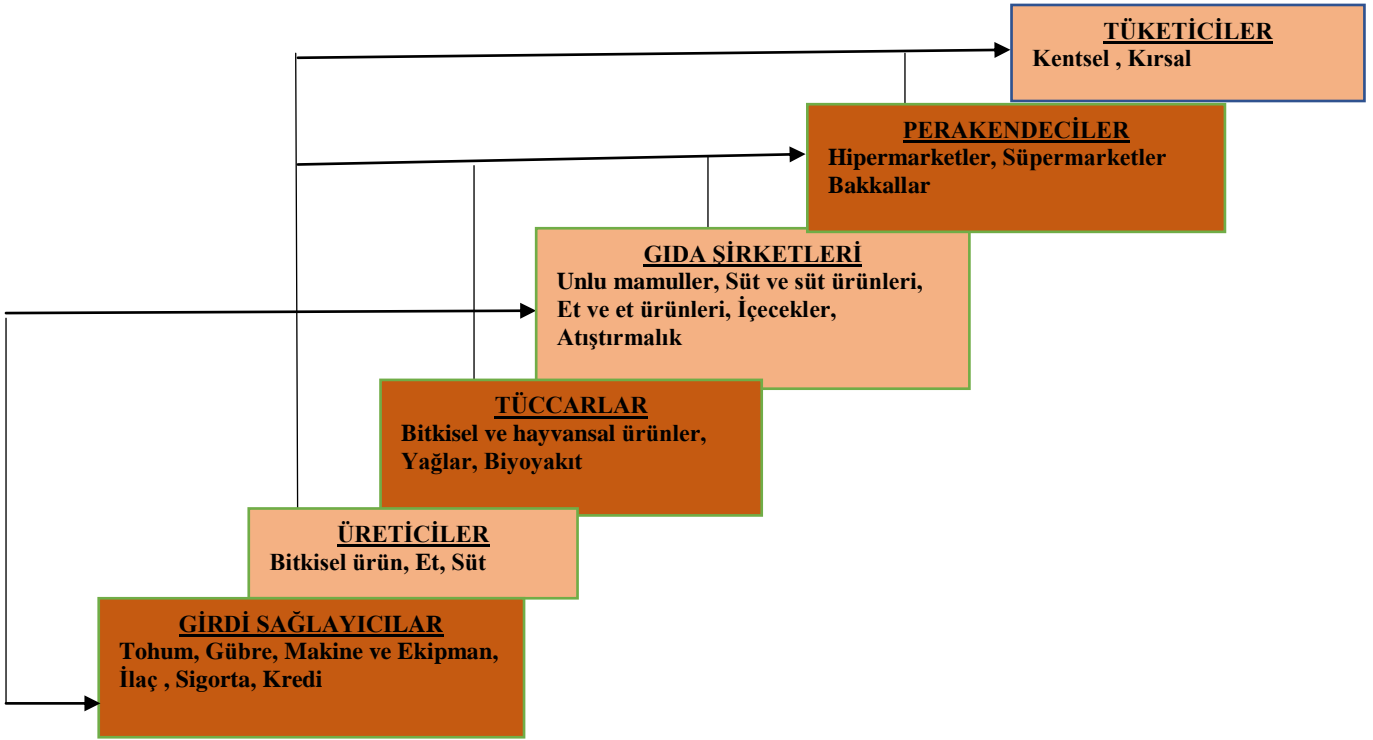
Sonuç olarak, geliştirilmiş olan CPFR 2.0 modeli, büyük veriyi, gelişen teknolojiyi, yeni müşteri modellerini ve perakende gerçeklerini takip ederek bunlardan faydalanmaktadır. Bu şekilde bilgi akışı geliştirilerek daha verimli bir zincir oluşturulabilmektedir.



Şekil 4. Ortaklaşa Planlama, Tahmin ve İkmal Modeli CPFR 2.0 (Blackburn vd.,2014)

4. TARIM-GIDA TEDARİK ZİNCİRİ ORTAKLAŞA PLANLAMA TAHMİN ve İKMAL MODELİ

Tarım-gıda tedarik zincirinin entegrasyonu için müşteri firmanın tedarikçi firmaya tahmin değerlerini iletmediği geleneksel planlamadan, ortaklaşa planlamaya dayalı tedarik zinciri odaklı planlama yaklaşımının uygulanması gerekmektedir. Tarım ve gıda değer zinciri Şekil 5’de verilmiştir. Tarım sektörüne girdi sağlayan temel tedarikçiler; tohum, gübre, ilaç, sigorta, kredi verenler, makine ve ekipmandır. Tedarik zincirinin sonundaki tüketici talebinin etkin bir şekilde belirlenmesi, girdi gereksinmelerinin hesaplanmasında başlıca etmendir (KPMG, 2013). Üreticileri, bitkisel ürün ve hayvansal ürün üreticileri olarak ikiye ayrılabilir. Üreticiler; bitkisel ürünler, hayvansal ürünler, yağlar ve biyoyakıt tüccarları, Gıda üreticileri; unlu mamuller, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, atıştırmalık, içecek üreticileri, Perakendeciler; hipermarketler, süpermarketler ve bakkallar, Tüketiciler; kentsel ve kırsal olarak tanımlanmıştır.

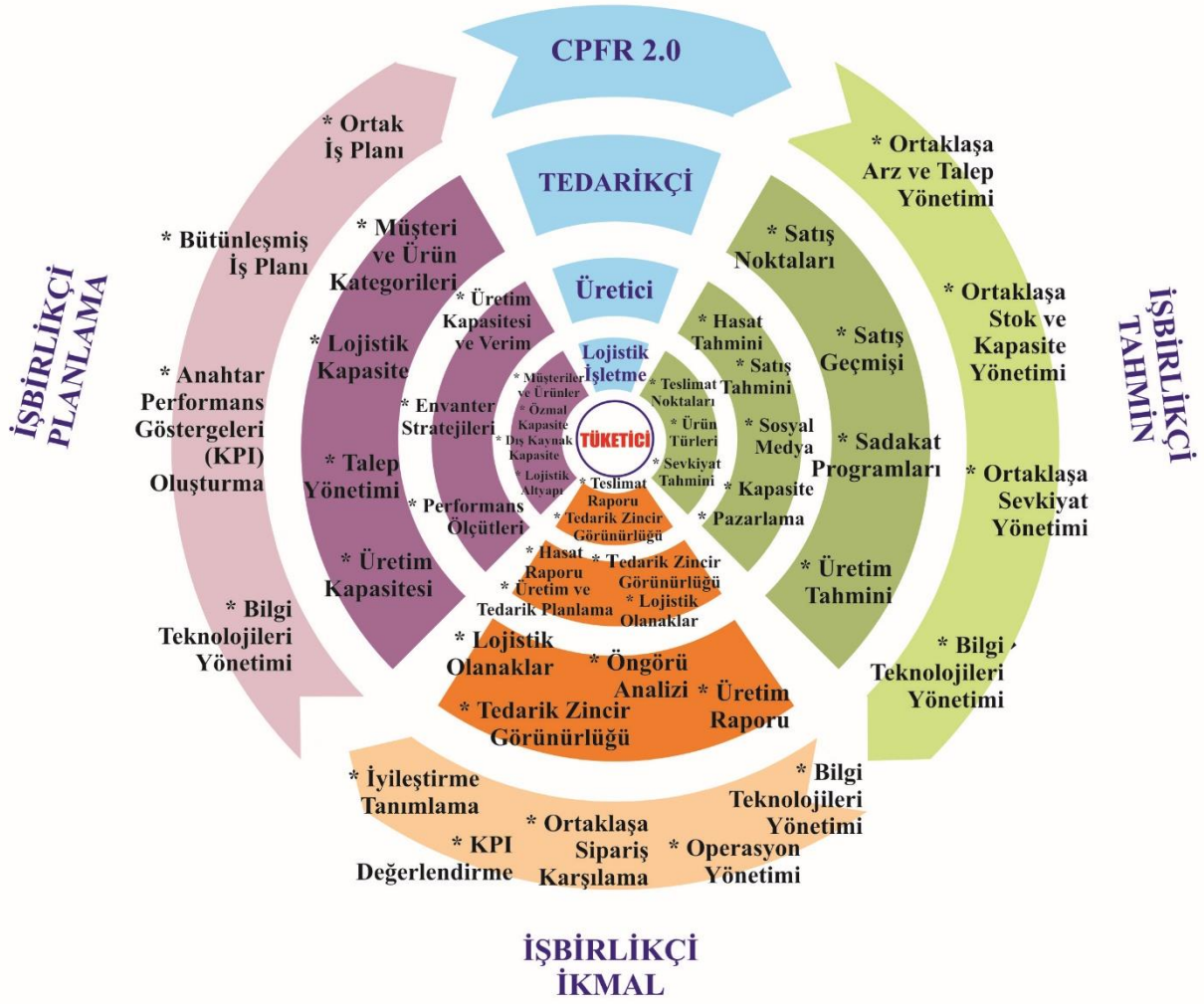


Şekil 5. Tarım ve Gıda Değer Zinciri (KPMG,2013)

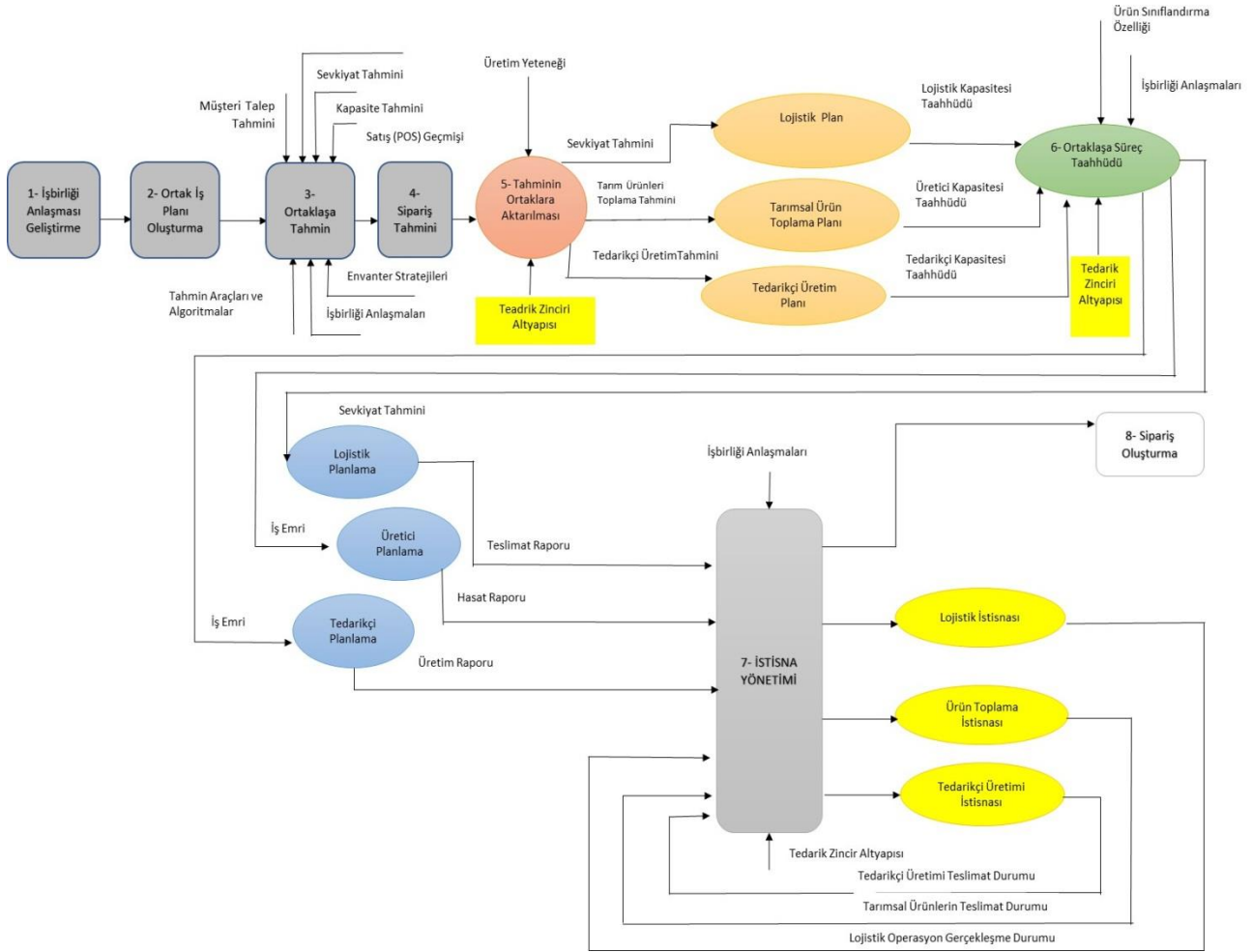
Ortaklaşa çalışma için öngörülen önde gelen yaklaşım olan CPFR, satıcı ve alıcı arasında uygulandığında iki katmanlıdır. Ancak yukarıda değer zincirinde de görüldüğü gibi Tarım-Gıda faaliyetlerine ilişkin tedarik zinciri çok aşamalı olup yukarı ve zincir boyunca birçok işletmeyi içermektedir. Bu nedenle tarım-gıda tedarik zinciri için iki kademeli tedarik zincirinin çok kademeli olarak genişletilmesi ve n-katmanlı CPFR modeli oluşturulması gerekir. Şekil 6' da Tarım-Gıda tedarik zinciri için yeniden düzenlenen n-katmanlı CPFR 2.0 modeli görülmektedir.

Önerilen modele göre, lojistik işletmelerin hem üretici tüketici arasında, hem de tedarikçi ve üretici arasında faaliyet göstermesi, diğer bir ifadeyle lider lojistik hizmet sağlayıcı (lead logistics provider) konumunda olması öngörülmektedir.. Buna göre önerilen modele göre işlem adımları, Fang Du X. ve diğerlerinin (2009)'da önerdikleri tarımsal ürünlerin tedarik iş akışı yeniden düzenlenerek aşağıdaki gibi düzenlenmiştir (Şekil 7).

İş akışında görüldüğü gibi, iş birliğinin ilk adımı; iş birliği anlaşması yapma ve ortaklaşa iş planı oluşturmaktır. Tahmin adımına geçildiğinde ise; üretim ve sevkiyat bilgisine ihtiyaç vardır. Bu aşamada sisteme dahil olan tedarikçi, üretici ve lojistik işletmelerden üretim, hasat ve sevkiyat tahminleri alınıp bunlar sistem üzerinde ortaklara aktarılır. Altıncı adımda ise ortakların kapasitelerine göre belirledikleri taahhütlerin planlanması aşamasına geçilir. Son adım olan sipariş aşamasına geçilmeden önce oluşturulan iş emri ile gerçekleşen faaliyetler arasındaki istisnalar belirlenir. Tüm bu adımların her aşamasında tedarik zincirinin görünürlüğünün sağlanması ve iş birliği içinde olan tüm ortakların birbirleri ile etkileşim içinde olması CPFR uygulamasının başarısı için gereklidir. Son olarak planlama aşamasında belirlenen anahtar başarı faktörlerinin (Key Performance Indicator-KPI) ölçülmesi ve değerlendirilmesi iş birliğinin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.



Şekil 6. Tarım-Gıda Tedarik Zinciri için Uyarlanmış Çok Katmanlı CPFR 2.0



Şekil 6. Tarım-Gıda Ürünlerinin İş Akışı

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemiz tarımsal tedarik zinciri yönetiminde karşılaşılan başlıca problemlerin başında tedarik zincirinde çok fazla aşamanın olmasıdır. Bu durum hem tüketiciye sunulan ürünün maliyetini ve teslim süresini artırmakta hem de ürün kaybını artırmaktadır. Ürünler, tarladan sofraya ulaşıncaya kadar önemli kayıplara uğramaktadır. Kayıplar: hasat sırasında %4-12, ürünlerin pazara veya hale taşınması sırasında %2-8, pazara hazırlık aşamasında %5-15, depolama sürecinde %3-10 ve tüketici aşamasında %1-5 olmak üzere %15-50 arasındadır. Kayıpların başlıca nedenleri: hasattan sonraki dönemde oluşan hastalıklara bağlı çürümeler, ön soğutma yapılmaması, kontrollü atmosferde muhafazanın sağlanmaması, uygun paketlemenin, elleçlemenin ve taşımının yapılmamasıdır. Ülkemizde yılda, değeri 75 milyar lirayı bulan 46 milyon ton yaş sebze ve meyve üretilmektedir. Araştırmalar kayıpların ortalama yüzde 15 ila 50'yi bulduğunu ortaya koymaktadır. Her yıl, toplam yaş sebze ve meyve üretimimizin ortalama %25'inin telef olduğunu düşünürsek bu kaybın tutarı yaklaşık 20 milyar TL'dir.

Tarım-Gıda tedarik zincirinin kapsamı çok sayıda kararın alınmasını gerektirmektedir. Değişken hava şartları, ürünlerin bozulabilirliği, gıda güvenliğini düzenleyen çevrenin karmaşıklığı, tüketicilerin sürekli değişen yaşam tarzı eğilimleri, çevresel kaygılar ve sektördeki paydaşların çokluğu, tarım sektörü için sağlam tedarik zincirlerinin geliştirilmesinde önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu bağlamda sorunları çözmek için her seviyede ortaklaşa kararlar alınması gerekir.

Bu çalışma kapsamında tarım-gıda tedarik zincirlerinde ortak faaliyetlerinin teşvik edilmesi amacıyla CPFR yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşım tarım-gıda tedarik zinciri süreçleri için düzenlenmiş ve adımlar oluşturulmuştur. Kavramsal olarak oluşturulan bu çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, belirlenecek bir ürün üzerinde uygun yöntemler kullanılarak kabul edilebilir çözümlerin oluşturulacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Ahumada O., Villalobos J.R., Mason A.N., (2011). Tactical Planning of the Production and Distribution of Fresh Agricultural Products Under Uncertainty. *Agricultural Systems*, 112, 17-26
- [2] Ahumada O., Villalobos J.R., (2011). Operational Model For Planning The Harvest And Distribution Of Perishable Agricultural Products. *International Journal of Production Economics*, 133(2011) 677-687
- [3] Ahumada O., Villalobos J.R., (2011). Operational Model For Planning The Harvest And Distribution Of Perishable Agricultural Products. *International Journal of Production Economics*, 133(2011) 677-687
- [4] Ali J., Kumar S., (2011). Information and Communication Technologies (ICTs) and Farmers' Decision-Making Across the Agricultural Supply Chain. *International Journal of Information Management* 31 (2011) 149-159.
- [5] Bao L., Huang Y., Ma Z., Zhang J., Lv Q., (2012). On the Supply Chain Management Supported by e-Commerce Service Platform for Agreement Based Circulation of Fruits and Vegetables. *2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering*.
- [6] Blackburn, I., Ireland, R., & Matthews, J. (2014). *Introducing- CPFR 2.0: Delight Customers and Maximize Performance. GSI US The Global Language of Business.*
- [7] *CPFR Overview (2004). Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, Voluntary Interindustry Commerce Standards*
- [8] Fang Du X., Leung S.T.C., Zhang L., Lai K.K., (2009). Procurement of Agricultural Products Using the CPFR Approach. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.14 Iss:4 pp.253-258.
- [9] Folinas D., Aidonis D., Triantafillou D., Malindretos G., (2011). Exploring the Greening of the Food Supply Chain with Lean Thinking Techniques. *Procedia Technologies* 8 (2013) 416-424.
- [10] Interagency Report to the Mexican G20 Presidency, 2012, Sustainable Agricultural Productivity Growth and Bridging the Gap for Small-Family Farms (12 Haziran 2012).
- [11] KPMG, (2013), The Agricultural and Food Value Chain: Entering a New Era of Cooperation.
- [12] Lusine H.A., Alfons G.J.M., Oude L., Jack G.A.J., Van D.V. and Olaf V.K.(2007).Performance Measurement in Agri-food Supply Chains: A Case Study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12/4,304-315
- [13] Lusine H.A., Kuiper M.,(2009). Analyzing price Transmission in Agri-Food Supply Chains: An Overview. *Mesasuring Business Excellence vol.13 No.3 2009 pp.3-12. Emerald Group Publishing Limited, ISSN 1368-3047.*
- [14] Taylor D.H., (2006). Demand Mangement in Agri-Food Supply Chains. *The Interantional of Logistics Management Vol.17 No.2, 2006.*
- [15] Yan B., Yan C., Ke C., Tan X., (2016). Information Sharing in Supply chain of Agricultural Products BAsed on the Internet of Things. *Industrial Management & Data Systems Vol.116 No.7, 2016 pp. 1397-1416.*
- [16] *Tanyaş M.,(2017).Tedarik Zinciri Yönetimi Ders Notu. Maltepe Üniversitesi, İstanbul.*
- [17] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (2013), 2013-2017 Stratejik Plan, Ankara.
- [18] Tsolakis K.N., Keramydas A.C., Toka K.A., Aidonis A.D., Iakovou T.E. (2014). Agrifood Supply Chain Management: A Comphresive Hierarchical Decision-Making Framework and Critical Taxonomy. *Biosystems Engineering I20*, 47-64

TÜRK TİCARET KANUNUNA GÖRE EŞYA TAŞIMADA GÖNDEREN İLE TAŞIYICININ AMBALAJLAMA VE İŞARETLEME YÜKÜMLÜLÜĞÜ

Ramazan Durgut¹

¹ İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi Ticaret Hukuku Anabilim Dalı, İstanbul, rdurgut@istanbul.edu.tr

ÖZET

Ambalajlama ve işaretleme, eşya taşıma sözleşmesiyle ilgili bir konu olduğundan Türk Ticaret Kanunu'nun (TTK) başta 858., 862. 864. ve 878. maddelerinde düzenlenmiştir. Aksi kararlaştırılmamışsa ambalajlama ve işaretleme, eşyanın ziya ve hasardan koruyacak şekilde, gönderen tarafından yapılmalıdır (TTK m. 862). Ambalajlama ve işaretlendirme ile yine bu kapsamda yapılacak numaralandırmanın hiç veya gereği gibi yapılmaması, eşyanın yükleme, taşıma veya boşaltma sırasında zayi olmasına veya hasara uğramasına yol açabilir. Gönderen kusuru olmasa bile, yetersiz ambalajlamadan ve işaretlemeden kaynaklanan taşıyıcının zararlarını gidermekle yükümlüdür (TTK m. 864/1a). Yine, taşımada sırasında oluşan ziya, hasar ve gecikme, gönderen tarafından yapılan yetersiz ve eksik yapılan ambalajlamadan ve işaretlemeden kaynaklanyorsa, taşıyıcı sorumlu olmayacaktır (TTK m. 878/1b).

Çalışmamızda kaynak tarama yöntemi kullanılarak, bu konuda yazılan monografik eser ve makaleler taranarak orada ulaşılan tespit ve görüşler irdelenecek ve ayrıca ambalajlama ve işaretleme ile ilgili Yargıtay 11. Hukuk Dairesinin güncel kararları ele alınacaktır. Bu kapsamda Türkiye'nin taraf olduğu Karayolu ile Uluslararası Eşya Taşınması Sözleşmesine İlişkin Anlaşma (CMR) gibi uluslararası anlaşmalardaki düzenlemeler ile Türk Ticaret Kanunu hükümlerinin birbiriyle uyumu ve uygulamadaki ihtiyacı giderip gidermediği tartışılacaktır. Çalışmamızın sonucunda ise ambalajlama ile işaretlemenin Türk hukukunda nasıl düzenlendiği belirtilerek, uygulamada karşılaşılan sorunlar ile olası çözüm önerileri sıralanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ambalajlama, işaretleme, numaralandırma, hukuki sorumluluk.

PACKING AND MARKING LIABILITY FOR CARRIER AND SENDER IN GOODS TRANSPORT BY TURKISH COMMERCIAL CODE

ABSTRACT

Packaging and marking have been issued in articles 858, 862, 864 and 878 of the Turkish Commercial Code (TCC) as long as it is a matter related to the goods transportation contract. Unless otherwise agreed, packaging and marking shall be made by the sender in such a way as to protect the loss and the damage (TCC Article 862). If the packing and the marking to be carried out in this context are not carried out at all or as the case may be, the carrying article may be struck and damaged during the loading, transporting or discharging phase. Even if the sender has no fault, it is obliged to avoid the damage caused by the insufficient packaging and the marking (TTK Article 864/1A). Again, the carrier is not responsible for the collision and damage that occurs during transportation due to inadequate packaging (TTK Article 878/1).

In our work, the monograph works and articles written in this subject will be scanned by using the source screening method and the findings and opinions reached there will be examined and also the current decisions of the Court of Cassation 11th Section of the Court of Cassation regarding packaging and marking will be discussed. International carriage of goods by road as this context, Turkey is a party Convention on the Contract (CMR) with the regulations in international agreements such as the Turkish adaptation and the need for the application to another of the Commercial Code will be discussed resolves. As a result of our work, we will list the problems encountered in implementation and possible solution proposals by indicating how packaging and marking are organized in Turkish law.

Keywords: Packaging, marking, numbering, legal liability

1. GİRİŞ

Taşıma yöntemi ne olursa olsun, taşınacak eşyanın yükleme, taşıma ve boşaltma sırasında zayi olmaması ve hasara uğramaması için ambalajlanması, işaretlenmesi ve numaralandırılması gerekebilir. Böyle bir gereksinim durumunda ambalajlama ve işaretlemenin kim tarafından yapılacağı hususunda, 2012'ye kadar yürürlükte bulunan 6762 sayılı eski Türk Ticaret Kanununda herhangi bir düzenleme bulunmamaktaydı. Ancak taşıma konusu eşyada yetersiz ve eksik ambalajlamadan ve işaretlemeden dolayı taşıma sürecinde oluşan zararlardan taşıyıcının sorumlu sayılıp sayılmayacağı uygulamada sıklıkla karşılaşılan bir sorun teşkil etmekteydi. Bu ihtiyacı gidermek için, Alman Ticaret Kanunu m. 411 ile CMR m. 17/4b ve e hükümlerinden de yararlanılarak, 6102 sayılı TTK m. 862 hükmü ile yasal düzenleme yapılmıştır.

“Ambalaj ve işaret” başlıklı TTK m. 862 şöyledir: “Eşyanın niteliği, kararlaştırılan taşıma dikkate alındığında, ambalaj yapılmasını gerektiriyorsa, gönderen, eşyayı zıya ve hasardan koruyacak ve taşıyıcıya zarar vermeyecek şekilde ambalajlamak zorundadır. Ayrıca gönderen, eşyanın sözleşme hükümlerine uygun şekilde işleme tâbi tutulabilmesi için işaretlenmesi gerekiyorsa, bu işaretleri de koymakla yükümlüdür.” TTK m. 862'ye göre, taşıma konusu eşyanın ambalajlanması ve/veya işaretlenmesi gerekiyorsa, bu işlemleri yapma görevi, gönderene aittir. Ancak günümüzde lojistik sektörünün gelişmesi ve yaygınlaşması ile ambalajlama, işaretleme ve numaralandırma işleri, taşıyıcı ile taşıma ve lojistik işletmeleri tarafından yerine getirilmektedir. Bu ihtimalde taşınacak eşya, araç, yol ve iklim şartları gibi hususlar da dikkate alınarak; ambalaj seçimi, doğru işaretleme ve numaralandırma yükümlülüğü, taşıyıcı ile taşıma ve lojistik işletmelerine / şirketlerine geçmektedir. Yine ambalajlama ile işaretleme ilgili bilgilerin, başta taşıma senedi ve/veya irsaliye, sevk mektubu gibi taşıma belgelerine yazılması da lazımdır (TTK m. 857/1 g – e). Türk Ticaret Kanunu taşıma senedini ve diğer belgeleri düzenleme yükümlülüğünü gönderene vermektedir. Ancak taşıma senedi ile diğer taşıma belgeleri taşıyıcı tarafından da düzenlenebilir (TTK m. 856). Her iki ihtimalde de ambalajlama, işaretleme ve numaralandırma ile ilgili bilgiler taşıma belgelerine doğru olarak geçirilmeli ve gönderen ile taşıyıcı tarafından da bu durum kontrol edilmelidir. Olası eksiklikler ve riskler de belirtilerek taşıma belgelerine şerh düşülmesi de gerekmektedir (TTK m. 858/2). Yükleme, taşıma ve boşaltma sırasında taşıma konusu malda meydana gelen zıya ve hasar da zaman geçirilmeden tutanakla tespit edilmeli ve ambalajlama ile işaretlemekten kaynaklanan bir sebeple zıya ve hasar oluşmuşsa bu durum tutanakta belirtilmelidir. Zira zıya ve hasardan kimin sorumlu olacağı ile sorumluluğun kapsamı bakımından taşıma belgelerindeki kayıtlarla zıya ve hasar tutanağındaki bilgiler belirleyici olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ambalajlama, işaretleme ve numaralandırmanın hukuki boyutu ile ilgili Türk Hukukunda monografik bir çalışma yapılmadığı gibi, makale de yazılmamıştır. Konu taşıma hukuku ile ilgili eserlerde, taşıyıcının sorumluluğu kapsamında dolaylı olarak ele alınmıştır. Bu yönüyle çalışma bir ilk olacaktır. Buna karşılık, hukukçu olmayan akademisyenler, ambalaj ve ambalajlamanın teknik ve işletmesel boyutunu, özellikle lojistik ve depolama ile ilgili genel kitaplar ile monografik eser ve makalelerde ele alıp incelemişlerdir (örnek olarak bkz. Çakıcı, 1987; Acar / Çakmak, 2018; Nebol, 2016).

Ambalaj ile ilgili doktrinde şöyle tanım yapılmıştır: “ambalajlama (sarmalama) işlemi esnasında mamulün, muhtevasını ve çevresini (Umwelt) koruyan; taşınmasını, depolanmasını, satışını ve kullanılmasını kolaylaştıran ilerde ya tamamen veya kısmen atılabilecek şekilde bir malzeme ile kaplanması ve örtülmesidir” [Koppelman, 1971, s. 25 (naklen Çakıcı, 1987, s. 2)]. Ambalaj ve ambalajlamanın, eşyanın taşınması ve depolanması esnasında korunması ile reklâmını yapma ve kullanımını kolaylaştırma gibi birçok fonksiyonu söz konudur (Çakıcı, 1987, s. 2). Ambalajlama, taşınacak olan eşyanın, onu dış etkilere karşı korumak ve ilgili eşyanın dışarıya tesirini önlemek amacıyla, kap ve zarf gibi araçların içine konulması veya sarılması şeklinde tanımlanmaktadır (Eminoğlu, 2015, s. 32). Buna karşılık yetersiz ve uygun olmayan ambalajlama ise, taşınan eşyanın ambalajından akmasına, sızmasına, taşmasına, ya da eşyanın kırılmasına, dökülmesine veya herhangi bir şekilde hasara veya zıya maruz kalmasına ya da yol açmasına neden olacak ambalajlamadır (Karan, 2011, s. 193 – 194). Neyin yeterli ve uygun ambalajlama olacağı, ambalajlanacak eşyaya, eşyanın taşınacağı güzergâha, taşıma süresine ve hava koşulları gibi değişkenlere bağlı olarak her somut olayda değişiklik gösterecektir (Karan, 2011, s. 194; Eminoğlu, 2015, s. 32). Buna göre gönderen veya kararlaştırılmışsa taşıyıcı, neyin yeterli ve uygun ambalajlama olacağına ve ne tür işaretlemelerin yapılacağına, eşyanın niteliği ve taşımanın özelliğine göre karar verecektir.

3. METODOLOJİ

Çalışmada kaynak tarama yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, taşıma hukuku alanında yazılmış ambalajlama, işaretleme ve numaralandırma ile ilgili genel eserler ve makaleler taranmış, daha sonra ise Yargıtay'ın bu konuda verdiği kararlar gözden geçirilmiştir. Böylece ambalajlama, işaretleme ve numaralandırma ile ilgili Türk Ticaret Kanunu hükümlerinin nasıl uygulandığı ile uygulamada ortaya çıkan sorunlar tespit edilmeye çalışılmış ve olası çözümler ortaya konmuştur. Aşağıda öncelikle ambalajlama, işaretleme ve numaralandırma ile ilgili Türk Ticaret Kanunu hükümlerinin sistematığıne dikkat ederek teorik açıklamalar yapılmış ve bu konuda verilmiş Yargıtay Kararları özetlenmiştir. Sonrasında ise çözüm önerileri ile çalışmada ulaşılan sonuçlara yer verilmiştir. Hemen belirtelim ki, çalışma ticari eşya taşınması kapsamında yapılan ambalajlama ve işaretlemeyle sınırlı olup, taşınma eşyası (ev ve / veya ofis eşyası) taşınmasındaki ambalajlama ve işaretleme konusu ayrıca ve özel olarak incelenmemiş, yeri geldikçe karşılaştırma için genel olarak ele alınmıştır.

4. TAŞIMA VE LOJİSTİK SÖZLEŞMELERİ UYARINCA AMBALAJLAMA VE İŞARETLEME YÜKÜMLÜLÜĞÜ

4.1 Ambalajlama ve İşaretlemenin Gönderen Tarafından Yapılması

TTK m. 862'ye göre, ambalajlama ve işaretleme belli şartlarla gönderen tarafından yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde CMR m. 17/4b uyarınca da ambalajlama ve işaretlemenin gönderen tarafından yapılacağı öngörülmüştür (Karan, 2011, s. 194; Eminoğlu, 2015, s. 32; Yavaş, 2016, s. 132). Gönderen, eşyanın niteliği ile karşılaştırılan taşıma modu ve özelliğini dikkate alarak ambalajlama ve işaretleme yapılıp yapılmayacağına karar verecek ve yine eşyanın niteliği ile karşılaştırılan taşıma modu ve özelliğini de dikkate alarak ambalaj seçimi (karton, naylon, tahta kasa, konteyner, palet vs.) yapacaktır. Örneğin taşıma konusu eşyanın gıda maddesi, dondurulmuş ürünler, taze meyve ve sebze, ilaç, hazır giyim malzemesi, bilgisayar gibi teknoloji ürünler ile parçalanması mümkün bir makine; cam ve porselen eşyalar, değerli mobilya parçaları gibi hasas ürünler olması durumunda eşyanın niteliği gereği ambalajlama ve işaretleme yapılması gerekmektedir. Yine eşyanın taşınacağı araç türü, yol ve hava şartları, eşyanın sıcak veya soğuk hava ile suya teması; yükleme, aktarma, istifleme ve boşaltma şekli ve şartları seçilen taşıma modu ve özelliğine bağlı olarak ambalajlama ve işaretlemenin yapılmasını gerektirebilir. Dolayısıyla ambalajlama ve işaretlemenin yapılıp yapılmayacağı her somut olayın şartları ile ticari örf ve adetlere bakılarak tespit edilmelidir (Thume, 2014, Art. 411 Rn. 10, s. 92 - 93; Yavaş, 2016, s. 133 - 134). Buna karşılık, canlı hayvan, demir saç, mermer, taş, moloz gibi maddeler düzgün şekilde yüklenmiş ve sıkıştırılmışsa ayrıca ambalajlamaya gerek yoktur (Thume, 2014, Art. 411 RN. 10, s. 92 - 93).

Taşıma konusu eşyanın doğru alıcıya ulaşması, aktarma yapılıp yapılmayacağı, forklift veya vinçle yüklenir ve boşaltılırken zarar görmemesi için işaretlemesi gerekiyorsa, aksi karşılaştırılmamışsa, gönderen tarafından yapılmalıdır (TTK m. 862). Gönderen işaretlemeyi yapacağı malzemeyi istediği gibi seçebilir. Bu kapsamda renkli işaretler, yapışkan çıkartmalar veya dikkat çekici başkaca malzemeler kullanılabilir (Thume, 2014, Art. 411 Rn. 17, s. 94).

Gönderen, eşyanın niteliği ile karşılaştırılan taşıma modu ve taşımanın özelliği uyarınca ambalajlama ve işaretleme yapılması gerektiğine karar verirse, ambalajlama ve işaretlemeyi kendisi bizzat yapabileceği gibi, bu işlerde uzman lojistik şirketleri gibi üçüncü kişilere de yaptırabilir. Ambalajlama ve işaretleme üçüncü kişiler tarafından yapılması durumunda, üçüncü kişiler gönderenin ifa yardımcısı olduklarından, sorumluluk yine gönderene ait olacaktır.

Son olarak belirtelim ki, ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılsın veya yaptırılsın, taşıyıcı eşyayı teslim alırken eşyanın ve ambalajının, dış görünüşü bakımından iyi durumda bulunduğu ve taşınan paketlerin sayısının, işaretleri ile numaralarının, taşıma senedinde yer alan kayıtlara uygun olup olmadığı kontrol etmeli ve tespit ettiği eksiklik ile uygunsuzlukları gönderene bildirerek taşıma senedine de çekince koymalıdır (TTK m. 858/2).

4.2. Ambalajlama ve İşaretlemenin Taşıyıcı Tarafından Yapılması

TTK m. 862'de ambalajlama ve işaretlemenin, aksi karşılaştırılmamışsa, gönderen tarafından yapılması gerektiği düzenlenmiştir. Ancak gönderen ve/veya gönderilen ile taşıyıcı anlaşarak, ambalajlama ve işaretlemenin taşıyıcı tarafından yapılacağı karşılaştırılabilir. Bu durumda taşıyıcı, eşyanın niteliği ile taşımanın özelliği dışında sözleşme hükümlerini de dikkate alarak ambalajlama ve işaretlemeyi yapmalıdır. Uygulamada genellikle ambalajlama ve işaretleme, gönderen tarafından yapılmayacaksa, taşımayı yapmayı ve/veya yaptırmayı üzerine alan taşıma ve lojistik şirketlerince yapılacağı karşılaştırılmaktadır. Bu durumda taşıma ve lojistik şirketleri, gönderene karşı ambalajlama ve işaretlemeyi yapmayı üstlenmekte ve olası zıya ve hasardan dolayı da sorumluluğu üzerine almaktadırlar.

Buna karşılık TTK m. 895/2 uyarınca, taşınma eşyası (ev ve/veya ofis eşyası) taşınmasında, gönderen tüketici ise, ambalajlama ve işaretleme taşıyıcı tarafından yapılması gerekmektedir. Bu durum taşıyıcı için kanuni bir yükümlülük olarak düzenlenmiştir. Ev eşyası taşınmasında, gönderen ambalajlamayı ve işaretlemeyi yapmamışsa veya sözleşme ile yapmayı üstlenmemişse, taşıyıcı ambalajlama ve işaretlemeyi yapacaktır (ayrıntılı bilgi ve karşılaştırma için bkz. Topsoy, 2014, s. 33).

5. AMBALAJLAMA VE İŞARETLEME İLE İLGİLİ BİLGİLERİN TAŞIMA BELGELERİNDE BELİRTİLMESİ

Taşıma belgesi olarak TTK m. 856 vd. taşıma senedi düzenlenmiştir. Ancak taşıma senedi düzenleme zorunlu tutulmamış, tarafların istemine bırakılmıştır (TTK m. 856/1). Taşıma senedi, gönderilen tarafından düzenlenmeli ve bir nüshası taşıyıcıya verilmelidir (TTK m. 856/1). Buna karşılık, taşınma eşyası taşınmasında gönderen, taşıma senedi düzenlemekle yükümlü değildir (TTK m. 896/1). Taşıma senedi düzenlenmemişse, gönderenin istemi üzerine taşıyıcının, eşya ve taşıma hakkında yeterli bilgileri içeren bir yük senedi düzenleyip gönderene vermek zorunda tutulmuştur (TTK m. 859). Uygulamada ise çoğu zaman taşıma senedi ve yük senedi yerine sadece sevk irsaliyesi (VUK m. 230/5) düzenlendiği görülmektedir.

Taşıma senedi düzenlenmişse, ambalajla ile işaretlemeye ilişkin bilgilerin senede yazılması gerekmektedir. Bu husus TTK m. 857/1’de şöyle belirtilmiştir: “*Taşıma senedi aşağıdaki kayıtları içerir:.. g) Eşyanın türünün olağan işareti ile ambalajının çeşiti ve tehlikeli mallarda bunlara ilişkin mevzuatta öngörülen, diğer durumlarda ise genellikle tanınan işaretleri. / h)Taşınacak paketlerin sayısı, işaretleri ve numaraları.*” Bu hükme göre eşyanın niteliği ve taşımanın özelliği gereğince taşınacak eşya amlajlanmış ve işaretlenmişse, bu hususlara ilişkin bilgiler taşıma senedine kaydedilmelidir. Aynı şekilde CMR’ye tabi bir uluslararası taşıma söz konusu ise, ambalajlama ve işaretlemeyle ilgili hususlar CMR Senedine yazılmalıdır (m. 9).

Yukarıda açıkladığımız üzere, aksi kararlaştırılmamışsa, ambalajlama ve işaretleme yükümlülüğü ile taşıma senedi düzenleme gönderene ait olduğundan, ambalajlama ile işaretlemeye ilişkin bilgileri gönderen taşıma senedine geçirtmelidir. Ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmamış olsa bile, ambalajlama ile işaretlemeye ilişkin bilgilerin taşıma senedine kaydedilmesi gönderen tarafından sağlanmalıdır. Yine taşıma senedi düzenlenmeyip taşıyıcı tarafından yük senedi düzenlenmişse, ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmışsa, buna ilişkin bilgilerin yük senedine yazılmasını gönderen taşıyıcıdan istemeli ve yazdırmalıdır. Eğer ambalajlama ve işaretleme taşıyıcı tarafından yapılmışsa, yük senedi taşıyıcı tarafından düzenleneceğinden ambalajlama ve işaretlemeye ilişkin bilgiler taşıyıcı tarafından yük senedine yazılmalıdır.

Ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmış ve gönderen tarafından taşıma senedi düzenlenmişse ya da ambalajlama ve işaretleme taşıyıcı tarafından yapılmış ve taşıyıcı tarafından yük senedi düzenlenmişse, taşıyıcı veya ikinci ihtimalde gönderen, ambalajlama ve işaretlemeyle ilgili yaptıkları uyarı ve tespitleri taşıma ve yük senedine kaydettirmelilerdir (TTK m. 858/2, 4).

Taşıma ve yük senedi düzenlenmemişse, sevk irsaliyesi ve fatura gibi taşınan eşyayla ilgili refakat belgelerine de (TTK m. 860) ambalajlama ve işaretlemeyle ilgili bilgiler yazılabilir. Ancak refakat belgelerinde yer alan bu kayıtlar taşıma senedinin ispat gücüne (TTK m. 858) sahip olmazlar (CMR Senedi bakımından aynı yönde görüş için bkz. Yeşilova, 2005, s. 240).

6. YÜKLEME, TAŞIMA VE BOŞALTMA SIRASINDA AMBALAJLAMA VE İŞARETLEMEDEN KAYNAKLANAN ZİYA VE HASARLARIN TESPİTİ

Taşıma veya yük senedine ambalajlama ile ilgili bilgilerin taşıma başlamadan kaydedilmesi ne kadar önemliyse taşıma sürecinde oluşan ziya ve hasarın tespiti ve tutanağa geçirilmesi çok önemlidir. Zira eşyanın ziya ve hasara uğramasında, bu ziya ve hasardan kimin ne kadar sorumlu olacağı noktasında, ziya ve hasarın tespiti ve bu tespit tutanakları kilit rol oynamaktadır. Ayrıca ambalaj ve işaretlemedeki eksiklik ve yetersizlikten dolayı eşya zayı olmuş veya hasara uğramışsa, bu durumun eksper aracılığıyla tespitinin yapılması ve ilgili kişilere bildirilmesi de gerekmektedir. TTK m.889/1’e göre “*Eşyanın zıyaı veya hasara uğramış olduğu açıkça görülüyorsa, gönderen veya gönderilen en geç teslim anına kadar zıyaı veya hasarı bildirmezlerse, eşyanın sözleşmeye uygun olarak teslim edildiği varsayılır. Bildirimde, zararın gerekli açıklıkla belirtilmesi ve nitelendirilmesi şarttır.*” Eğer ziya veya hasar açıkça görünmüyorsa, bu durumda bildirim eşyanın tesliminden sonra yedi gün içinde yapılması gerekir (TTK m. 889/2). Teslimden sonra yapılan bildirim yazılı olması şarttır. Bildirim, telekomünikasyon araçları yardımıyla da yapılabilir. Bildirimde bulunanın kim olduğu herhangi bir şekilde anlaşılıyorsa, imzaya gerek yoktur.

Sürenin korunması için bildirim zamanında gönderilmiş olması yeterlidir. Buna karşılık zıya ve hasar teslim sırasında bildirilirse, bu bildirim eşyayı teslim edene yapılması yeterlidir. (TTK m. 889/4 – 5).

CMR m. 30/1'e göre de gönderilen / alıcı, taşıyıcıyla birlikte eşyayı kontrol ederek ambalajlama ile işaretlemenin eksikliği veya yetersizliği sebebiyle oluşan zayı ve hasar durumunu açıkça görüyorsa teslim anında, açıkça görülmediği hallerde teslimden yedi gün içinde taşıyıcıya bildirmelidir. Aksi takdirde, eşyanın CMR senedine uygun teslim aldığı yönünde karine oluşacaktır.

Uygulama genellikle teslim sırasında gönderen veya gönderilen zıya ve hasarı taşıyıcı ile birlikte tespit edip tutanağa ve/veya teslimle ilgili belgelere geçirek bu tespiti ve bildirimi yapmaktadırlar. Zıya ve hasarın, eksper / bilirkişi, noter veya mahkeme aracılığıyla da yapılması mümkündür.

7. AMBALAJLAMA VE İŞARETLEMEDEN KAYNAKLI ZİYA VE HASARLARDA GÖNDEREN İLE TAŞIYICININ SORUMLULUĞU

7.1. Gönderenin Sorumluluğu

TTK'ya eşyanın teslim alınmasından teslim edilmesine kadar geçen taşıma sürecinde eşyanın zayı olması veya hasara uğraması durumunda kural olarak taşıyıcı sorumludur (m. 875/1 CMR m. 17/1). Eğer ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmış ve zıya ile hasar yetersiz ambalajlama ve işaretlemeden kaynaklanmışsa bu durumda taşıyıcı sorumluktan kurtulmakta (TTK m. 878/1b, d; CMR m. 17/4b), zıya ve hasardan kaynaklanan zarar gönderenin üzerinde kalmaktadır. Nitekim Yargıtay 11. Hukuk Dairesinin 13/09/2017 Tarih ve 2016/1812 E., 2017/4320 K. sayılı kararında “Mahkemeye, iddia, savunma, bilirkişi raporu ve tüm dosya kapsamına göre, hasar tespiti sırasında tutulan tutanakta emtiada oluşan hasarın taşıma hatasından kaynaklandığına ilişkin bir ibarenin olmadığı, CMR 17. ve 18. madde hükümleri doğrultusunda taşıyıcının sorumlu tutulamayacağına ilişkin adi karine oluştuğu, bu durumun aksinin davacı tarafından kesin ve inandırıcı delillerle ispat edilemediği, uluslararası taşımada güzergahın her ülke açısından belirli olduğu, taşınan emtiada oluşan hasarın davacı firma tarafından yapılan yükleme hatasından kaynaklandığı, davalı taşıyıcının nezaret görevi nedeniyle bir kusurunun olmadığı, sigorta poliçesinde sigorta edilen şeyin ambalajlanma veya hazırlanmasındaki yetersizlik yada uygunsuzluğun neden olduğu zıya, hasar veya masrafin teminat kapsamı dışında tutulduğu, davalı ... şirketinin de bir sorumluluğunun olmadığı gerekçesiyle davanın reddine karar verilmiştir...temyiz itirazlarının reddiyle usul ve kanuna uygun bulunan hükmün ONANMASINA...” (Yargıtay, Karar Arama (2018), <https://emsal.yargitay.gov.tr/BilgiBankasiIstemciWeb/>, 19/02/2018). Karar her ne kadar CMR ile ilgili olsa da aynı sonuç TTK bakımından da geçerlidir.

Ancak ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılsa bile, yetersiz ve uygun olmayan ambalajlama ve işaretleme yapıp yapılmadığı taşıyıcı tarafından kontrol edilmeli ve uyarı yapılmalıdır. Taşıyıcının kontrol yükümlülüğünü yerine getirmemesi durumunda gönderenle birlikte müterafik kusurlu sayılması zıya ve hasar sebebiyle oluşan zararın paylaşılması gerektiği mahkeme kararlarına yeknasak hale gelmiş bir uygulama halini almıştır. Yargıtay Hukuk Genel Kurulunun 28/03/2012 tarih ve 2012/11-68 E. , 2012/244 K. sayılı kararının bu husus açıkça ifade edilmiştir: “...yüklemenin sorumluluğu gönderene ait olsa bile tüm malların sevkiyat sırasında yol,güzergah ve iklim koşullarını düşünerek taşıyıcının da ambalajlama ve istifleme aşamasında gözetim görevi bulunduğu, taşıyıcının, malın emniyetle taşınmasını sağlamak üzere gereken her türlü tedbiri alması, varsa hatalı ambalaja, istiflemeye, yüklemeye ve boşaltmaya karşı çıkması, basiretli bir taşıyıcıdan beklenen davranışta bulunması ve durumu gönderene veya alıcıya bildirerek gereken uyarıda bulunması gerekmekte olup, bu uyarının yapılmadığı hallerde zararın ambalaj, istif, yükleme ve boşaltmadan sorumlu bulunan kimseler ile taşıyıcı arasında 818 Sayılı [eski] Borçlar Kanunu'nun 44. maddesi uyarınca paylaşılması gerekir.” (Karar Ara, <https://www.kararara.com/forum/viewtopic.php?f=193&t=36071>, 19/02/2018).

7.2. Taşıyıcının Sorumluluğu

Ambalajlama ve işaretleme taşıyıcı tarafından yapılmışsa ve eksik ve yetersiz ambalajlama ve işaretleme sebebiyle eşya zarar görmüşse, taşıyıcı sorumlu olacaktır (TBK m. 112 vd.). Ancak ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmış olsa bile yukarıda da açıkladığımız üzere, gerekli kontrol ve gözetim görevini yapmayan taşıyıcı yine sorumlu olacaktır. Bunun dışında gönderen ve taşıyıcı tarafından imzalanan taşıma senedi, eşyanın ve ambalajının, eşyanın taşıyıcı tarafından teslim alındığı sırada, dış görünüşü bakımından iyi durumda bulunduğu ve taşınan paketlerin sayısının, işaretleri ile numaralarının, taşıma senedinde yer alan kayıtlara uygun olduğuna karine teşkil ettiğinden, aksi yönde bir çekince koymayan taşıyıcı ambalajlama ve işaretlemedeki eksikliği ve yetersizliği ileri sürerek sorumluluktan kurtulma imkanını yitirmekte (TTK m. 858/2, CMR m. 9/2) ve zıya ve hasardan TTK m. 875 vd. hükümlerince sorumlu

tutulmaya devam edilecektir. Tekrar etmek gerekirse, taşıyıcının yetersiz ve uygun olmayan ambalajlama ve işaretleme sebebiyle eşyanın zayı olduğu ve hasara uğradığını ileri sürmesi için, üzerine düşen kontrol ve uyarı görevini yerine getirmesi ve bu eksiklikleri taşıma senedine kaydettirmesine bağlıdır; aksi halde sorumlu tutulmaya devam edecektir.

Nitekim Yargıtay 11. Hukuk Dairesinin 07/06/2017 Tarih, 2016/4677 E. ve 2017/3500 K. sayılı kararında ambalajlama gönderen tarafından yapılsa bile taşıyıcının gözetim ve kontrol görevini yapmaması sebebiyle gönderenle birlikte müterafik kusurlu olduğu hükmedilmiştir. Kararının ilgili kısmı aynen şöyledir: “Mahkemece, iddia, savunma, toplanan deliller ve tüm dosya kapsamına göre; CMR'nin 17. maddesine göre kural olarak davalı taşıyanlar teslim anına kadar yükte meydana gelecek olan hasarlardan dolayı sorumlu iseler de, olayda taşınan makinenin yükleme işinin sigortalı gönderen tarafından yapıldığı ve bilirkişi raporlarından, makinede meydana gelen hasarın ambalaj, yükleme, istifleme ve sabitleme hatasından ileri geldiği, dolayısıyla sigortalı göndericinin kusurundan dolayı hasarın oluştuğu, ancak ambalajlama, yükleme ve istifleme gönderen tarafından yapılmış olsa bile taşıyıcının bu işlemlerle ilgili denetim ve gözetim sorumluluğunun bulunduğu, emniyetli bir taşıma için bu gözetim görevini yerine getirmeyen taşıyıcının da hasardan sorumlu tutulması gerektiği, olayda son bilirkişi raporunda da belirtildiği gibi gönderen ile taşıyıcının müterafik kusurlarının eşit düzeyde bulunduğu, dolayısıyla davalıların hasar bedelinin %50'sinden sorumlu oldukları...taraf vekillerinin bütün temyiz itirazlarının reddiyle usul ve kanuna uygun bulunan hükmün ONANMASINA...” (Yargıtay, Karar Arama (2018), <https://emsal.yargitay.gov.tr/BilgiBankasiIstemciWeb/>, 19/02/2018). Her ne kadar karar CMR ile ilgili olsa da TTK hükümleri bakımından da aynı esas geçerlidir.

Yargıtay 11. Hukuk Dairesinin 25/05/2016 Tarih ve 2015/15633 E., 2016/5718 K. sayılı kararında ise yükün ambalajındaki eksiklikten dolayı hasara uğramasında ambalajlama ve işaretleme yükümlülüğünün taşıyıcıya ait olmaması sebebiyle taşıyıcının sorumlu olmadığına yönelik yerel mahkeme kararı bozularak taşıyıcının nezaret ve kontrol yükümlülüğünün bulunması sebebiyle gönderenle birlikte müterafik kusurlu olduğuna hükmedilmiştir. Kararın ilgili kısmı aynen şöyledir: “Mahkemece, CMR taşıma senedinde “Konteynırdaki sudan dolayı 16 balya hasar gördü” şeklinde şerh düşüldüğü, bu şerh'in CMR 30/1 md. çerçevesinde taşıyıcıya yapılmış usulüne uygun bir hasar ihbarı niteliğinde olduğu görülmekle birlikte, davaya konu taşıma işlerinin parsiyel olmaması, dosyada yükleme ve tertipleme işlemlerinin taşıyıcıya ait olduğunu gösteren bir delili bulunmaması, hali icabından da yükleme ve tertipleme işlemlerinin taşıyıcıya ait olduğunun anlaşılmadığı bu durumda yükleme ve tertipleme işlemlerinin gönderici/satıcı ... tarafından gerçekleştirildiği, neticede istifleme ve ambalajlama işlemlerinin de taşıma konusu malların niteliği gereği göndericiye ait taşıyıcıdan bir uzman gibi hangi yükün hangi şekilde ambalajlanacağını bilmesinin beklenemeyeceği, hasarın da aracın brandasının tavan kısmının problemlili olması gibi bir sebepten kaynaklandığına ilişkin dosyada somut bir delil tespit edilemediği, tenteli dorse içinde iklim şartlarından kaynaklanan nemlenme sebebiyle meydana geldiği düşünülen ıslanmanın, emtiaların ambalajındaki yetersizlik/hata sebebiyle oluştuğu gerekçesi ile ispatlanamayan davanın reddine karar verilmiştir. Kararı davacı vekili temyiz etmiştir... Dava konusu taşımaya ilişkin hamule senedinde “16 balya, konteynırdaki su sebebiyle hasar görmüştür” şerhi mevcuttur. Her ne kadar dosya kapsamında, hasarın, aracın brandasının tavan kısmının problemlili olması gibi bir sebepten kaynaklandığına ilişkin ihtirazi kayıt, fotoğraf vb gibi somut bir delil bulunmamasına ise de, fiilen bir ıslanma hasarının bulunduğu sabittir. CMR Konvansiyonu'nun 17. maddesi uyarınca, taşıyıcının sorumluluğu yükün kendisine teslimiyle başlayıp teslim edene kadar olan dönemi kapsadığı, yükleme ve istiflemenin ayrıca üstlenilmediği sürece taşıyıcının görevi kapsamında olmadığı, ancak bu durumda dahi taşıyıcının yüklemeye nezaret görevi bulunduğu gözetilerek, bilirkişi raporunda da belirtildiği üzere davalı taşıyıcıya nezaret sorumluluğunun ihlali sebebiyle %25 oranında kusur izafe edilmek suretiyle bir hüküm oluşturulması gerekirken, yazılı gerekçe ile davanın reddi doğru görülmemiş, hükmün temyiz eden davacı yararına bozulması gerekmiştir.” (Yargıtay, Karar Arama (2018), <https://emsal.yargitay.gov.tr/BilgiBankasiIstemciWeb/>, 19/02/2018).

Yine Yargıtay 11. Hukuk Dairesinin 02/05/2017 tarih ve 2015/15558 E., 2017/2556 K. sayılı kararında da kontrol ve uyarı görevini yerine getirmeyen taşıyıcının gönderenle birlikte müterafik kusurlu olması sebebiyle sorumlu olduğuna hükmedilmiştir. Kararın ilgili kısmı aynen şöyledir: “Mahkemece, iddia, savunma, bilirkişi raporu ve dosya kapsamına göre, davalı gönderen firmanın kusuru olmasa da yetersiz ambalajlamadan ve işaretlemekten kaynaklanan taşıyıcının zararını karşılamak zorunda olduğu, davalı taşıyıcının da gönderen tarafından yapılan yetersiz ambalajlama sonucu meydana gelen hasar ile ilgili sorumluluktan kurtulacağı, ancak kendisine teslim edilen eşyanın taşınmaya elverişli şekilde ambalajlanıp ambalajlanmadığını denetlemek, elverişli değilse bu konuda taşıma belgesine şerh koymak veya göndereni uyarmakla yükümlü olduğu, bu nedenle her iki davalının %50 oranında kusurlu olduğu, müteselsil sorumluluğun olmadığı gerekçesiyle her bir davalı 2.000,00 TL'den sorumlu olmak üzere 4.000,00 TL'nin davalı ...1 Ürünleri İnş. ve Tic. A.Ş. için 10.05.2013, diğer davalı için dava tarihinden itibaren işleyecek avans faiziyle birlikte davalılardan tahsil edilmiştir...temyiz itirazlarının reddiyle usul ve kanuna uygun bulunan hükmün ONANMASINA...” (Yargıtay, Karar Arama, <https://emsal.yargitay.gov.tr/BilgiBankasiIstemciWeb/>, 19/02/2018).

Yukarıda verilen emsal kararlardan da anlaşılacağı üzere, ambalajla ve işaretleme gönderen tarafından yapılsa bile taşıyıcının eşyayı ve ambalajını kontrol ederek varsa eksiklik ve uygunsuzlukları bildirme, göndereni uyarma yükümlülüğünü yerine getirmemesi, taşıyıcının somut olayın şartlarına göre %25 veya %50 oranında kusurlu kabul edilmesine ve gönderenle birlikte zarardan sorumlu tutulmasına yol açmaktadır.

Eğer taşıyıcı ambalajlama ve işaretlemeden kaynaklanan sorumluluktan kurtulmak istiyorsa, kontrol ve uyarı görevini hakıyla yerine getirmeli ve bu husustaki çekincesini taşıma senedine / CMR senedine şerh düşmelidir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ambalajlama ve işaretlemeyle ilgili 1956 tarihli eski Türk Ticaret Kanununda herhangi bir düzenleme bulunmamaktaydı. Alman Ticaret Kanunu'nun 411. maddesi mehz alınarak, ambalajlama ve işaretleme 2012 yılında yürürlüğe giren 6102 sayılı TTK m. 862'de ayrı ve müstakil bir madde halinde düzenlenmiştir. Her ne kadar düzenleme içeriği eksik olsa ve sadece taşıma sözleşmesi perspektifinden bakılarak düzenleme yapılmışsa da, 2012'den öncesi uygulamada ortaya çıkan sorunların çözümü açısından oldukça isabetli olmuştur. TTK m. 862'ye göre, ambalajlama ve işaretleme yükümlülüğü eşyayı gönderene ait olup, taşıyıcının sadece gözetim ve kontrol borcu vardır. Buna karşılık taşıyıcı, sözleşmeyle ambalajlama ve işaretleme borcunu da üzerine alabilir. Taşıma sırasında taşıma konusu eşyada ambalajlama ve işaretlemeden kaynaklı bir zararın oluşması durumunda taşıyıcı, kural olarak, bu zararı tazmin etmek durumundadır. Eğer ambalajlama ve işaretleme gönderen tarafından yapılmış ve taşıyıcı da gözetim ve kontrol yükümlülüğünü yerine getirmişse, zarardan sorumlu olmaktan kurtulabilir (TTK m. 861/1a). Buna karşılık ambalajlama ve işaretleme, taşıyıcının yapacağı kararlaştırılmış ve taşıma sırasında ambalajlama ve işaretlemeden kaynaklanan bir zarar oluşmuşsa, sözleşmeye aykırılık sebebiyle sorumlu olacaktır ve sorumluluktan kurtulma imkanına sahip değildir. Taşıyıcı, ambalajlama ve işaretleme sözleşmesel olarak üstlenmemesi durumunda dahi, gözetim ve kontrol görevini yerine getirmemişse, gönderenle birlikte müterafik olarak sorumlu olacaktır ve kusuru oranında eşyada oluşan zararı tazmin edecektir.

Lojistik hizmetleri ve lojistik sözleşmesi TTK'da düzenlenmemiştir. Lojistik hizmetleri içinde yer alan ambalajlama ve işaretleme, bu yönüyle yasal düzenlemeye konu edilmediği için, yasal boşluk bulunmaktadır. Ambalajlama ve işaretleme taşımanın başlamasından önce yapılması gereken bir lojistik faaliyeti olarak ele alınarak yasal bir düzenleme yapılmalıdır. Yasal bir düzenleme yapılana kadar, sorunun çözümü bakımından lojistik hizmetlerine ilişkin genel işlem şartları Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığınca belirlenebilir ve sektöre duyurularak bu yöndeki ihtiyaç giderilebilir. Ayrıca yargı kararları dikkate alınarak, ambalajlama ve işaretlemenin gönderen tarafından yapıldığı ve/veya yaptırıldığı durumlarda, taşıyıcının gözetim ve kontrol yükümlülüğünün olduğuna ilişkin TTK m. 862'ye bir fıkra eklenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Acar, A. Z. / Çakmak, E. (2018), Depolama ve Depo Yönetimi, Ankara;
- [2] Can, M. (2017), Türk Taşıma Hukukunun Genel Esasları - Birinci Cilt, CMR ve Alman Ticaret Kanunu Hükümleri ile Mukayeseli Olarak, Ankara.
- [3] Çakıcı, L. (1987), İşletmelerde Ambalaj Sorunları ve Ambalajlama Alanındaki Gelişmeler, Ankara.
- [4] Eminoğlu, C. (2015), Türk Ticaret Kanunu'nun 864. Maddesi Kapsamında Gönderenin Kusursuz Sorumluluğu, Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi C. XIX, Y. 2015, Sa. 3, ss. 25-53.
- [5] Erdil, E. (2015), Karayolu ile Uluslararası Eşya Taşıma Hukuku (Ciltli), İçtihatlı CMR Konvansiyonu Şerhi, İstanbul.
- [6] İmrak, K. (2017), Karayolu Taşımacılığında CMR'ye Göre Taşıyıcının Sorumluluğunun Sınırı, Ankara.
- [7] Karan, H. (2011), Uluslararası Eşya Taşıma Sözleşmesi Hakkında Konvansiyon, CMR Şerhi. Ankara.
- [8] Koppelman, U. (1971), Grundlagen der Verpackungsgestaltung. Ein Beitrag zur Marketingorientierten Produktforschung, Herne/Berlin.
- [9] Nebol, E. (2016), Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi, Ankara.
- [10] Özdemir, T. (2006), Uluslararası Eşya Taşıma Hukuku, Zıya ve/veya Hasar Sorumluluğu, İstanbul.
- [11] Thume, K. H. / Schmid, K. vd. (2014), Münchener Kommentar zum HGB Band 7 Transportrecht, 3. Auflage, München.
- [12] Topsoy, F. (2014). Taşınma Eşyası Taşımalarında Taşıyıcının Özel Yükümlülükleri. Ankara Barosu Dergisi, S.2, ss. 21-46.

- [13] Yavaş, A. (2016), Kara Yolunda Konteyner İle Yapılan Yük Taşımada Kayıp Veya Hasardan Doğan Sorumluluk, İstanbul.
- [14] Yeşilova, E. (2005), CMR - Taşıma Senedinin İspat Kuvveti, Dokuzeylü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C.7, Sa.1, ss. 237-273.
- [15] Yargıtay, Karar Arama, <https://emsal.yargitay.gov.tr/BilgiBankasiIstemciWeb/>, 09/02/2018.
- [16] Karar Ara, <https://www.kararara.com/forum/viewtopic.php?f=193&t=36071>, 19/02/2018.

TALAŞLI İMALAT ÜRÜNLERİ İÇİN PAKET SEÇİMİ

Seda Mungan¹

¹ T.C Maltepe Üniversitesi, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, s.sarihan@anarmetal.com

ÖZET

Talaşlı imalat ürünleri başta otomotiv sanayisi olmak üzere, birçok sanayi dalında kullanılmakta olup bu ürünlerin kalitesi, müşterinin imalat ve montaj hatlarından çıkacak nihai ürünlerin kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Talaşlı imalat ürünleri yapıları gereği hassas ürünlerdir. Talaşlı imalat fabrikasındaki üretim hattından kalite standartlarına uygun bir şekilde çıkan ürünün, müşteriye de yine aynı kalitede ulaşması hedeflenmektedir. Bu sebeple depolama, elleçleme, ulusal/uluslararası taşıma gibi tüm lojistik süreçlerinde ürünün hasar görmemesi gerekmektedir. Bu noktada kullanılan paketleme kilit rol oynamaktadır. Yanlış paketleme türü seçimi önemli düzeyde kalitesizlik maliyeti yaratabilir. Bunu önlemek için kap seçimlerini doğru yapmak gerekir ki bunun yolu da ürün bazında paketleme seçim kriterlerini belirlemekten geçmektedir.

Bu uygulamada amaç talaşlı imalat ürünleri örneğinden yola çıkarak, uygun paketleme seçimi kararlarını kolaylaştıracak kriterleri belirlemek ve ürüne uygun paketlemeyi çok kriterli karar verme yöntemlerinden birini kullanarak seçmektir.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, İmalat Yöntemleri, Paketleme

THE PACKING SELECTION FOR THE MACHINING PRODUCTS

ABSTRACT

The machining parts particularly used in the automotive industry, can be the input of several different industries. These parts have a significant role for the quality of the final products that are produced in the production and assembly lines of the customer. The machining parts have a quite sensitive structure. A part which left the machining plant with a high quality, is also expected to arrive at the customer adress with the same quality level. Based on this expectation, the part should not be damaged during all logistics processes such as the storage, the material handling and national / international transportation. At this point the selected packing plays a key role. A wrong decision making for the packing can create serious 'poor quality costs'. In order to prevent such a serious cost the packing selection should be done properly and it comes from defining the packing selection criterias by taking into consideration the characteristics of each product.

The purpose of this study is to define the criterias which will make the decision making much more easier from among different packing types and to choose the proper packing by using one of the multi criteria decision making methods.

Key words : Multi criteria decision making, Packing, Production Methods

1 . GİRİŞ

Üretime gereken önemi vermeyen ülkeler her zaman üretici durumdaki başka ülkelere muhtaç ve bağımlı durumdadırlar. Dünya üzerinde günden güne artan rekabet koşulları altında ayakta kalabilen her bir üretici firma ülkesini bir adım ileriye taşıyan yapı taşlarından biri olacaktır.

Gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde faaliyet gösteren ve zoru başaran bu üretim firmalarının önemli bir bölümünü 'talaşlı imalat firmaları' oluşturmaktadır.

Otomotiv, ağır silah, beyaz eşya endüstrisi gibi birçok farklı sektörde talaşlı imalat ürünü örneklerine rastlamak mümkündür ve bugün piyasadaki ürünlere baktığımızda birçokunun talaşlı imalat yöntemi ile üretilerek tüketiciye sunulduğunu söyleyebiliriz.

Günümüz rekabet koşullarında, her firmada olduğu gibi talaşlı imalat firmalarında da karar vericilerden bir problem esnasında birçok alternatif arasından, yine birçok farklı kritere dayanarak olabilecek en hızlı ve en doğru kararı alması ve bu kararın rekabetçi piyasa şartlarında işletmeye fayda sağlaması beklenir. Karar almak önemli olduğu kadar zor ve riskli bir iştir. Şayet alınan bir karar firmanın rekabetçi ve kaliteli ürün/hizmet sunma yönünde fayda sağlamıyorsa, bu durum hem zaman kaybı hem de ciddi maddi kayıplar ile sonuçlanır.

Kaliteli ürün özünde müşteri beklentilerini karşılayan üründür ve bu anlamda bir ürün fabrikayı terk ederken standartlara uygun ve kaliteli olabilir ama esas kalite, ürün müşteri ile bulunduğu anda ortaya çıkar. Bu düşünceden hareketle, ürünün müşteri ile bulunduğu ana kadar geçirdiği depolama, elleçleme, ulusal / uluslararası taşıma gibi tüm lojistik süreçlerinde ürünün aynı kalitesi muhafaza edilmelidir. Aksi takdirde ciddi kalitesizlik maliyetleri ile karşılaşılır. Bu maliyetlerin önüne geçmek için en önemli faktörlerden biri paketlemedir. Önleyici yaklaşımla doğru kararlara yatırım ve harcama yapılırsa, istenmeyen maliyetlerin önüne geçilecektir. O halde karar vericiyi bekleyen en kritik problemlerden biri de talaşlı imalat ürün özelliklerini göz önünde bulundurarak en uygun paketleme malzemesinin seçimidir

Paketlemenin pazarlama ve lojistik fonksiyonu olmak üzere iki temel fonksiyonu vardır. Pazarlama açısından paketleme konseptine bakıldığında ürünün teşvik edilmesinde ve reklamında kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkar. Lojistik açısından konuya bakıldığında ise paketleme iki ana hizmet sunar. Bunlardan ilki ürünün nakliyesi ve depolanması sırasında ürünün dış etkenlerden korunması ve ikincisi ise ürünün depolanması ve taşınması esnasındaki kullanılması gereken işçi ve malzeme maliyetlerini azaltmasıdır. (URL1, 2018)

Talaşlı imalat, yaygın olarak metal, plastik, ahşap gibi farklı malzemeler ham madde olarak kullanılır ancak bu uygulamada metal parçaların (demir veya demir dışı) talaşlı imalat örneğinden yola çıkılarak çalışma tamamlanmıştır. Öncelikle talaşlı imalat yönteminin üretim sistemleri içerisindeki yeri tanımlanmış ve ardından paketleme nedir ve fonksiyonları nelerdir soruları cevaplanmıştır. Son olarak çok kriterli karar verme tekniklerinden olan AHP yöntemi kullanılarak, bu yöntem ile uygun paketleme seçimi yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışma, hem sektördeki karar vericilere ve yöneticilere hem de konunun önemini farklı yönlerden de ele almak isteyen araştırmacılara gelecek çalışmalarında yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Bir sonraki bölümde çalışmaya konu olan anahtar kelimeler aracılığı ile yapılan literatür araştırmasının detayları gösterilmiştir. Ardından Talaşlı İmalat Ürünleri ve Özellikleri, Paketleme, AHP Yöntemi ile Talaşlı İmalat Ürünleri İçin Paket Seçimi ana başlıkları altında çalışma tüm yönleri ile ele alınmaya çalışılmış ve son olarak Sonuçlar, Öneriler ve KAYNAKLAR bölümleri ile çalışma tamamlanmıştır.

2 . LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

'AHP Yöntemi', 'Çok Kriterli Karar Verme', 'Paketleme Seçimi', 'Ambalaj' anahtar kelimeleri kullanılarak literatür araştırması yapılmıştır. Tablo 1'de incelenen araştırmalar listelenmiştir. Talaşlı imalat ürünleri üzerine yapılan paketleme seçim çalışmasına rastlanmamıştır.

Tablo 1: Literatür Araştırması

Araştırma	Başlık	Anahtar Kelimeler
Palsson, Finnsgard ve Wanström,2012	Selection of Packaging Systems in Supply Chains from a Sustainability Perspective: The case of Volvo	Otomotiv, Lojistik, Model, Paketleme , Sürdürülebilirlik
Tümenbatur, 2016	Yaş Sebze Meyve Ürünleri İçin Ambalaj Seçimleri	Ürün Standardı, Ambalaj Standardı ve AHP Modeli.
Meneses, Pasqualino ve Castells, 2012	Environmental assessment of the milk life cycle: The effect of packaging selection and the variability of milk production data	Environmental assessment; Global warming potential; Waste management; Packaging ; Responsible consumption; LCA; Milk
Ayhan, 2011	Effect of Packaging on the Quality and Shelf-life of Minimally Processed /Ready to Eat Foods	Hazır Gıda, Paketleme , İşlenmiş Gıda
Özkan, Başlıgil ve Şahin, 2011	Supplier Selection Using Analytic Hierarchy Process: An Application From Turkey	AHP , Computer and Printer purchasing, Decision Making , Supplier Selection
Çakmak, Can ve Akdeniz, 2007	Taze İncirin Taşınması Sırasında Paketleme Özelliklerinin Kalite Kayıpları Üzerine Etkisi	İncir, Paketleme , Taşıma, Titreşim, Meyve Kalitesi
Denizhan, Yalçiner ve Berber, 2017	Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması	AHP , Bulanık AHP, Yeşil tedarikçi seçimi
Uzun ve Kazan, 2016	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması	Makine Seçimi, AHP , TOPSIS ve PROMETHEE, Çok Kriterli Karar Verme
Türk, 2011	Üretici İşletmelerde Yeşil Ambalajlama Anlayış ve Uygulamaları: Malatya Organize Sanayi Bölgelerinde Bir Araştırma	Ambalaj , Ambalaj Stratejisi, Yeşil Ambalajlama, Yeşil Pazarlama, Çevre Bilinci

3. TALAŞLI İMALAT ÜRÜNLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Talaşlı imalat ürün özelliklerini tanımlamadan önce, kavramları daha iyi açıklayabilmek adına şu soruyu cevaplamak gerekir. Üretim ve imalat aynı şey midir?

İmalat (ing. manufacturing); ham madde işlenerek yapılan her türlü mal ve üretim olarak tanımlanırken, *üretim (ing. production);* belirli faaliyet ve işlemler sonucu yeni bir mal veya hizmet meydana getirme olarak tanımlanmaktadır. (URL2, 2018)

Dolayısıyla her imalat aslında bir üretimdir ve temel amaç bir mal meydana getirmektir, ancak bunun tersi her zaman geçerli değildir. Üretim mal, hizmet, fayda yaratma tanımlarını da içeren çok daha kapsamlı bir kavramdır.

Genel olarak sistem kavramı, birbiri ile etkileşim içinde olan parçalardan oluşan anlamlı bir bütün olarak tanımlanmaktadır. Bir üretim sistemi ise, hammadde, sermaye, bilgi gibi girdilerin bir dönüşüm sürecine dahil olması ve nihayetinde bir ürün veya hizmet gibi bir çıktının meydana getirilmesini ifade eder. Üretim sistemleri; üretim yöntemi, üretim amacı ve üretim süreçleri gibi kriterlere göre farklı biçimlerde sınıflandırmak sınıflandırılabilir. (Topoyan, 2018)

Üretim sistemleri başlı başına çok kapsamlı bir konu olmakla birlikte, talaşlı imalat, üretim yöntemine göre yapılan sınıflandırma kapsamında 'fabrikasyon üretim' başlığı altında ele alınır bilgisini vermek bu noktada önemlidir çünkü genel tanımı ile fabrikasyon üretim; hammaddenin işlenerek şekil verilmesi işlemidir ve bu tanım talaşlı imalat tanımı ile benzer öğeler içermektedir. O halde talaşlı imalat nedir?

İmalat yöntemleri, genel tabiri ile talaşlı imalat ve talaşsız imalat olmak üzere ikiye ayrılır. (URL3, 2018) İmalat esnasında malzemeden ayrılan bir tür kırıntı şeklindeki tabakalar talaş olarak tanımlanır. Talaşsız imalatta, malzeme üzerine kuvvet uygulama yolu ile farklı şekil ve boyutlarda parça üretilir ve bu esnada malzemenin kütlelerinde bir değişiklik olmaz. Plastiğe şekil verme, döküm, bükme ve benzeri örnekler talaşsız imalat türlerindedir.

Metaller üzerinden kesici takım yardımıyla talaş kaldırarak istenilen şekil ve ölçülere getirme işlemine ise talaşlı imalat denir. (URL4, 2018). Kullanılan malzeme sektör ihtiyaçlarına göre ahşap, plastik veya metal malzeme türünde olabilir. Bu imalat türünde imalatta girdi olarak kullanılan ham malzemenin ağırlığı ile, imalatın bir çıktısı olan parçanın ağırlığı kıyaslandığında parçanın daha hafif olduğu gözlemlenir.

Bu çalışmada bahsi geçen ürünler ise demir ve demir dışı metallerin hassas işleme yolu ile elde edildiği talaşlı imalat ürünleridir. Çok dar toleranslarda gerçekleştirilen işleme operasyonları sonucunda hassasiyeti yüksek olan parçalar ortaya çıkar. Müşteri, parça üzerinde çapak, yüzeyde hasar veya korozyon (demir paslanması) gözlemler ise bu parçaları reddedebilir. Üretim hattından çıkan ve tüm kalite kontrol süreçlerini başarıyla geçen parçalar için risk hala devam etmektedir çünkü ürünler henüz müşteriye teslim edilmemiştir. Bu aşamada, talaşlı imalat ürünleri için sayabileceğimiz genel özellikler;

- Olası darbelerle karşı hassasiyetleri yüksek olup, parçalarda kırılma, çizilme gözlemlenebilir ve tür parçalar ayıklama sürecinden geçmeden müşterinin montaj hattına giremez.
- Parçalar korozyona (paslanmaya) müsaittir. Parça üzerine koruyucu yağlama yapılsa veya VCI torba gibi yardımcı paketleme malzemesi kullanılsa dahi ana kap sağlam ve uygun yapıda değilse, su ve neme maruz kaldığında içerisindeki parçalar için korozyon riski her zaman vardır.

Paketleme tüm lojistik süreçlerinde yer alır ve bu süreçlerin sorunsuz bir biçimde ilerlemesi hedefleniyorsa, yukarıda bahsedilen ürün özellikleri doğrultusunda olabilecek en doğru kap seçimlerini yapmak ve satın alma kararını vermek gerekir.

4. PAKETLEME

İçine konulduğu ürünü taşıma gibi geleneksel işlevinin yanı sıra çok sayıda işleve sahip olması nedeni ile paketleme faaliyetleri, lojistiğin çok önemli bir unsurudur. Bir ürünün paketinden bahsedilirken, bazı durumlarda ambalaj terimi de kullanılır. Peki ambalaj ve paket aynı şey midir?

Ambalaj ve paket, fonksiyonları gereği aslında farklı kavramlardır. Ambalaj ve ambalajlama, lojistiğin doğrudan kapsamına ve ilgi alanına girmeyerek, 'pazarlama' işlevine daha yakın bir fonksiyona sahiptir. (Keskin, 2015). Bu çalışma ise, talaşlı imalat ürünlerinde kalite kaybı yaşamadan depolama, elleçleme ve taşıma gibi faaliyetlerin sorunsuz yürütülmesi ve bu faaliyetlerde paketlemenin rolü üzerine hazırlanmıştır. Dolayısıyla lojistik temelli bir çalışma yürütülmüştür ve terim olarak 'paket', 'paketleme' veya yer yer 'kap' ifadeleri kullanılmıştır.

Karar verici, paketten işletme olarak beklentimiz nedir sorusunun cevabını biliyorsa, paket seçimine giden yola nereden başlayacağımız belli olmuş demektir. İşletmelerdeki lojistik ve pazarlama uzmanlarının birçoğunun bildiği üzere paketlemenin belli başlı fonksiyonları vardır, o halde bu fonksiyonlardan hangisi veya hangileri ile işletmenin beklentileri örtüşmektedir?

Paketlemenin fonksiyonları genel olarak ürünü koruma, ürün içeriği hakkında bilgilendirme, stok kontrol ve depolamada fayda sağlama, taşıma, elleçleme kolaylığı sağlama gibi lojistik tabanlı fonksiyonlardır ama bunun yanı sıra ürünün teşvik edilmesi gibi pazarlama tabanlı fonksiyonları da mevcuttur.

Karar vericinin kullanım amacı doğrultusunda palet, çuval, istifleme kasası, koli, sepet, konteyner, bidon gibi kap türleri ve yardımcı paketleme malzemeleri arasından bir seçim yapması gerekir. (Tanyaş, 2017)

Bir ürün fabrikadan çıktıktan sonra müşteriye ulaşana kadar geçen süreçlerde yer alan aktörlerin ürünü görme ve ürüne dokunma yetkisi yoktur. Tüm süreçlerde ürün paket içerisindedir ve paketi açma yetkisi müşteriye aittir ve en kritik an bu andır çünkü ürünün kalitesi müşteri paketi açtığı anda belirlenir.

5. AHP YÖNTEMİ İLE TALAŞLI İMALAT ÜRÜNLERİ İÇİN PAKET SEÇİMİ

Her ürünün özelliği farklıdır ve bu durum paketleme ihtiyacının ürüne göre değişkenlik göstermesi ile sonuçlanır. Paketleme sistemlerinin seçimi tedarik zincirinin hem ekonomik hem de çevresel performansını etkiler ancak yapılan literatür taramaları imalat firmalarında paketleme seçimi için kullanılan model ve metodların nadir olarak bu boyutları ele aldığını göstermektedir. (Finnsgard, C.; Palsson, H.; Wanström, C., 2012). Bu çalışmada ise maliyet ve çevresel duyarlılık özellikle göz önünde bulundurulmuştur. Paket seçimleri genel olarak içine koyulacak ürünlerin özelliği ve paketlemenin ne amaçla kullanılacağı göz önünde bulundurularak yapılır. Talaşlı imalat parçalarının genel olarak ana sanayi montaj hatlarına veya toptancılara sevk edildiği düşünülürse, paketlemedeki pazarlama fonksiyonu göz ardı edilmelidir çünkü talaşlı imalat ürünleri bir tüketim ürünü olmaktan ziyade endüstriyel bir üründür. Paketleme yapıldıktan sonra her paket üzerine ayrı ayrı bilgilendirme ve takip amaçlı etiket yapıştırılır, böylece etiketleme yöntemi ile de bilgilendirme fonksiyonu tamamlanmış olur. Dolayısıyla seçilecek olan paketlemeden esas beklenti dayanıklı olması, geçirgenlik özelliğinin düşük olması, depolama ve elleçlemede kolaylık sağlaması ve tüm bunların yanı sıra ekonomik ve çevreye duyarlı olmasıdır ve bu birçok kriter doğrultusunda seçim yapmak gereklidir. Tüm bu kriterlerin ayrı ayrı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Talaşlı imalat ürünlerinin paketleme sürecinde palet, nem alıcı, streç film, VCI torba gibi yardımcı paketleme malzemeleri kullanılmakla birlikte, en kritik nokta; ana kap seçimini yapmaktır. Bu ürünler için kullanılacak kap türleri; tahta kasa, şirinkleme yöntemi, katlanabilir tahta kasa, karton kutu, telli kafes kasa ve metal kasa olup, seçim yapabilmek adına çok kriterleri karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ile en uygun sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

AHP yöntemin en önemli üstünlükleri kullanım kolaylığı ve objektif yargıların yanı sıra subjektif yargıları da bünyesinde barındıran karmaşık karar problemlerinde başarıyla uygulanabilir olmasıdır. (Timör, 2011), (Esen, 2008). Tüm kriterler ile ilgili göreceli önem derecelerinin belirlenmesinde karar vericinin (uzman) görüşlerine ihtiyaç duyan bir tekniktir. Karar vericileri kriterleri ve alt kriterleri Saaty' nin 1-9 ölçeği kullanılarak hazırlanmış anketleri doldurarak karşılaştırırlar. (Önder, G.; Önder, E., 2015)

Talaşlı imalat sektöründe çalışan üç uzman ile görüşülmüştür. (URL5, 2018) Bu uzmanlardan kap seçimi amacı ile kriterleri ve buna bağlı olarak kapları Saaty'nin 1-9 ölçeği doğrultusunda kıyaslaması istenmiştir. Yapılan görüşme sonucunda elde edilen karşılaştırma değerleri Tablo 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Ana Kriterler İçin Elde Edilen Uzman Değerlendirmeleri

Yüksek dayanıklılık-K1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ürün Koruma-K2
Yüksek dayanıklılık-K1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elleçleme kolaylığı-K3
Yüksek dayanıklılık-K1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Düşük maliyet -K4
Yüksek dayanıklılık-K1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel duyarlılık -K5
Ürün koruma-K2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elleçleme kolaylığı-K3
Ürün koruma-K2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Düşük maliyet -K4
Ürün koruma-K2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel duyarlılık -K5
Elleçleme kolaylığı-K3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Düşük maliyet -K4
Elleçleme kolaylığı-K3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel duyarlılık -K5
Düşük maliyet -K4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel duyarlılık -K5

Tablo 3: Ana Kriterler İçin Karşılaştırma Matrisi

KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	2	4	3	0,5
K2	0,5	1	3	2	0,33
K3	0,25	0,33	1	0,5	0,25
K4	0,33	0,5	2	1	1
K5	2	3	4	1	1
TOPLAM	4,08	6,83	14	7,5	3,08

Tablo 4: Ana Kriterler İçin Normalize Matris Ve Elde Edilen Lokal Ağırlıklar

KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	ORTALAMA AĞIRLIK
K1	0,245	0,293	0,286	0,400	0,162	27,72%
K2	0,123	0,146	0,214	0,267	0,107	17,14%
K3	0,061	0,048	0,071	0,067	0,081	6,58%
K4	0,081	0,073	0,143	0,133	0,325	15,10%
K5	0,490	0,439	0,286	0,133	0,325	33,46%

Yapılan genel değerlendirme sonucunda kriterler önem sırasına dizilmiştir. Çevresel duyarlılık ve yüksek dayanıklılık en önemli kriterler iken, en az önemli kriterin elleçleme kolaylığı olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitler doğrultusunda tutarlılık analizi yapılmış ve uyum indeksi hesabında 0,08 sonucuna ulaşılmıştır. CR;0,08 <0,1 olması bu çalışmanın uyum sınırları içinde yer aldığı ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Kriterlerin ve önem derecelerinin belirlenmesinden yola çıkılarak, her bir kriter bazında alternatif kaplar kendi aralarında değerlendirilmiş ve ulaşılan sonuçlar Tablo 5 ve tablo 9 arasında ifade edilmiştir. Nihai sonuç ise Tablo 10'da gösterilmektedir. Çalışmaya konu olan alternatif kaplar şu şekildedir:

- Tahta Kasa -P1
- Şirinkleme Yöntemi -P2
- Katlanabilir Tahta Kasa- P3
- Karton Kutu- P4
- Telli Kafes Kasa-P5
- Metal Kasa- P6

Tablo 5: Dayanıklılık Kriterine Göre Kapların Karşılaştırma Matrisi Ve Ağırlıkları

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
P1	1	6	1	4	2	0,5	
P2	0,17	1	0,17	0,25	0,2	0,14	
P3	1	6	1	4	2	0,5	
P4	0,25	4	0,25	1	0,33	0,2	
P5	0,5	5	0,5	3	1	0,5	
P6	2	7	2	5	2	1	
TOPLAM	4,92	29	4,92	17,25	7,53	2,84	
KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ORTALAMA AĞIRLIK
P1	0,203252	0,2068966	0,203252	0,2318841	0,2656042	0,176056338	21,45%
P2	0,0345528	0,0344828	0,0345528	0,0144928	0,0265604	0,049295775	3,23%
P3	0,203252	0,2068966	0,203252	0,2318841	0,2656042	0,176056338	21,45%
P4	0,050813	0,137931	0,050813	0,057971	0,0438247	0,070422535	6,86%
P5	0,101626	0,1724138	0,101626	0,173913	0,1328021	0,176056338	14,31%
P6	0,4065041	0,2413793	0,4065041	0,2898551	0,2656042	0,352112676	32,70%

Tablo 6: Ürün Koruma Kriterine Göre Kapların Karşılaştırma Matrisi Ve Ağırlıkları

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	5	1	4	6	0,5
P2	0,2	1	0,2	2	3	0,17
P3	1	5	1	4	6	0,5
P4	0,25	0,5	0,25	1	2	0,17
P5	0,17	0,33	0,17	0,5	1	0,14
P6	2	6	2	6	7	1
TOPLAM	4,62	17,83	4,62	17,5	25	2,48

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ORTALAMA AĞIRLIK
P1	0,2164502	0,2804262	0,2164502	0,2285714	0,24	0,201612903	23,06%
P2	0,04329	0,0560852	0,04329	0,1142857	0,12	0,068548387	7,42%
P3	0,2164502	0,2804262	0,2164502	0,2285714	0,24	0,201612903	23,06%
P4	0,0541126	0,0280426	0,0541126	0,0571429	0,08	0,068548387	5,70%
P5	0,0367965	0,0185081	0,0367965	0,0285714	0,04	0,056451613	3,62%
P6	0,4329004	0,3365115	0,4329004	0,3428571	0,28	0,403225806	37,14%

Tablo 7: Elleçleme Kolaylığı Kriterine Göre Kapların Karşılaştırma Matrisi Ve Ağırlıkları

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	0,25	1	0,33	2	3
P2	4	1	4	2	5	6
P3	1	0,25	1	0,33	2	2
P4	3	0,5	3	1	4	5
P5	0,5	0,2	0,5	0,25	1	2
P6	0,33	0,17	0,5	0,2	0,5	1
TOPLAM	9,83	2,37	10	4,11	14,5	19

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ORTALAMA AĞIRLIK
P1	0,1017294	0,1054852	0,1	0,080292	0,137931	0,157894737	11,39%
P2	0,4069176	0,4219409	0,4	0,486618	0,3448276	0,315789474	39,60%
P3	0,1017294	0,1054852	0,1	0,080292	0,137931	0,105263158	10,51%
P4	0,3051882	0,2109705	0,3	0,243309	0,2758621	0,263157895	26,64%
P5	0,0508647	0,0843882	0,05	0,0608273	0,0689655	0,105263158	7,01%
P6	0,0335707	0,07173	0,05	0,0486618	0,0344828	0,052631579	4,85%

Tablo 8: Maliyet Kriterine Göre Kapların Karşılaştırma Matrisi Ve Ağırlıkları

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	0,14	1	0,17	5	8
P2	7	1	7	4	7	9
P3	1	0,14	1	0,2	5	8
P4	6	0,25	5	1	6	7
P5	0,2	0,14	0,2	0,17	1	2
P6	0,13	0,11	0,13	0,14	0,5	1
TOPLAM	15,33	1,78	14,33	5,68	24,5	35

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ORTALAMA AĞIRLIK
P1	0,065232	0,078652	0,069784	0,02993	0,204082	0,22857143	11,27%
P2	0,456621	0,561798	0,488486	0,704225	0,285714	0,25714286	45,90%
P3	0,065232	0,078652	0,069784	0,035211	0,204082	0,22857143	11,36%
P4	0,391389	0,140449	0,348918	0,176056	0,244898	0,2	25,03%
P5	0,013046	0,078652	0,013957	0,02993	0,040816	0,05714286	3,89%
P6	0,00848	0,061798	0,009072	0,024648	0,020408	0,02857143	2,55%

Tablo 9: Çevresel Duyarlılık Kriterine Göre Kapların Karşılaştırma Matrisi Ve Ağırlıkları

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	7	1	9	8	8
P2	0,14	1	0,14	2	5	5
P3	1	7	1	9	8	8
P4	0,11	0,5	0,11	1	0,5	0,5
P5	0,13	0,2	0,13	2	1	1
P6	0,13	0,2	0,13	2	1	1
TOPLAM	2,51	15,9	2,51	25	23,5	23,5

KRİTER	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ORTALAMA AĞIRLIK
P1	0,3984064	0,4402516	0,3984064	0,36	0,3404255	0,340425532	37,97%
P2	0,0557769	0,0628931	0,0557769	0,08	0,212766	0,212765957	11,33%
P3	0,3984064	0,4402516	0,3984064	0,36	0,3404255	0,340425532	37,97%
P4	0,0438247	0,0314465	0,0438247	0,04	0,0212766	0,021276596	3,36%
P5	0,0517928	0,0125786	0,0517928	0,08	0,0425532	0,042553191	4,69%
P6	0,0517928	0,0125786	0,0517928	0,08	0,0425532	0,042553191	4,69%

Tablo 10: Sonuç

Kriterlere göre	Dayanıklılık	Ürün Koruma	Elleçleme Kolaylığı	Düşük maliyet	Çevresel Duyarlılık
Tahta Kasa %	21,4	23,1	11,1	11,3	37,97
Şirinkleme Yöntemi %	3,2	7,4	39,6	45,9	11,33
Katlanabilir Tahta Kasa %	21,4	23,1	10,5	11,4	37,97
Karton Kutu %	6,9	5,7	26,6	25	3,36
Telli Kafes Kasa %	14,3	3,6	7	3,9	4,69
Metal Kasa %	32,7	37,1	4,9	2,5	4,69

Kriter ağırlıklarına göre	Dayanıklılık	Ürün Koruma	Elleçleme Kolaylığı	Düşük maliyet	Çevresel Duyarlılık	TOPLAM %
Tahta Kasa	5,9278	3,9501	0,7326	1,7063	12,71995	25,04
Şirinkleme Yöntemi	0,8864	1,2654	2,6136	6,9309	3,79555	15,49
Katlanabilir Tahta Kasa	5,9278	3,9501	0,693	1,7214	12,71995	25,01
Karton Kutu	1,9113	0,9747	1,7556	3,775	1,1256	9,54
Telli Kafes Kasa	3,9611	0,6156	0,462	0,5889	1,57115	7,20
Metal Kasa	9,0579	6,3441	0,3234	0,3775	1,57115	17,67

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Olası kalitesizlik maliyetlerinin önüne geçmek adına doğru paketleme seçimi talaşlı imalat ürünleri sektörü için önemli adımlardan birisidir. Bu çalışma, Talaşlı İmalat ürünlerinin taşıma paketi (kap) seçiminde AHP yönteminin uygulanabilirliğini göstermek için yapılmıştır. Kap seçiminde önem bakımından ilk üç sırada yer alan kriterler çevresel duyarlılık, yüksek dayanıklılık, ürün korumadır. Hatta maliyet kriterinin de ağırlığına bakıldığında önemli bir paya sahip olduğunu söylemek de mümkündür. Yapılan çalışma sonucunda %25 gibi bir değer ile tahta kasaların seçim listesinde ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Gerek çevresel duyarlılık gerekse dayanıklılık özellikleri ve nispeten ucuz ürünler olduğu için bu tahta kasalar ilk akla gelen ve tercih edilen kaplardır. Metal kasalarında yüksek dayanıklılık ve ürün koruma özelliği açısından karar anında %17 gibi bir ağırlığı olduğu görülmektedir ancak bu kasaların maliyeti yüksektir. Metal kasa ve şirinkleme yönteminin ağırlıklarının birbirine yakın çıktığı görülmektedir ve genelde maliyet avantajı sebebiyle karar bazen şirinkleme yöntemi yönünde de alınmaktadır. Ancak başta da belirtildiği gibi Talaşlı İmalat Ürünleri sektöründe ilk tercih hep tahta kasalardan yana yapılmaktadır. AHP çalışması sektörde uzman iç çalışan ile yapılmıştır ancak akademisyen veya paketleme tedarikçileri ile yapılacak çalışmalar ve görüşmeler neticesinde daha kapsamlı sonuçlar elde etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Esen, Ö. (2008). Uygulamalı Yöneylem Araştırması, Yöneticiler İçin Bilgisayar Destekli Karar Modelleri: Excel ile Modelleme ve Çözüm Teknikleri. İstanbul: Çağlayan Kitapevi.
- [2] Finnsgard, C.; Palsson, H.; Wanström, C. (2012). Selection of Packaging Systems in Supply Chains from a Sustainability Perspective: The Case of Volvo. Packaging Technology and Science- An International Journal.
- [3] Keskin, M. (2015). Tedarik Zinciri Yönetimi, Arka Planı, Gelişimi ve Güncel Uygulamaları. Nobel Akademik Yayıncılık.
- [4] Önder, G.; Önder, E. (2015). Analitik Hiyerarşi Süreci. B. Yıldırım, & E. Önder içinde, Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Bursa: Dora Basım Yayın.
- [5] Tanyaş, M. (2017). Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı-Depo Tasarımı-Ders Notları, TC Maltepe Üniversitesi.

- [6] Timör, M. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- [7] Topoyan, M. (2018). Mert Topoyan: <http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/uiy2.pdf> adresinden alındı
- [8] URL1. (2018). Göztepe Nakliyat. <http://goztepenakliyat.com.tr/lojistik-acidan-paketleme> adresinden alındı
- [9] URL2. (2018). TDK. 2018 tarihinde <http://www.tdk.gov.tr> adresinden alındı
- [10] URL3. (2018). TürkçeBilgi: https://www.turkcebilgi.com/imalat_yontemleri adresinden alındı
- [11] URL4. (2018). Hamit Arslan-Makine Yüksek Mühendisi: <http://www.hamitarslan.com/talasli-imalat.html> adresinden alındı
- [12] URL5. (2018). Anar Metal Ltd.: <http://www.anarmetal.com/> adresinden alındı

AVRUPA BİRLİĞİ İZLEME RAPORLAMA VE DOĞRULAMA DÜZENLEMESİ KAPSAMINDA GENİŞLETİLMİŞ VERİ SETİ ÖNERİSİ

Ömer Söner¹, Onur Berah², Metin Çelik³

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, İstanbul, soneromer023@gmail.com

²Tantek Teknolojik Hizmetler Ltd. Şti., İstanbul, ilkayonur@msn.com

³İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği, İstanbul, dr.celikm@gmail.com

ÖZET

Sürdürülebilir deniz taşımacılığı konseptine uygun olarak, gemilerin işletim düzeyinde çevresel etkilerinin ölçülmesi, sınırlandırılması ve azaltılması amacıyla AB MRV (Monitoring, Reporting, Verification) düzenlemesi geliştirilmiştir. Bu çalışmada, AB MRV çerçevesinde gemilerde yakıt tüketiminin izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması konusunda önerilen 4 farklı veri izleme yöntemi karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Bu yöntemler, i) Yakıt teslim bildirimi (BND) ve periyodik yakıt tankları periyodik ölçümleri, ii) Yakıt tanklarının izlenmesi, iii) Yakıt debimetreleri, iv) Doğrudan emisyon ölçümü olarak sıralanmaktadır. Söz konusu yöntemlerin avantajları, dezavantajları, kurulum maliyetleri vb. konuların değerlendirilmesi gemi işletmeciliği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada mevcut veri toplama yöntemleri ile elde edilen verilerin istatistiksel öğrenme araçları ile analizine yönelik değerlendirmeler üzerinde durulmuştur. Çalışma, MRV süreçlerinde elde edilen verilerin gemi işletim düzeyindeki diğer veriler ile bütünlük olarak değerlendirilmesine yönelik öneriler ile sonuçlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: AB, Denizyolu taşımacılığı, İstatistiksel öğrenme, MRV.

EXTENDED DATA SET PROPOSAL FOR THE EUROPEAN UNION MONITORING REPORTING AND VERIFICATION REGULATION

ABSTRACT

In accordance with the concept of sustainable maritime transport, the EU MRV regulation has been developed to measure, limit and reduce the environmental impacts of ships at the operational level. In this study, 4 different data obtaining methods proposed in the monitoring, reporting and verification of fuel consumption for ships in the EU MRV framework have been studied comparatively. These methods are: i) Bunker delivery note (BDN) and periodic stock-takes of tanks, ii) Bunker fuel tank monitoring on-board, iii) Flow metres for applicable combustion processes, iv) Direct emissions measurement. Advantages, disadvantages, installation costs, etc. of these methods has a great importance in terms of ship operation. This study focuses on statistical learning tools and evaluations of data obtained by using existing data collection methods.. The study concluded with suggestions to evaluate the data obtained in the MRV processes as integrated with other data at the ship operation level.

Keywords: EU, Maritime transport, Statistical learning, MRV.

1. GİRİŞ

Deniz yolu taşımacılığının uluslararası sera gazı salınımının yaklaşık % 2.4 'den ve karbondioksit (CO₂) salınımının ise % 3.1'den tek başına sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (IMO, 2014). Artan dünya ticaretine bağlı olarak, önümüzdeki dönemde bu oranın daha da artacağı beklenmektedir. Bazı önemli kaynaklar bu artış oranının 2050 yılına kadar % 50 ile % 250 arasında olacağını öngörmektedir (EC, 2013). İklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilgili artan kaygılara ek olarak deniz yolu taşımacılığının önümüzdeki dönemlerde de etkinliğinin devam ettirilmesi ve sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi adına uluslararası düzeyde önemli adımların atılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu çerçevede, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) gemilerden kaynaklanan deniz çevresinin kirlenmesini önlemeye yönelik çalışmalarını MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) konvansiyonu ile yürütmektedir. Dahası, IMO hem gemi tasarım aşamasında hem de gemi operasyonlarında enerji verimliliğini artırmak için uluslararası kriterler geliştirmiştir. Enerji Verimliliği Tasarımı Endeksi (EEDI) (IMO, 2012-a), Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) (IMO, 2012-b) ve Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi (EEOI) (IMO, 2009-a). EEDI, yeni gemiler için tasarım aşamasında bazı önemli kısıtları ortaya koyarken, SEEMP'nin amacı ise günlük gemi operasyonlarını iyileştirmektir. Öte yandan EEOI, mevcut gemilere tavsiye niteliğinde bir rehber aracı olup, yakıt tasarrufu sağlamak için en iyi uygulamaları belirlenmesinde kullanılması öngörülmektedir (IMO, 2009-b).

Uluslararası deniz yolu taşımacılığını etkileyen bir diğer önemli regülasyon, Avrupa Birliği (EU) tarafından yürürlüğe konulan ve gemilerden salınan CO₂ salınımlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması basamaklarından oluşan MRV (Monitoring, Reporting, Verification) regülasyonudur (EC, 2013; EU, 2015). Deniz taşımacılığı kaynaklı CO₂ emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanmasına ilişkin regülasyon Avrupa Birliği 2015/757 sayılı yönetmelik ile Ocak 2018' den itibaren sefer sırasında tüketilen yakıtın ve diğer ilgili verilerin izlenmesi kararına varılmıştır. Bu düzenleme ile Komisyon, Haziran 2013 yılında denizciliğe ilişkin emisyonları Avrupa Birliği'nin sera gazı emisyonları azaltma politikasına entegre etmek için bir strateji olarak belirlemiştir. Bu strateji temelde 3 adımdan oluşmaktadır. Adım 1: Avrupa Birliği limanlarını kullanan büyük gemilerin yarattığı karbondioksit (CO₂) emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması; Adım 2: Deniz taşımacılığı sektörü için sera gazı azaltma hedefleri; Adım 3: Orta ve uzun vadede pazar bazlı hedefler de dâhil olmak üzere daha fazla tedbir alınması olarak sıralanabilir.

MRV regülasyonunun getirmiş olduğu en önemli yeniliklerden bir tanesi veri güvenilirliğinin ön plana çıkarılmış olmasıdır. Bu nedenle geçerli olarak kabul edilen 4 farklı veri elde yöntemi tespit edilmiştir. Bunlar; BDN (Bunker Delivery Note) ve periyodik yakıt tankı envanteri; Gemide yakıt tankı ölçümleri; Uygun debimetre kullanılması; Doğrudan CO₂ emisyonu ölçümleridir. MRV regülasyonu ile önerilen yöntemlerin uygulama gereksinimlerinin, avantaj ve dezavantajların bilinmesi armatörlerin ve gemi işletmecilerinin daha sağlıklı bir tercih yapmalarına olanak sağlayacaktır (Lützen vd., 2017). Dolayısı ile bahsi geçen yöntemlerin denizcilik endüstrisinin ihtiyaçlarına ne ölçüde cevap verdiği, yatırım maliyetleri ve en önemlisi elde edilen verilerin hassasiyeti gibi konularda değerlendirmeleri ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. MRV regülasyonunun kapsamı ve geçerlilik tarihi dikkate alındığında bu ihtiyaç denizcilik endüstrisinin güncel sorunları arasında ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir (EC, 2015).

Yukarıda ayrıntıları belirtilen uluslararası yasal gerekliliklerin yanında bu konuda ilgili bilimsel yanın eksikliği ve denizcilik endüstrisinin güncel ihtiyaçları paralelinde, bu çalışma AB MRV düzenlemesi detaylı olarak ele almaktadır. Bu çalışmada AB MRV düzenlemesinde önerilen veri elde edilme yöntemleri karşılaştırılmalı olarak incelenecektir. Bu bölüm çalışmanın motivasyonu ortaya koyarken, ikinci bölüm AB MRV düzenlemesini bazı önemli ayrıntıları konu edinmektedir. Üçüncü bölümde önerilen veri elde etme yöntemlerini ve bu yöntemlerin karşılaştırılmasını işlemiştir. Dördüncü bölümde, mevcut veri toplama yöntemleri ile elde edilen verilerin istatistiksel öğrenme araçları ile analizine yönelik değerlendirmeler üzerinde durulmuştur. Son olarak çalışmada ulaşılan önemli hususların ayrıntılarına beşinci bölümde yer verilecektir.

2. MRV REGÜLASYONU

MRV (Monitoring, Reporting, Verification) regülasyonu, Avrupa Birliği'nin 2015/757 sayılı yönetmelik ile Ocak 2018' den itibaren sefer sırasında tüketilen yakıtın ve diğer ilgili verilerin izlenmesi amacıyla oluşturulmuştur (EU, 2015). MRV regülasyonu ile elde edilmesi istenilen veriler; varış ve gidiş limanları, tarih ve saat dahil; kullanılan her yakıt türü için toplam miktar ve emisyon faktörü; salınımı gerçekleştirilen CO₂ miktarı; kat edilen mesafe; denizde harcanan zaman, yapılan toplam taşıma verilerinden oluşmaktadır. Bu uygulama gemilerin bayrak devletlerinden bağımsız olarak, 5,000 gross tondan büyük olan ticari gemilerin Avrupa Birliği üye ülkeleri, Norveç ve İzlanda limanları arasında veya yükleme limanları veya boşaltma limanları bu ülkeleri kapsayan bir veya birden fazla seferlerini kapsamaktadır (Bouman vd., 2017). MRV regülasyonu ile armatör ve gemi işletmecileri sefer bazlı olarak bahsi geçen verileri toplamakla yükümlüdürler. Dahası, toplanan bu verileri bağımsız kuruluşlarca doğrulanmaları ve EMSA (European Maritime Safety Agency) tarafından kurulacak olan merkezi bir veri tabanına göndermeleri gerekmektedir. Bu veriler ilk olarak 30 Haziran 2019 ve takip eden her yıl yayımlanacaktır (EU,2015).

Bu kapsamda önerilmiş olan veri elde etme yöntemleri; yakıt teslim bildirim ve periyodik yakıt tankları periyodik ölçümleri, yakıt tanklarının izlenmesi, yakıt debimetreleri, doğrudan emisyon ölçümü olarak sıralanmaktadır. Önerilmiş olunan bu yöntemlerle ilgili önemli detaylar bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

3. VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

MRV regülasyonu ile veri güvenilirliğinin ön plana çıkarılmış olması, şirketler tarafından veri elde yönteminin seçilmesini önemli problem olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu noktada, organizasyonlar her gemi için ayrı bir izleme planı hazırlar ve bu planda yakıt tüketimini hesaplamak için hangi izleme yönteminin kullanılacağını tanımlar. Bu aşamadan sonra seçilen veri elde etme yöntem sürekli olarak ilgili gemi için uygulanır.

3.1. Yakıt teslim bildirim (BND) ve yakıt tankları periyodik ölçümleri

Bu yöntem, BDN'de tanımlanan yakıt miktarına, türüne ve tank okumalarına dayalı yakıt depoları periyodik stok miktarlarına dayanmaktadır. Dönem başındaki mevcut olan yakıt artı teslimatlar, eksi dönem sonunda kullanılacak yakıt ve periyodun başlangıcı ile dönem sonu arasındaki arıtılmış yakıtlar ile birlikte dönem boyunca tüketilen yakıtları oluşturmaktadır. Burada periyot iki liman araması arasındaki süre veya bir limandaki süre anlamına gelir. Bir süre kullanılan yakıt için yakıt türü ve kükürt içeriği belirtilmelidir (Faber vd., 2013).

Bu yöntem özellikle kargo yakıt olarak kullanıldığında, örneğin sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) kaynatma gibi gemilerde BDN bulunmadığında kullanılamaz. BND ile ilgili belirsizler izleme planında ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Yakıt deposu okumaları, otomatik sistemler, sondajlar ve daldırma bantları gibi uygun yöntemlerle gerçekleştirilir.

3.2. Yakıt tanklarının izlenmesi

Bu yöntem gemi üzerinde yer alan tüm yakıt tankları için yakıt tanklarının izlenmesi ile ölçümler elde edilir. Depo okumaları, gemi denizdeyken ve gemi her defasında bunkering veya de-bunkering edilerek gerçekleştirilmelidir. İki okuma arasındaki yakıt deposu seviyesinin kümülatif varyasyonları, sefer boyunca tüketilen yakıtı oluşturmaktadır (Faber vd., 2013).

Uygulanan kalibrasyon metotları ve kullanılan akış sayaçlarıyla ilgili belirsizlik izleme planında yer verilerek muhtemel hataların saptanması sağlanmalıdır.

3.3. Yakıt debimetreleri

Bir geminin yakıt tüketimi, yakıt debimetre yardımıyla da belirlenebilir. Bu sayaçlar, akan yakıt miktarını ilgili yakıt boruları vasıtasıyla belirler. Yakıt akışı genellikle doğrudan (hacim, hız veya kütle) veya dolaylı olarak basınç ile ölçülebilir. Gemide kullanılan tüm yakıtı ölçmek için tüm depolama tanklarının gemideki tüm akışları izlenmelidir (Faber vd., 2013). Elektronik, mekanik optik ve basınç vb. çok çeşitli yakıt debimetreleri mevcuttur.

3.4. Doğrudan emisyon ölçümü

Doğrudan CO₂ emisyon ölçümleri, bir Üye Devlet'in yargı alanında bulunan limanlarda meydana gelen yolculuklar ve CO₂ emisyonları için kullanılabilir. Yayılan CO₂, ana motorlar, yardımcı motorlar, gaz türbinleri, kazanlar ve atıl gaz jeneratörleri tarafından yayılan CO₂'yi içermelidir. Raporlama metoduna dayanan gemilerde, yakıt tüketimi, ölçülen CO₂ emisyonları ve ilgili yakıtların ilgili emisyon faktörü kullanılarak hesaplanır.

Bu yöntem egzoz gazı istiflerinde (huniler) egzoz gazı CO₂ konsantrasyonunu egzoz gazı akışıyla çarparak CO₂ emisyon akışlarının belirlenmesine dayanır (Faber vd., 2013).

3.5. Yöntemlerin karşılaştırılması

Yakıt tüketimi izlenmesindeki yöntemlerinin karşılaştırılmasında farklı tür kriterler öne çıkmaktadır. Bu kriterlerden bazıları ekipman maliyetleri, sağlamış oldukları verilerin güvenilirliği (hassasiyeti), izleme ve doğrulama maliyetleri vb. gibi kriterler örnek olarak verilebilir. Tablo 1, MRV düzenlemesi kapsamında kullanılan veri elde etme yöntemlerinin karşılaştırılmasını özetlemektedir. Tabloda görüldüğü üzere BND için ek ekipman maliyetine gerek duyulmamaktadır. Yakıt tankının izlenmesinde ise tank başına düşen ekipman maliyeti nispeten daha düşüktür. Yakıt debimetreleri; yakıt tankı izlenmesinden daha maliyetli olmasına karşın Devamlı emisyon ölçüm yöntemlerinden oldukça ucuz bir maliyet gerektirmektedir. Devamlı emisyon ölçüm yöntemi en maliyetli yöntem olarak değerlendirilmektedir (Faber vd., 2013). Yöntemlerin hassasiyetleri dikkate alındığında Yakıt debimetrelerinin en hassas yöntem olduğu görülmektedir. CO₂ dışındaki emisyonların izlenmesinde ise Devamlı emisyon ölçümü muhtemelen en hassas sonucu verecektir. Tüm veri elde etme yöntemlerinin uygun kurulum sağlanması durumunda, eksiksiz izleme sonuçları sağlayabilecekleri unutulmamalıdır. Ancak, otomatik sistemlerin tutarlılığı, insan hatalarını ve verilere müdahale olasılığını azalttığı için daha iyi olabilir. Bu nedenle, doğrulama otomatik sistemler söz konusu olduğunda oldukça kolaydır. Örnek verilecek olursa BND tarafından sağlanan verilerin doğrulanması zor ve uzun süreler alabilir (Faber vd., 2013).

Tablo 1: Yakıt Tüketimi Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Faber vd., 2013)

	Ekipman Maliyetleri	İzleme ve Doğrulama Maliyetleri	Hassasiyet
BDN ve Sayım	Yok	Doğru kayıt tutularak yüksek sonuç elde edilebilir.	1-5%
Yakıt Tankının İzlenmesi	1,000-1,300 USD (Tank başına) Çoğu gemide standarttır.	Otomatik olarak izleniyorsa makuldür.	2-5%
Yakıt Debimetreleri	15,000-60,000 USD Çoğu yeni gemide standarttır.	Otomatik olarak izleniyorsa makuldür.	-3%
Devamlı Emisyon Ölçümü	100,000 USD Yeni gemilerde henüz uygulanmıyor.	Otomatik olarak izleniyorsa makuldür.	±2%

4. İSTATİSTİKSEL ÖĞRENME YÖNTEMLERİNE YÖNELİM

Veri analiz yaklaşımları organizasyonların günümüz zorlu rekabet koşullarında hayatta kalabilmelerinin tek yoludur. Günümüzde karar verme süreçleri başta olmak üzere organizasyonlar bünyesinde gerçekleştirilen tüm noktalardaki operasyonların yönetilmesi, iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde veri analizi yaklaşımlarından faydalanılmaktadır (Soner ve Celik, 2017). Örneğin, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından yapılan bir araştırmada veri analiz yöntemleri kullanılan operasyonlar kullanılmayanlara oranla % 4-5 oranlarında daha verimli bir şekilde yürütüldüğü ortaya konulmuştur (Brynjolfsson vd., 2011). Bu ise zorlu rekabet koşullarının var olduğu endüstrilerde yadsınamaz bir önem arz etmektedir. 1970'lerden sonra yoğun olarak kullanılmaya başlanılan İstatistiksel Yöntemlerle, organizasyonlarda yer alan kişilerin deneyim ve tecrübelerine bağlı karar verme alışkanlıkları, yerini veri analizi yöntemlerine bırakmıştır. Gelişen teknolojiler ile günümüz organizasyonları bünyesinde var olan muazzam sıklık ve büyüklükteki veri yığınları, veri analiz yöntemlerini kullanmayı bir zorunluluk haline getirmiştir. Denizcilik endüstrisi bu bağlamda incelendiğinde, veri analiz yöntemlerine olan ihtiyaç; kaza risklerinin azalmasına yönelik emniyet odaklı, sürdürülebilir bir taşımacılık hizmeti sunması anlamında etkinlik odaklı, gemi kaynaklı deniz kirliliğini önlemeye yönelik çevre odaklı olmak üzere 3 temel gereksinim etrafında şekillendiği tespit edilmiştir (Soner ve Celik, 2017).

Denizcilik sektörü özelinde, sürdürülebilirlik ile çevre odaklı yaklaşımlar birbirini tamamlayan temel unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, gemi operasyonları incelendiğinde, en önemli operasyonel maliyet kalemi olan yakıtın aynı zamanda çevre kirliliğine neden olan emisyonların da temel kaynağı olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile sürdürülebilirlik anlamında yapılan ekonomik iyileştirmeler aynı zamanda çevre kirliliğini önlemede de etkili olduğu aşikârdır. Bu çalışma ile uluslararası regülasyonlar yolu ile deniz çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik olan çalışmalar kapsamında elde edilmesi gereken verilerin, sürdürülebilirlik alanında yer alan diğer önemli çalışmalar ile birleştirilip desteklenmesi hususu üzerinde durulmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle kullanılabilecek potansiyel istatistiksel yöntemlerle ilgili kısa bilgilendirmeye yer verildikten sonra genişletilmiş veri seti önerisi sırası ile ele alınacaktır.

4.1. Yöntemlere genel bakış

Genel itibarıyla istatistiksel yöntemleri gözetimli – eğitilmiş (supervised) ve gözetimsiz – eğitimsiz (unsupervised) olarak iki kısma ayırmak mümkündür. Gözetimli istatistiksel öğrenme, bir veya daha fazla girdiye dayalı olarak tahmin veya öngörü için bir istatistiksel model oluşturmayı içerir. Gözetimsiz istatistiksel öğrenmede ise denetimli çıktı olmamasına karşın; bu tür yöntemler ile verilerden ilişkilerin ve yapıların öğrenilebilmesi mümkündür (Hastie vd., 2001).

Bu temel değerlendirme perspektifinde geliştirilen/kullanılan önemli sayıda istatistiksel öğrenme yöntemleri mevcuttur. Gözetimli istatistiksel öğrenmeye örnek olarak; Doğrusal Regresyon, Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO), Ridge Regression, ElasticNet, PCA Regression, Generalized Additive Models (GAM), Partial Least Square (PLS) gösterilebilir. Gözetimsiz istatistiksel öğrenmeye örnek olarak ise; Fuzzy Clustering, Hierarchical Clustering, Self-Organizing Map (SOM), Partition Around Medoids (PAM) öne çıkan yöntemlerden bazılarıdır (Andrieu vd., 2003).

Bu kadar çok sayıda istatistiksel öğrenme yönteminin var olması söz konusu olan bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağına dair bir seçim yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu noktada önemli olan husus, sadece çözmek istediğimiz problemimizin yapısı değil, aynı zamanda kullanıcı ve karar vericilerin hedefleri de büyük önem taşımaktadır.

4.2. Genişletilmiş veri seti önerisi

Denizcilik endüstrisinde yürütülen operasyonların maliyet oranları dikkate alındığında yakıt ve personel giderlerinin önemli bir yer kapladığı görülmektedir. Dahası, ana makine arızası ile yardımcı sistemlerde yer alan büyük çaplı arızalar gemi operasyonlarının yürütülmesini engellemekte dolayısı ile bu tip arızalar da büyük oranlarda maddi ve ticari kayba sebep olmasının yanında yüksek bakım-tutum maliyetlerine neden olmaktadır. Bahsi geçen sorunların tamamı veri analizi yöntemleri ile çözümlenebilecek en önemli denizcilik problemlerinin başında gelmektedir. Bu kapsamda gemi üzerindeki veri noktaları üzerinde durulduğunda VDR (Voyage Data Recorder) ve AIS (Automated Identification System) vb. önemli veri kaynaklarının var olduğu gözlemlenmektedir (SOLAS, 2000-a; SOLAS, 2000-b). Elde ki veri setleri ile mevcut problemlerin kesiştiği noktalarda konsept geliştirme çalışmaları yürütülerek operasyonların veya süreçlerin performanslarının izlenmesi, duruma dayalı ve kestirimci bakım-tutum planlanması, sistem koşullarının izlenmesi, operasyonların optimizasyonu ile operasyon kontrol sistemlerinin gibi konularda iyileştirmeler gerçekleştirilebilir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Denizyolu taşımacılığında son yıllarda öne çıkan regülasyonlardan biri olan MRV regülasyonu, denizyolu taşımacılığının çevreye olan etkisini ölçmeyi ve nihai olarak ta sınırlandırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda önerilen veri elde etme yöntemlerinden hangisinin kullanılması ile ilgili yeterli düzeyde bilimsel çalışmanın olmaması, bu durumu denizcilik firmaları için önemli bir problem haline getirmektedir. Bu çalışmada AB MRV düzenlemesi kapsamında önerilen veri izleme yöntemleri detaylı olarak ele alınarak karşılaştırılmıştır. Dahası, denizcilik sektörü söz konusu olduğunda sürdürülebilirlik ile çevre odaklı yaklaşımlar birbirini tamamlayan temel unsurlar olarak karşımıza çıktığından, MRV düzenlemesi kapsamında elde edilmesi gereken veri seti genişletilerek sürdürülebilirlik bağlamında da önemli gelişmelere ulaşılabileceğinin altı çizilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Andrieu, C., De Freitas, N., Doucet, A., Jordan, M. I. (2003). An introduction to MCMC for machine learning. *Machine learning*, 50(1-2), 5-43.
- [2] Bloor, M. J., Baker, S. C., Sampson, H. (2013). Issues in the enforcement of future international regulations on ships' carbon emissions. Cardiff University.
- [3] Bouman, E. A., Lindstad, E., Rialland, A. I., Strømman, A. H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping—A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408-421.
- [4] E. Brynjolfsson, L. M. Hitt, and H. H. Kim, (2011). "Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance?" SSRN Electronic Journal.
- [5] EC, 2015. Reducing Emissions from the Shipping Sector. European Commission (EC), www.ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index_en.htm (accessed 11 December 17).
- [6] EU, 2015. Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015, on the Monitoring, Reporting and Verification of Carbon Dioxide Emissions from Maritime Transport, and Amending Directive 2009/16/EC.
- [7] European Commission (EC), 2013. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport and amending Regulation (EU) No 525/2013. COM(2013) 480 final.
- [8] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2001). *The elements of statistical learning*. 2001. Springer.

- [9] IMO, 2009-a. MEPC.1/Circ.684, Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). International Maritime Organization, London.
- [10] IMO, 2012-a. Resolution MEPC.212(63), 2012 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. International Maritime Organization, London.
- [11] IMO, 2012-b. Resolution MEPC.213(63), Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). International Maritime Organization, London.
- [12] IMO, 2014, MEPC 67/6. Reduction of GHG emissions from Ships, Third IMO GHG Study 2014 - Executive Summary, Note by the Secretariat, International Maritime Organization (IMO) London, UK, 1 July 2014.
- [13] IMO,2009-b “Guidelines for Voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI)” MEPC. 1/Circ 684, 17/08/2009.
- [14] Jasper Faber, Dagmar Nelissen, Martine Smit. (2013). Monitoring of bunker fuel consumption. Delft : CE Delft, 2013.
- [15] Lützen, M., Mikkelsen, L. L., Jensen, S., Rasmussen, H. B. (2017). Energy efficiency of working vessels–A framework. Journal of Cleaner Production, 143, 90-99.
- [16] SOLAS (Safety of Life at Sea) (2000-a). Automatic Identification Systems (AIS) Regulation 19 of SOLAS Chapter V requirement.
- [17] SOLAS (Safety of Life at Sea) (2000-b). Voyage Data Recorder (VDR) Regulation 18.8 of SOLAS chapter V requirement.
- [18] Soner, O., Celik, M. (2017). Investigating the potential of data analytics solutions in maritime industry. Press Academia Procedia, 5(1), 67-70.

DIŞ KAYNAK KULLANIMININ LOJİSTİK ŞİRKETLERİ ÜZERİNDEKİ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ: BİR VAKA ANALİZİ

İ. Polat Kalkan¹, Nergis Özispa²

¹ Yalova Üniversitesi Armutlu Meslek Yüksekokulu, Yönetim Ve Organizasyon Bölümü Lojistik Programı

² Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi

ÖZET

Küreselleşmeye bağlı olarak rekabetin artması, işletmeleri yeni yönelimlere itmiştir. Bu yönelimlerin başında gelen dış kaynak kullanımı ile şirketler asıl uzmanlık alanına odaklanıp, uzmanlık alanı dışındaki konularda uzman şirketlerden hizmet almaya yönelmişlerdir. Bu sayede rekabet güçlerini artırmayı hedefleyen firmalar, kaynaktan son tüketicie kadar olan süreçte ürün ve bilgi akışının verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Lojistik şirketleri, tedarik zinciri faaliyetlerinde dış kaynaklara yönelerek, rekabet güçlerini artırarak sürdürülebilirliklerini sağlamayı hedeflemektedirler. Bu sebeple çalışmanın amacı; dış kaynak kullanımının lojistik firmalarına sağladığı avantaj ve dezavantajların tanımlanması olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmada vaka analizi yöntemi kullanılarak dış kaynak kullanan lojistik firmalarından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Çalışma araştırmanın bulguları, sektör için öneri ve gelecek araştırmalar için yönergeler ile sonuçlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dış kaynak kullanımı, izmir, lojistik şirketleri

ANALYZING ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF OUTSOURCING ON LOGISTICS COMPANIES: A CASE STUDY

ABSTRACT

Increased competition due to globalization has propelled businesses to new directions. With outsourcing at the forefront of these trends, companies have focused on the field of expertise and started to receive services from specialized companies outside the field of expertise. Companies aiming to increase their competitiveness in this field aim to realize efficient product and information flow from the source to the last consumer. Logistics companies are aiming to maintain their sustainability by increasing their competitiveness by focusing on outsourcing in their supply chain activities. In this manner, the aim of the study is identified as to define advantages and disadvantages of outsourcing on logistics companies. In this study, the data obtained from logistics companies that use outsourcing were evaluated by using case study method. The study has been concluded with the findings of the study, recommendations for the sector and guidelines for future researches.

Keywords: Outsourcing, izmir, logistics companies

1. GİRİŞ

Globalleşmenin etkisiyle alıcılar bilinçlenmiş, bilgi önem kazanmıştır. Bilginin önemini koruması için hız ile bütünleşmesi gerekmektedir. Hızlı bilgi akışı firmalar arasında rekabeti canlandırmıştır. 20. yy başlarında rekabet gücü kazanmak adına işletmeler dış kaynak kullanımına yönelmiş ve bu durum yönetim ve organizasyon alanında yeni bir kavramın doğmasına neden olmuştur (Yavaş, 2011). Dış kaynak kullanımı; işletmelerin kendilerinin uzman olmadığı alanlarda o konuda uzman başka firmalardan destek alması şeklinde tanımlanabilir (Elmuti ve Kathawala, 2000). Çağımızda dış kaynak kullanımının yaygınlaşmasının ana sebebi olarak, 20.yy'ın başlarında Amerika'da başlayan ekonomik buhran ve bu ekonomik çalkantının diğer ülkelere yayılması ile iş dünyasında ortaya çıkan sert rekabet ortamı görülebilir (Kalkan, 2018). Dış kaynak kullanımının yaygınlaşması elbette tesadüf değildir. En öncelikli sebebi hizmet kalitesinin artarak müşteri memnuniyetini beraberinde getirmesidir (Wilding ve Juriado, 2004).

Lojistiğin rekabette önemi arttıkça işletmeler depo ve dağıtımla ilgili yatırım noktalarında satın alma yerine sahip olmayı tercih etmektedirler. İşletmenin yatırıma kaynak aktarmadan asıl işlerine odaklanarak, bu kaynağı asıl işine aktarabilmesi rekabet gücünü etkilemekte ve başarılı hedef odaklı çözümle çalışmalarını sağlamaktadır. Atıl maliyet, dönersellik, dalgalı pazar ve talep değişkenliğinin çok olması sebeplerinden dolayı işletmeler tedarik, depolama, dağıtım ve nakliye süreçlerini bu işte uzmanlaşmış işletmelere devretmektedirler. Bu süreçte doğru işletmeyi bulmak büyük önem taşımaktadır. Doğru işletme bulunduktan sonra işletme ile stratejik çözüm ortaklığı platformu nasıl olmalı ve bu işletmeyi nasıl ölçmek gerektiği soruları karşımıza çıkar (Çancı ve Erdal, 2003). Çağımızda işletmelerin her alanda iyi işler yapması beklenemez. Bu nedenle bahsedilen alanda üstüne düşeni yerine tam anlamıyla getiremiyorsa, bu işlevi daha iyi gerçekleştirebilen başka bir hizmet sunucusuna veya üreticiye yaptırması gerekmektedir (Yavaş, 2011).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İşletmeler rakiplerine karşı fark yaratabilmek için yönetsel olarak iç ve dış çevrenin beklentilerini karşılayabilecek değişiklikler yapmalıdırlar. İşletmeler bu rekabet ortamında maliyetlerini azaltmak, temel uzmanlık alanlarına odaklanarak verimi artırmak gibi sebeplerle dış kaynak kullanımına yönelmektedirler (Tanyeri ve Fırat, 2005). Yetiş ve Kara (2013) tarafından, dış kaynak kullanımının işletmeler tarafından tercih edilme sebepleri; maliyet düşürmek, maliyetleri stabil bir noktada tutma çabası, riskleri tedarikçi ile paylaşabilme imkanı, işletmenin uzman olduğu alana yönelmesini sağlamak, işletmeye teknolojik yenilikleri takip etme imkanı sağlamak, işletme kaynaklarını başka alanlarda kullanabilmek, işletmenin ulaşamadığı temel alanlara (tedarikçilere) ulaşma imkanı elde etmek ve işletmenin karşılaşılan sorunlara farklı alternatifler geliştirebilmesini sağlamak olarak sıralanmaktadır.

2.1. Dış Kaynak Kullanımını Ortaya Çıkaran Nedenler

Dış kaynak kullanımının ortaya çıkmasına neden olan etmenler olarak; küreselleşme, hızlı değişim, teknolojik ilerleme ve rekabetin artması gibi olguları sıralamak mümkündür.

Teknolojinin hızla artması pek çok alanda değişikliklere ve gelişmelere yol açmıştır. Teknolojik devrimler, bilgi akışını ivmelendirmiş ve dış kaynak kullanımında pek çok alternatifin oluşmasına neden olmuştur. Bilgi akışının randımanlı oluşu dış kaynak kullanımı sonucunda yaşanabilecek sorunların da önüne geçmiştir. Aynı zamanda teknolojik gelişmeler neticesinde bilgi işlem konusunda yeterli alt yapıya sahip olmayan firmaların sorunlar yaşamaları, dış kaynak kullanımının giderek yaygınlaşmasına neden olan etmenlerdendir (Öztürk ve Özata, 2010).

Teknoloji temelli bir diğer dış kaynak kullanım nedeni ise küreselleşmedir. Küreselleşme ile birlikte teknolojinin gelişmesi ve iletişimin artması dünya genelinde ulaşılabilirliği artırmıştır. Böylelikle, ülkeler arasındaki kutuplaşmalar ve ayrımlar söz konusu olmaktan çıkmıştır (Yumuşak vd, 2010). Küreselleşme beraberinde rekabet ortamını getirmiştir. Aynı zamanda müşteri taleplerinin de artmasına ve işletmeleri bu talepleri yerine getirebilmek adına daha hızlı ve daha uygun fiyatlı olmaya itmiştir (Eğin, 2009). Tüm bu avantajlar ise işletmeleri dış kaynak kullanmaya yöneltmektedir.

Ayrıca, işletmelerin ayakta kalabilmeleri ve varlıklarına devam etmeleri için yaşanan her türlü değişime hızlı bir şekilde uyum sağlamaları gerekmektedir. İşletmelerin üretimini, çalışma yöntemlerini değiştirmeleri verimliliklerinde artışa neden olacaktır ve değişimlere uyumunu kolaylaştıracaktır. İşletmeler dış kaynak kullanarak rekabet ortamında üstünlük kurmaya çalışmaktadırlar (Özbay, 2004).

Bir diğer dış kaynak kullanım sebebi olarak ise günümüzde oldukça üst seviyelere ulaşan rekabet artışı gösterilmektedir. Sosyal, ekonomik, kültürel alanda ortaya çıkan farklılıklar bu seviyenin şiddetini belirlemektedir. Bu durumda işletmelerin başarılı olabilmeleri ancak, yeteneklerini geliştirerek ve müşterilerin artan istek ve arzularını yerine getirerek mümkün olabilir. İşletmelerin rekabet edebilmeleri yeni pazarlara ulaşarak, bu pazarlarda kendilerini kabul ettirerek ve teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeleri ile gerçekleşir (Kayabaşı, 2010).

2.2. Lojistikte Dış Kaynak Kullanımı

İşletmelerin kendi uzmanlık alanının dışındaki işleri tedarik zinciri içerisinde rol alan aktörlerin uzmanlık alanlarına göre onlara yaptırması lojistikte dış kaynak kullanımını belirler. Günümüzde üçüncü parti ve dördüncü parti lojistik olarak adlandırılmaktadır. Belirli bir alanda uzmanlaşmış bir işletmenin lojistiğin her alanında uzmanlaşması çok büyük maliyetlere yol açacağından kendi uzmanlık alanları dışındaki konularda dış kaynak kullanımı yoluna giderler. Lojistik her işletme için farklı bir yönetim ve uzmanlık gerektirir. Bu sebeple işletmeler lojistik ile ilgili faaliyetlerinde üçüncü parti lojistik adı verilen şirketler ile çalışmaktadırlar (Sevim vd., 2008). Dış kaynak kullanımı elleçleme, stoklama, paketleme, stok yönetimi, sevkiyat planlaması gibi lojistiğin pek çok alanında kullanılmaktadır (Kulahçı, 2014).

Lojistik alanında işletmelerin yaptıkları dış kaynak kullanımı ile maliyetlerin düşmesi, personel giderlerinin azalması, teknolojik gelişmelere kolaylıkla ulaşılması gibi bazı çıkarımlar elde edilmektedir. Bu sayede ayrıca ortaya çıkabilecek risklere karşı sorumluluklar bölüşülmektedir (Genç, 2005). Lojistik faaliyetlerin dış kaynak firmaları ile yürütülmesi tedarik zinciri yönetiminde karşılaşılabilecek sorunların giderilmesinde profesyonel bir yaklaşım gösterilmesine ve bu firmaların bu sorunlara ait tecrübelerinden yararlanılması işletmelerin olası krizden kurtulmalarına yol açmaktadır (Kulahçı, 2014). Son yıllarda, lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımı; globalleşme sebebiyle ticaretin artması, stokların yenilenme hızının artması, tüketici baskısı ve iş örgütlenmesi gibi sebeplerle artmıştır (Öz, 2003).

2.2.1. Lojistikte Dış Kaynak Kullanımının Avantajları

Lojistik alanında dış kaynak kullanımının avantajları Mersin (2005) tarafından; ana işe odaklanmak, maliyetlerin azaltılması, maliyetlerin önceden bilinmesi ve bilgi teknolojilerini doğru kullanabilmek olarak belirtilmiştir. Mersin (2005)'e göre; günümüzde işletmeler hem hammadde tedariklerinde hem de ürünlerin son müşteriye ulaştırılmasını sağlayan lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımını tercih ederler çünkü işletmeler profesyonel bir ekiple lojistik faaliyetlerini gerçekleştireceklerinden kendi enerjilerini uzman oldukları konuya ve üretime harcayabileceklerdir. Lojistik işletmeleri dış kaynak hizmeti aldığı firmaya stratejilerini ve hedeflerini belirttikten sonra ana işlerine dönerek etkili ve verimli bir şekilde faaliyetlerine devam ederler. Ayrıca rekabette fark yaratabilmek adına büyük önem taşıyan lojistik faaliyetlerin tamamının işletmelerin kendi bünyesinde yapılması işletmeler açısından çok maliyetli olacağından, ürünlerin satış sonrası lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanımının işletmelerin taşıma maliyetlerini düşürmelerine neden olacağı savunulmaktadır (Mersin, 2005). Bir diğer avantaj olarak belirtilen maliyetlerin önceden bilinmesi ise, lojistik alanında tecrübesiz olan işletmelerin ulaştırma anında karşılaşılabilecek ekstra masrafları öngöremeyecekleri ya da krizi tecrübeli şirketler kadar başarılı yönetemeyecekleri prensibi üzerine kurulmuştur. Mersin (2005)'e göre, sektörde uzmanlaşmış ve belirsizlikleri sezme yetisine sahip lojistik firmaları, söz konusu yük ve destinasyon için ekstra masrafların da dahil edildiği hesaplamaları yaparak teklif verdiklerinden işletmeler lojistik maliyetlerini buna göre ayarlama imkanına erişirler. Mersin (2005) tarafından belirtilen bir diğer avantaj ise, yüksek maliyetli teknolojik sistemlerin işletme bünyesinde tedarik edilmesinden, lojistik alanında uzmanlaşmış dış kaynak firmalarından temin edilmesinin, hem teknolojilerin daha bilinçli ve doğru kullanılmasına hem de teknolojik yatırım maliyetlerinin önemli ölçüde azaltılmasına sebep olacağı yönündedir.

Altaş (2006) ise lojistik hizmetlerde dış kaynak kullanımının avantajlarını;

- ✓ İşletmelerin pazara ve dağıtım merkezlerine daha hızlı ve geniş çaplı dağılmasına olanak sağlaması
- ✓ Dış kaynak firmalarının depolama hizmeti avantajı ile stok maliyetlerinin düşmesi ve müşteriye cevap verme süresinin kısalması,
- ✓ Depolama, sevkiyat, gümrükleme gibi hizmetleri dış kaynak firmalarından alarak, işletmelerin uzmanı oldukları alana yönelmelerine imkân sağlaması,
- ✓ Stok seviyelerinin minimize edilebilmesi ve
- ✓ Lojistik hizmeti sağlayıcısının yüksek taşıma kapasiteli araçları ve yönlendirme kabiliyetiyle taşıma maliyetlerinin azaltılması olarak sıralamıştır.

3. METODOLOJİ

Vaka analizi, geçmiş çalışmaların raporları aracılığıyla, karmaşık konuların araştırılması ve anlaşılmasına olanak tanıyan bir yöntemdir (Gülseçen ve Kubat, 2006). Vaka analizi diğer araştırma yöntemleri gibi deneysel kanıtların toplanması ve incelenmesini amaçlayan, güncel bir olgunun araştırılmasında ve olguyla gerçeklik arasında belirgin bir sınırın olmadığı durumlarda kullanılan bir çalışma türüdür (Özispas ve Sürücü, 2017). Özellikle bütüncül ve derinlemesine bir araştırmaya ihtiyaç duyulduğunda kullanılan bir araştırma yöntemi olarak düşünülebilir (Gülseçen ve Kubat, 2006). Vaka incelemesinin bir araştırma yöntemi olarak tanınmasının nedenlerinden biri, araştırmacıların, söz konusu sosyal ve davranışsal sorunların bütünsel ve derinlemesine açıklamalarını yapmada nicel yöntemlerin sınırlamaları konusunda daha fazla endişe duydukları yönündedir (Tellis, 1997). Vaka analizi yöntemi, araştırmacıların verileri belirli bir bağlamda yakından incelemesine olanak tanır (Zainal, 2007). Vaka analizi yöntemi bir araştırmacının, niceliksel istatistiksel sonuçların ötesine geçerek, nitel ve nicel veriler ile incelenen vakaların gözlem, yeniden yapılandırma ve analizi yoluyla hem süreci hem de sonucu açıklamasına yardımcı olur (Tellis, 1997). Genellikle, vaka analizi yöntemi, çalışma konusu olarak küçük bir coğrafi alan veya çok sınırlı sayıda kişi seçer (Zainal, 2007). Vaka çalışmaları, sınırlı sayıdaki olay veya koşulların detaylı bağlamsal analizi ve ilişkileri aracılığıyla gerçekleri keşfedip araştırmaktadır (Zainal, 2007).

Bu çalışmada yöntem olarak vaka analizi kullanılacaktır. Vaka analizi, davranışsal olaylar üzerinde araştırmacının kontrolünü gerektirmeyen, araştırmacının nasıl ve niçin sorularına cevap aradığı bir yöntemdir (Yin, 1994). Özel bir durumun sistematik bir araştırması olarak tanımlanan vaka analizi; tanımlayıcı vaka analizi, örnekleyici vaka analizi, deneysel vaka analizi, keşifsel vaka analizi ve açıklayıcı vaka analizi olmak üzere 5 kategoride incelenebilmektedir (Özispas ve Sürücü, 2017).

Uygulamanın yapılacağı lojistik şirketinde detaylı bir inceleme yapılacağından ve konu ile ilgili ayrıntılı veriler elde edilmesi hedeflendiğinden bu çalışmada tanımlayıcı vaka analizi kullanılacaktır. Tanımlayıcı vaka analizinde veri toplama aracı olarak anket, derinlemesine görüşme, mülakat, gözlem ve doküman analizleri kullanılabilir (Altunışık vd., (2012). Bu çalışmada veri toplama aracı olarak derinlemesine görüşme kullanılmış ve Element Lojistik firmasında çeşitli pozisyonlarda görev yapmakta olan 10 kişi ile yüz yüze derinlemesine görüşme yapılmıştır.

3.1. Firma Hakkında Genel Bilgi

Element Uluslararası Nakliyat ve Lojistik Ltd. 2002 yılında İzmir’de kurulmuştur. 2003 yılında P&O Nedlloyd gemi hattının navlun komisyoncusu (forwarder) firması olan Damco Denizcilik’in Türkiye acentesi tayin edilmiştir. 2009 yılında IATA belgesini alan Element Lojistik, hava kargo ofisini kurmuş ve İzmir ofisinde 22 kişilik bir kadroya ulaşmıştır. 2010 yılında İstanbul ofisini kuran şirket, 2012 yılında İstanbul piyasasında aranan bir kuruluş haline gelmiştir. Element İstanbul Ofisi 2014 yılında Toyota’nın Orta Asya taşımaları için İstanbul aktarma acentesi olarak belirlenmiş ve aynı yıl ISO 9001-14001- 18001 toplam kalite standardı belgelerini de almıştır. 2015 yılında ise firma ulaştırma bakanlığı gemi acenteliği belgesini almaya hak kazanmıştır (URL1).

İşletmenin ana iştiğal konusu, karayolu, denizyolu ve havayolu ile çıkan yükleri koordine etmektir. Bu amaç doğrultusunda her türlü yükü, talep edilen taşıma şekli ile profesyonel bakış açısına sahip uzman lojistik kadrosu vasıtasıyla bir noktadan diğer noktaya taşımaktadır. Element lojistik bu hizmeti verirken tüm dünya limanlarında bulunan güçlü network ağını ve zincir taşıma lojistiği konusunda uzmanlaşmış kadrosunun tecrübesini kullanır. Element lojistik nakliye sektörünü hassas dağıtım zinciri olarak kabul eder ve bu doğrultuda imza attığı projelere odaklanır. Zincir taşıma metodlarının tüm inceliklerine detaylı olarak vakıf olan kaliteli kadrosu ile tüm müşterilerine standartların üzerinde hizmet vermektedir (URL2).

İşletmenin verdiği başlıca hizmetler; konteyner yükleme, parsiyel konteyner hizmeti, proje yük taşımacılığı, komple ve parsiyel uluslararası kara taşımacılığı, hava kargo taşımacılığı, navlun komisyonculuğu hizmeti, depolama ve dağıtım hizmeti ve gümrükleme hizmeti olarak belirtilmiştir. İzmir merkezli olarak tüm dünyaya hizmet vermekte olan şirket; denizyolu parsiyel servis, gümrüklü ve gümrüksüz depolama hizmetleri, proje taşımacılığı, dondurulmuş (reefer) konteyner taşımacılığı, canlı hayvan ve bitki taşımacılığı başta olmak üzere havayolu, denizyolu ve karayolu taşımacılığında lojistik sektörünün öncü firmalarından biridir (URL2).

4. BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular; görüşülen kişilerin demografik özellikleri, dış kaynak kullanım sürecinde yöneticilerin sahip olması gereken özellikler, dış kaynak kullanımının avantajları ve dış kaynak kullanımının dezavantajları olmak üzere 4 ana başlıkta incelenmektedir.

4.1. Görüşülen Kişilerin Demografik Özellikleri

Çalışma kapsamında görüşülen kişilerin demografik özellikleri incelendiğinde, görüşülen kişilerin yaş ortalamasının 28 olduğu ve görüşülen kişilerin %50’sinin 26-30 yaş aralığında olduğu görülmüştür. Vaka analizi sürecinde görüşülen kişilerin %80’i çeşitli üniversitelerin lisans mezuniyetlerine sahip iken, yüksek lisans mezunu sadece 1 kişiye ulaşılabilmektedir. Örneklemimizin %60’ı erkek %40’ı ise kadın katılımcılardan oluşmakta olup, katılımcıların %70’i bekar olduklarını belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında görüşülen kişilerin demografik özelliklerine ait detaylı bilgi Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Demografik Özellikler

Yaş	Sayı	Yüzde	Eğitim Durumu	Sayı	Yüzde
20-25	2	%20	Yüksekokul	1	%10
26-30	5	%50	Lisans	8	%80
31-35	2	%20	Lisansüstü	1	%10
36-40	1	%10			
Cinsiyet	Sayı	Yüzde	Medeni Durumu	Sayı	Yüzde
Kadın	4	%40	Evli	3	%30
Erkek	6	%60	Bekar	7	%70

4.2. Dış Kaynak Kullanım Sürecinde Yöneticilerin Sahip Olması Gereken Özellikler

Çalışma kapsamında görüşülen kişilere dış kaynak kullanımı sürecinde görevli olacak yöneticilerin sahip olması gereken özelliklerin neler olduğu sorulmuştur. Görüşülen kişilerden alınan cevaplar Tablo 2’de detaylı olarak gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, dış kaynak kullanımı sürecinde yöneticilerden beklenen en önemli özellik, stratejik düşünebilme ve planlama yeteneğine sahip olmalarıdır. Bunun yanında proje ve takım yönetimi konusunda yetenekli olmaları ve koordinasyon yeteneğine sahip olmaları belirtilen diğer iki önemli özellik olmuştur. Dış kaynak kullanımı sürecinde yöneticilerden beklenen diğer özellikler; karşılıklı güvene dayalı bir ortam yaratabilmeleri, değişime karşı duyarlı olmaları, teknik bilgi ve yetenek sahibi olmaları ve haberleşme konusunda yetenek sahibi olmaları olarak sıralanmıştır.

Tablo 2: Dış Kaynak Kullanım Sürecinde Sahip Olunması Gereken Yönetici Özellikleri

No	Özellik	Sayı	Yüzde
1	Stratejik düşünebilme ve planlama yeteneğine sahip olmalıdır	7	%21,21
2	Proje ve takım yönetimi konusunda yeteneğe sahip olmalıdır	6	%18,18
3	Koordinasyon bilgi ve yeteneğine sahip olmalıdır	6	%18,18
4	Karşılıklı güvene dayalı bir ortam yaratabilmelidir	5	%15,15
5	Değişime karşı duyarlı olmalıdır	4	%12,12
6	Teknik bilgi ve yetenek sahibi olmalıdır	3	%9,09
7	Haberleşme konusunda yetenek sahibi olmalıdır	2	%6,06

Dış kaynak kullanımı sürecinde yöneticilerin sahip olması gereken özelliklere ek olarak, çalışma kapsamında görüşülen kişilerin tamamı dış kaynak kullanım sürecinde işletmelerin sahip olması gereken özellikler hakkında görüş birliğine varmışlardır. Buna göre; dış kaynak kullanım sürecinde işletmeler arasındaki karşılıklı güven duygusu ve işletmeler arasında etkin bir iletişim ağının kurulması sürecin sağlıklı yürütülmesinin en önemli iki unsuru olarak belirlenmiştir.

4.3. Dış Kaynak Kullanımının Avantajları

Çalışma kapsamında görüşülen kişilere dış kaynak kullanımının avantajları sorulmuş ve verilen yanıtlar Tablo 3’te gösterilmiştir. Buna göre, görüşülen kişilerin tamamı dış kaynak kullanımı ile müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının daha hızlı karşılanabildiğini bildirmiş ve dış kaynak kullanımı ile işletmenin kendi bünyesinde sahip olmadığı kaynaklara da ulaşma imkânının olmasının önemli avantajlar olduğunu belirtmişlerdir. Görüşmelerin %90’ın da dış kaynak kullanımının yeni pazarların keşfedilmesini kolaylaştırdığından, işletmenin rekabet gücü üzerinde pozitif yönlü etkisinin olduğundan, satın alma ve üretim faaliyetlerinin verimliliğinin sağlamasından, hizmet kalitesini pozitif yönlü etkilemesinden ve dış kaynak kullanımının temel işlevlerinden biri olan işletmenin dış kaynak kullanımı sayesinde uzmanlaştığı işe daha çok kaynak aktararak o işe yoğunlaşmalarına olanak verdiğinden söz etmişlerdir. Görüşülen kişilerin %80’i dış kaynak kullanımının maliyetlerinin önceden hesaplanabilmesini sağladığından, müşteri memnuniyetini pozitif yönlü etkilediğinden, teknolojik yeniliklerin takip edilmesine olanak sağladığından, maliyetleri düşürdüğünden ve tedarik zincirini iyileştirdiğinden ve zincirdeki aksaklıklarının azalmasına sebep olduğundan söz etmişlerdir. Görüşmelerin %60’ın da dış kaynak kullanımının zamandan tasarruf sağladığı ve olası risklerin azalmasına sebep olduğu bilgileri elde edilmiştir. Ayrıca görüşülen kişilerin %30’u dış kaynak kullanımının teknolojik gelişmelere adaptasyonu kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Tablo 3: Dış Kaynak Kullanımının Avantajları

	Sayı	Yüzde	
1	Dış kaynak kullanımı ile müşterilerin istek ve ihtiyaçları daha hızlı karşılanır.	10	%100
2	Dış kaynak kullanımı işletmenin sahip olmadığı kaynaklara erişme imkânı sağlar.	10	%100
3	Dış kaynak kullanımı yeni pazarlar keşfedilmesine neden olur.	9	%90
4	Dış kaynak kullanımı işletmenin rekabet gücünü artırır.	9	%90
5	Dış kaynak kullanımı işletmelerin ana işlerine (uzmanı oldukları) daha fazla zaman ayırmalarını ve yoğunlaşmalarını sağlar.	9	%90
6	Dış kaynak kullanımı satın alma ve üretim etkinliğinin verimliliğini sağlar.	9	%90
7	Dış kaynak kullanımı hizmet kalitesini artırıcı bir unsurdur.	9	%90
8	Dış kaynak kullanımı maliyetlerin önceden hesaplanabilmesini sağlar.	8	%80
9	Dış kaynak kullanımı müşteri memnuniyetini artırır.	8	%80
10	Dış kaynak kullanarak teknolojik yenilikler takip edilebilir.	8	%80
11	Dış kaynak kullanımı tedarik zincirinin aksamamasına neden olur.	8	%80
12	Dış kaynak kullanımı maliyeti düşürür.	8	%80
13	Dış kaynak kullanımı zamandan tasarruf sağlar.	6	%60
14	Dış kaynak kullanımı olası riskleri bölüştürür.	6	%60
15	Dış kaynak kullanımı teknolojik gelişmelere adaptasyonu kolaylaştırır.	3	%30

4.4. Dış Kaynak Kullanımının Dezavantajları

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara dış kaynak kullanımının dezavantajları sorulmuştur. Dış kaynak kullanımının dezavantajlarına ait cevaplar Tablo 4'te gösterilmektedir. Katılımcıların %90'ı dış kaynak kullanımında tedarikçi seçiminin önemi üzerinde durmuş ve yanlış tedarikçi seçiminin telafisi zahmetli ciddi olumsuzluklara yol açtığından söz etmişlerdir. Ayrıca işletmenin zaman içerisinde tedarikçi işletmeye istenenden daha fazla bağlanmasının esnekliğini kaybetmesine sebep olacağı katılımcıların %70'i tarafından vurgulanmıştır. Görüşülen kişilerin %50'si dış kaynak kullanan işletmelerin verimlilik seviyesinin, kullanılan dış kaynakla paralel olarak artış ya da düşüş göstereceğini önemli bir dezavantaj olarak bildirmişlerdir. Katılımcıların %30'u dış kaynak kullanımının personel üzerindeki kontrolün kaybedilmesine sebep olduğunu ve dış kaynak kullanımının navlunları artırarak dolaylı olarak maliyetlerin yükselmesine sebep olduğundan söz etmişlerdir. Son olarak, dış kaynak kullanımının, işletmelerin gelecekte varlığını sürdürebilmek için kritik önem taşıyan yeteneklerini zayıflattığı katılımcıların %20'si tarafından belirtilmiştir.

Tablo 4: Dış Kaynak Kullanımının Dezavantajları

		Sayı	Yüzde
1	Dış kaynak kullanımında yanlış tedarikçi seçimi, ciddi olumsuzluklara yol açar.	9	%90
2	Dış kaynaklardan yararlanan işletmelerin tedarikçi işletmeye aşırı bağlanması işletmenin esnekliğini kaybetmesine yol açabilir.	7	%70
3	Dış kaynaklardan yararlanan işletmelerin verimlilik seviyesi dışarıdan alınan hizmetlere bağlıdır.	5	%50
4	Dış kaynak kullanımı personel üzerindeki kontrolün kaybedilmesine yol açar.	3	%30
5	Taşıma işleri için dış kaynak kullanımı navlunları artırarak maliyetlerin yükselmesine sebep olur.	3	%30
6	Dış kaynak kullanımı, işletmelerin gelecekte varlığını sürdürebilmesi için kritik önem taşıyan yeteneklerini zayıflatmaktadır.	2	%20

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geleneksel dikey bütünleşmeye güçlü bir alternatif olarak ortaya çıkan lojistikte dış kaynak kullanımı son yıllarda önemli bir rekabet avantajı oluşturmaya başlamıştır. Bu çalışmada bütünleşik hizmet anlayışı çerçevesinde uygulamaya geçirilen dış kaynak kullanımının, uygulama sürecinde lojistik işletmelerine sağladığı avantajların yanında olası dezavantajlarının da tespitinin yapılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen vaka analizi sonucunda lojistik işletmelerinde dış kaynak kullanımına dair on beş adet avantaj ve altı adet dezavantaj tespit edilmiştir.

Literatür taramasında yer verilen Yetiş ve Kara'nın 2013 yılında yayınladıkları avantajlara paralel olarak elde edilen altı avantaj (dış kaynak kullanımı işletmenin sahip olmadığı kaynaklara erişme imkânı sağlar, dış kaynak kullanımı işletmelerin ana işlerine daha fazla zaman ayırmalarını ve yoğunlaşmalarını sağlar, dış kaynak kullanarak teknolojik yenilikler takip edilebilir, dış kaynak kullanımı maliyeti düşürür, dış kaynak kullanımı olası riskleri bölüştürür, dış kaynak kullanımı teknolojik gelişmelere adaptasyonu kolaylaştırır), katılımcıların %30'u ile %100'ü tarafından dile getirilen kavramlar olarak dikkat çekmişlerdir. Çalışmada, Altaş (2006)'nın öne sürdüğü avantajlar ile de paralel sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre; dış kaynak kullanımı ile müşterilerin istek ve ihtiyaçları daha hızlı karşılanır, dış kaynak kullanımı işletmelerin ana işlerine (uzmanı oldukları) daha fazla zaman ayırmalarını ve yoğunlaşmalarını sağlar ve dış kaynak kullanımı maliyeti düşürür. Altaş (2006) tarafından öne sürülen ve bu çalışma tarafından da desteklenen bu sonuçlar katılımcıların %80 ile %100'ü tarafından dile getirilmiştir. Bunlara ek olarak çalışmada elde edilen sonuçlar Genç (2005) ve Mersin (2005)'in çalışmalarıyla da paralellikler göstermekte ve mevcut yazını büyük oranda destekler niteliktedir.

Dış kaynak kullanımının dezavantajları incelendiğinde çalışmada elde edilen en önemli çıktı, katılımcıların %90'ı tarafından dile getirilen; dış kaynak kullanımında yanlış tedarikçi seçiminin, ciddi olumsuzluklara yol açmasıdır. Çancı ve Erdal (2003) tarafından da belirtildiği gibi dış kaynak kullanım sürecinde doğru işletmeyi bulmak büyük önem taşımaktadır. Ayrıca; dış kaynaklardan yararlanan işletmelerin tedarikçi işletmeye aşırı bağlanması sonucu işletmenin esnekliğini kaybetmesi, dış kaynaklardan yararlanan işletmelerin verimlilik seviyesinin dışarıdan alınan hizmetlere bağlı olması, dış kaynak kullanımının personel üzerindeki kontrolün kaybedilmesine yol açabilmesi, taşıma işleri için dış kaynak kullanımının navlunları artırarak maliyetlerin yükselmesine sebep olması ve dış kaynak kullanımının, işletmelerin gelecekte varlığını sürdürebilmesi için kritik önem taşıyan yeteneklerini zayıflatması, katılımcıların %20 ile %70'i tarafından dile getirilen dezavantajlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dış kaynak kullanımı sürecinde yöneticilerden beklenen en önemli özelliğin yöneticinin stratejik düşünebilme ve planlama yeteneğine sahip olması gerekliliği çalışmanın bir diğer dikkat çekici sonucu olmuştur. Dış kaynak kullanım sürecinde işletmelerin sahip olması gereken özellikler ise işletmeler arasındaki karşılıklı güven duygusu ve işletmeler arasında etkin bir iletişim ağının kurulması olarak belirlenmiştir.

Çalışma zaman kısıtı sebebiyle sadece bir lojistik işletmesi ile sınırlı kalmış ve sonuçlar hakkında genelleme yapabilmeyi engellemiştir. Çalışmanın örneklem sayısının çoğaltılarak tekrarlanması yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada, dış kaynak kullanımın maliyetleri düşürdüğü ve navlunların artması sebebiyle maliyetleri yükselttiği yönünde birbiriyle çelişen iki sonuç elde edilmiştir. Ancak bu durum verilerin analizi sürecinde fark edildiğinden sebebini incelemek ve açıklamak mümkün olmamıştır. Gelecek çalışmalarda bu iki durumun daha detaylı analiz edilmesini sağlayacak soru ve yönergelere yer verilmesi araştırmacılara önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Altaş Y. (2006). Lojistik Süreçlerde Dış Kaynak Kullanımı: 3.Parti Lojistik Servis Sağlayıcıları. İstanbul: Bilgi Yönetimi
- [2] ALTUNIŞIK, Remzi; COŞKUN, Recai; BAYRAKTAROĞLU, Serkan; YILDIRIM, Engin (2012). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı, Sakarya: Sakarya Yayıncılık.
- [3] Çancı, Erdal. (2003). Lojistik Yönetimi, Uluslararası Taşımacılık ve Hizmet Üretenler. İstanbul: Erler Matbaası.
- [4] Eğin, R. (2009). Firmaların Dönüştürücü Gücü: Dış Kaynak Kullanımı Yöntem ve Uygulamalar . İstanbul: Crea Yayıncılık.
- [5] Elmuti, D. ve Kathawala, Y. (2000). “The Effects Of Global Outsourcing Strategies On Participants Attitudes And Organizational Effectiveness”, *International Journal Of Manpoer*. 21(2): 112-128.
- [6] Genç, N. (2005). *Yönetim ve Organizasyon*. Ankara: Seçkin Yayıncılık
- [7] Gülseçen, S. and Kubat, A., (2006). “Teaching ICT to teacher candidates using PBL: A qualitative and quantitative evaluation”. *Educational Technology & Society*, 9 (2): 96-106.
- [8] Kalkan, İ. P. (2018). “Lojistik Merkez Seçim Kriterleri Açısından Yalova İli Lojistik Merkez Yer Seçimi”. Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [9] Kayabaşı, A. (2010). Rekabetin Gücü Perspektifinde Lojistik Faaliyetlerde Performans Geliştirme. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- [10] Külahcı M. (2014). Üçüncü Parti Lojistik Hizmetleri: Türkiye’de Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- [11] Mersin N. D. (2005). Bilgi Teknolojilerinde Dış Kaynak Kullanımı Yararları ve Dikkat Edilmesi Gerekli Noktalar. *Outsourcing Dergisi*. 11, 54-55.
- [12] Öz Ö. (2003). Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişimi. İstanbul: İ.T.O. Yayınları. S.17.
- [13] Özbay, T. (2004). Sorularla Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing). İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- [14] Özispa, N., ve Sürücü, E. (2017). “Türkiye’de Helal Lojistik Uygulamaları: Bir Vaka Analizi”. *The International New Issues in Social Sciences*. (5):159-174.
- [15] Öztürk, Y. E., ve Özata, M. (2010). Hastanelerde Dış Kaynak Kullanımı. Konya: Eğitim Kitabevi.
- [16] Sevim, Ş., A. Akdemir ve K. Vatansever (2008). “Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanan İşletmelerin Aldıkları Hizmetlerin Kalitesinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir İnceleme”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 13(1), 1-27.
- [17] Tanyeri, M., ve Fırat, A. (2005). “Rekabet Değişkeni Olarak Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing)”. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 7(3). 268-279.
- [18] Tellis, Winston, (1997). “Introduction to Case Study”. *The Qualitative Report*, Volume 3, Number 2, July. (<http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-2/tellis1.html>).
- [19] Yavaş, G. (2011). İşletmelerin Rekabet Stratejilerinde Dış Kaynak Kullanımı: Dış Kaynak Kullanımını Motive Eden Faktörler ve Riskleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [20] Yetiş Kara, B., ve Taşer, A. (2013). Çağdaş Lojistik Uygulamaları. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2752.

- [21] Yin, R.K. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publication: USA.
- [22] Yumuşak, İ. G., Erarslan, C., ve Bayraktar, Y. (2010). Küreselleşme Sürecinde Yeni Ekonomi ve İktisat Politikaları. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım
- [23] Wilding, R. ve Juriado, R. (2004). “Customer Perceptions On Logistics Outsourcing In The European Consumer Goods Industry”. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 34(8): 628-644.
- [24] Zainal, Zaidah. (2007). “Case study as a research method”.Jurnal Kemanusiaan (9).
- [25] URL1, www.elementlojistik.com.tr, (2018). Tarihçe. <http://elementlojistik.com.tr/lojistik-kurumsal-denizyolu-parsiyel-servis-gumruklu-depolama-hizmetleri-proje-tasimaciligi-canli-hayvan-ve-bitki-tasimaciligi/tarihce/>, 21.02.2018.
- [26] URL2, www.elementlojistik.com.tr, (2018). Element Lojistik Nakliye Sektöründeki İş Ortağınızdır. <http://elementlojistik.com.tr/lojistik-kurumsal-denizyolu-parsiyel-servis-gumruklu-depolama-hizmetleri-proje-tasimaciligi-canli-hayvan-ve-bitki-tasimaciligi/hakkimizda/>, 21.02.2018.

LOJİSTİK FAALİYETLERDE DIŞ KAYNAK KULLANIMI VE FİRMA PERFORMANSI

Semir Ölmez¹, H. Murat Mutlu²

¹Gaziantep Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Gaziantep, semirolmez@gantep.edu.tr

²Gaziantep Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Gaziantep, mmutlu@gantep.edu.tr

ÖZET

Firmaların dış kaynak kullanmaları, öz yeteneklerine odaklanmaları açısından büyük önem arz etmektedir. İşletmeler dış kaynak kullanımına yönelerek, hem zaman hem de maliyet tasarrufu sağlarken aynı zamanda öz yeteneklerinin etkin kullanımıyla da daha yüksek bir müşteri memnuniyeti sağlayarak risklerini dağıtacaklardır. İşletmelerin uzmanlık gerektiren faaliyetlerini dışarıdan tedarik etmeleri esasına dayanan dış kaynak kullanımı, günümüz şartlarında firmaların başarıya ulaşmalarında önemli bir fonksiyon olan lojistik faaliyetlerde de sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı, üretici/ihracatçı firmaların lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanım dereceleri ile firma performansları arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanım derecesi 11 ifade ile ölçümlenmiş, firma performansı finansal, pazar, ihracat ve lojistik performans boyutları ile değerlendirilmiştir. Bu bağlamda Gaziantep ilinde faaliyet gösteren 79 tane firmaya yüz yüze anket çalışması uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda dış kaynak kullanımı derecesi ile firma performansı boyutları arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dış Kaynak Kullanımı, Lojistik Performans, Firma Performansı.

OUTSOURCING AND FIRM PERFORMANCE IN LOGISTICS ACTIVITIES

ABSTRACT

Using outsourcing for companies is great importance in terms of their focus on core competences. By using outsourcing, firms save both time and cost while at the same time allocating risks by achieving higher customer satisfaction. Outsourcing, which is based on the outsourcing of operations that require expertise, is an importance function in the success of firm in today's conditions. The aim of this study is to examine the relationship between outsourcing levels and firm performances in logistics activities of producer/exporters firms. The outsourcing level in logistics activities was measured by 11 expression and the firm performance was evaluated by financial, market, export and logistics performance dimensions. In this context, face to face surveys were applied to 79 firms which operate in Gaziantep. As a result of these analyzes, positive relationships were found between outsourcing level and firm performance dimensions.

Keywords: Outsourcing, Logistics Performance, Company Performance

1. GİRİŞ

1900'lü yılların sonuna kadar firmalar, kendilerinin yapabileceği işleri başka bir firmaya devretmeyi bir prestij kaybı gibi algılamakta; ekonomik ve sosyal anlamda yük olan her türlü iş ve işlemi bu nedenden ötürü kendi bünyelerinde yapmaya çalışıyorlardı. Literatürde geleneksel yaklaşım olarak adlandırılan bu yöntem günümüzün küresel dünyasında çeşitli nedenlerden dolayı yerini yeni ve etkili birtakım yaklaşımlara bırakmaya başladı (Özbay, 2004). Bu yaklaşımlardan bir tanesi, işletmelerin kendi öz becerilerine ve uzmanlıklarına odaklanmalarına imkan veren ve bunlar dışındaki uzmanlık gerektiren diğer faaliyetlerini işletme dışından uzman bir firmaya yaptırmayı tavsiye eden dış kaynak kullanımıdır (Embleton ve Wright, 1998). Dış kaynak kullanımının yoğun olarak kullanıldığı alanlardan biride lojistik faaliyetlerdir. İşletmeler kendi işlerine odaklanmak, maliyet ve zaman tasarrufu sağlamak adına yoğun beceri ve uzmanlık gerektiren lojistik faaliyetlerini bu işte uzman olan diğer firmalara özellikle üçüncü lojistik firmalarına devretmektedir.

Lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımı belge ve bilgi teslimatını sağlamak gibi basit iş ve işlemleri kapsayabileceği gibi; tedarik zinciri yönetimi içerisinde sistem danışmanlık hizmetleri, tersine lojistik, lojistik bilgi sistemleri ve entegrasyon gibi daha karmaşık faaliyetleri de içine alabilmektedir.

Görüldüğü gibi lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımı firmalar arasında yüksek entegrasyon ve bilgi paylaşımına dayanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, üretici/ihracatçı firmaların lojistik faaliyetlerinde dışkaynak kullanım dereceleri ile firma performansları arasındaki ilişkinin incelenmesidir

2. LİTERATÜR TARAMASI

Lambert vd. (1998) DKK'yı; bir firmanın daha önceden kendi ürettiği mal ve hizmetleri işinde uzman olan başka bir firmadan sağlaması olarak tanımlamaktadırlar. Aynı şekilde Quinn ve Hilmer (1994) da yaptıkları çalışmada firmaların başarıyı yakalayabilmeleri ve müşteri değeri yaratabilmeleri için kendi öz becerilerine (core competencies) odaklanmaları ve bu beceri dışındaki faaliyetlerini ise dış kaynak kullanmak suretiyle başka firmalardan tedarik etmeleri gerektiğini vurgulamaktadırlar. Aynı çalışmada bu durum iki örnek verilerek pekiştirilmektedir. Dünyanın önde gelen spor ayakkabısı firmalarından biri olan Nike "Nike Air" ayakkabısının sadece teknik bileşenlerini oluşturmakta ve geri kalan üretim öncesi (araştırma ve geliştirme) ve üretim sonrası (pazarlama, dağıtım ve satış) faaliyetleri dış kaynak kullanarak yerine getirmektedir. Bu şekilde Nike firması %20'lik bir büyüme oranı yakalamaktadır. Aynı şekilde Apple firması da bilgisayar üretiminde gerekli olan parçaların %70'ini dış kaynak kullanarak farklı firmalardan temin etmektedir. Tasarımla ilgili kritik parçaları Frogdesign, yazıcıları Tokyo Electric ve pazarlamanın anahtar bileşenlerini de Regis Mckenna firmalarından temin ederek gereksiz içsel bürokratik işlemlerden kurtulmakla kalmayıp aynı zamanda kendi uzmanlık alanı olan öz becerisine odaklanma fırsatı bulmaktadır.

Bütünsel ya da kısmi olarak işletmelere çok büyük fırsatlar sunsa da DKK stratejisi, içerisinde bazı risklerde taşımaktadır ve firma yönetimi bu riskleri dikkate alarak seçimler yapmalıdır (Quinn ve Hillmer, 1994). Bu strateji sonucunda firma; (a) zaman içerisinde firmaların kritik yeteneklerini kaybetmesi ya da yanlış yeteneklerin gelişmesi, (b) firmaların çapraz yeteneklerini kaybetmesi ve (c) tedarikçi üzerindeki kontrolün zaman içinde yitilmesi gibi sıkıntılı durumlarla karşı karşıya kalabilir.

Ayrıca DKK sırasında dış kaynak hizmeti alan ve veren tarafların aşağıda belirtilen sorunlarla karşılaşması da muhtemeldir (Koban ve Keser, 2010)

- Dış kaynak sunan firmaya aşırı bağlılık
- Dış kaynak sunan firmanın verdiği taahhütleri zamanında veya hiç yerine getirmemesi
- Her iki tarafın iş hedeflerini anlatmada ve anlamada yetersiz kalması ve bunun sonucunda sunulan hizmetin aksaması
- Firma gizliliklerinin paylaşılma riski
- Firmalar arasındaki bilgi paylaşımının sekteye uğraması ve bunun hizmete olumsuz yansması
- Dış kaynak sunan firmanın dağıtım ve depolama kapasitesinin ihtiyaca cevap verememesi
- Dış kaynak sunan firmanın yeterli iş gücüne sahip olmaması neticesinde profesyonellikten uzaklaşma
- Mevzuatların sürekli değişmesi

1990 yılı itibariyle lojistik sektöründe rekabet faktörünün artması ve lojistik hizmetlerin uzmanlar tarafından yapılmasının işletme verimliliğini olumlu yönde etkilediğinin anlaşılması, ürün çeşitliliğinin artması ve lojistik hizmet sunan firmaların hem sayı itibari ile artması hem de yaygınlaşması (Koban ve Keser, 2010) firmaları geleneksel anlayış yerine dış kaynak kullanımını (DKK) tercih etme noktasına getirmektedir. Bunların yanı sıra kaynakların optimum kullanılması ile güçlü bir yapı oluşturma isteği (işletmeye bağlı nedenler), minimum maliyet ile maksimum performans elde etme isteği (maliyet kaynaklı nedenler), teknolojik gelişmelerin daha yakından takip edilmesi ve daha kolay adaptasyon, daha kaliteli hizmet sunabilmek, temel yeteneklere yoğunlaşarak kaynakların dengeli kullanılması (finansal nedenler), işgücünün iş süreçlerine göre daha doğru paylaşılması ile personel israfının önüne geçebilme isteği dış kaynak kullanılmasının tercih edilmesinin diğer nedenleri olarak sıralanabilir (Tanyeri ve Fırat, 2005).

Günümüz piyasa şartlarında firmaların başarıya ulaşmalarında önemli bir fonksiyon olan lojistik hizmetlerinin rakiplerine nazaran verimli bir şekilde yapılması zorunlu bir hale gelmektedir. İşletmelerin kendilerine rekabet avantajı sağlayacak olan bu lojistik faaliyetleri yerine getirme noktasında önlerinde seçebilecekleri ve uygulayabilecekleri 3 alternatif bulunmaktadır (Abdur Razzaque ve Chen Sheng, 1998)

- Lojistik faaliyetleri firmaların kendileri üstlenerek yerine getirmeleri (In House)
- Firmaların kendilerine bağlı lojistik firması kurarak bu işi yapmaları ya da lojistik hizmet sunan bir firmayı satın alarak kendi bünyelerine katmaları (Candler, 1994)
- Lojistik işinde uzman olan dışsal bir firmayla anlaşarak lojistik hizmeti satın alma yoluna gidilmesi

Küresel anlamda yaşanan gelişmeler, pazara hızlı nüfus etme ve maliyetleri düşürme isteği günümüzde lojistik hizmetlerde dış kaynak kullanımının yaygınlaşmasında önemli faktörlerdir (Ener, 2010). A.T. Kearney danışmanlık şirketinden John Africk tarafından; birkaç lojistik hizmetin bir sözleşmeye bağlı kalmak suretiyle tek bir sağlayıcı tarafından yerine getirilmesi olarak ifade edilen lojistikte dış kaynak kullanımı (Abur Razzaque ve Chen Sheng, 1998); literatürde üçüncü parti lojistik (3PL) veya sözleşmeli lojistik (contract logistics) şeklinde de ifade edilmektedir (Lieb vd., 1993).

Lojistikte dış kaynak kullanımı veya başka bir ifade ile 3PL firmaları ile çalışmak işletmelerin lojistik performanslarına olumlu katkı sağlamakla kalmayıp (Power vd., 2007) maliyetlerin minimize edilmesinde de etkin rol oynamaktadır (Hsiao vd., 2010). Ancak firmaların lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanımına gitmelerindeki amaç sadece maliyetlerle açıklanabilecek bir olgu değildir. Bunun yanı sıra DKK'daki amaçlar ve işletmelere sağladığı katkılar şu şekilde özetlenebilir (Mersin, 2003)

- Firmaların üretim, pazarlama gibi öz becerilerine yani uzmanlık alanlarına yoğunlaşmaları
- Firmalar arasında uzmanlık ve bilgi faktörlerinin aktarılması fırsatı
- Sabit maliyetlerin değişken maliyete dönüşmesi
- Maliyetlerin minimize edilmesi
- Riskin dağıtılması
- Kaynakların rekabet avantajı sağlayacak alanlara kaydırılması
- Müşteri memnuniyetinin maksimize edilmesi
- Maliyetlerin önceden öngörülebilmesi
- Yeni pazarlara ulaşmada kısıtların ortadan kalkması

Jiang vd. (2006) yaptıkları çalışmada dış kaynak kullanımının firmanın maliyet etkinliğini ve verimliliğini geliştirdiğini ve bununda performansı etkilediğini söylemektedirler. Aynı şekilde Bustinza vd. (2010) yaptıkları çalışmada dış kaynak kullanım kararlarının firmanın rekabet yeteneğini etkilediğini, böylece firma performansının arttığını vurgulamaktadırlar. Bu sonuçlara paralel olarak Rothaermel vd. (2006) çalışmalarında stratejik dış kaynak kullanımının üst düzey performansla ulaşmak için belirleyici olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmaların yanı sıra Khalili vd. (2014) dış kaynak kullanımının finansal, müşteri tabanlı ve içsel süreçlerde performans yönetimi üzerinde güçlü bir etki yarattığını vurgulamakla beraber; Salimath vd. (2008) dış kaynak kullanımının girişimci firmalarda özellikle finansal performansı arttırdığı sonucuna varmaktadırlar. Ancak; bu çalışmaların yanı sıra Joong-Kun Cho vd. (2008) yaptıkları çalışmada lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımının lojistik performansı etkilemediği sonucuna varmışlardır. Bu çalışmalar ışığında araştırma hipotezi şu şekildedir:

- H_1 : Dış Kaynak Kullanımı firma performansını pozitif etkilemektedir.

3. YÖNTEM

Rekabet koşullarının artması, müşterilerin daha seçici hale gelmesi ve maliyetlerin artması gibi nedenler firmaları kendi alanlarında uzmanlaşmaya zorlamaktadır. Firmalar uzmanlık alanları dışında kalan faaliyetlerini bu işte uzmanlaşmış firmalara devrederek zaman ve maliyet açısından tasarruf etmeyi amaçlamaktadırlar. Tam da bu noktada üretici/ihracatçı firmalar dış kaynak kullanım yoluna giderek lojistik faaliyetlerini bu işte uzmanlaşmış 3PL firmalarına devretmektedirler.

Giriş bölümünde değinildiği gibi; bu çalışmanın amacı üretici/ihracatçı firmaların lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanım dereceleri ile firma performansı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmada birincil veri toplama yöntemi kullanılmış ve bu bağlamda Gaziantep ilinde faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli (KOBİ) 79 firmaya yüz yüze anket uygulanmıştır². Sonuçlar korelasyon ve regresyon analizlerine tabi tutulmuştur. Çalışan sayısı (CALSAY), firma yaşı (FYAS), dış kaynak kullanımı (DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ), lojistik performans (LP), ihracat performansı (IP), pazar performansı (PP) ve finansal performans (FP) çalışma dahilinde incelenmiş ve çıkan sonuçlar sonuç bölümünde değerlendirilmiştir. Çalışmada dış kaynak kullanım ölçeği 11 ifade ile ölçülmüş Lieb ve Randall (1996) ve Lieb ve Bentz'in (2004) çalışmalarından uyarlanmıştır. Lojistik performans ölçeği Green vd. (2008), Stank vd.(2001), Li vd. (2009), Boon-itt ve Wong (2011) çalışmalarından alınan 5 ifade ile değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra ihracat performansı ölçeği Cadogan vd. (2002) çalışmasından (5 ifade); pazar performansı (3 ifade) ve finansal performans (4 ifade) ölçekleri ise Gunday vd. (2011) çalışmasından derlenerek çalışmaya dahil edilmiştir.

Dış kaynak kullanımı 11 ifade ile ölçümlenmekle beraber yapılan faktör analizinde dış kaynak kullanımının DKK_TASIMA (3 ifade) ve DKKDİGERHZ (8 ifade) olmak üzere iki faktör altında toplandığı görülmektedir.

² Bu çalışmada kullanılan veri seti yazarlardan Semir ÖLMEZ'in " 3PL Lojistik Hizmetlerinde İlişkisel Kalite ve İşletme Performansı" isimli yüksek lisans tezi veri setinden üretilmiştir.

Bunu yanı sıra; lojistik performansı, ihracat performansı, pazar performansı ve finansal performansın kendi başlarına tek faktör oluşturdukları tespit edilmiştir (KMO: 0,84). Tablo 1'de ölçeklere ve değişkenlere ait analiz sonuçları verilmektedir.

4. ANALİZ

Çalışmada faktör analizinden sonra değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Tablo 1'de korelasyon analizine ait sonuçlar ayrıntılarıyla görülmektedir.

Tablo 1: Ölçeklere İlişkin Özellikler ve Korelasyon Sonuçları

Değişkenler	1	2	3	4	5	6	7	8	Cronbach α	M	SD
Dış Kaynak Kullanımı (Taşıma) (DKK_TASIMA)	1								0,80	7,57	1,97
Dış Kaynak Kullanımı (Diğer Hizmetler) (DKKDİGERHZ)	0,356**	1							0,92	4,38	2,64
Lojistik Performans (LP)	0,327**	0,204	1						0,84	3,55	0,66
İhracat Performansı (IP)	0,282*	0,397**	0,579**	1					0,91	3,53	0,79
Pazar Performansı (PP)	0,285*	0,072	0,706**	0,609**	1				0,79	3,62	0,72
Finansal Performans (FP)	0,226*	0,199	0,429**	0,487**	0,447**	1			0,88	3,56	0,79
FYAS	0,148	0,073	0,269*	0,148	0,213	0,252*	1		-	17,49	12,43
CALSAY	0,097	0,184	0,197	0,367**	0,188	0,256*	0,174	1		61,5	56,1

Çalışmada korelasyon analizinden sonra regresyon analizi yapılmıştır. LP, IP, PP ve FP ayrı ayrı bağımlı değişken yapılarak CALSAY, FYAS, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ bağımsız değişkenleri ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 2'de ayrıntıları ile verilmektedir.

Tablo 2: Regresyon Analizi Sonuçları

NO	Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	β	β (Std)	t	R^2	F
1	LP	Sabit Terim	2,54		8,91	,17	3,788**
		FYAS	0,011	0,20	1,8 ^a		
		CALSAY	0,001	0,12	1,09		
		DKK_TASIMA	0,087	0,26	2,28*		
		DKKDİGERHZ	0,013	0,05	,441		
2	IP	Sabit Terim	2,38		7,24	,26	6,619**
		FYAS	0,004	0,056	,538		
		CALSAY	0,004	0,294	2,833**		
		DKK_TASIMA	0,056	0,138	1,266		
		DKKDİGERHZ	0,089	0,291	2,662**		
3	PP	Sabit Terim	2,66		8,11	,13	2,782*
		FYAS	0,009	0,151	1,341		
		CALSAY	0,002	0,148	1,310		
		DKK_TASIMA	0,100	0,270	2,274*		
		DKKDİGERHZ	-0,015	-0,052	-,437		
4	FP	Sabit Terim	2,62		7,43	,14	3,108*
		FYAS	0,012	0,191	1,711		
		CALSAY	0,003	0,191	1,707		
		DKK_TASIMA	0,057	0,142	1,206		
		DKKDİGERHZ	0,029	0,096	,818		

Birinci regresyon modelinde, LP bağımlı değişkeni ile FYAS, CALSAY, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ değişkenleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Model istatistiksel olarak (F= 3,788 p<0,01) anlamlı çıkmış ve model lojistik performanstaki değişimin %17'sini açıklamaktadır. DKK_TASIMA değişkeninin (β = 0,087 p<0,05) anlamlı

olduğu ve lojistik performans üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra FYAS değişkeninin de ($\beta= 0,011$ $p<0,10$) pozitif etkisinin ortaya çıktığı görülmektedir.

İkinci regresyon modelinde; IP bağımlı değişkeni ile FYAS, CALSAY, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ kontrol değişkenleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Model istatistiksel olarak anlamlı çıkmakla beraber ($F= 6,619$ $p<0,01$); ihracat performansındaki değişimin %26'sını açıklamaktadır. DKKDİGERHZ değişkeninin ($\beta= 0,089$ $p<0,01$) anlamlı olduğu ve ihracat performansı üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. CALSAY değişkeninin de ($\beta= 0,004$ $p<0,01$) ihracat performansı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Üçüncü regresyon modelinde; PP bağımlı değişkeni ile FYAS, CALSAY, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ kontrol değişkenleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Bağımsız değişkenlerden sadece DKK_TASIMA kontrol değişkeninin ($\beta= 0,100$ $p<0,05$) pazar performansı üzerinde olumlu etki yarattığı gözlenmektedir.

Dördüncü regresyon modelinde, FP bağımlı değişkeni ile FYAS, CALSAY, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ kontrol değişkenleri arasındaki ilişki analiz edilmiş; ancak finansal performans ile bağımsız değişkenler arasında bir ilişkiye rastlanılmamıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Korelasyon analizinin sonuçlarına bakıldığında; taşıma faaliyetlerinde dış kaynak kullanımı ile lojistik performans, ihracat performansı, pazar performansı ve finansal performans arasında ikili ilişkiler bakımından anlamlı ve pozitif korelasyonların olduğu sunucuna varılmaktadır. Öte yandan taşıma faaliyetleri haricinde diğer hizmet faaliyetlerinde dış kaynak kullanımının sadece ihracat performansı ile pozitif ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Dış kaynak kullanımının ölçümünde kullanılan 11 ifade incelendiğinde ilk 3 ifadenin taşıma, dağıtım ve teslimat ile ilgili olduğu görülmekle beraber, diğer 8 ifadeye bakıldığında ise üretici/ihracatçı firma ile dış kaynak kullanımı yapılan 3PL firması arasında ilişkilerin daha kompleks yapıya büründüğü ve firmalar arasında kurulan köprülerin daha uzun yıllara yayıldığı anlaşılmaktadır. Örneğin üretici/ihracatçı firmaların lojistik firmalarından danışmanlık hizmeti talep ettiği, lojistik bilgi sistemlerinin ve entegrasyonun firmalar arasında sağlandığı, satın alma ve yeniden ambalajlama gibi faaliyetlerde dış kaynak kullanım yoluna gidildiği görülmektedir. Bu eksenle korelasyon analizinin sonuçları değerlendirildiğinde Gaziantep ilinde faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli firmaların lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanımını çoğunlukla taşıma, dağıtım ve sevkiyat faaliyetlerinde kullanıldığı, karşılıklı işbirliği ve çalışma esasına dayanan faaliyetlerde ise böyle bir durumun söz konusu olmadığı söylenebilir. Bu durum dış pazarlara açılmak, pazar payını büyütme, müşterilerle uzun dönemli köprüler kurmak ve kurumsal kimlik kazanmak isteyen firmalar için büyük bir handikaptır.

Korelasyon analizinden sonra regresyon analizi yapılmış ve aradaki ilişkiler incelenmeye çalışılmıştır. CALSAY, FYAS, DKK_TASIMA ve DKKDİGERHZ bağımsız değişkenleri LP, IP, PP ve FP bağımlı değişkenleri ile ayrı ayrı analize sokulmuştur. Taşıma, dağıtım ve sevkiyat faaliyetlerinde dış kaynak kullanan firmaların lojistik performansları ve pazar performanslarının arttığı gözlemlenmekle beraber; bu faaliyetler dışında kalan hizmetler için dış kaynak kullanım yapan firmaların ihracat performanslarının pozitif yönde etkilendiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında H1 hipotezi desteklenmektedir. Jiang vd. (2006), Bustinza vd. (2010), Khalili vd. (2014), Salimath vd. (2008) ve Rothermel vd. (2006) çalışmalarına paralel sonuçlar çıkmakla beraber Joong-Kun Cho vd. (2008) çalışmasının aksine taşıma, dağıtım ve teslimat faaliyetlerinde dış kaynak kullanımı ile lojistik performans arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Abdur Razzaque, M., ve Chen Sheng, C. (1998). Outsourcing of logistics functions: a literature survey. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(2), 89-107.
- [2] Boon-Itt, S., ve Yew Wong, C. (2011). The moderating effects of technological and demand uncertainties on the relationship between supply chain integration and customer delivery performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(3), 253-276.
- [3] Bustinza, O. F., Arias-Aranda, D., & Gutierrez-Gutierrez, L. (2010). Outsourcing, competitive capabilities and performance: an empirical study in service firms. *International Journal of Production Economics*, 126(2), 276-288.
- [4] Cadogan, J. W., Diamantopoulos, A., ve Siguaw, J. A. (2002). Export market-oriented activities: their antecedents and performance consequences. *Journal of international Business studies*, 615-626.
- [5] Candler, J. (1994). You make it, they distribute it. *Nation's Business*, 82(3), 46-48.

- [6] Embleton, P. R., ve Wright, P. C. (1998). A practical guide to successful outsourcing. *Empowerment in Organizations*, 6(3), 94–106.
- [7] Ener, T. (2010). Küresel Lojistik Performans İndeksi: Mersin'de Faaliyet Gösteren Lojistik Firmalarının Sektörel Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin, ss. 3-50
- [8] Green Jr, K. W., Whitten, D., ve Inman, R. A. (2008). The impact of logistics performance on organizational performance in a supply chain context. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(4), 317–327.
- [9] Gunday, G., Ulusoy, G., Kilic, K., ve Alpkan, L. (2011). Effects of innovation types on firm performance. *International Journal of production economics*, 133(2), 662–676.
- [10] Hsiao, H., Kemp, R. G. M., Van der Vorst, J., ve Omta, S. O. (2010). A classification of logistic outsourcing levels and their impact on service performance: Evidence from the food processing industry. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 75–86.
- [11] Jiang, B., Frazier, G. V., & Prater, E. L. (2006). Outsourcing effects on firms' operational performance: An empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(12), 1280-1300.
- [12] Joong-Kun Cho, J., Ozment, J., & Sink, H. (2008). Logistics capability, logistics outsourcing and firm performance in an e-commerce market. *International journal of physical distribution & logistics management*, 38(5), 336-359.
- [13] Khalili, K., Azzizadeh, F., & Adhami, A. (2014). Investigating the relationship between outsourcing and performance based on Balanced Score Card (Case study: Ilam Post Office). *Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science*, 2014, 1-11.
- [14] Koban, E., ve Keser, H. Y. (2010). Dış ticarete lojistik. *Ekin Basım Yayın Dağıtım*.
- [15] Lambert, D. M., Stock, J. R., ve Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. McGraw-Hill/Irwin.
- [16] Li, G., Yang, H., Sun, L., ve Sohal, A. S. (2009). The impact of IT implementation on supply chain integration and performance. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 125-138.
- [17] Lieb, R. C., Millen, R. A., ve Van Wassenhove, L. N. (1993). Third party logistics services: a comparison of experienced American and European manufacturers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 23(6), 35–44.
- [18] Lieb, R. C., ve Bentz, B. A. (2004). The use of third-party logistics services by large American manufacturers: The 2003 survey. *Transportation Journal*, 24–33.
- [19] Lieb, R. C., ve Randall, H. L. (1996). A comparison of the use of third-party logistics services by large American manufacturers, 1991, 1994, and 1995. *Journal of Business Logistics*, 17(1), 305.
- [20] Mersin, D. (2003). Lojistikte dış kaynak kullanımı, yararları ve dikkat edilmesi gerekli noktalar. İçinde *International Logistics Congress, Proceedings* (ss. 92–95).
- [21] Özbay, T. (2004). Sorularla dış kaynak kullanımı (outsourcing). İTO Yayınları.
- [22] Power, D., Sharafali, M., ve Bhakoo, V. (2007). Adding value through outsourcing: Contribution of 3PL services to customer performance. *Management Research News*, 30(3), 228–235.
- [23] Quinn, J. B., ve Hilmer, F. G. (1994). Strategic outsourcing. *Sloan management review*, 35(4), 43.
- [24] Rothaermel, F. T., Hitt, M. A., & Jobe, L. A. (2006). Balancing vertical integration and strategic outsourcing: effects on product portfolio, product success, and firm performance. *Strategic management journal*, 27(11), 1033-1056.
- [25] Salimath, M. S., Cullen, J. B., & Umesh, U. N. (2008). Outsourcing and performance in entrepreneurial firms: contingent relationships with entrepreneurial configurations. *Decision Sciences*, 39(3), 359-381.
- [26] Stank, T. P., Keller, S. B., ve Daugherty, P. J. (2001). Supply chain collaboration and logistical service performance. *Journal of Business logistics*, 22(1), 29-48.
- [27] Tanyeri, M., ve Fırat, A. (2005). Rekabet değişkeni olarak dış kaynak kullanımı (Outsourcing). *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 7(3), 268-279

E-TİCARETTE SON KİLOMETRE TESLİMAT MODELİ: MÜŞTERİLERİN HİZMET BEKLENTİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Derya Saatçioğlu¹, Ezgi Uzel Aydınocak²

¹Beykoz Üniversitesi, Lojistik Yönetimi, İstanbul, deryasaatcioglu@beykoz.edu.tr

²Beykoz Üniversitesi, Lojistik Yönetimi, İstanbul, ezgiuzel@beykoz.edu.tr

ÖZET

Bireysel kullanıcılara hizmet veren elektronik perakende işletmelerinin pazar paylarının ve ticaret üzerindeki etkilerinin son yıllarda hızla büyüdüğü görülmektedir. B2C (firmadan müşteriye) e-ticaret yapan bu firmalar için, internet üzerinden tüketiciler tarafından sipariş edilen ürünlerin sorunsuz ve taahhüt edilen zamanda teslim edilerek beklenen mükemmel hizmet seviyesinin karşılanması en önemli konulardan biridir. Ancak elektronik alışverişe olan talebin arttığı yoğun dönemlerde teslimatta yaşanan gecikmelerin müşteri memnuniyeti üzerinde olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Son kilometre teslimat modeli ise e-ticarette yaşanan bu sorunlara çözüm geliştirmek için kullanılan araçlardan olup lojistik hizmet kalitesinin önemli başarı faktörlerinden biri haline gelmiştir. Bu amaçla bu çalışmada, İstanbul ilinde, kolayda örneklem yöntemiyle seçilmiş elektronik alışveriş yapanlar üzerinde, internet üzerinden uygulanan anket ile son kilometre teslimat modeli üzerine odaklanılmış ve fiziksel dağıtım ile ilgili eylem alternatiflerinin tüketicilerin bakış açısıyla uygunluğu araştırılmıştır. Buna göre, son kilometre teslimat modelinin farklı ürün grupları için tüketicinin teslimatın zamanı, teslimatın şekli ve ödemeyi kabul edeceği en fazla kargo ücreti konusundaki bakış açıları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: B2C, E-ticaret, Fiziksel dağıtım, Lojistik hizmet kalitesi, Son kilometre teslimat modeli.

LAST MILE DELIVERY MODEL IN E-COMMERCE: AN APPLICATION ON SERVICE EXPECTATIONS OF CUSTOMERS

ABSTRACT

The market shares of electronic retail companies that serve individual consumers and their effects on trade have been growing rapidly in recent years. For these companies that make B2C (business to consumer) e-commerce, meeting the expected excellent service level by delivering the products ordered by consumers over the internet smoothly and at the time promised become one of the most important issues. However, it is known that delays experienced in delivery during the peak periods of electronic shopping have an adverse effect on customer satisfaction. The last mile delivery model is one of the tools used to solve these problems in e-commerce and has become one of the important success factors of logistic service quality. For this purpose, this study focuses on last mile delivery model by using online survey on online shoppers in Istanbul who are selected by convenient sampling method, and investigates the compatibility of alternative action plans with their perceptions toward physical distribution. Accordingly, last mile delivery model is discussed for different product groups in order to understand the expectations of customers regarding delivery time, place of delivery and the maximum cargo price that can be accepted to pay.

Keywords: , B2C, E-commerce, Physical distribution, Logistics service quality, Last mile delivery model.

1. GİRİŞ

Günümüzde bilgi iletişim teknolojileri ve internetin yaygın kullanımı hayatımızın çoğu alanında büyük değişikliklere neden olmuştur. Bu durum farklı büyüklükteki firmaların iş süreçlerini etkileyerek yeni iş modellerinin ortaya çıkmasını sağlamış ve e-ticaret kavramı hayatımıza girmiştir.

E-ticaret en basit tanımıyla, bir elektronik ağ üzerinden ürün ve hizmetlerin alım satımının yapılmasıdır ve mobil ticaret, elektronik fon transferi, tedarik zinciri yönetimi, internet pazarlaması, elektronik veri değişimi (EDI), envanter yönetim sistemi ve veri toplama sistemleri gibi teknolojileri kullanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan e-ticaret iş modelleri ise firmadan müşteriye e-ticaret (B2C), firmadan firmaya e-ticaret (B2B), ve müşteriden müşteriye e-ticaret (C2C) olarak sınıflandırılmaktadır (Acılar, 2016; Shahriari vd., 2015). Türkiye’de yapılan e-ticaretin büyük bir çoğunluğu firmadan müşteriye e-ticaret (B2C) şeklindedir. Bu modelde işletmeler, kendi web sitelerinde veya birçok işletmenin gruplandırıldığı alışveriş portallarında kendi ürünlerini veya hizmetlerini sunmaktadırlar. Bu model perakende satışlar için kullanılan en yaygın modeldir. (Tekel, 2014).

Firmadan müşteriye e-ticaret (B2C) yapan firmaların en önemli görevlerinden biri ise tüketiciler tarafından sipariş edilen ürünlerin sorunsuz ve taahhüt edilen zamanda teslimatını sağlamaktır. Müşteri memnuniyetini ve kalıcılığı ancak bu şekilde sağlanmaktadır (Thirumalai ve Sinha, 2005). E-ticaretin büyümesiyle değişen müşteri beklentileri işletmeler için son kilometre teslimatı üzerine odaklanmalarına sebep olmuştur. Son kilometre teslimatı online sipariş süreci ile fiziksel ürün dağıtımı arasındaki bağlantıyı ifade etmektedir. Özellikle yüksek talebin olduğu dönemlerde yaşanan ciddi teslimat sorunları, kötü teslimat hizmetinden dolayı hayal kırıklığına uğramış olan müşterilerin tekrar online alışveriş yapma olasılığının çok düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle son kilometre teslimat konusu e-ticaret için çok önemli bir başarı faktörüdür (Madlberger ve Sester, 2005).

Bu amaçla bu çalışmada, İstanbul ilinde, kolayda örneklem yöntemiyle seçilmiş elektronik alışveriş yapanlar üzerinde, internet üzerinden uygulanan anket ile son kilometre teslimat modeli üzerine odaklanılmış ve fiziksel dağıtım ile ilgili eylem alternatiflerinin tüketicilerin bakış açısıyla uygunluğu araştırılmıştır. Buna göre, son kilometre teslimat modelinin farklı ürün grupları için tüketicinin teslimatın zamanı, teslimatın şekli ve ödemeyi kabul edeceği en fazla fiyat konusundaki bakış açıları değerlendirilmiştir.

Araştırmanın bundan sonraki kısmında, ilk olarak literatür taraması yapılmış olup sırasıyla; tüm dünyayla beraber Türkiye’de de artan e-ticaret hacminin B2C kapsamındaki operasyonları ve son kilometre teslimat modeli araştırılmış, ardından müşterilerin online olarak satın aldıkları ürün siparişleri ile ilgili lojistik hizmet anlamındaki beklentileri ve hizmet kalitesi anlatılmış ve son olarak da online alışverişte ürün özelliklerinin sipariş teslimat süreleri, yeri ve ücretleri üzerinde etkili olduğu ortaya konmuştur.

Çalışmanın literatür taramasının ardından araştırma metodolojisi kısmında; örneklem yöntemi hakkında bilgi verilerek araştırmaya katılanların demografik verileri sunulmuş, kullanılan ölçekler anlatılmış ve araştırmanın hipotezleri ortaya konulmuştur. Bulgular kısmında, hipotezler test edilerek tablolar halinde sonuçlar açıklanmıştır. Araştırmanın son bölümünde ise sonuçlara yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 E-Ticarette Son Kilometre Teslimatı

E-ticaret hem dünyada hem de Türkiye’de hızlı bir şekilde büyümekte ve sektördeki rekabet giderek şiddetlenmektedir. Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği (TÜBİSAD) tarafından 2017 yılında yayınlanan “Türkiye e-ticaret Pazar büyüklüğü – 2016” raporuna göre e-ticaret sektörü Türkiye’de bir önceki yıla göre %24’lük bir artışla 30,8 milyar TL büyüklüğüne ulaşmıştır. E-ticaretteki başarı birçok değişkene bağlı olmakla birlikte lojistik faaliyetler stratejik bir öneme sahiptir. E-ticaret sadece malların satışı konusunda değil malların nasıl teslim edildiği konusunda da devrim yaratmıştır. Eskiden haftalarla ifade edilen sipariş teslimat süreleri e-ticaretten sonra saatlerle ifade edilmeye başlamıştır. Müşteriler artık sipariş ettikleri ürünleri internette satın aldıkları andan kendilerine teslim edilene kadar geçen sürede anlık olarak takip etmek, farklı bir adrese yönlendirmek, ürünlerin teslimat maliyetine ve zamanına karar vermek, siparişlerini farklı parçalara bölerek farklı adreslere teslim edilmesini istemektedirler (Bayles, 2001).

Fiziksel dağıtım hizmeti hakkındaki literatür kapsamlı olarak incelendiğinde, Mentzer ve vd. (1989) tarafından yapılan çalışmada müşterilerin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamak için fiziksel dağıtım hizmetinin altında yatan erişilebilirlik, zamanlama ve kalite gibi boyutların genel müşteri hizmet paketine entegre edilmesi gerekliliğini görmekteyiz. Bir başka araştırmada Innis ve La Londe (1994), fiziksel dağıtımın bir firmanın rekabet avantajı sağlayabilmesi için gerekli olan ana faktörlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Innis ve La Londe (1994) müşterilerin fiziksel dağıtım hizmetini, bir firmanın sunduğu en önemli özelliklerden biri olarak değerlendirmişler ve fiziksel dağıtım hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti, tutum ve yeniden satın alma niyetini etkilediğini söylemişlerdir. Fiziksel dağıtım hizmeti konusundaki çalışmaların çoğunda internet üzerinden yapılan alışveriş deneyimi göz önünde bulundurulmazken Lee ve Whang (2001) yaptıkları çalışmada internet üzerinden yapılan bir alışverişte siparişlerin zamanında teslim edilme kabiliyetinin e-ticaret yapan bir işletmenin başarısını etkilediğini ortaya koymuşlardır. Daha spesifik olarak, Heim ve Sinha (2001) gıda perakendecilerinin elektronik B2C operasyonları üzerine yaptıkları ampirik çalışmalarında ürünün bulunurluğu, kolay iade süreci, teslimatın zamanında gerçekleştirilmesi gibi değişkenlerin müşteri memnuniyeti üzerinde oldukça olumlu bir etkisinin olduğunu göstermektedirler.

Newton (2001) da yaptığı çalışmada Heim ve Sinha'nın (2001) çalışma bulgularını yineleyerek sipariş edilen fiziksel ürünlerin satıcıdan müşteriye başarılı bir şekilde ulaştırılmasının müşterinin başka bir sipariş vereceğinin garantisi olduğu sonucuna varmıştır. Rabinovich ve Bailey (2004) fiziksel dağıtım hizmeti araştırmalarını online ortamlara genişleterek fiyatlama, alışveriş ve işletme özelliklerinin fiziksel dağıtım üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Benzer bir şekilde, Thirumalai ve Sinha (2005) perakende sektöründeki B2C (firmadan müşteriye) e-ticaret işlemlerini inceleyerek siparişlerin karşılanması sürecindeki müşteri memnuniyeti ile ürün çeşitleri arasında bir ilişki olduğunu ve farklı ürün gruplarına göre farklı yaklaşımlar geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır.

E-ticarette yaşanan lojistik sorunlar genellikle teslimatın son aşamasında yoğunlaşmakta ve son kilometre sorunu olarak ifade edilen problemlere sebep olmaktadır. Lojistik operatörlerin, müşteriler tarafından sipariş edilen kolinin teslim edilme şekli, yeri, zamanı, teslim süresi, teslimat esnekliği ve teslimatın ortalama maliyeti gibi konularla yakından ilgilenmeleri önemlidir. Müşterilerin zaman ve teslimat ücreti konusunda artan beklentileri de göz önünde bulundurulduğunda lojistik operatörleri için son kilometre teslimatı önemli bir sorun haline gelmektedir (Moroz ve Polkowski, 2016). Bazı çalışmalar, lojistikle ilgili maliyetlerin çoğunun son kilometre dağıtımından kaynaklandığını ve bu maliyetlerin farklı coğrafi ölçeklerle analiz edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Gevaers vd., 2011; Goodman, 2005; Browne vd., 2012).

İnternet üzerinden alışveriş yapan müşteriler genellikle küçük miktarlarda ve nispeten daha sık ürün sipariş etmektedirler. Aynı zamanda müşteriler yoğunlukla kurye şirketleri ve postanenin çalışma saatleri süresince kalıcı ikametgahlarından farklı bir yerde bulunmaktadır. Bununla birlikte evlere ve iş yerlerine teslim edilen paketlerin büyük çoğunluğu standart ebatlı bir mektup kutusuyla uyumlu olmayan ve teslimatı sırasında imza gerektiren yani teslimatın yapılabilmesi için bir alıcıya ihtiyaç duyulan paketlerdir. Bu koşullar altında, lojistik operatörlerinin e-ticaret pazarının ihtiyaçlarını karşılayacak çözümler sunması gereklidir ve bu konuda karlılığı etkileyen önemli operasyonel faktörler bulunmaktadır: (Moroz ve Polkowski, 2016; Allen vd., 2017)

- Yoğun dönem baskısı (Yoğun dönemlerde kargo teslimatlarına yönelik artan talebi karşılayabilme becerisi ve böyle bir hizmeti sürdürürebilmek için gerekli olan altyapı yatırımı)
- Karmaşık müşteri talepleri (Tüketiciler, taşıyıcıların teslimat zaman aralıkları, kargo izlenebilirliği ve alternatif teslim yeri seçenekleri sunmasına yol açan daha hızlı, daha güvenilir ve kullanışlı dağıtım hizmetlerini talep etmektedirler.)
- Ücretsiz teslimatın etkisi (Online perakendecinin müşterilerin ilgisini çekmek için ücretsiz teslimat seçeneğini sunması taşıyıcılardan düşük fiyatlandırma modelleri talep etmesine yol açmaktadır.)
- Zaman aralığı belirtilmiş teslimatlar (Online perakendeciler ve kuryeler, siparişin verilmesinden sonra teslimat için aynı gün dahil olmak üzere belirli bir gün ve zaman aralığı garantili teslimat hizmetleri sunmaktadır.)
- Ürünün ilk teslimatında yaşanan başarısızlıklar (Teslimatı yapılan ürünlerin çoğunun standart ebatlı bir mektup kutusuyla uyumlu olmaması ve bir alıcıya ihtiyaç duymasından dolayı özellikle evlere yapılan teslimatta müşterinin evde olmamasından dolayı ilk uğranıldığında teslimat gerçekleştirilememektedir.)
- Trafik koşulları (Kötü yol koşulları ve şehir merkezlerinde uygun park alanlarının bulunamaması müşteri ihtiyaçlarının tam zamanında karşılanmasını zorlaştırmaktadır.)
- Mevcut lojistik altyapısı (Şehirlerde yükselen arazi değerlerinden dolayı son kilometre teslimatlarını gerçekleştirebilmek için uygun fiyatlı yerel depolar bulmak giderek zorlaşmaktadır. Bu durum taşıyıcıların merkezi şehir depolarını daha ucuz yakın çevredeki depolara taşımaya neden olmakta ve depoların teslimat alanlarına olan yol mesafesinin artmasına neden olmaktadır.)

Belirli bir kalitede son kilometre teslimat hizmetini sunabilmek için, e-ticaret yapan işletmenin bazı kararlar vermesi gereklidir. Örneğin, hizmet etmek istediği coğrafi alanı ve ürünlerin teslimat biçimini (Eve teslimat, işyerine teslimat, posta ile teslimat vs.) belirlemelidir. Bir diğer önemli konu, son kilometre teslimatının dış kaynak kullanımı yoluyla sağlanmasıdır. E-ticaret yapan işletmelerin bu hizmet için kendi lojistik altyapılarını kurmaları çoğu durumda maliyetli olacaktır. Son olarak, son kilometre teslimatının en önemli konuları teslimat ücretlerinin belirlenmesi ve fiyatlandırma modelinin geliştirilmesidir. Bu sadece ürün teslimatı için değil, aynı zamanda ekspres teslimat veya cumartesi günleri teslimatı gibi ek servisler için de geçerlidir (Bayles, 2001; Madlberger ve Sester, 2005).

Son kilometre teslimatının modelini beş temel özellik belirlemektedir: müşteri hizmet seviyesi, teslimat şekli ve güvenilirliliği, coğrafi alan, pazara giriş ve yoğunluk seviyesi, araç filosu ve teknoloji, çevresel etki. Ev teslimatlarındaki en önemli son kilometre sorunu, eğer teslimat için bir imza alınması gerekiyorsa ortaya çıkmaktadır. Belirli bir teslimat saat aralığı belirtilmemişse müşterinin evde olmamasından dolayı teslimat gerçekleştirilememektedir. Bunun yanında, bir teslimat saat aralığının belirtilmesi de kuryenin rota planlamasındaki verimliliğini tehlikeye atacaktır. Çünkü belirli teslimat saat aralıklarına göre taşıyıcının teslimatı gerçekleştirmesi daha fazla kilometre yapması anlamına gelmektedir. Sıklıkla karşılaşılan ikinci bir problem ise dağıtım yapılacak belirli bir bölgedeki yetersiz pazar yoğunluğu ve penetrasyonudur. Taşıyıcı böyle bir durumda tek bir paketi teslim edebilmek için 30 kilometreyi aşması gerekiyorsa verimlilik önemli ölçüde azalacak ve maliyet büyük ölçüde artacaktır. Ayrıca, müşteriler giderek lojistik ve taşıma seçeneklerinin çevresel etkilerine de önem göstermeye başlamışlardır.

Lojistik hizmet sağlayıcılarının karbon emisyonu ayak izlerinin sürekli azaltılması için gayret göstermesini isterken, daha yeşil bir hizmet karşılığında daha fazla para ödemeyi ya da ürünlerinin teslimatları için daha fazla beklemeyi istememektedirler (Gevaers vd., 2014).

2.2. Müşteri Beklentileri ve Hizmet Kalitesi

Son kilometre teslimat sürecindeki müşteri memnuniyeti, firmaların müşterilerinin beklentilerinin ne derece karşılandığına bağlıdır. Hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti konusunda literatürde “Beklentiler, daha sonraki deneyimlerin karşılaştırıldığı standartlar olarak hizmet ederek memnuniyetin veya kalitenin değerlendirilmesine neden olur.” fikri konusunda görüş birliği bulunmaktadır (Zeithaml ve Berry, 1993). Müşteri beklentilerini anlamak, üstün hizmet kalitesi sağlamak için bir ön şarttır (Parasuraman vd., 1991). Garvin (1988), müşterilerin ihtiyaç ve isteklerinin sunulan hizmete dahil edilmesinin kalitenin stratejik yönetimi için temel olduğunu ileri sürmektedir.

1980'lerin ortalarından beri işletmelerde, kalite yönetimi ve müşteri memnuniyetine paralel olarak hizmet kalitesi, pazarlama ve lojistik araştırmalarında öncelikli bir konu haline gelmiştir. Millen ve vd. (1999) yaptıkları araştırmada geliştirilmiş müşteri memnuniyetini Lojistik Hizmet Kalitesi'nin (LSQ) önemli bir faydası olarak tanımlamaktadır. Son kilometre teslimatı müşterilere sunulan bir hizmet olarak düşünüldüğünde, bu problemin çözümünde SERVQUAL (Parasuraman vd., 1988) gibi müşteri memnuniyeti ölçekleri ile değerlendirilemediği görülmektedir. SERVQUAL müşteriler ile işletmenin uzak olduğu durumlarda hizmet kalitesini ölçmede uygun olmamaktadır. Vazquez Casielles vd. (2002) tarafından İspanya'da yapılan bir çalışmada fiziksel dağıtım aktivitelerinin kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerinde büyük bir etkisi olduğu ortaya koyulmuştur. Lojistik hizmeti alanında Bienstock vd. (1997), LSQ'nun ana bileşenleri olarak nesnel değişkenleri, müşterilerin öznel beklentileriyle ilgili algılarını ölçerek tanımlamışlardır. Millen ve Maggard (1997), Sohal vd. (1999) ile Mentzer vd. (2001) ise LSQ'yu lojistik başarı faktörleri çerçevesinde, beklenen ve algılanan hizmet arasındaki fark olarak değerlendirmişlerdir. Hizmet kalitesini ölçen "klasik" ölçekler, büyük oranda online işlemlerde bulunmayan insan etkileşimine dayalıdır. E-ticaret sektöründeki hizmet deneyimi ise coğrafi uzaklık ve çok çeşitli teknik problemler sebebiyle farklıdır (Long ve McMellon, 2004). Klasik ölçeklerin e-ticaretteki hizmet kalitesini ölçme konusunda yetersiz kalmasından dolayı yeni ölçeklerin geliştirilmesiyle ilgili bazı çalışmaların da yapıldığı görülmektedir. Uzel ve Tuna (2014) ise LSQ'nun önerdiği lojistik hizmet kalitesi boyutlarını online alışveriş yapanlar üzerinde araştırmış ve ürünlerin teslimatı ve özellikle yeniden sipariş verme niyeti konusunda bu boyutların etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Geliştirilen ölçeklerde kalite, memnuniyet, web sitesine karşı tutum gibi konularda ölçümler yapılmış olup son kilometre teslimat hizmetinin sadece bazı unsurlarının çalışmalara dahil edildiği görülmektedir.

Bu çalışmada, son kilometre teslimatı konusunda, bir internet sitesinden ürün satın alan müşterilerin beklentilerinin yansıtılması amaçlanmaktadır. Çalışmanın temelinde, son kilometre teslimat sürecinde müşteri beklentilerinin farklı ürün grupları için teslimatın zamanı, teslimatın şekli ve ödemeyi kabul edeceği en fazla fiyat konularında bir farklılık olup olmadığı yer almaktadır.

2.3. Ürün Özellikleri

Ürün özellikleri, ürünün korunması ve paketlenmesi gereklilikleri, soğutma gereksinimleri veya uygun miktarlarda stok tutma ve taşıma araçları gibi konularda lojistik hizmetlerin üzerinde büyük etkiye sahiptir. Aynı zamanda, farklı satın alma ve sipariş döngüsü süreleri de lojistik süreçleri doğrudan etkilemektedir. Mağaza tabanlı perakendeciliğin aksine, online mağazalar, ürün dağıtımında son derece şeffaf lojistik süreçlerle karşı karşıyadır. Aşağıdaki ürün özelliklerinin tüketicilerin arzu ettiği son kilometre dağıtım hizmet seviyesini etkilediği düşünülmektedir (Madlberger ve Sester, 2005):

- Farklı ürün grupları için alışveriş ve tüketim alışkanlıkları farklılık gösterebilir. Örnek olarak bakkaliye ürünleri genellikle satın alındıktan çok kısa süre içinde tüketilmektedir.
- Ürünün boyutu, ağırlığı veya bir ürünün hasar görebilir olma derecesi gibi ürünlerin fiziksel özellikleri, özellikle uygun teslimat şeklinin kullanılması konusunda tüketicilerin teslimat beklentilerini etkileyebilir.
- Ürünün ulaşılabilirliği ve alışveriş alternatifleri, online alışverişin algılanan kolaylık avantajıyla ilgilidir. Örneğin, bir fiziksel mağazaya ulaşmak zorsa, eve teslim, müşterinin rahatlığını artırabilir.
- Taşımacılık, lojistiğin ana süreçlerinden biri olduğundan, bir ürünün coğrafi kaynağı, müşterilerin teslim süresi ve teslimat maliyetleri ile ilgili beklentilerini önemli ölçüde etkileyebilir.
- Teslimat maliyetleri tüketicilerin son kilometre teslimatındaki beklentilerini etkileyebilir. Eğer teslimat ücretleri yüksek olarak algılanırsa, tüketiciler son kilometre dağıtım hizmeti konusunda daha fazla beklenti içine girebilirler. (Örneğin kısa teslimat süresi, teslimat konusunda esneklik vs.)

Farklı ürün gruplarını sınıflandırabilmek için pazarlama literatürüne bakıldığında, Copeland'in (1924) ürünleri 3 gruba ayırdığı görülmektedir: (Li ve Gery, 2000)

1. Kolayda Ürünler: Tüketicilerin en az çaba harcararak ve sıklıkla satın aldığı ürünler. Bu ürünlerin seçimi ve satın alınması sırasında müşteriler önemli miktarda para ve zaman harcamamaktadırlar. (Örneğin bakkaliye ürünleri, ev ve ofis malzemeleri)
2. Beğenmeli Ürünleri: Tüketicilerin seçme ve satın alma sürecinde uygunluk, kalite, fiyat ve stil gibi özellikleri temel aldığı ürünlerdir. Satın alma sürecinde müşteriler bu ürünleri aramak ve değerlendirmek için önemli miktarda zaman ve para harcama eğilimindedirler. Beğenmeli ürünler 2 gruba ayrılmaktadır. (McDaniel vd., 2007)
 - Türdeş (Homojen) Ürünler: Özellikleri ve kaliteleri büyük ölçüde aynı olan ürünlerdir. Tüketiciler bu ürünleri satın alırken genellikle benzer özelliklere sahip bu ürünler arasından en düşük fiyatlı olanı seçerler. (Örneğin kitaplar ve müzik CD'leri)
 - Ayrışık (Heterojen) Ürünler: Tüketicilerin özellik, işlev, fiyat, stil vb. konularda birbirlerinden farklı olarak algıladıkları ürünlerdir. (Örneğin mobilya ve giyim eşyaları)
3. Özellikli Ürünler: Önemli bir alıcı grubunun karakteristik olarak ısrar ettiği ve özel bir satın alma çabası göstermek istediği ürünlerdir. Tüketiciler sadece aradıkları ürünleri satın alırlar ve en yüksek miktarda para ve zaman harcamaya hazırdırlar. (Örneğin gelinlikler, özel çanta ve saatler)

Bu çalışmada, online alışveriş yapan müşterilerin kolayda ürünler (gıda ve market ürünleri gibi) ve diğer beğenmeli ürünler (kitap, kırtasiye, giyim, kozmetik, elektronik aletler ve mobilya gibi) için son kilometre teslimat beklentileri araştırılmıştır.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

3.1. Örneklem ve Verinin Toplanması

İnternet üzerinden alışveriş yapan müşterilerin araştırıldığı çalışmada ana kütle olarak İstanbul ili alınmıştır. TÜSİAD'ın Nisan 2017'de yayınlamış olduğu "Dijitalleşen Dünyada Ekonominin İtici Gücü: E-ticaret" raporunda belirtildiği üzere Türkiye'de toplam 46 milyon internet kullanıcısı bulunmakta ve her 3 kullanıcıdan biri online alışveriş yapmaktadır. Inveon'un Temmuz 2017 raporuna göre Türkiye'de internet üzerinden alışveriş yapan tüketici sayısı 29,92 milyon kişidir. Avantajix.com'un 2017 verilerine göre Türkiye'de online alışverişin %34,33'ü İstanbul ilinde yapılmaktadır. Kliksa'nın raporuna göre internet üzerinden en çok alışveriş yapan şehirlere bakıldığında nüfus miktarına oranla tahmin edilebilir şekilde İstanbul ilidir. Bu çalışmada, bu nedenler ile birlikte zaman ve mali kaynak kısıtlılığı nedeniyle İstanbul ili tercih edilmiştir. Bu evren dahilinde örnekleme hatasının 0.05 kabul edildiği durumlarda örneklem büyüklüğünün 384 olmasının yeterli olacağı bilinmektedir (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2004).

Çalışma kapsamında veriler, 7-28 Aralık 2017 tarihleri arasındaki dönemde tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme yöntemleri birlikte kullanılarak ana kütle temsil yeteneği olduğu düşünülen örnekler üzerinde yapılan anketler ile toplanmıştır. Çalışmada minimum örnek büyüklüğü 384 olarak belirlenmesine rağmen eksik anket formları olabileceği düşüncesiyle kartopu yöntemi kullanılarak daha geniş bir kitleye ulaşılmaya çalışılmıştır. Neticede kullanılmayan anketler de çıkarıldıktan sonra toplam 518 katılımcıya ulaşılmıştır. Ankete katılanlar ile ilgili demografik dağılımlar aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir:

Tablo 1. Demografik Dağılımlar

Demografikler	N=518	
	Frekans (Yüzde)	Kümülatif Yüzde
Cinsiyet		
Erkek	297 (57,3)	57,3
Kadın	221 (42,7)	100
Yaş		
18 ve altı	1 (0,2)	0,2
19-25	81 (15,6)	15,8
26-34	157 (30,3)	46,1
35-50	263 (50,8)	96,9
45-54	14 (2,7)	99,6
51-65	2 (0,4)	100
65 ve üzeri		

Tablo 1. Demografik Dağılımlar (Devamı)

Demografikler	N=518	
	Frekans (Yüzde)	Kümülatif Yüzde
Eğitim		
İlkokul	3 (0,6)	0,6
Ortaokul	1 (0,2)	0,8
Lise	34 (6,6)	7,4
Lisans	313 (60,4)	67,8
Yüksek Lisans	122 (23,6)	91,4
Doktora	45 (8,7)	100
Meslek		
Kamu	46 (8,9)	8,9
Özel	370 (71,4)	80,3
Emekli	6 (1,2)	81,5
Öğrenci	33 (6,4)	87,9
Ev hanımı	10 (1,9)	89,8
Serbest	41 (7,9)	97,7
İşsiz	12 (2,3)	100
Gelir		
1000 TL'den az	28 (5,4)	5,4
1000 TL – 2000 TL	51 (9,8)	15,2
2000 TL – 3000 TL	75 (14,5)	29,7
3000 TL – 5000 TL	135 (26,1)	55,8
5000 TL'den fazla	229 (44,2)	100

Anket katılımcılarının demografik verilerine bakıldığında, en çok online alışveriş yapan yaş grubunun 35-50 yaş (263 kişi); çoğunun lisans mezunu olduğu (313 kişi) ve %71,4 oranla özel sektörde çalıştıkları (370 kişi); gelirlerinin ise %44,2 oranla (229 kişi) 5000 TL'den fazla olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Ölçekler

Çalışmada kullanılan anket sorularının temelini, Malderger ve Sester (2005)'in Avusturya'da internet üzerinden alışveriş yapanlar üzerinde yaptıkları çalışma oluşturmaktadır. Buna göre; ürünler kolayda ve beğenmeli ürünler olarak ele alınmıştır. Bunun yanı sıra, Türkiye'de faaliyet gösteren bir e-ticaret işletmesi ile bir kargo işletmesinin üst düzey yöneticileri görüşmeler yapılmış ve onların yönlendirmeleri ile bazı sorular Türkiye örnekleme uyarlanarak sektörün ihtiyaçları doğrultusunda bir soru eklenmiştir.

3.3. Araştırmanın Hipotezleri

Bu çalışmada internet üzerinden kolayda ve beğenmeli ürün alışverişi yapan müşterilerin bu ürün gruplarına göre teslimat süresi ve yeri beklentileri ile ödemeyi kabul edecekleri kargo ücret beklentileri araştırılmak istenmiş ve teslimat süreleri ile yerinin ve kargo ücretlerinin farklı ürün gruplarına göre değişkenlik gösterdiği varsayılarak aşağıdaki hipotezler önerilmiştir:

Teslimat süresi

Bu çalışmada müşterilerin tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak kolayda ürün olarak gıda ve market ürünleri; beğenmeli ürün olarak ise kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb. malzemeler, elektronik araçlar ve ev aletleri, giyim, moda, aksesuar, mobilya ve ev tekstil ürünleri belirlenmiştir. Bu ürün grupları için teslimat süreleri arasında beklenti farklılığı olacağı Hipotez 1 olarak aşağıda gösterilmiştir:

H1: Müşterilerin farklı ürün grupları için farklı teslimat süresi beklentileri vardır.

Teslimat yeri

Türkiye’de internet üzerinden alışveriş yapan müşterilerin siparişlerini teslim almak istedikleri yerler olarak; ev, iş yeri, mağaza ve posta kutusu olarak belirlenmiştir. Ürün gruplarına göre müşterilerin teslimat yeri tercihlerinin farklılık göstereceği Hipotez 2 ile aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

H2: Müşterilerin farklı ürün grupları için farklı teslimat yeri beklentileri vardır.

Kargo ücret beklentisi

Müşterilerin kabul edecekleri azami kargo ücretinin, ürün gruplarına ve teslimat süresine göre farklılık göstereceği Hipotez 3 ve Hipotez 4 olarak aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

H3: Müşterilerin farklı ürün grupları için farklı kargo ücret beklentileri vardır.

H4: Müşterilerin farklı teslimat süreleri için farklı kargo ücret beklentileri vardır.

4. BULGULAR

Bu çalışmanın hipotezlerini test etmek amacıyla parametrik olmayan testlerden Cochran Q testi kullanılmıştır. Bu test sınıflama ölçeğinde ölçülmüş kategorik veriler için uygundur (Wager, 2003).

Cochran Q testi, k ilişkili örneklem söz konusu olduğunda, üç veya daha fazla eşleştirilmiş frekans ya da oran setinin birbirlerinden farklı olup olmadığını test etmek üzere kullanılır. Eşleştirme benzer özelliği olan farklı denekler ile olabileceği gibi, aynı deneklerin farklı şartlarda kullanılması ile de olabilir.

Buna göre Hipotez 1’ de önerildiği gibi tüm farklı ürün grupları için müşterilerin teslimat süresi beklentileri arasında farklılık olduğu Cochran Q testi sonucunda tespit edilmiştir. Tablo 2’de Cochran Q testi sonuçları bulunmaktadır. Ankete cevap verenlerin çoğu gıda ve market ürünlerinin teslimatının bir saatle dört saat arasında gerçekleşmesini isterken, diğer ürün gruplarının teslimatı için iki ile üç gün arasında beklemeye hazır olduklarını belirtmişlerdir.

Tablo 2. Farklı Ürün Grupları İçin Müşterilerin Teslimat Süresi Beklentileri Arasındaki Farklılıklar

	TESLİMAT SÜRESİ	< 1 saat	1-4 saat	5 saat-1 gün	2-3 gün	4-7 gün	8-14 gün	14 gün +
	ürün gruplarına göre frekans	gıda ve market ürünleri	180	202	106	26	4	0	0
kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb.		12	147	110	201	27	3	3
elektronik araçlar ve ev aletleri		18	147	123	198	40	6	6
giyim, moda, aksesuar		18	142	116	196	42	3	3
mobilya ve ev tekstil ürünleri		10	142	79	175	89	14	14
Cochran Q		564.607	52.789	24.583	377.275	156.016	27.333	27.333
p		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

Hipotez 2 ile ilgili Cochran Q testinin sonuçlarına bakıldığında farklı ürün grupları için müşterilerin teslimat yeri beklentilerinde, mağaza ve posta kutusu hariç farklılık olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb. ürünlerde işyeri en sık tercih edilen teslimat yeri iken diğer ürün gruplarında özellikle gıda ve market ürünleri ile mobilya ve ev tekstil ürünlerinde en sık tercih edilen teslimat yerinin ev olduğu görülmektedir. Gıda ve market ürünleri ile mobilya ve ev tekstil ürünlerinin haricindeki diğer ürün gruplarında eve teslimatla işyeri teslimatını tercih edenlerinin sayılarının ise birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Mağaza ve posta kutusu hemen hemen hiçbir ürün grubu için tercih edilmemektedir. Tablo 3’te Cochran Q testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 3. Farklı Ürün Grupları İçin Müşterilerin Teslimat Yeri Beklentileri Arasındaki Farklılıklar

	TESLİMAT YERİ	ev	iş yeri	mağaza	posta kutusu
	ürün gruplarına göre frekans	gıda ve market ürünleri	463	54	1	0
kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb.		235	280	2	2
elektronik araçlar ve ev aletleri		311	204	5	1
giyim, moda, aksesuar		288	224	1	2
mobilya ve ev tekstil ürünleri		414	102	1	0
Cochran Q		526.210	516.810	9.250	6
p		.000	.000	.055	.222

Hipotez 3 ile ilgili Cochran Q testinin sonuçlarına bakıldığında tüm farklı ürün grupları için müşterilerin ödemeyi kabul edecekleri azami kargo ücreti arasında farklılık olduğu görülmektedir. Frekans analizine göre; müşterilerin ürün gruplarında özellikle gıda ve market ürünleri için ücretsiz kargo beklentisi içinde oldukları görülmektedir. Bununla birlikte, ankete cevap verenlerin 1-5 TL arasındaki kargo ücretini kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb. ürünler için, 6-10 TL arasındaki kargo ücretini elektronik araçlar ve ev aletleri için, 11 TL ve üzerindeki kargo ücretini ise mobilya ve ev tekstili ürünleri için ödemeye hazır oldukları tespit edilmiştir. Tablo 4'te Cochran Q testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4. Farklı Ürün Grupları İçin Müşterilerin Azami Ödemeyi Kabul Edecekleri Kargo Ücretleri Arasındaki Farklılıklar

	KARGO ÜCRETİ	ücretsiz	1-5 TL	6-10 TL	11-15 TL	16-20 TL	21-25 TL	26-30 TL	30 TL ve üzeri
ürün gruplarına göre frekans	gıda ve market ürünleri	348	121	42	5	0	0	1	1
	kitap, müzik, ofis, kırtasiye vb.	295	163	50	7	1	0	2	0
	elektronik araçlar ve ev aletleri	243	153	88	22	5	2	2	3
	giyim, moda, aksesuar	277	151	75	10	2	0	1	2
	mobilya ve ev tekstili ürünleri	230	134	78	27	14	10	7	18
Cochran Q		153.472	19.330	54.971	41.626	31.512	31.333	15.750	54.341
p		.000	.001	.000	.000	.000	.000	.0003	.000

Hipotez 4 ile ilgili Cochran Q testinin sonuçlarına bakıldığında ise tüm farklı teslimat süreleri için müşterilerin ödemeyi kabul edecekleri azami kargo ücreti arasında da farklılık olduğu görülmektedir. Ankete yanıt verenler teslimat süresi 2-3 gün ve üzeri olduğu durumlarda kargonun ücretsiz olması gerektiğini belirtirken teslimat süresinin 1 saatten az olması durumunda 6-10 TL arası, teslimat süresinin 1-4 saat ve 5 saat-1 gün olması durumunda 1-5 TL arası kargo ücreti ödemeye hazır olduklarını belirtmişlerdir. Tablo 5'te Cochran Q testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 5. Teslimat Hızına Göre Müşterilerin Azami Ödemeyi Kabul Edecekleri Kargo Ücretleri Arasındaki Farklılıklar

	KARGO ÜCRETİ	ücretsiz	1-5 TL	6-10 TL	11-15 TL	16-20 TL	21-25 TL	26-30 TL	30 TL ve üzeri
teslimat hızına göre frekans	1 saatten az	63	116	157	103	37	14	8	20
	1-4 saat	78	172	166	58	20	8	10	6
	5 saa5 - 1 gün	163	189	102	40	11	9	0	4
	2-3 gün	286	137	72	18	3	1	0	2
	4-7 gün	373	70	57	14	1	1	0	2
	8-14 gün	410	53	42	9	1	1	0	2
	14 günden fazla	420	51	33	9	0	3	0	2
Cochran Q		1.423.761	270.943	311.324	281.612	116.184	37.146	46.642	85.875
p		.000	.001	.000	.000	.000	.000	.0003	.000

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnternet üzerinden yapılan alışverişlerde yaşanan sorunların çoğunun genellikle teslimatın son aşamasında gerçekleştiği bilinmektedir. Müşterilerin teslim yeri, süresi ve kargo ücret konusundaki beklentilerinin hızla artması hem online perakendecilerin hem de onların hizmet aldıkları lojistik operatörlerin siparişlerin teslim edilme şekli, teslim yeri, teslim süresi, teslimat esnekliği ve teslimatın ortalama maliyeti gibi konularda sıkıntılar yaşamalarına neden olmaktadır. E-ticarette giderek artan bu sıkıntılar son kilometre sorunu olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda, farklı satın alma ve sipariş döngüsü süreleri de lojistik süreçleri doğrudan etkilemektedir. Mağaza tabanlı perakendeciliğin aksine, online mağazalar, ürün dağıtımında son derece şeffaf lojistik süreçlerle karşı karşıyadır. Ürün özelliklerinin de tüketicilerin arzu ettiği son kilometre dağıtım hizmet seviyesini etkilediği düşünülmektedir.

Yapılan sınırlı sayıda çalışmada online alışveriş yapan müşterilerin aldıkları ürünlerin özelliklerine göre lojistik hizmet beklentilerinin farklı olabileceği ortaya konmuştur. Bu anlamda, online perakendecilerin ve dolayısıyla lojistik operatörlerin, müşterilerin online alışverişte lojistik hizmet beklentilerini anlamaları önem taşımaktadır. Bu beklentileri anlayarak çözümler üretirlerse hem müşteri memnuniyetini artırabilirler hem de daha iyi bir planlama yaparak maliyetlerin düşürülmesini sağlayabilirler.

Türkiye'deki online alışveriş müşterilerinin son kilometre teslimatı açısından beklentilerini ortaya koymak amacıyla; teslim süresi, teslim yeri ve ödemeye razı olacakları en yüksek kargo ücretlerinin ürün gruplarına göre farklılık gösterebileceği düşüncesinin öne sürüldüğü bu çalışmada İstanbul ilindeki müşteriler üzerinde online anket yöntemi uygulanmıştır. Araştırmanın hipotezlerinden ilki teslim süresinin ürün gruplarına göre farklılık göstereceğini önermiş ve bulgular sayesinde teyit edilmiştir. Buna göre, özellikle gıda ve bakkaliye ürünleri gibi hızlı tüketim malları satan online perakendecilerin hızlı teslimata önem vermesi gerektiği önerilebilir.

İkinci hipotezde teslimat yerinin ürün gruplarına göre farklılık göstereceği önerilmiş ve bulgularda müşterilerin işyerlerinde kullanacakları kitap, kırtasiye, ofis vb. ürünlerin işyerine, evde kullanacakları özellikle gıda, market, ev tekstili ve mobilya gibi ürünlerin ise eve teslimatını tercih ettikleri belirlenmiştir. Bu konuda, teslimatı yapacak operatörlerin çalışma saatlerini dikkate alarak ev teslimlerinde randevulu çalışmaları önerilebilir.

Araştırmanın üçüncü hipotezi olan kargo ücretlerinin ürün gruplarına göre farklı beklentilere neden olacağı öne sürülmüş ve özellikle hızlı tüketim malları ve temel ihtiyaç ürünlerinin ücretsiz dağıtılmasının yerinde olacağı tespit edilmiştir. Bununla beraber, tüketicilerin gözünde daha beğenmeli ürünler grubuna giren kitap, elektronik araçlar, mobilya vb. ürünler için bir miktar ücret ödenmesi kabul edilebilir görünmektedir. Son hipotezde ise teslimat hızı ile kargo ücretleri karşılaştırılmış ve teslimat süresi ne kadar kısalsın müşteriye belirli bir kargo ücretini ödemeye razı oldukları gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul’da yaşayan ve online alışveriş yapan müşterilerin lojistik hizmet beklentileri hakkındaki algıları araştırılarak, B2C online perakendeciler ile onların dağıtım hizmetlerini üstlenen lojistik operatörlere, son kilometre teslimat süreçlerinin planlanması konusunda destek olmak amaçlanmıştır. Araştırmanın örnekleme kolayda örnekleme yöntemi ile seçilmiş, sadece İstanbul ili araştırılmıştır. Gelecek çalışmalarda bu kısıtlar ortadan kaldırılarak, araştırmanın kapsamı genişletilip daha genellenebilir sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Acılar A. (2016), “E-commerce in Turkey”, Global Business Research Congress, 26-27 Mayıs, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. İstanbul, pp. 281-288.
- [2] Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., Nguyen, T., Bektas, T., Bates, O., Friday, A., Wise, S., Austwick, M. (2017), “*Understanding the Impact of E-commerce on Last-Mile Light Goods Vehicle Activity in Urban Areas: The Case of London*”, Transportation Research Part D: Transport and Environment.
- [3] Bayles, D. (2001), *E-Commerce Logistics and Fulfillment*, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- [4] Bienstock, C.C., Mentzer, J.T., Bird, M.M. (1997), “Measuring Physical Distribution Service Quality”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25 (1), pp. 31-44.
- [5] Browne, M., Allen, J., Nemoto, T., Patier, D., Visser, J. (2012), “Reducing Social and Environmental Impacts of Urban Freight Transport: A Review of Some Major Cities”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, pp. 19-33.
- [6] Copeland, M.T. (1924), *Principles of Merchandising*. A.W. Shaw Co., Chicago.
- [7] Garvin, D.A. (1988). *Managing Quality-The Strategic and Competitive Edge*, The Free Press/Collier Macmillan Publishers, New York.
- [8] Gevaers, R., Van de Voorde, E., Vanelander, T. (2011), “Characteristics and Typology of Last-Mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context”, Macharis, C., Melo, S. (Ed.), *City Distribution and Urban Freight Transport: Multiples Perspectives*, Edward Elgar Publishing Limited, UK.
- [9] Gevaers, R., Van de Voorde, E., Vanelander, T. (2014), “Cost Modelling and Simulation of Last-mile Characteristics in an Innovative B2C Supply Chain Environment with Implications on Urban Areas and Cities”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, pp. 398-411.
- [10] Goodman, R.W. (2005), *Whatever You Call it, Just Don’t Think of Last-mile Logistics*, Last. Global Logistics and Supply Chain Strategies, Keller International Publishing Corporation.
- [11] Heim, G.R., Sinha, K.K. (2001), “Operational Drivers of Customer Loyalty in Electronic Retailing: An Empirical Analysis of Electronic Food Retailers”, *Manufacturing and Service Operations Management*, 3 (3), pp. 264-271.
- [12] Innis, D.E., La Londe, B.J. (1994), “Customer Service: The Key to Customer Satisfaction, Customer Loyalty, and Market Share”, *Journal of Business Logistics*, 15 (1), pp. 1-27.
- [13] Lee, H.L., Whang, S. (2001), “Winning the Last Mile of E-Commerce”, *MIT Sloan Management Review*, 42(4), pp. 54-63.
- [14] Li, Z. G., Gery, N. (2000), “E-tailing – For All Products”, *Business Horizons*, 43(6), pp. 49-54.
- [15] Long, M., McMellon, C. (2004), “Exploring the Determinants of Retail Service Quality on the Internet”, *The Journal of Services Marketing*, 18(1), pp. 78-90.

- [16] Madlberger, M., Sester, A. (2005), "The Last Mile in an Electronic Commerce Business Model - Service Expectations of Austrian Online Shoppers", *ECIS 2005 Proceedings*, 99. <https://aisel.aisnet.org/ecis2005/99>.
- [17] McDaniel, C., Lamb, Jr. C. W., Hair, Jr. J. F. Hair (2007), *Marketing Essentials*, 5th int. ed., Thomson South-Western, Ohio.
- [18] Mentzer, J.T., Gomes, R., Krapfel Jr., R.E. (1989), "Physical Distribution Service: A Fundamental Marketing Concept", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 17 (1), pp. 53–62.
- [19] Mentzer, J.T., Flint, D.J., Hult, T.M. (2001), "Logistics Service Quality As a Segment-Customized Process", *Journal of Marketing*, 65, pp. 82– 104.
- [20] Millen, R., Sohal, A. and Moss, S. (1999), "Quality Management in the Logistics Function: An Empirical Study", *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 16 (2), pp. 166-80.
- [21] Millen, R., Maggard, M. (1997), "The Change in Quality Practices in Logistics: 1995 versus 1991", *Total Quality Management*, 8 (4), pp. 173-9.
- [22] Moroz, M., Polkowski, Z. (2016), "The Last Mile Issue and Urban Logistics: Choosing Parcel Machines in the Context of the Ecological Attitudes of the Y Generation Consumers Purchasing Online", *Transportation Research Procedia*, 16, pp. 378-393.
- [23] Newton, C.J. (2001), "Home Delivery Can Make or Break a B2C", *Supply Chain Management Review*, 5 (1), pp. 21–24.
- [24] Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L. (1988), "SERVQUAL: A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality", *Journal of Retailing*, 64(1), pp.12-40.
- [25] Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L. (1991), "Perceived Service Quality as a Customer-based Performance Measure: An Empirical Examination of Organizational Barriers Using an Extended Service Quality Model", *Human Resources Management*, 30(3), pp. 335-364
- [26] Rabinovich, E., Bailey, J.P. (2004), "Physical Distribution Service Quality in Internet Retailing: Service Pricing, Transaction Attributes, and Firm Attributes", *Journal of Operations Management*, 21, pp. 651–672.
- [27] Shahriari, M., Gheiji, S. (2015), "E-commerce and It Impacts on Global Trend and Market", *International Journal of Research*, 3 (4), pp. 49-55.
- [28] Sohal, A.S., Millen, R., Maggard, M., Moss, S. (1999), "Quality in Logistics: A Comparison of Practices Between Australian and North American/European Firms", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 29 (4), pp. 267-74.
- [29] Tekel, S. (2014), "E-commerce Organizations and Turkey", *European Journal of Research on Education*, 2(Special Issue 6), pp. 25-33.
- [30] Thirumalai, S., Sinha, K. K. (2005), "Customer Satisfaction with Order Fulfillment in Retail Supply Chains: Implications of Product Type in Electronic B2C Transactions", *Journal of Operations Management*, 23(3-4), pp. 291-303.
- [31] TÜBİSAD, Türkiye e-Ticaret Pazar Büyüklüğü -2016 Raporu, Mayıs, 2017, <http://www.tubisad.org.tr/Tr/MediaCenter/Sayfalar/tubisad-e-ticaret16-bb.aspx>. Erişim Tarihi: 15.01.2018.
- [32] TÜSİAD, Dijitalleşen Dünyada Ekonominin İtici Gücü: E-Ticaret Raporu, Nisan 2017, Yayın No: TÜSİAD-T/2017, 04-587, <http://www.eticaretraporu.org/wp-content/uploads/2017/04/TUSIAD-E-Ticaret-Raporu-2017.pdf>. Erişim Tarihi: 28 Ocak 2018.
- [33] Uzel, Ezgi ve Tuna Okan. (2014), "The Effects of Logistics Service Quality on Past Purchase Behavioral Intention in Online Shopping", *Journal of Management, Marketing and Logistics*, Vol.1, Issue 3, pp. 241-258.
- [34] Vazquez Casielles, R., Iglesias Arguelles, V., Diaz Martin, A.M. and del Rio Lanza, A.B. (2002), "Calidad y satisfacción en mercados industriales: influencia de las relaciones entre proveedor y comprador", *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 11 (2), pp. 23-48.
- [35] Wager E, Middleton P. (2003), "Technical editing of research reports in biomedical journals", *Cochrane Methodology Review*, In: *The Cochran Library*, Issue 1.
- [36] Yazıcıoğlu, Y., Erdoğan, S. (2004), *Spss Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- [37] Zeithaml, V.A., Berry, L.L. (1993), "The "Nature and Determinants of Customer Expectations of Service", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 21 (1), pp.1–12.

E-TİCARET’TE ALTERNATİF TESLİMAT YÖNTEMLERİ; DÜNYA’DAN ÖRNEKLER

Burak Küçük¹, Sinan Apak², Fulya Taşel³

¹ Yrd. Doç. Dr., Maltepe Üniversitesi, İYBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü (Tr), İstanbul,
burakkucuk@maltepe.edu.tr

² Doç. Dr., Maltepe Üniversitesi, Mühendislik ve D.B.F, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul,
sinanapak@maltepe.edu.tr

³Yrd. Doç. Dr., Maltepe Üniversitesi, İYBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü (İng), İstanbul,
fulyataasel@maltepe.edu.tr

ÖZET

Teknoloji alanında yaşanan gelişmelere paralel olarak elektronik ticarete de gelişmeler yaşanmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler ile birlikte her geçen gün e-ticaretin geleneksel ticaretin içerisindeki payı da artmaktadır. Teknolojik gelişmeler neticesinde kullanılmakta olunan akıllı cihazlar ile de e-ticaretin içerisinde mobil ticaretin de payı artmaktadır. E-ticaret yapan firmalar, mobil uygulamalar ve sanal mağazalar üzerinden gerçekleştirdikleri alım-satım işlemleri ile cirolarını arttırmaktadırlar. Satış hacminin arttığı ve her geçen günde artış göstereceği bu platformda rekabet te üst düzeyde yaşanmaktadır. Bu rekabet sadece ulusal düzeyde değil uluslararası düzeyde de yaşanmaktadır. Rekabete uyum sağlamak sadece yapılacak olan ürün ve satış kampanyalarıyla ve ya kullanılan arayüz ve mobil uygulamalarla yeterli olmayacaktır. Ürünlerin müşterilere teslim edilme şekli ve süreleri de önem kazanmaktadır. Ürün teslimatında müşteri memnuniyeti sağlamakla birlikte aynı zamanda da lojistik maliyetlerinin düşürücü etkisinin de bulunması gerekmektedir. Bu bildiri ile özellikle e-ticaret bünyesinde gerçekleştirilen satışlara bağlı olarak geleneksel ticaret ile aynı lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilemeyeceği, parça başına ürün teslimatına yönelik alternatif yöntemlerin geliştirilmesinin gerektiği ve Dünya çapında hizmet vermekte olan firmalardan örnek uygulamalar gösterilmektedir. Gösterilecek örnek uygulamaların Türk Lojistik sektöründe uygulanabilirliği hakkında da çeşitli önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Taşıt Kullanımı, E-ticaret, Lojistik Bilişim Sistemleri

ALTERNATIVE DELIVERY METHODS ON E-TRADE; EXAMPLES FROM THE WORLD

ABSTRACT

Parallel to the developments in the field of technology, electronic commerce also develops. Along with these developments, the share of e-commerce in traditional trade is increasing day by day. The share of mobile commerce is increasing in e-commerce with smart devices being used in the result of technological developments. E-commerce firms are increasing their purchases and sales through mobile applications and virtual stores. Competition is at a high level in this platform where sales volume is increasing and will increase every passing day. This competition is not only at the national level but also at the international level. Reconciliation will not be enough with only the products and sales campaigns to be done and the interface and mobile applications used. The manner in which products are delivered to customers and their duration are also important. In addition to providing customer satisfaction in product delivery, it is also necessary to reduce the cost of logistics. This paper demonstrates how to develop alternative methods for delivering products per piece, which cannot be accomplished with the same logistics activities as traditional trade, especially in relation to the sales realized in e-commerce, and demonstrates exemplary applications from companies operating around the world. Various proposals will be made about the applicability of the sample applications to be shown in the Turkish Logistics sector.

Keywords: Alternative Vehicle Use, E-commerce, Logistics Information Systems

1. GİRİŞ

1950'lerden sonra ekonomik üretim süreci, tarımsal ve endüstriyel üretimi dönüştürerek yenilikçi bir yaklaşımla yerini bilgi, iletişim ve yüksek dijital teknoloji araçlarına bırakmıştır. 1980'lerden itibaren internet kullanımının artmasıyla birlikte "bilgi teknolojisi-yeni ekonomi" kavramları yaygınlaşmış, dünya dijitalleşme sürecine girmiş ve elektronik ticaret (e-ticaret) kavramı ekonomik faaliyetlerde kendini göstermeye başlamıştır. Böylelikle, iç pazarlarda ürün ve hizmetlerini nihai kullanıcıya pazarlamada sıkıntı çeken işletmeler, boyutlarının küçüklüğüne ve müşterilerinin uzaklığına bakmadan artık dünyanın her yerine ürün ve hizmet satabilir hale gelmiştir. E-ticaret iş modelinin hızla yaygınlaştığı bilgi çağı ekonomisinde geleneksel ticaret dijital yönlü bir dönüşüm gerçekleştirerek sınır ötesi ticari faaliyetlerde farklı iş modellerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Bu değişim ister istemez teslimat yöntemlerinin de zaman içerisinde değişimine neden olacaktır. Bu değişimin farkına varan firmalar pazardaki paydan yer alırken, değişimin farkına varamayan ve ayak uyduramaya firmalar ise zamanla sektördeki rekabet gücünü kaybederek piyasadan çekileceklerdir. Günümüzden başlayarak geleceğe, yani çağa göre gelişen ve değişen teknolojinin takibi lojistik sektöründe hizmet veren firmalar açısından önemli hale gelmektedir. Bu kapsamda gelişen teknolojilerin örneklerini ve üzerinde çalışılan projeleri incelemek önemli katkı sağlayacaktır.

2. E-TİCARET

Yirminci yüzyılın sonlarında başlayan bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ekonomik hayat başta olmak üzere sosyal, politik ve sağlık alanlarında kendini göstermektedir. Üretim ve tüketimin daha hareketli, daha dinamik ve çokuluslu bir yapıya dönüştüğü yeni küresel ekonomi sürecinde dünya, hızlandırıcı etkisi kabul edilen internet sayesinde uluslararası, sınırsız, zamansız ve elle tutulmaz bir pazaryeri özelliği kazanmıştır (Çavdar, 2011). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ve ekonomilerin birbirleriyle giderek daha fazla bütünleşmesi, günümüz tüketicilerinin istek ve ihtiyaçlarını daha fazla artırmakta ve farklılaştırmaktadır. Bu teknolojilerin getirdiği geniş bilgi ağları sayesinde, günümüzde dünyanın bir ucundan diğer ucuna sipariş verilebilmekte ve ihtiyaçlar tatmin edici bir hızla karşılanabilmektedir. İnternetin yaygın olarak kullanılması işletmecilik fonksiyonlarını etkilemektedir. Bu durum işletmecilikte yeni kavramları ortaya çıkarmaktadır (Zengin ve Güngördü, 2013).

1990'lı yıllardan itibaren internetin iş süreçlerinde kullanılmasıyla birlikte, geleneksel ticaret faaliyetlerine elektronik ortamda yapılan ticaret faaliyetleri eklenmiş ve günümüzde her kesimin yaygın olarak kullandığı e-ticaret kavramı ortaya çıkmıştır (Türk, 2003). Günümüzde sadece üretici veya perakendeci ile tüketici arasında değil, tedarik zinciri boyunca gerek portallar üzerinden gerekse de sanal mağazalar üzerinden e-ticaret gerçekleştirilmektedir.

2.1. e-Ticaret Tanımı

İnternetin hayatımıza girmesiyle birlikte yaşamdaki birçok geleneksel alışkanlıklarımız da değişmeye başladı. İnternetin ilk zamanlar haberleşme ve iletişim için kullanılmasından yıllar sonra günümüzde, fatura yatırma, kira ödeme gibi bankacılık işlemlerinin yapılabildiği Dünya'nın birçok yerinden beğendiğimiz ürünü sipariş edebileceğimiz mobil telefonlar sayesinde her an her saniye tüm gelişmeleri yakından takip edebileceğimiz bir yapı haline gelmiştir. 1990'lı yıllardan itibaren internet üzerinden gerçekleştirilen ticari faaliyetlerin yoğunlaşmasıyla birlikte e-ticaret, internetin birinci dereceden kullanım amacı haline gelmiştir.

Ulusal düzeyde ve uluslararası düzeyde çeşitli kurumlara ait e-ticaret tanımları bulunmaktadır. Kavramsal olarak mal veya hizmetin alınıp satılması olarak açıklanan ticaret kavramı elektronik ortama taşındığı zaman "elektronik ticaret" olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak e-ticaret'in tanımını; şahısların ve işletmelerin internet aracılığıyla bilgi, ürün, mal ve hizmet alımlarını gerçekleştirdiği elektronik ortam olarak tanımlamamız mümkündür. "E - ticaret direkt olarak fiziki bir bağlantıda bulunmaya veya fiziki takas işleminde gerek duyulmadan, tarafların elektronik şekilde iletişimde buldukları her çeşit ticari özellikteki iş faaliyeti" olarak ifade edilebilir (URL 1).

e-Ticaret, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde büyümenin itici ekonomik gücü olma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Elektronik ticaret altyapılarını teşkil eden bilgi teknolojileri donanımları, yazılımları, haberleşme sistemleri ve internet, küçük ve orta büyüklükte işletmeleri dünya çapında bir pazarlama ve satış ağına parçası haline getiriyor ve onlara kendi milli sınırları dışında büyüme imkanları sunuyor (Küçük, 2017).

İnternetin hızla yaygınlaşması, elektronik ticareti ticari işlemlerin yürütülmesinde yeni ve çok etkin bir araç haline getirmiştir. Elektronik ticaret, tüm dünyada ticaretin serbestleştirilmesi eğilimi ile birlikte, son yıllarda yaşanan bilgi iletişimini kolaylaştıran teknolojik gelişmelerin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır (Küçük, 2017).

2.2. e-Ticaret'teki Gelişmeler

Yaşanan teknolojik gelişmeler ve internetin yaygın olarak kullanımı, geleneksel ticaret anlayışını da değiştirmektedir. Bu kapsamda, internetin ticari faaliyetlerde kullanılması e-ticaret kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Ancak bu gelişim durmaksızın devam etmektedir.

Gelişen teknolojiyle birlikte önceden yalnızca evlerde kullanabildiğimiz internet akıllı telefonlarla birlikte artık cep telefonlarımızda da yer almaktadır. Türkiye perakende sektörü, geleneksel ticaretten farklı olarak, internet üzerinden daha düşük maliyet avantajına sahip olmalı nedeniyle daha uygun fiyatlar sunabilmektedirler.

küreselleşen dünyamızda İnternet ile birlikte mobil teknolojilerin birleşmesiyle birlikte yapılmaya başlanan e-ticaret ile firmalar hızlı bir şekilde, çok sayıda insana ulaşılmasını sağlayarak, yeni pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi ile ürünlerini dünyanın her yerine en ekonomik ve en kısa sürede pazarlama imkanı bulunmuştur. Böylece tüketiciler geniş bir ürün yelpazesinden seçme imkanı ile daha ucuza ürün temin edebilmekte ve ödemelerini yapabilmektedir. Almış oldukları hizmet veya ürün kendilerine ulaştırılmakta ve nakliye ücretinden etkilenmemektedir. Mobil iletişim teknolojisindeki gelişmeler, mobil araçları güvenli ticaret yapma ve ödeme araçları haline getirmiştir. Böylelikle internet ve mobil teknolojinin beraber gelişmesi yeni bir ticari kavramı, mobil ticareti doğurmuştur (Küçük, 2017).

Günümüzde artık bilişim ve ağ teknolojilerini sadece ürün ve hizmetlerinde kullanan işletmeleri değil; iş modellerinde, süreçlerinde ve yönetim yaklaşımlarında kullanan işletmeleri rekabetçi olarak ön plana çıkarmaktadır. İnternetin de yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte ağ tabanlı yeni iş modelleri ortaya çıkmaktadır. Ancak küresel rekabetçi yaklaşım, yalnız sanal işletmelerin değil geleneksel mecrada iş yapan işletmelerin de ağ tabanlı iş modeli uygulamaları kullanmasını gerektirmektedir (Özmen, 2013).

Her geçen gün internet kullanımının yaygınlaşması, teknolojik altyapı, ödeme ve lojistik sistemlerinde yaşanan olumlu gelişmeler e-ticaretinde gelişmesini sağlamaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde özellikle internet teknolojilerinin yaygın kullanımı, güvenli ve geliştirilmiş ödeme sistemlerinin online ve mobil satışlar üzerindeki pozitif etkisi, teknolojiyle iç içe yaşayan yeni nesil nüfusunun çoğalması ve satın alma gücünün artması, e-ticaret faaliyetlerinin gelecekte günümüzden daha yaygın olarak kullanılacağını açıkça göstermektedir.

Dünya'daki e-ticaretin durumuyla ilgili olarak E-Commerce Europe'un (2014, 2015a, 2015b, 2015d, 2015e, 2016a, 2016b, 2016c) raporları dikkate alındığında ABD, Asya-Pasifik, Avrupa ve Latin Amerika bölgelerinin e-ticaretin gelişimine açık olduğu özellikle ABD, Çin ve İngiltere'nin çekicilik oranının en yüksek olduğu ancak Avustralya'nın çekicilik oranının en düşük ülke olduğu ifade edilmektedir (Özbek, 2017).

3. TESLİMAT YÖNTEMLERİ

İnternet üzerinden verilen online siparişlerin müşteriye ulaştırılmasında ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasında lojistik hizmet maliyetleri, lojistik hizmetin hızı ve türü etkili olmaktadır. İşletme süreçleri içerisinde, temelde pazar yapısına uygun lojistik hizmet yapısının kurulması gerekmektedir. Çünkü pazarla uyumlu çalışan bir lojistik hizmet yapısı, e-ticaret süreçlerinin etkin ve verimli şekilde çalışmasını sağlayarak, zaman ve maliyet avantajı oluşturmaktadır. Bu avantaj ise işletmelerin karlılığına ve faaliyetlerinin sürdürülebilirliğine katkı sunmaktadır. Aksi bir durum olarak, lojistik hizmet süreçlerinde meydana gelen aksamalar (pazara uyumsuz lojistik hizmet yapısı, teslimat sürelerindeki gecikmeler vb.), ekstra maliyetlere sebep olarak müşteri memnuniyetini negatif yönde etkileyen sonuçlar doğurmaktadır. Bu sebeple işletmelerin internet teknolojilerine yatırım yaparken dağıtım ve teslimat süreçlerindeki sorunları göz ardı etmemesi gerekmektedir. Çünkü zamanında teslim edilmeyen bir ürünün müşteride memnuniyetsizlik oluşturması ve işletme imajının olumsuz yönde etkilenmesi muhtemel bir durumdur. Bu amaçla işletmelerin, lojistik hizmet sürecini pazarla uyumlu hale getirmesine ve iyi şekilde organize etmesine özen göstermesi önemlidir (Lawrence Ve Tar, 2010).

Düşük lojistik maliyetler, özellikle B2C e-ticaretine katkı sunmaktadır. Bazı işletmeler online siparişlerin teslimini, direkt olarak müşteri adreslerine gönderim ya da mağazadan alım şeklinde gerçekleştirmektedir. Mağazadan müşteriye teslim edilme sistemi, kredi kartı kullanımının düşük olduğu ve eve teslimatın bölgesel şartlar sebebiyle yetersiz olduğu ülkelerde daha yaygın olmaktadır. Bazı işletmeler ise herhangi bir fiziksel mağazaya sahip olmayıp sadece online mağazacılık hizmeti vermektedir. Bu işletmeler ürün fiyatlarını, fiziksel mağazası olan işletmelere göre daha düşük tutarak müşteri talebi yaratmayı amaçlamaktadır (İgeme, 2009).

Dağıtım kanalında, malların üreticilerden tüketicilere doğru akışını sağlamak için çeşitli eylemler yapılmaktadır. Yapılan bu eylemlerden bir tanesi de fiziksel dağıtım, teslimat üzerinedir. Fiziksel dağıtım; dağıtım kanalında malların fiziksel hareketini sağlamak üzere taşıma, depolama ve stok kontrol eylemlerinin birleşimidir. Fiziksel dağıtım işleri kolaylaştırıcı eylemler arasında sayılmakta olup önemi ve özelliği itibarıyla fiziksel akışı sağlayan en önemli süreçtir.

Malların fiziksel olarak taşınması ve depolanması faaliyetleri ile üreticiden başlayarak tüketicilere doğru akışı gerçekleşmektedir. Bu akışın gerçekleştirilmesi sırasındaki lojistik faaliyetlerin etkin ve verimli bir şekilde yapılabilmesi önemlidir. Hizmet sağlayıcıları açısından da dağıtım faaliyetlerin hızlı, güvenilir ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu unsurlar dikkate alındığında teslimat türünün belirlenmesi ve belirlenen türe göre araç seçilmesi de önem kazanmaktadır.

Ürün teslimatı hammaddelerin tedarik kaynaklarından üreticiye ve bitmiş malların üreticiden tüketiciye doğru akışını kapsamaktadır. Herhangi bir noktada üretilmiş bulunan bir mamul, tüketilmediği müddetçe hiçbir değer ifade etmez. Ona asıl değeri yükleyen, onu oradan alıp tüketileceği yere götüren taşıma işlemidir. E-Ticaretteki gelişmeler ürün teslimat yöntemlerinde de değişimlerin oluşmasına neden olmaktadır ve olmaya da devam edecektir. Yüksek hacimli ürün teslimatından adet bazlı ürün teslimatlarına doğru değişim olmaktadır. Bu değişim şehir içi ürün teslimatında da gelişmelerin olmasını sağlamıştır.

Kentleşme ve kentsel dönüşüm ile yaşam tarzlarındaki değişimin etkileri ile lojistik ihtiyaçlarda da değişiklikler yaşanmaktadır. Kentsel Lojistik olarak ifade edilen ve son zamanlarda üzerinde önemle durulan bir konu haline gelmiştir. Ülke ekonomileri ve sürdürülebilir kalkınma için kentler daha yaşanabilir alanların olması gerekmektedir. Kentsel Lojistik, farklı şirketler tarafından yürütülen lojistik ve taşımacılık eylemlerinin; kentsel alanlarda, trafik koşulları ve çevresel etkiler ile birlikte enerji tüketimi de göz önüne alınarak, pazar ekonomisi bütünlüğü içinde eniyilenmesi çalışmalarıdır.

4. E-TİCARET'TE ALTERNATİF TESLİMAT YÖNTEMLERİ

Lojistik sektöründe hem ulusal sınırlar içerisinde hem de küresel çapta yaşanan yoğun rekabet yeni teknolojilerin kullanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Lojistik sektöründe hizmet vermekte olan firmalar müşteri memnuniyetini artırabilmek için yeni çözüm arayışları içerisine girmekle birlikte ürün güvenliğinden taviz vermeden maliyetleri düşürüp hızlarını da artırma çabasındadır.

Dünya'da ve Türkiye'de ürün teslimatında hizmet vermekte olan firmalar kendi Ar-Ge departmanlarını oluşturup önemli derecede kaynak aktarımı yaparak teknolojiye ne kadar önem verdiklerini göstermektedirler. Teknoparklardan da faydalanmakta olan firmalar birçok inovatif projelere de imza atmaktadırlar. Türkiye'de yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak yazılım geliştirme ve süreç iyileştirmeye yönelik gerçekleştirilmektedir. Yapılan bu iyileştirmeler ile ürün teslimatında hızın artmasına ve hata oranının azalmasını sağlamaktadır.

E-Ticaret'te ürün teslimatının ağırlıklı olarak kent içi dağıtımıyla gerçekleşmektedir. Kentsel lojistikte ağırlıklı olarak tercih edilen karayolu taşımacılığında en yüksek maliyet unsurlarından biri olan yakıt maliyetlerini düşürmek üzere de teknolojik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar mevcut içten yanmalı motorların hem güç artırımını sağlanması, hem yakıt tüketiminin düşürülmesi hem de karbon salınımının azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalardır. Tükenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan içten yanmalı motorların yerine elektrikli motorların zaman içerisinde kullanılmaya başlanacağı kaçınılmaz bir gelişme olacaktır. Günümüzde elektrikli taşıtlar için önemli bir handikap olan menzil sorunu ilerleyen yıllarda batarya kapasitelerinin artırılmasıyla birlikte çözüme kavuşacaktır. Elektrikli araçların kullanılabilirliği daha da artacak olmasıyla birlikte geleceğin araç teknolojisi olarak düşünülen kendi kendine gidebilen otonom araçlar ile lojistik sektöründe taşımacılık farklı boyutlara ulaşacaktır. Ticari araçların yanı sıra robotik araçlar ve tek tekerlekli taşıtlarla da insansız olarak teslimatların yapılmasına imkan verecek olmakla birlikte bu yönde test çalışmaları günümüzde sürdürülmektedir.

Taşımacılık modları arasında en yüksek maliyetli olan havayolu taşımacılığında da maliyetleri düşürmeye yönelik çalışmalar da yürütülmektedir. Müşterilerine daha düşük maliyetle daha hızlı hizmet sunabilmek için yoğun çalışmalar yürüten firmalar havayolu taşımacılığı ile entegre faaliyetler organize etmeye çalışmaktadırlar. Ancak bu firmaların maliyetlerini düşürülebilmesi için alternatif hava araçlarını veya teknolojilerini de düşünmeleri gerekmektedir. İnsansız hava araçlarının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte lojistik sektörüne yönelik adaptasyon çalışmaları da hız kazandı. Özellikle multikopterlerin lojistik sektöründe taşımacılığa daha uygun olması üzerine dünya genelinde birçok lojistik firması bu konuda Ar-Ge çalışmalarına başlamıştır. Özellikle küresel anlamda örnek teşkil edebilecek çalışmalara imza atan UPS, DHL ve Amazon gibi firmalar teknolojik gelişmelere öncülük etmektedir. Karayolu taşımacılığına entegre olarak da yürütülen bu çalışmalar daha henüz test aşamasında olsa da yasal yükümlülükler yerine getirildikten sonra önümüzdeki yıllarda çok daha aktif olarak kullanılmaya başlanacaktır. Taşıma kapasitesine göre dronlarla veya daha çok pervaneli hava araçları ile GPS konumlandırma ile teslimatlar gerçekleştirilmektedir. Multikopterlerin taşıma kapasitesinin artırılması için yapılan Ar-Ge çalışmaları kapsamında Zeplinlerle de test çalışmaları yapılmıştır. Zeplin Drone olarak ifade edilen bu araçların havada stabil kalabilmesi ve daha ağır yükleri taşıyabilme kapasitesinin bulunması avantaj sağlamaktadır, dezavantajı ise multikopterlere göre daha yavaş olmasıdır. Güneş enerjisiyle de çalışan zeplin dronlar özellikle tarım lojistiğinde kullanılması daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Çeşitli endüstrilerde kullanımı yaygınlaşmasına rağmen, elektronik ticarete ürün teslimatı için kullanım örnekleri hala erken aşamadır. Bu nedenle aşağıda gösterilen kullanım örnekleri vizyon sahibi olarak görülmelidir ve ilham vermek amacıyla tartışmaya sunulmuştur. Bazı ürünlerin prototipi oluşturulmuş, bazı ürünlerin de deneme çalışmaları devam etmektedir. Bu ürün teslimat yöntemlerinin gelecekteki gelişmelerini kesin bir tahmini olarak tasarlanmamıştır.

4.1. Karayolu ile Alternatif Teslimat Yöntemleri

Gelişen teknoloji ile birlikte otonom araçların ilerleyen yıllarda kullanılmaya başlanacağı kaçınılmaz olacaktır. Günümüzde kullanılmakta olan teknoloji ile otonom araçlar arasındaki geçiş süreci de dahil olmak üzere teslimatta çeşitli araçlar kullanılmaktadır. E-Ticaret'te ilerleyen yıllarda daha sıklıkla göreceğimiz ve bugünün teslimat yöntemlerine alternatif olacak teslimat yöntemlerine örnekler aşağıda sunulmuştur;



Şekil 1: Mercedes Vision Van
Kaynak: URL 2

Şekil 1'de gösterilen Mercedes'in geliştirmiş olduğu Vision Van ile taşımacılık süreci depodan başlayarak süreci hızlandıracak şekilde otomasyondan faydalanılmaktadır. Teslimat ise hem görevli personel ile yapılabildiği gibi multikopter ile de yapılabilmektedir.



Şekil 2: Transwheel
Kaynak: URL 3

Şekil 2'de gösterilen insansız araç olarak geliştirilen transwheel, adet bazlı parsiyel yük taşımacılığı yapabileceği gibi çoklu olarak bir araya gelerek konteyner taşımacılığı da yapabilecektir.



Şekil 3: Starship Robot
Kaynak:URL 4

Şekil 3'te gösterilen insansız araç olarak geliştirilen starship, adet bazlı hacmi küçük yükler için parsiyel yük taşımacılığı yapabileceği bir araç olarak tasarlanmıştır. Teslimat konumunun belirtilmesiyle birlikte sensörleri vasıtasıyla hareket edebilmektedir. Çalınmaya karşıda güvenlik tedbirleri alınmış geleceğin yeni nesil insansız teslimat aracıdır.



Şekil 4: Hyperloop
Kaynak: URL 5

Şekil 4'te gösterilen insansız araç olarak geliştirilen Hyperloop yüksek hacimli büyük yükler, konteynerler için geliştirilen ve kanal içerisinde hareket edebilen bir araç olarak tasarlanmıştır.

4.2. Havayolu ile Alternatif Teslimat Yöntemleri

Havayolunda taşımacılığın yüksek maliyetli olmasından dolayı maliyetlerin düşürülebilmesi için alternatif yöntemler araştırılmaktadır. Günümüzde dahil olmak üzere test çalışmaları yapılmakta olan drone veya multikopterlerin ilerleyen yıllar E-Ticaret'te ilerleyen yıllarda daha sıklıkla göreceğimiz ve bugünün teslimat yöntemlerine alternatif olacak havayolu ile teslimat yöntemlerine örnekler aşağıda sunulmuştur;



Şekil 5: Amazon Airship
Kaynak: URL 6

Şekil 5’te gösterilen Amazon Airship, Amazon PrimeAir çalışmalarından biri olmaktadır. Airship multikopterler ile sevkiyat sağlayarak havada uzun süreli kalmasından dolayı hava depo olarak ifade edilebilen bir yapıya sahiptir. Airship’e havada ürün beslemesi de yapılabilecek olmasından dolayı da sevkiyat sürelerinin arttırılacaktır.



Şekil 6: DHL Drone
Kaynak: URL 7

Şekil 6’da gösterilen DHL’in multikopterler ile sevkiyatların test çalışmaları başlamış olup, Lojistik 4.0 ile entegrasyonu ve yasal mevzuat düzenlemeleri ile birlikte ilerleyen yıllarda çok daha fazla karşılaşıcağımız teslimat şeklidir.



Şekil 7: UPS Drone
Kaynak: URL 8

Şekil 7’de gösterilen UPS’in multikopterler ile sevkiyatların test çalışmaları DHL’de olduğu gibi başlamış olup, Lojistik 4.0 ile entegrasyonu ve yasal mevzuat düzenlemeleri ile birlikte ilerleyen yıllarda çok daha fazla karşılaşıcağımız teslimat şeklidir.

4.3. Diğer Alternatif Teslimat Yöntemleri

E-Ticaret bünyesinde yapılan satışlarda satın alınan ürün teslimatıyla gerçekleşmektedir. Ancak eklemeli üretim olarak kabul edilen 3 Boyutlu yazıcıların kullanımı geliştikçe ilerleyen yıllarda satın alınan ürünlerin artık ürün olarak değil, ürün kodunun alınmasıyla elektronik ticaret faaliyetleri gerçekleşecek. Ürün kodunu satın alan müşteri ürünün kendisine gelmesini beklemeden ürünü 3D yazıcı ile kendisi üretmeye başlayacak ve böylece kendisine yazıcı ile teslimatı yapılmış olacak.



Şekil 8: 3D Yazıcı
Kaynak: URL 9

Türkiye’de de kullanılmaya başlanan bu model, teslimat adresinde bulunulmadığı zamanlarda gelen paket/kargonun geri dönmemesi için sabit noktalara teslim edilmesi ve teslim alacak kişinin bu istasyona giderek teslim alması şeklinde uygulanmaktadır. Bu sayede kargonun teslim alacak kişinin, hiçbir insan teması olmadan paketini istediği gün ve saatte teslim alabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 9: Teslimat İstasyonu
Kaynak: URL 10

Şekil 10’da gösterilen DHL’in Packstation uygulaması hem gelen paketin alınmasına hemde paket gönderilmesini sağlayan bir uygulamadır.



Şekil 10: DHL PackStation
Kaynak: URL11

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnternetin küresel olarak kullanılmasının iletişim amacının ötesinde iş süreçlerinde de kullanılması elektronik ticaretin gelişmesine neden oldu. Geleneksel ticaretin içerisindeki payı her geçen gün artan e-Ticaret’in içerisinde de yavaş yavaş mobil ticarete pay almaktadır. Küresel olarak ticaret imkanı bulan firmaların daha çok müşteriye ulaşmasının teslimat yöntemlerinde gelişmesine neden olmaktadır. Müşteri memnuniyetinin artması için zamanında teslimatın, hızlı, güvenilir, düşük maliyetle ve ilk seferinde her şeyi doğru olacak şekilde teslim hizmetinin verilmesi gerekmektedir.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hem donanım olarak hem de yazılımlar ile e-Ticaret'te yaşanan gelişmeler lojistik bilişim sistemlerinin ve kullanılan araçların gelişmesi ile de desteklenmektedir. Karayolu ve Havayolu taşımacılığında yapılan Ar-Ge çalışmalarının sadece araçlarla yetinmeyip start-up'lar ile de desteklenmektedir.

2008 yılındaki krizden sonra gelen yeni nesil girişimcileri destekleme akımının hayatımıza soktuğu startup fırtınası dünyanın dört bir yanında hızlı bir şekilde sürmektedir. Ancak maalesef bu hıza Türkiye'deki firmalar ayak uyduramamaktadır. Hızlı büyüme için tasarlanmış ve buna müsait, teknolojiyi sunan ve kullanan, geniş kitlelere hitap eden ve sunduğu hizmeti kullanıcıya ulaştıran, ihtiyaç gideren, sürekliliğe sahip ve gelişmeyi mümkün kılan girişim fikirlerine Türkiye'de de ihtiyaç duyulmaktadır.

Bildiri de Dünya'dan örneklerin gösterildiği alternatif yöntemlerin bir çoğu için Türkiye'de hizmet vermekte olan firmalar tarafından yatırım yapılması için yeteri kadar önceliklendirilmemektedir. Küresel düzeyde rekabet edebilmek için Türkiye'deki lojistik firmaların AR-GE çalışmaları yaparak, gerekirse de devlet tarafından da verilecek çeşitli desteklerle teknolojik yeniliklere içselleştirmeleri gerekmektedir.

Tedarik zinciri boyunca konsolidasyon ilkesine bağlı olarak teslimatların gerçekleşiyor olmasına rağmen geleneksel ticaretin içerisindeki payı her geçen gün artan e-ticarete bağlı olarak adet bazlı taşımacılığında artış göstereceği unutulmamalı. Bu değişimi önceden fark edemeyen lojistik firmaların ilerleyen süreçte sıkıntı yaşayacağı kaçınılmazdır. Bu çerçevede e-Ticaret'e bağlı olarak alternatif maliyetlerin geliştirilmesi önemli olmakla birlikte, müşteri memnuniyetinin artırılması ile birlikte hizmet kalitesinin yükseltilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi de sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Çavdar, F. (2011). Elektronik Ticaretin Vergilendirilmesinde Yaşanan Sorunlar ve Vergi Denetimine Etkileri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi., Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- [2] İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi. (2009). Yurtdışına E-Ticaret (B2C E-İhracat), İGEME, Ankara.
- [3] KÜÇÜK, B. (2017), Maltepe Üniversitesi "e-Ticaret Ders Notları".
- [4] Lawrence, J.E. ve Tar, U.A. (2010). Barriers to E-Commerce in Developing Countries, Information, Society and Justice Journal, 3(1), s. 23-35.
- [5] Özbek, T. (2017). Türkiye'de E-Ticaret Yapan İşletmelerin Sınır Ötesi Faaliyetlerini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla.
- [6] Özmen, Ş. (2013). Ağ Ekonomisinde Yeni Ticaret Yolu: E-Ticaret, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [7] Türk, M. (2003). Küreselleşme Sürecinde İşletmelerde Bilgi Yönetimi, Türkmen Kitapevi, İstanbul.
- [8] Zengin, B. ve Güngördü, A. (2013). Elektronik Ödeme Sistemlerinin Olası Etkileri Üzerine Bir İnceleme, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(3), s. 129-150.
- [9] URL 1, Stratejik Yönetim, www.stratejikyönetim.com/projealivyucelodev.html, Erişim:09.05.2017
- [10] URL 2, Mercedes Vision Van, <https://www.youtube.com/watch?v=ve63xdzc3hg>, Erişim: 28.01.2018
- [11] URL 3, Transwheel, <https://www.youtube.com/watch?v=qE9kwdBhfRA>, Erişim: 28.01.2018
- [12] URL 4, Starship Robot, <https://www.youtube.com/watch?v=JtxxeWWKSHE>, Erişim: 28.01.2018
- [13] URL 5, Hyperloop, https://www.youtube.com/watch?v=MU4LTv_eNgQ, Erişim: 28.01.2018
- [14] URL 6, Amazon Airship, <https://www.youtube.com/watch?v=7aYHKq3pwfE>, Erişim: 28.01.2018
- [15] URL 7, DHL Drone, <https://www.youtube.com/watch?v=WkYKjAugJ0c>, Erişim: 28.01.2018
- [16] URL 8, UPS Drone, https://www.youtube.com/watch?v=xx9_6OyjJrQ, Erişim: 28.01.2018
- [17] URL 9, 3D Yazıcı, https://www.youtube.com/watch?v=q_7q1vJKOoc, Erişim: 28.01.2018
- [18] URL 10, Teslimat İstasyonu, <http://www.umityildirim.com/e-ticaret-lojistikinin-gelecegi/>, Erişim: 28.01.2018
- [19] URL 11, DHL Packstation, <https://www.dhl.de/de/privatkunden/hilfe-kundenservice/packstation.html>, Erişim: 28.01.2018

LOJİSTİK FAALİYETLERİN MALİYET YÖNETİMİNDE FAALİYET TABANLI MALİYET VE KAYNAK TÜKETİM MUHASEBESİ KULLANIMI

Müslime Sözen¹, Seda Aldemir², Abdullah Nasır Aydın³

¹Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muhasebe ve Denetimi, Bursa, muslimesozen@gmail.com.

²Gazi Osman Paşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muhasebe ve Finansman, Tokat, svc_seda@hotmail.com.

³Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muhasebe ve Denetimi, Bursa, nasiraydin@hotmail.com.

ÖZET

Lojistikte, rekabet gücünü artırmak için uygulanması gereken stratejilerden biri, lojistik faaliyetlerin maliyetlerini en aza indirmektir. İşletmelerin lojistik faaliyetleri sonucu bu maliyetlerin düşürülmeye çalışıldığı, bu yüzden bazı firmaların diğer çabalarının yanı sıra dış kaynak kullanımını hedeflediği görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, lojistik faaliyetinde bulunan firmaların lojistik faaliyetlerini ve bu faaliyetlerin maliyetlerini tespit edebilmek ve lojistikte Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) ve Kaynak Tüketim Muhasebesi (KTM) kullanımı hakkında bilgi vermektir. Bu sebeple çalışmada konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve lojistik yönetim ele alınmıştır. Lojistik faaliyetler ele alınarak, lojistik faaliyetlerden kaynaklanan lojistik maliyetlerin karşılaştırmalı maliyet uygulaması ile optimal olarak nasıl yönetileceği ortaya konmaya çalışılmıştır. Uygulamada lojistik faaliyetler tanımlanmıştır ve FTM ve KTM yöntemleri açıklanmıştır. FTM ve KTM yöntemlerini uygulayan lojistik firmalarının, maliyetleri ve maliyetleri nasıl daha iyi yönetebilecekleri ve en uygun maliyet sistemine nasıl ulaşacakları konusunda daha doğru bilgilere sahip olduklarını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Lojistik yönetimi, Lojistik maliyetler, Faaliyet tabanlı maliyet, Kaynak tüketim muhasebesi.

ACTIVITY-BASED COST AND SOURCE CONSUMPTION ACCOUNTING USE IN COST MANAGEMENT OF LOGISTICS ACTIVITIES

ABSTRACT

In logistics, one of the strategies that must be applied to increase competitive power is to minimize the costs of logistics activities. Result of businesses logistics activities, these costs are being tried to be reduced it seems that some companies are aiming for outsourcing as well as other efforts. The purpose of this study is to be able to identify the logistics activities of firms engaged in logistics and the costs of these activities and to provide information on the use of Activity Based Costing (FTM) and Resource Consumption Accounting (KTM) in logistics. For this reason, in the study, the related literature has been searched and the logistic management has been handling. By handling logistics activities, it has been tried to put forward how to optimally manage the logistics costs arising from logistics activities with a comparative cost application. In practice, logistics activities are defined and FTM and KTM methods are explained. It demonstrate that logistics firms implementing FTM and KTM methods have more accurate information on how to better manage costs and costs and how to reach the most appropriate cost system.

Keyword: Logistics management, Logistics costs, Activity based costing, Resource consumption accounting.

1. GİRİŞ

Küresel ekonomide, gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin tamamının uyguladığı ve entegre olduğu lojistik sektörü, Türkiye’de 1980-1990 yılları arasında gelişme göstererek kara, hava, deniz, demiryolu ve kombine taşımacılık olarak otaya çıkmıştır. Bu sektör 1990 yılından sonra gelişimini hızlandırmış ve küreselleşme ile beraber dünya standartlarına paralel olarak hizmet sunmaya devam etmektedir.

Türkiye’de lojistik sektörünün 2000’li yıllara doğru öneminin artmasının nedeni jeopolitik konum olarak Orta Doğu, Türk Cumhuriyetleri ve Avrupa arasında bir köprü niteliği taşıması ve bu nedenle lojistik üstü olma olasılığıdır. Lojistik üs niteli taşıyan ülkemiz diğer ülkeler arasında avantajlı duruma sahiptir. Lojistiğin bir sektör haline gelmesinin bir nedeni de işletme içindeki maliyetlerin önemli bir kısmının lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetlerden oluşmasıdır. Bu maliyetlerin yönetilmesi ve kontrol edilmesi işletmenin performansını etkileyerek, karlılığını ve nakit akışını artırmakta böylece bir nevi küresel rekabette işletmeyi bir adım öne çıkarmaktadır.

Bu çalışma lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetlerin önemine vurgu yaparak maliyetlerin hesaplanmasında kullanılan geleneksel maliyet hesaplamalarının yetersiz olduğunu vurgulamaktadır. Lojistik sektöründe çalışanların veya işletmesinde lojistik departmanında, lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetleri hesaplayan yöneticilerin, yeni maliyet sistemleri kullanarak ürün bilgilerini yönetmekte ve karar almada en iyi sonuca ulaştıkları görülmektedir. FTM ve KTM kullanılarak, ürün birim maliyet işlemleri açıkça anlatılmış, bu yeni maliyet yöntemleri lojistik sektörde kullanılır ise lojistik alanında oluşan maliyetlerin düşürülmesi konusunda farklı bir bakış açısı yakalanacağı ifade edilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Lojistik maliyetler üzerine önceden yapılmış çalışmalar incelendiğinde genelde maliyet muhasebesi, maliyet yöntemleri üzerinden işletme maliyet değerlendirmeleri yapılarak çalışılmıştır. Makale çalışmaları sonucu görülmektedir ki örnek uygulamalarla desteklenen çalışmalar konusunda eksiklik hissedilmektedir. Geçmiş çalışmaları incelediğimizde aşağıdaki çalışmalara ulaşılmıştır.

Merwe ve Keys (2002), makale çalışmasında KTM’nin planlama ve kontrol gücünün FTM ve faaliyet tabanlı bütçeleme ile karşılaştırarak uygulamasını yapmış ve KTM’nin işletme açısından maliyet, planlama ve kontrol süreci boyunca gerçeklik oluşturma potansiyelini tartışmıştır.

Dumanoğlu (2005) makale çalışmasında lojistik faaliyetler sonucu oluşan birçok maliyetin olduğunu ve lojistik faaliyetleri maliyetlendirme yaklaşımlarına değinerek, muhasebe hesaplarını 7/A seçeneğinde ayrı ayrı göstermiştir.

Grasso (2005), makale çalışmasında sıfır stokla yalın odaklı çalışan farklı işletmelerde FTM sürecinin adapte edilemediği ve bunun sonucunda yalın odaklı çalışan işletmelerde Alman Maliyet Muhasebesi (GPK) tabanlı maliyet sistemi olan KTM’nin etkilerini araştırmıştır. Yalın yönetim sistemini, FTM ve KTM’yi inceleyerek, yalın yönetim sisteminin maliyet sistemleri içinde daha kolay uygulanabilirliğini ortaya koymuştur.

Demir (2006) makale çalışmasında lojistik faaliyetler ile işletmenin diğer faaliyetleri arasında bir bağ kurmuş ve işletme maliyetlerini azaltabilmek için en önemli adımın lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan maliyetleri azaltmak olduğunu söylemiştir. Lojistik faaliyetlerin maliyetlerini hesaplamada FTM’ye değinmiş ve maliyetlerin hesaplanmasında FTM’nin kullanılması gerek işletme içi lojistik maliyetlerini hesaplamada, gerekse sadece lojistik işi ile uğraşan firmaların maliyet hesaplamalarında amaca yönelik daha doğru sonuçlar ortaya çıkardığını söylemiştir.

Mackie (2006) makale çalışmasında hastane işletmesini kullanarak GPK ve FTM maliyet modellerinin avantajlarını ele almış ve hastane işletmesinde iki maliyet sistemi birleşimi olan KTM uygulayarak bu maliyet sistemini değerlendirmiştir.

Ceran ve Alagöz (2007) makale çalışmasında lojistik yönetiminde lojistik faaliyetlere ve faaliyetler sonucu oluşan maliyetlere değinmiş bir örnek uygulama ile FTM kullanarak maliyet hesaplaması yapmıştır.

Tse ve Gong (2009) makale çalışmasında, Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (ZDFTM) ve KTM maliyet modellerinin atıl kapasitelerini hesaplamış ve FTM’yi KTM’ye dönüştürerek, FTM’yi ZDFTM’ye dönüştürerek bu maliyet sistemleri arasındaki kaynak dağılımı farkını ortaya koymuştur. ZDFTM ve KTM’nin ortak özelliklerini anlatarak, iki modelde rol alan atıl kaynakların tanımlanması ile maliyet sisteminin gelişeceğini ve işletme yönetiminin ürün maliyetleri açısından daha kesin bilgiye sahip olacağını ifade etmiştir.

Ahmed ve Moosa (2011) makale çalışmasında eğitim kurumları ve üniversiteleri örnek alarak KTM uygulamış ve aynı zamanda, FTM maliyet yönetimi ile KTM maliyet yöntemini incelemiş ve uygulama farklarını ortaya koymuştur.

Perkins ve Stovall (2011) makale çalışmasında, FTM, KTM ve geleneksel yöntemleri karşılaştırmış incelemiş ve KTM yönteminin diğer maliyet yöntemlerine göre daha kullanışlı olduğunu uygulama ile göstermiştir.

Özyapıcı (2012) makale çalışmasında bir sağlık işletmesinde KTM maliyet yöntemini uygulamış ve geleneksel, FTM ve ZSFTM yöntemleri ile karşılaştırarak uygulama ve kavram farklarını ortaya koymuştur.

Cengiz (2012) makale çalışmasında, maliyet sisteminin geçmişten bugüne nasıl geldiği ve olgunlaştığını anlatmıştır. FTM ve ZDFTM'den daha gelişmiş bir maliyet yönetim olan KTM'nin kaynaklara bakış açısını ve KTM'nin maliyet modellemesinde miktara dayalı yaklaşımının önemini ortaya koyarken firmaların KTM gibi ileri bir maliyet sistemi kullanarak ürün maliyeti hakkında kesin ve doğru bilgiye sahip olacağını ifade etmiştir.

Aktaş (2013) makale çalışmasında, maliyet dağıtım aşamalarını anlatmıştır. Kaynak maliyetlerinin dağıtımını hem FTM hem de KTM yöntemini kullanılarak örnek üzerinde uygulamış ve atıl kapasiteye değinmiştir. KTM uygulaması sonucu atıl kapasitenin işletmenin etkinliğini ve verimliliğini arttırdığına ulaşılmıştır.

Kıymetli Şen (2014) makale çalışmasında lojistik faaliyetlerin yönetimini ele alarak faaliyetler sonucu oluşan maliyetlerin, maliyet yaklaşımları ile hesaplanmasını ve ilişkisini incelemiş, maliyet yaklaşımlarını tek tek ele alarak muhasebe hesaplarını göstermiştir. Kayıtlarda 7/A maliyet hesapları yerine 8. No'lu sınıfı göstermiştir.

Okutmuş (2015) makale çalışmasında KTM yaklaşımının tanımı, FTM ve GPK sistemleri karşılaştırılması, özellikleri, faydaları ve işleyişi kavramsal olarak anlatmıştır. KTM yöntemi ile ürün birim maliyetinin atıl kapasite hesabının çıkarılarak yapılmasını ve kesin maliyet oranlarına ulaşılacağına söylemiştir.

Kayıhan ve Tepeli (2016) makale çalışmasında geleneksel maliyet sistemlerini geliştirerek oluşan FTM ve ZDFTM yöntemlerinin ortaya çıktığını ve günümüzde son olarak KTM'nin kullanıldığını söylemiştir. KTM ve FTM'yi karşılaştırarak, KTM'nin öne çıkan maliyet farkını ortaya koymuştur.

Dönmez ve Başçıl (2017) makale çalışmasında, FTM yönteminin uygulanması sonucu oluşan eksiklikleri ve problemleri yok etmek amacıyla yeni maliyet yönetim modeli olan KTM'yi incelenmiştir. KTM'nin ortaya çıkışı, temel özellikleri, dayandığı temel ilkeleri anlatarak mobilya üretim işletmesinde örnek uygulama ile anlatmışlardır.

3. LOJİSTİK KAVRAMI VE LOJİSTİK FAALİYET YÖNETİMİ

Lojistik Yunanca kökenli bir kelimedir. Eski Yunan "Logistikos" kelimesinden günümüze gelen bu kelime ilk olarak Yunan, Roma ve Bizans imparatorluklarında askeri malzeme dağıtımını yapan kişiler için kullanılmıştır. Bazı kitaplara göre Fransızca'da askeri bir kavramdır, bazılarına göre ise Logic ve Statistics kelimelerinin birleşmesi ile oluşan bir terimdir. Bu terime anlam olarak ise hesap kitap yapma bilimi denmiştir (Tanyaş ve Hazır, 2011). Lojistik adından da anlaşılacağı gibi uzun bir süreçtir. Lojistik yer ve zaman faydasını göz önüne alarak süreçteki hız, kalite ve maliyetleri de hesaplamaktadır. Ürünün talep noktasından sunum noktasına kadar olan lojistik faaliyetler ürüne değer katmaktadır. Böylece bir ürünün satış fiyatının doğru olarak belirlenmesinde lojistik faaliyetlere katma değer yaratmakta ve bu faaliyetler sonucu oluşan maliyetlerin önemi artmaktadır (Özdemir, 2007).

3.1. Lojistik Tanımı

Lojistik: Hammadde ve ürün oluşum aşamaları içinde, üretim noktasından tüketim noktasına kadar planlama ve verimi kontrol edebilme, düşük maliyet akışını sağlama ve hammadde, yarı mamul ve mamullerin stoklanması gibi uzun bir süreci müşteri isteklerine göre yürütmektir. (Ballou, 1999). Lojistik kelimesini tanımlarken aslında bir tedarik zinciri süreci olarak tanımlamak mümkündür.

3.2. Lojistik Faaliyet Yönetimi

Lojistik geleneksel finans, pazarlama ve üretim arasında oluşan bir entegre yönetim çalışma alanıdır. Lojistik faaliyetler ilk önce bireylerce sürdürülmüş sonraları dünya üzerinde işletmeler ve pazar mantığının oluşması ile eşgüdümlü bir yönetim olarak lojistik yönetim uygulamalarına dönüşmüştür. Lojistik yönetimi, Tedarik Zinciri Yönetimi Konseyi'nin tanımına göre; müşterilerin gereksinimlerini karşılamak için üretim ve tüketim noktaları arasında mal, hizmet, bilgi vb. gibi oluşumların ileriye ve geriye akışını sağlayarak, bu oluşumların depolanmalarını etkin bir şekilde planlayan tedarik zinciri sürecini kapsamaktadır (Tanyaş ve Hazır, 2011).

3.3. Lojistik Faaliyetleri Sonucu Oluşan Maliyetler

Lojistik faaliyet işlemleri sonrasında oluşan birçok maliyet vardır. Bu maliyetlerin oluşma sebepleri sektörün işleyiş biçimine göre değişim göstermektedir. Lojistik zincirinde taşıma maliyetleri, depolama maliyetleri, işçi ve tecrübeli eleman maliyetleri, sipariş işleme ve haberleşme maliyetleri, stok kontrol maliyetleri, iş geliştirme sonucu yapılan Ar-ge maliyetleri, muayene ve gözetim maliyetleri, sigorta maliyetleri, bilgi akışını artırma ve raporlama maliyetleri ve gümrük ve evrak maliyetleri gibi birçok maliyet türü oluşmaktadır (Dumanoglu, 2005).

a) **Taşıma Maliyetleri:** Lojistik, toplumda taşıma faaliyetleri olarak bilinse de aslında lojistik zincirinin halkalarından biridir taşıma işlemi. Taşıma maliyetleri hammaddenin mamulün yer değiştirmesi sonucu oluşmuştur.

İşletmenin mamulü işlemeye başlamasından nihai ürüne ulaşım ve müşteriye teslimine kadar olan süreçte oluşan maliyetlerdir. Bu maliyetler ürünün boyutuna ve hacmine, taşınan mesafeye ve taşıma türüne (kara, hava, deniz, kombine, gibi) bağlı olarak değişim göstermektedir.

b) Depolama Maliyetleri: işletmenin ürün türüne, yerleşim seçim türüne, depo sayısına, depo içinde meydana gelen ambar faaliyetlerine göre oluşan maliyetlerdir. Aynı zamanda işletmenin hammadde, yarı mamul veya mamulü muhafaza etmesi, maliyetleri zamana göre farklılaştırmaktadır.

c) Sipariş İşleme ve Haberleşme Maliyetleri: iki maliyet yöntemi kendi arasında farklı gibi görünse de aslında ikisi de birbirine bağlı oluşan maliyetlerdir. Sipariş işleme aşamalarında haberleşme kullanılmakta ve iki maliyette eş zamanlı oluşmaktadır. Bu maliyet akışı içerisinde sipariş alınması, siparişin izlenmesi, ürünün zamanında ulaşımı, müşteri isteklerine göre teslimi, müşteri memnuniyeti aşamalarında oluşan iletişim ve bilginin doğru akışı bu maliyetlerin kapsamını oluşturmaktadır (Özdemir, 2007).

d) Stok Kontrol Maliyetleri: stok bulundurma maliyeti işletmede ürün akışı ve ürün türüne göre değişim gösterdiği gibi stokun her an muayene ve gözetim maliyeti de stok kontrol maliyetlerini oluşturmaktadır. İşletmeler arasında sıfır maliyetle çalışan firmalar olsa da günümüzde birçok işletme hammadde ulaşım sorunları, ürün satış sorunları yaşadığı için stok bulundurmaktadır.

e) Sigorta Maliyetleri: Temelde bir risk yönetimi olan lojistik faaliyetler gönderici, alıcı ve taşıyıcı arasında malların güvenliği için sigorta işlemlerine başvurarak yok etmeye çalışılır. Bunun sonucunda işletmede sigorta maliyetleri oluşur. Hatta bu sigorta maliyetleri sadece ürün için geçerli değil araç kaskoları, ferdi kaza sigortaları, çalışan sigortaları, depo-bina sigortaları gibi farklı alanlarda da oluşmaktadır (Erdal ve Saygılı, 2007).

f) Gümrük Maliyetleri: Gümrük maliyetlerinin oluşumu aşamasında ülkeler içinde ve dışarda uygulanması için belirli mevzuatları barındırmaktadır. İşletmeler genelde bu işlemler için gümrük takip elemanı bulundururlar. Gümrük işlemleri ithalat-ihracat, aktarma, transit işlemler, antrepo hizmetleri gibi işletmeyi birçok maliyet getiren işlemlerdir. Bu işlemlerin takibi de deneyimli elemanlar tarafından sağlanmaktadır (Erdal ve Saygılı, 2007).

4. LOJİSTİK FAALİYETLER SONUCU MALİYETLER VE FAALİYET TABANLI MALİYETLEME

Lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetler FTM uygulanarak ölçülebilmektedir. Bu faaliyetlerin oluşumunda takibi zor olmakta ve lojistik yönetimi maliyetleri takip aşamasında zorlanmaktadır. FTM ürünün kaynak tüketim aşamasında tüm lojistik girdi zincirine adapte edilerek gereksiz maliyetleri dışarda bırakarak ürünlere maliyet dağılımını hesaplayacaktır. Geleneksel maliyet hesapları arasında en kesin sonucu veren maliyet hesaplama yöntemidir. Lojistik sektöründe bu yöntemi çalıştırabilmek için faaliyetler tanımlanmalıdır. Bu faaliyetlerin tam zamanlı yarı zamanlı çalıştığı bilinmelidir (Demir, 2006). Maliyetleri maliyet taşıyıcıları bazında takip ederek, toplan maliyet perspektifi oluşturup maliyet sonuçları analiz edilmelidir (Ceran ve Alagöz, 2007). FTM işletmenin maliyet performansını ölçmeye yönelik bir maliyet yönetimidir. Lojistiğini yönetmeye çalışan işletmeler lojistik süreçlerinin genel giderlerini kontrol edememekte ve maliyetleri doğru hesaplayamamaktadır. Bunun sonucu müşterilerine kesin net fiyatlar verememektedir. Bu müşteri kayıplarına yol açmaktadır. FTM yöntemi işletme karlılığını gözeterek lojistik maliyetler, işletme performansı ve müşteriler arasında oluşan bu kritik zinciri açık bir şekilde ortaya koymaktadır (Kıymetli Şen, 2014).

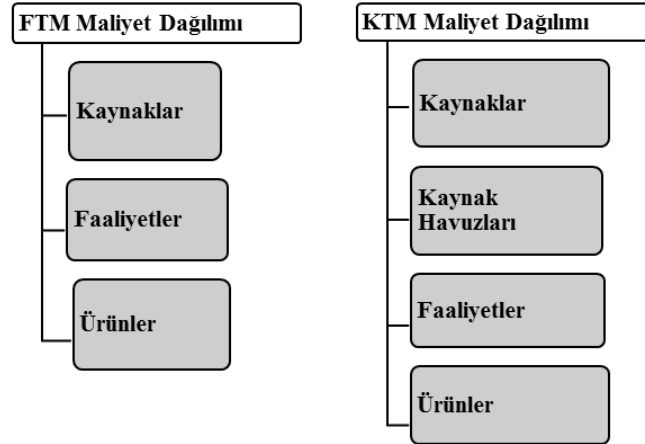
5. LOJİSTİK FAALİYETLER SONUCU MALİYETLER VE KAYNAK TÜKETİM MUHASEBESİ

Lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyet hesaplamalarında yerli literatürde, KTM yöntemi ile alakalı önceden yapılmış ufak çalışmalar olsa da geniş kapsamlı bir çalışma ve uygulamaya rastlanmamaktadır. Fakat KTM yöntemi uygulanan çalışmalarda faaliyet etkenleri olarak probleme dahil edilmiştir. KTM dar anlam olarak yeni maliyet muhasebesi yöntemlerinden ve ürünün birim maliyetini hesaplamada doğru ve kesin sonuçlar veren bir yöntemdir. Geniş anlamda KTM; Alman maliyet sistemi olarak da bilinen GPK tabanlı, FTM'nin geliştirilmiş bir modeli, işletmenin ürüne yüklenmesi gereken kaynak maliyetini doğru hesaplayan, ürün maliyeti içinden ürüne kullanılmayan atıl (boş) kapasiteyi dışarda bırakan ve işletme yönetimin ürün üzerinde karar almasında önemli rol oynayan bir maliyet yönetim sistemidir. Daha yeni kullanılmaya başlasa da karmaşık olarak bilinen ve görünen ama basit bir işleyiş ve uygulama sistemine sahip olan bir yöntemdir. Lojistik sektörünün günümüzde çok önemli bir yere sahip olması hatta lojistik işi ile uğraşan büyük firmalar bulunması lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetlerin hesaplanması konusunu gündeme getirmiştir. Farklı maliyet yöntemleri kullanılarak hesaplanan bu maliyetler her zaman işletmenin yönetimine büyük bilgiler sağlayan bir raporu niteliğinde oluşturulmuştur. Maliyet hesaplamalarının lojistik sektöründe büyük önemi vardır bu amaçla yeni maliyet yöntemlerinden olan KTM yönteminin lojistik sektöründe kullanılması önerilmektedir.

6. ÖRNEK UYGULAMA

Uygulama bölümünde ilk olarak FTM örneğiyle başlayarak sonra KTM örneği yapılacaktır. Tek bir problem üzerinden her iki örnek uygulamanın kurulumu yapılacak ve sonuçlarına ulaşılabacaktır. Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda oluşan maliyet farkları ortaya konularak karşılaştırma yapılacaktır.

İşletmemiz bir lojistik işletmesidir. İşletmemiz tek ürün üzerinden lojistik faaliyetlerini yürütmektedir. TON A.Ş. lojistik işletmesi yurt dışı kara taşımacılığı yapmakta olan bir işletmedir. Bu işletme yurt dışından ülke içine petrol taşımacılığı yapmaktadır. Lojistik faaliyetleri süresince taşıma ve sevkiyat, depolama ve stok kontrol, sigorta ve gümrük faaliyetleri bulunmaktadır. TON A.Ş. işletmesinin faaliyetlerinin sonucu oluşan lojistik maliyetlerinin FTM ve KTM maliyet dağılımları kısaca Şekil 1.'de gösterilmektedir.

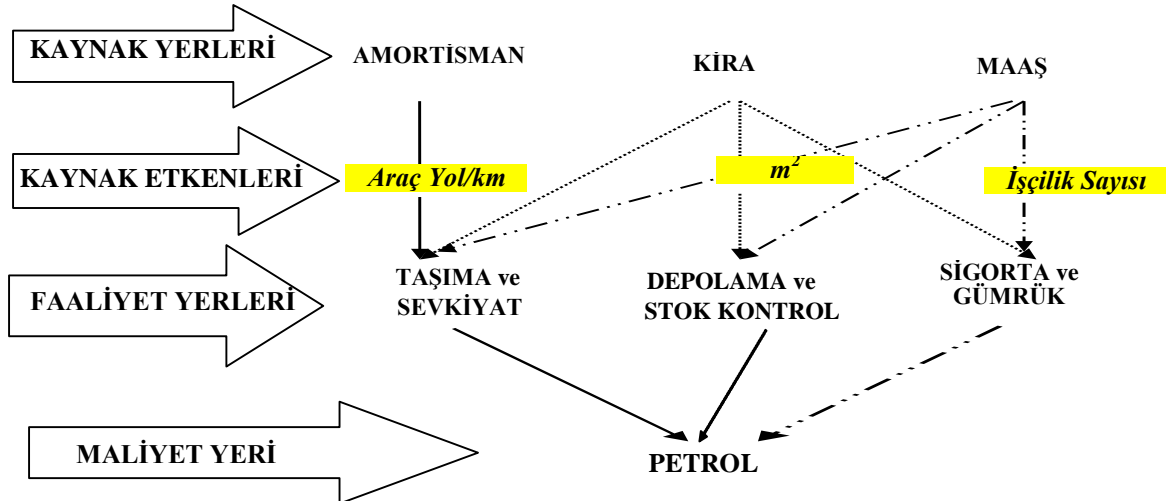


Şekil 1: FTM ve KTM Maliyet Dağılımı Ayrımı

Kaynak: Wegmann, 2009.

6.1. FTM Uygulaması

FTM yöntemi ile işletmenin ilk olarak lojistik faaliyetlerinin gerçekleşmesi ile birlikte kaynak yerleri belirlenir, kaynak yerleri belirlendikten sonra bu kaynaklar faaliyet yerlerine belirli ölçüler kullanılarak dağıtımı yapılır. Faaliyet yerlerindeki dağıtım yapılırken kullanılan ölçüler kaynak etkenleridir. Son aşamada faaliyet yerlerine aktarılan maliyetler ölçüleri dahilinde maliyet yerlerine (ürüne) dağıtır.



Şekil 2: TON A.Ş.'nin FTM İşleyişi

TON A.Ş. işletmesinin 2017 yılı itibariyle Ocak ayı lojistik faaliyetleri Şekil 2.'de görüldüğü gibi gerçekleşmiştir. Faaliyet sonucu oluşan maliyetler FTM kullanılarak ilk önce kaynak yerlerine sonra faaliyet yerlerine ve en son maliyet yerlerine dağıtım yapılarak ürüne maliyetlerin aktarımı gerçekleşmiştir. İlk aşamada Tablo 1.'de görüldüğü gibi kaynak yerleri belirlenmiş, kaynak etkenleri atanmış ve kaynak maliyetleri oluşturulmuştur.

Dönemde lojistik faaliyetleri sonucu maaşlar işçi sayısına göre belirlenerek 50.000.000 TL, kira giderleri m² üzerinden 60.000.000 TL ve amortismanlar araçların eskime payları göz önüne alınarak yol/km üzerinden hesaplanmış ve 15.000.000 TL olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1: Kaynak Yerleri, Kanak Etkenleri Ve Kaynak Maliyetleri

KAYNAK YERLERİ	KAYNAK ETKENLERİ	KAYNAK MALİYETLERİ
Maaş	İşçi Sayısı	50.000.000,00
Kira	m ²	60.000.000,00
Amortisman	Araç yol/ km	15.000.000,00
TOPLAM		125.000.000,00

Tablo 2.'de kaynak etkenlerinin tüketim oranları birim başına gösterilmektedir. Kaynak etkenlerinin taşıma ve sevkiyat, depolama ve stok kontrol ve sigorta ve gümrük yerlerine göre oluşan dağılımı aşağıdaki gibidir. Dönem içerisinde toplam çalışan işçi sayısı 20 işçi, kiralık bulunan mekan 10.000 m² ve araçların kat ettikleri yol 12.000 km'dir.

Tablo 2: Kaynak Etkenlerinin Tüketim Oranları

KAYNAK ETKENLERİ	TAŞIMA ve SEVKİYAT	DEPOLAMA ve STOK KONTROL	SİGORTA ve GÜMRÜK	TOPLAM
İşçi Sayısı	12 İşçi	5 İşçi	3 İşçi	20 İşçi
m ²	1.000 m ²	8.000 m ²	1.000 m ²	10.000 m²
Araç Yol/km	12.000 km	...	...	12.000 km

Tablo 3.'de kaynak maliyetlerinin faaliyet alanlarına dağılımı yapılmıştır. Faaliyet alanlarına göre dağılımda kullanım yerleri gözetilerek maliyetleri orantısal dağıtılmıştır.

Faaliyet yerlerine maaş dağılımları: 50.000.000 TL / 20 işçi = 2.500.000 TL

Taşıma ve Sevkiyat: 2.500.000 TL*12 işçi = 30.000.000 TL

Depolama ve Stok Kontrol: 2.500.000 TL* 5 işçi = 12.500.000 TL

Sigorta ve Gümrük: 2.500.000 TL* 3 işçi = 7.500.000 TL

Faaliyet yerlerine kira dağılımları: 60.000.000 TL /10.000 m² = 6.000 TL

Taşıma ve Sevkiyat: 6.000 TL*1.000 m² = 6.000.000 TL

Depolama ve Stok Kontrol: 6.000 TL* 8.000 m² = 48.000.000 TL

Sigorta ve Gümrük: 6.000 TL * 1.000 m² = 6.000.000 TL

Faaliyet yerlerine amortisman dağılımları: 15.000.000 TL /12.000 km = 1.250 TL

Taşıma ve Sevkiyat: 1.250 TL*12.000 m² = 15.000.000 TL Amortisman dağılımı sadece taşıma ve sevkiyat bölümüne aktarılmıştır. Faaliyet yerlerine göre toplamda oluşan maliyet miktarları **Tablo 4.**'de gösterilmektedir.

Tablo 3: Kaynak Maliyetlerinin Faaliyet Alanlarına Dağılımı

KAYNAK YERLERİ	TAŞIMA ve SEVKİYAT	DEPOLAMA VE STOK KONTROL	SİGORTA VE GÜMRÜK	TOPLAM
Maaş	30.000.000,00	12.500.000,00	7.500.000,00	50.000.000,00
Kira	6.000.000,00	48.000.000,00	6.000.000,00	60.000.000,00
Amortisman	15.000.000,00	....	....	15.000.000,00
TOPLAM	51.000.000,00	60.500.000,00	13.500.000,00	125.000.000,00

Tablo 4: Faaliyet Yerleri Ve Faaliyet Dağıtımda Kullanılacak Tutarları

FAALİYET YERLERİ	FAALİYET BELİRLEYİCİLERİ	PETROL	TOPLAM
Taşıma ve Sevkiyat	Taşıman Varil	200 varil	200 varil
Depolama ve Stok Kontrol	Depolanın Varil	150 varil	150 varil
Sigorta ve Gümrük	Kayıtlı Varil	200 varil	200 varil

Tablo 5.'te faaliyet yerlerine göre belirlenen tutarların ürüne aktarımı yapılmış ve ürüne aktarılan maliyet ürünün üretimi ile ilişkilendirilemeyen maliyet kapasitesini de içermektedir.

Yükleme Oranları: $(51.000.000 / 200 = 255.000 \text{ TL/Varil})$ $(60.500.000 / 150 = 403.333,33 \text{ TL/Varil})$
 $(13.500.000 / 200 = 67.500 \text{ TL/Varil})$

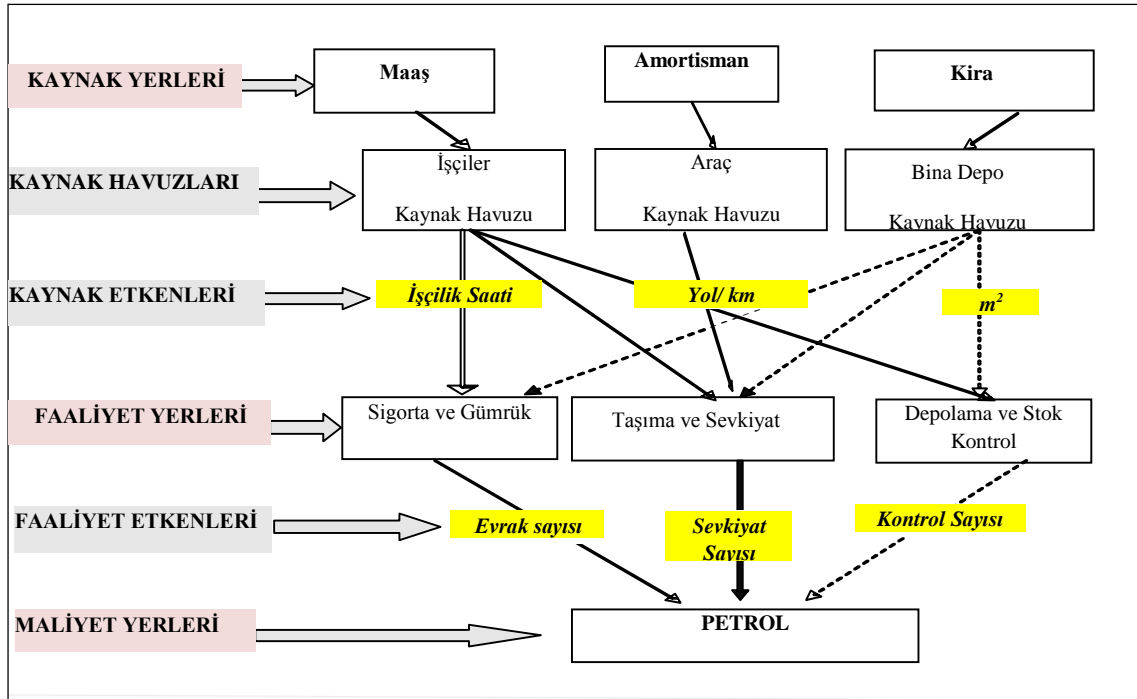
Tablo 5: Faaliyet Yerlerine Göre Belirlenen Tutarların Ürüne Aktarımı

FAALİYET YERLERİ	YÜKLEME ORANI	PETROL	TOPLAM
Taşıma ve Sevkiyat	255.000 TL/Varil	51.000.000,00	51.000.000,00
Depolama ve Stok Kontrol	403.333,33 TL/Varil	60.500.000,00	60.500.000,00
Sigorta ve Gümrük	67.500 TL/Varil	13.500.000,00	13.500.000,00
Toplam		125.000.000,00	125.000.000,00

FTM yöntemine göre TON A.Ş.'nin ürün kaynak maliyetlerinin dağılımı, ürünün teorik kapasitesine göre yansıtılmıştır. Ürün maliyetlerinin içinde ürün için harcanmayan atıl kapasiteleri de yer almaktadır. İşlemler sonucu ürünün kaynak maliyeti 125.000.000 TL olarak gerçekleşmiştir.

6.2. KTM Uygulaması

KTM yöntemi aynı işlem ve aynı veriler üzerinden uygulanmaktadır. KTM yönteminde FTM olduğu gibi ilk önce kaynak yerleri belirlenir sonra FTM'den farklı olarak bu kaynaklar kaynak havuzlarına aktarılır. Kaynak havuzlarında kaynaklar kaynak etkenleri belirlendikten sonra faaliyet yerlerine aktarılır. Faaliyet yerlerine aktarılan kaynaklar daha sonra faaliyet etkenleri göz önünde bulundurularak maliyet yeri olan ürüne aktarılır. TON A.Ş. işletmesinin bu faaliyetleri sonucu **Şekil 3.**'te görüldüğü gibi bir akış ortaya çıkmaktadır. TON A.Ş. işletmesinin 2017 yılı itibarıyla Ocak ayı lojistik faaliyetleri KTM göre gerçekleşmiş ve kaynak dağılımları yapılmıştır.



Şekil 3: TON A.Ş.'nin KTM İşleyişi

Kaynak yerleri belirlenerek kaynak maliyetlerinin dağılımı FTM'de olduğu gibi belirlenmiştir ve aynı işlem üzerinden KTM kurulacaktır. **Tablo 6.**'da kaynak maliyetlerinin kaynak yerlerine dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 6: Kaynak Yerleri Ve Kaynak Maliyetleri

KAYNAK YERLERİ	KAYNAK MALİYETLERİ
Maaş	50.000.000,00
Kira	60.000.000,00
Amortisman	15.000.000,00
TOPLAM	125.000.000,00

Kaynakların kaynak havuzlarına maliyet dağılımı sabit ve değişken olarak ayrılmakta ve **Tablo 7.**'de gösterilmektedir. Kaynak havuzlarına maliyet dağılımı yapılırken maliyetlerin işçiler bölümü işletme için değişken maliyet içerdiği için ayrımı yapılmış diğer giderler sabit olduğu için ayrımı yapılmamıştır.

Tablo 7: Kaynak Maliyetlerinin Kaynak Havuzlarına Sabit Ve Değişken Dağılımı

Kaynak Havuzları	Kaynak Maliyetleri	Sabit Maliyet	Değişken Maliyet	Kaynak Etkenleri
İşçiler Kaynak Havuzu	50.000.000,00	10.000.000,00	40.000.000,00	İşçilik Saati
Araç Kaynak Havuzu	60.000.000,00	60.000.000,00	.....	Yol/ km
Bina Depo Kaynak Havuzu	15.000.000,00	15.000.000,00	.....	m ²

Kaynak havuzlarından teorik ve planlanmış kapasitenin hesaplanması, sabit ve değişken oranlar ile yapılarak dağılımı **Tablo 8.**'de gösterilmektedir.

Tablo 8: Kaynak Havuzlarından Teorik Ve Planlanmış Kapasitenin Sabit Ve Değişken Maliyet Oranları Dağılımı

Kaynak Havuzları	Teorik Kapasite	Planlanmış Kapasite	Sabit Maliyet Oranı	Değişken Maliyet Oranı
İşçiler Kaynak Havuzu	25 İşçi	20 İşçi	400.000 TL	2.000.000 TL
Araç Kaynak Havuzu	12.000 m ²	10.000 m ²	5.000 TL	.....
Bina Depo Kaynak Havuzu	15.000 km	12.000 km	1.000 TL	....

TON A.Ş. işletmesinde faaliyet yerlerinin tükettiği kaynak oranlarına göre dağılımı **Tablo 9.**'da verilmektedir.

Tablo 9: Faaliyet Yerlerinin Tükettiği Kaynak Oranları

Kaynak Havuzları	Taşıma ve Sevkiyat	Depolama ve Stok Kontrol	Sigorta ve Gümrük	Toplam
İşçiler Kaynak Havuzu	12 İşçi	5 İşçi	3 İşçi	20 İşçi
Araç Kaynak Havuzu	12.000 yol/km	.....	.....	12.000 yol/km
Bina Depo Kaynak Havuzu	1.000 m ²	8.000 m ²	1.000 m ²	10.000 m ²

Kaynak havuzlarında oluşan maliyetlerin faaliyet yerlerine dağılımı şu şekilde gerçekleşmiştir:

$$\text{Taşıma ve Sevkiyat} / \text{İşçi} = 400.000 * 12 + 2.000.000 * 12 = 28.800.000 \text{ TL}$$

$$\text{Depolama ve Stok Kontrol} / \text{İşçi} = 400.000 * 5 + 2.000.000 * 5 = 12.000.000 \text{ TL}$$

$$\text{Sigorta ve Gümrük} / \text{İşçi} = 400.000 * 3 + 2.000.000 * 3 = 7.200.000 \text{ TL}$$

$$\text{Taşıma ve Sevkiyat} / \text{Yol-km} = 5.000 * 12.000 = 60.000.000 \text{ TL}$$

$$\text{Taşıma ve Sevkiyat} / \text{m}^2 = 1.000 \text{ TL} * 1.000 \text{ m}^2 + 1.000 \text{ TL} * 0 = 1.000.000 \text{ TL}$$

$$\text{Depolama ve Stok Kontrol} / \text{m}^2 = 1.000 \text{ TL} * 8.000 \text{ m}^2 + 1.000 \text{ TL} * 0 = 8.000.000 \text{ TL}$$

$$\text{Sigorta ve Gümrük} / \text{m}^2 = 1.000 \text{ TL} * 1.000 \text{ m}^2 + 1.000 \text{ TL} * 0 = 1.000.000 \text{ TL}$$

Tablo 10: Kaynak Havuzlarında Oluşan Maliyetlerin Faaliyet Yerlerine Dağılımı

Kaynak Havuzları	Taşıma ve Sevkiyat	Depolama ve Stok Kontrol	Sigorta ve Gümrük	Toplam
İşçiler Kaynak Havuzu	28.800.000,00	12.000.000,00	7.200.000,00	48.000.000,00
Araç Kaynak Havuzu	60.000.000,00	.....	.....	60.000.000,00
Bina Depo Kaynak Havuzu	1.000.000,00	8.000.000,00	1.000.000,00	10.000.000,00
Toplam	89.800.000,00	20.000.000,00	8.200.000,00	118.000.000,00

Kaynak havuzlarında oluşan maliyetlerin faaliyet yerlerine dağılımı **Tablo 10**'da belirlendikten sonra faaliyet yerlerinde oluşan maliyetlerin maliyet yerine (ürüne) dağılımı ve yükleme oranları **Tablo 11.**'de gösterilmektedir.

Tablo 11: Faaliyet Yerlerinde Oluşan Maliyetlerin Maliyet Yerine (Ürüne) Dağılımı

Faaliyet Yerleri	Yükleme Oranı	Petrol	Toplam
Taşıma ve Sevkiyat	449.000,00 TL/Varil	89.800.000,00	89.800.000,00
Depolama ve Stok Kontrol	133.333,33 TL/Varil	20.000.000,00	20.000.000,00
Sigorta ve Gümrük	41.000,00TL/Varil	8.200.000,00	8.200.000,00
	TOPLAM	118.000.000,00	118.000.000,00

KTM uygulaması sonucu oluşan maliyet 118.000.000 TL olarak belirlenmiştir. Atıl kapasite ürün maliyeti üzerinden alınmış ve ürünün birim maliyeti doğru hesaplanmıştır.

Tablo 12. İşletmenin Kaynak Tüketim Muhasebesinin Maliyet Dağıtım Özeti

Kaynak Havuzları	İşletmenin Katlandığı Kaynak Maliyetleri	KTM Sonucu Dağıtılan Maliyetler	Katlanılan Atıl Kaynak Maliyeti
İşçiler Kaynak Havuzu	50.000.000,00	48.000.000,00	2.000.000,00
Araç Kaynak Havuzu	60.000.000,00	60.000.000,00	0,0
Bina Depo Kaynak Havuzu	15.000.000,00	10.000.000,00	5.000.000,00
Toplam	125.000.000,00	118.000.000,00	7.000.000,00

TON A.Ş. lojistik firmasının maliyetleri hem FTM hem de KTM'ye göre hesaplanmıştır. **Tablo 12.**'de görüldüğü gibi FTM'ye göre katlanılan kaynak maliyetleri içine atıl kapasitede dahil edilmiş ve maliyetler 125.000.000 TL olarak gerçekleşmiştir. KTM'ye göre hesaplandığında ise maliyetlerden atıl (boş) kapasite çıkarılmış ve ürüne kendi birim maliyeti yüklenmiştir. Maliyetler 118.000.000 TL olarak gerçekleşmiştir. İki ürün maliyet hesaplamasının sonucunda oluşan 7.000.000 TL'lik bir atıl kapasite farkı vardır. Uygulama sonucunda TON A.Ş.'nin ürün birim maliyetlerinin daha gerçekçi ve doğru hesaplanabilmesi için KTM maliyet hesaplaması kullanılmalıdır.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dünya pazarında lojistik sektörünün yeri hızla büyümekte, bunun sonucu olarak, bu pazardan pay almak isteyen işletmeler sektöre daha fazla önem vermektedir. Sadece lojistik faaliyetleri yürüten işletmeler veya işletme içinde önemli bir departmanını lojistik faaliyetleri yürütmeye ayıran fabrikalar, lojistik faaliyetler sonucu oluşan maliyetleri yönetmekte zorlanmaktadır. İşletmeler tarafından savunulan görüş, maliyetlerin azaltılması ile pazarda rekabet güçlerinin artacağına hatta farklı maliyet stratejileri oluşturarak pazarda yeterli pay sahibi olacaklarına yöneliktir.

Lojistik faaliyetler işletme içinde toplam faaliyetlerin önemli bir kısmını kapsamaktadır. Lojistik faaliyetler sonucu birçok farklı maliyet oluşmakta, hatta bunlar faaliyet alanlarına göre farklılık göstermektedir. İşletmenin türüne göre veya lojistik faaliyeti yönetim türüne göre farklı maliyet yaklaşımları kullanan işletmeler lojistik yönetimin kararı sonucu en uygun maliyet yaklaşımını kullanmaktadır. Örneğin sıfır stokla çalışan bir işletme yalın maliyet yaklaşımını, lojistik faaliyetleri belirli bir hedef maliyete göre ayıran işletme hedef maliyet yaklaşımını, maliyetleri faaliyet alanlarına göre ayırarak FTM yaklaşımını veya ürün üzerinden birim maliyetleri daha ayrıntılı hesaplamak ve ürünlerin kaynak maliyetlerini etkin bir şekilde görmek isteyen işletmeler KTM yaklaşımını kullanmaktadırlar.

Lojistikte maliyetleri belirlerken, stratejik düşünen unsurların (işletme, sektör, firma) amacı lojistik üzerinde maliyet kontrollerini sağlamak, güvenilir maliyet bilgi akışını oluşturmak, lojistik tedarik zincirinden optimum verimlilik ve yüksek kar elde etmektir. Bu amaçlar göz önünde bulundurularak en iyi maliyet yaklaşımı, karşılaştırmalı olarak bir uygulama üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Aynı örnek veriler üzerinden FTM ve KTM uygulaması yapılmış ve FTM yaklaşımı sonucu ürüne yüklenen maliyet 125.000.000 TL olarak gerçekleşirken, KTM uygulaması sonucu ürüne yüklenen maliyet 118.000.000 TL olarak gerçekleşmiştir. Örnek çalışma sonucu ürüne yüklenen birim maliyet farkı 7.000.000 TL'dir. KTM ürüne atıl (boş) kapasiteyi yani, ürün üretim haricinde harcanan maliyetleri eklemeyerek sadece ürünün üretim aşamasında harcanan maliyetleri ürüne yüklemiştir. Böylece ürün için en doğru birim maliyeti hesaplayarak yönetime sunmaktadır. İşletmeler bu yaklaşımı kullanarak ürüne harcanmayan atıl kapasiteyi ortadan kaldırdıklarında veya minimuma indirdiklerinde işletme daha karlı bir üretim seviyesine ulaşacaktır.

Lojistikte KTM maliyet yaklaşımının uygulanması, maliyetlerin tam ölçülmesini, kontrol edilmesini ve doğru yönetilmesini sağlayacaktır. Böylece işletmeler yaşamlarını sürdürebilir, rekabet edebilir, kar sağlayabilir ve hatta işletme içinde Kurumsal Kaynak Planlaması sistemine kurgulayarak, sektör içinde farklı bir yer edinebilirler.

KAYNAKLAR

- [1] Ahmed, S. A. ve Moosa, M. (2011), "Application of Resource Consumption Accounting (RCA) In an Educational Institute", *Pakistan Business Review*, (January 2011), pp. 755-775.
- [2] Aktaş, R. (2013), "Yeni Bir Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Yöntemi Olarak Kaynak Tüketim Muhasebesi", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 58, s.s. 55-76.
- [3] Aslan, S. Ve Karavaizoğlu, S. N. (2009), "Maliyet Tabanlı Lojistik Yönetimi", *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi*, Temmuz 2009, s.s. 61-71.
- [4] Ballou, R. H. (1992), *Business Logistics Management, Organizing and Controlling The Supply Chain*, London: Prentice Hall International.
- [5] Cengiz, E. (2012), "Gelişmiş Bir Maliyetleme Yaklaşımı Olarak Kaynak Tüketim Muhasebesi", *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 2012/1, s.s. 215-233.
- [6] Ceran, Y. Ve Alagöz, A. (2007), "Lojistik Maliyet Yönetimi: Lojistik Maliyetler ve Lojistik Maliyet Muhasebesi", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 5/2, s.s. 153-175.
- [7] Dönmez, A. ve Başçıl, G. (2017), "Kaynak Tüketim Muhasebesi: Bir Mobilya Üretim İşletmesinde Uygulama". *Mali Çözüm Dergisi*, 139 (Ocak-Şubat), s.s. 29-56.
- [8] Dumanoğlu, S. (2005), "Lojistik Maliyetler ve Etkili Bir Raporlama Tekniğine Uygun Olarak Lojistik Maliyetlerin İzlenmesi", *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 7/2, s.s. 145-166.
- [9] Erdal, M. ve Saygılı, M. S. (2007), "Lojistik İşletmelerinde Yönetim-Organizasyon ve Filo Yönetimi", *Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği, Zebra Matbaacılık ve Baskı Hizmetleri*, 1. Baskı, İstanbul.
- [10] Kayıhan, B. ve Tepeli, Y. (2016), "Yeni Bir Maliyetleme Tekniği Olarak Kaynak Tüketim Muhasebesi Ve Bir Örnek Uygulama", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, ICAFR 16 Özel Sayısı, s.s. 431-443.
- [11] Kıymetli Şen, İ. (2014), "Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4/1, s.s. 83-106.
- [12] Lawrence, P.G. (2005), "Are ABC and RCA Accounting Systems Compatible with Lean Management", *Management Accounting Quarterly*, 7/1, pp. 12-26.
- [13] Mackie, B. (2006), "Merging GPK And ABC On The Road To RCA", *Strategic Finance*, 88/5, pp. 33-39.
- [14] Okutmuş, E. (2015), "Resource Consumption Accounting with Cost Dimension and an Application in a Glass Factory", *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 5/1, s.s. 46-57.
- [15] Özdemir, F. S. (2017), "Lojistik Maliyet Yönetiminde Optimizasyonla Sağlanan Etkinlik Artışının İşletmelerin Finansal Yapısı Üzerindeki Etkisinin Taşıma Maliyetleri Yönünden İncelenmesi", *İktisadi Araştırmalar Vakfı Yayınları*, 1.Baskı, İstanbul.
- [16] Özyapıcı, H. (2015), "Sağlık Kurumlarında Fiyatlandırma Kararları İçin Maliyet Analizi Sağlayan Yeni Bir Maliyetleme Yaklaşımı: Kaynak Tüketim Muhasebesi", *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 2 /1, s.s. 22-26.
- [17] Perkins, D. ve Stovall, O. S. (2011), "Resource Consumption Accounting Where Does It Fit?", *The Journal of Applied Business Research*, 27/5, pp. 41-52.
- [18] Tanyaş, M. ve Hazır, K. (2011), "Lojistik Temel Kavramlar (Lojistiğe Giriş)", *Çağ Üniversitesi Yayınları*, Arzu Ofset Matbaacılık, 1. Baskı, Mersin.
- [19] Tse, M. S. C. ve Gong, M. Z. (2009), "Recognition of IdleResources in Time- Driven Activity-Based Costingand Resource Consumption Accounting Models", *Jamar*, 7/2, pp. 41-54.
- [20] Van Der Merwe, A. ve Keys, D. E. (2002), "The Case For Resource Consumption Accounting", *Strategic Finance*, 83/10, pp. 31-36.

KAPASİTE, ÖLÇEK VE KAPSAM EKONOMİSİ ALGILARI, YÖNTEM VE ÇÖZÜMLEME SORUNLARI

Biray Koçak¹, Sadettin Özen²

¹ Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret Ve Lojistik Yönetimi Programı

² Maltepe Üniversitesi, İşletme Ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Uluslararası Ticaret Ve Lojistik Yönetimi

ÖZET

Çalışma, üretim süreçlerinde, tedarik zinciri, kombine taşımacılık ana hizmetleri süreçlerinde arz ve talep dengesi, kapasite, ölçek ve kapsam ekonomisi temel kavramlarına, teori ve pratik bütünlüklü araştırma sorunlarına, çözümleme olanaklarına ve tekniklerine odaklıdır.

Çalışma uzun ve orta dönemli kapasite ve ölçek ekonomisi büyüklükleri, arz ve talep dengesi dalgalanmaları, gereklilikleri ve yeterlilikleri, olanakları doğrultusunda üretim çeşitlikleri ölçek ve kapsam ekonomisini ekonomik olarak tanımlama, belirleme tekniklerini araştırmıştır. Uzun dönemli işletme alt süreçlerinde, ortalama taleplerin ölçek ekonomileri kapasite altında ortaya çıktığı açıktır. Bu yönde çalışma yöntemi talep dalgalanmalarına bağlı işletme üretim çeşitlikleri ile atıl kapasiteyi azaltma, ortalama birim maliyetleri azaltma temelli olarak ele alınmıştır. Üretim çeşitliklerini belirleme yöntemi doğrultularında fırsat maliyeti, birim ortalama maliyeti, lineer programlama ve başa baş tekniklerini bütünlüklü olarak ele almış, ilişkilerini araştırmıştır. Lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinin alt ve üst hizmetlerinin, pazarlama araştırmalarının, optimum ölçek ve kapsam ekonomileri olanakları doğrultularında iletilemeleri gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Üretim, Lojistik, Tedarik Zinciri, Ortalama Birim Maliyeti, Ölçek ve Kapsam Ekonomisi.

CAPACITY, ECONOMIES OF SCALE AND SCOPE ECONOMIES PERCEPTIONS, METHODS, AND ANALYSIS PROBLEMS

ABSTRACT

This study focuses on the basic concepts of supply and demand balance, capacity, economies of scale and scope, theoretical and practical integrated research problems, solution possibilities and techniques in the production processes, supply chain, combined transport main services processes.

The study investigated medium and long-term capacity and scale economies, supply and demand balance fluctuations, requirements and qualifications, possible variations of production, the techniques of economically describing and determining, economies of scale and scope. It is clear that average demands in long-run business sub-processes have emerged under the capacity of scale economies. This way of working was dealt with based on diversity of operating production due to fluctuations in demand and on reducing the idle capacity and reducing the average unit costs. The study investigated relations between opportunity cost, unit average cost, linear programming and break-even techniques integrated in the direction of the method of determining production varieties. It has been seen that the logistics, upstream and downstream services of the supply chain processes should be advanced in the direction of marketing researches, the possibilities of optimum economies of scale and scope economies.

Keywords: Production, Logistics, Supply Chain, Average Unit Cost, Economies of Scale and Scope.

1. GİRİŞ

Piyasalarda arz ve talep olanakları, üretim ve sermaye yatırım olanakları ve gelişim eğilimleri ilk ve temel etkenlerdir. Piyasalarda üretim süreçlerinde sermaye ve üretim olanaklarının, altyapı kapasitelerinin, arz ve talep gelişimlerinin dengeli ve uyumlu yönetilmesi; üretim olanaklarından yüksek faydalar ve değerler yaratılması amaçlanır.

Piyasalarda talep, ekonomik gelişmeler ve nüfus artışları genelinde sürekli artma eğilimleri gösterir. Talep bir bölgede, bir aks üzerinde belirli etkenlere bağlı dönemsel, konjonktürel, mevsimsel dalgalanmalar ile birlikte ortaya çıkar. Bu bağlamda talep belirli etkenlere bağlı olarak, artma, sabit kalma, azalma kararlı eğilimleri gösterir.

Arz kesimleri belirli altyapı ve filo olanaklarını verimli kullanmayı, yönetmeyi amaçlarlar. Yatırım kararlarında talebin bekleme maliyetleri ile kullanılmayan boş kapasite maliyetleri toplamının minimum değerlerde ortaya çıkmasını sağlayacak biçimlerde talebi ve kapasiteyi yönetmeyi, kapasite yaratmayı amaçlarlar. Sürekli kararlı talep artışları yanında kapasite artışları, kapasite yatırımları dönemsel ve aşamalı olarak gerçekleştirilirler. Arz kesimleri sürekli talep artışlarına uygun biçimlerde uzun dönemli aşamalı kapasite yatırımı dönemlerini belirlemeyi, gerçekleştirmeyi, aynı yönde sermaye kullanım ve yönetim stratejilerini ekonomik olarak takip etmeyi gerektirirler. Kapasite yatırımları aşamalı ve dönemsel olarak gerçekleştirildiğinden belirli işletme dönemlerinde kullanılmayan atıl kapasitelerin ortaya çıkması kaçınılmaz olur. Ayrıca talebin sürekli artışları yanında talebin dalgalanmalarına bağlı olarak uygun ve tam kapasite koşullarında da kullanılmayan atıl kapasiteler ortaya çıkar. Uygun ve tam kapasite koşullarında dahi kullanılmayan atıl kapasite oranları talebin dalgalanmalarına bağlı olarak sunulan teknik kapasitenin %20-40 oranlarında ortaya çıkar.

Üretim süreçlerinde lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık hizmetleri ölçek ve kapsam ekonomileri olanaklarını ve gerekliliklerini ortaya çıkartır. Bu hizmetler daha açık bir ifade ile ölçek ekonomileri ve kullanılmayan boş kapasiteler, ortaya çıkan talep çeşitlilikleri ile kapsam ekonomileri uygun üretim çeşitlilikleri sorunlarını ortaya çıkartırlar, çözümlerini gerçekleştirirler. Ölçek ve kapsam ekonomileri araştırmalarını ve kullanımlarını gerekli kılarlar.

Belirtilen lojistik, tedarik zinciri ve kombine taşımacılık süreçlerinde farklı hizmet kanallarında araçlarda, konteynerlerde ölçek ve kapsam ekonomisi sorunları çözümlenmeleri, kavramsal, analitik, teknik, ekonomik ve optimum çözümlenme kararları ve uygulamaları önemli ve olanaklı olabildikleri görülmektedir. Çalışma araçlarda, konteynerlerde, taşıma hatlarında ölçek ekonomisi, kapsam ekonomisi analitik, sentetik ve ekonomik çözümlenmeleri, kararları ve uygulamaları amaçlıdır. Bu yönde çalışma ölçek ekonomisi, kapsam ekonomisi optimum kararları yöntemleri ve teknikleri, uygulamaları tanımlanmaları iletilmesi ve açıklamaları odaklıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Lojistik işletme, yatırım ve hizmeti etkinliklerinin yüksek seviyede optimize ve organize edilerek ekonomik rekabet koşullarının belirlenmesi ve gerçekleştirilmesi etkinlikleri toplamıdır. Lojistik (Çancı, Erdal, 2003, s. 34-45) tarafından askeri malzeme, personel, asker ve birlik hareketi organizasyonu ve sevkiyatı bağlamında tedarik, taşıma, depolama, stoklama ve dağıtım hizmetlerinin plan, yönetim ve uygulama etkinlikleri toplamı biçiminde özetlenmiştir. Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (CSCMP, 2013)'nin ise, lojistik hizmetini, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmet ve bilgi akışlarının hammaddelerin başlangıç noktasından ürünün işlendiği fabrikalara, fabrikalardan son tüketim noktalarına kadar tedarik zinciri içerisinde etkin ve verimli taşıma ve depolama hareketinin, akışının yönetimi ve gerçekleştirilmesi süreci, etkinlikleri olarak tanımladığı işaret edilir. Lojistik öngörme, planlama temel olmak üzere ekonomik ürün ve hizmet üretimi ve dağıtımını yönetimi aşamalarını kapsayan hizmetler olarak görülmektedir. Aynı yönde lojistik, hedef pazarları, tedarik süreçlerini, üretim ve dağıtım süreçlerini, kanallarını rekabet avantajları yaratacak, sürdürecekt biçimlerde yönetilmesi olarak belirtilir (Çancı, Erdal, 2003, s. 34-45; Yarmalı, 2012, s.1-5). Aynı zamanda lojistik doğru ürünü, doğru yerde, doğru zamanda, doğru miktarda, doğru biçimde, doğru kalitede, doğru rekabette, doğru fiyatta sağlamak, temin ve tedarik etme olarak verilir (Yarmalı, 2012, s.1-5).

Buna karşın tedarik zinciri yönetimi, lojistikte yer alan süreçleri ve etkinlikleri kapsayacak biçimde organize ederek daha ileri aşamalara götürülmesi olarak tanımlanır (Yarmalı, 2012, s.1-5). Tedarik zinciri yönetimi bir ürünün ilk hammadde durumundan tüketiciye ulaştırılması ve ulaştırılmasından sonraki etkinlikleri toplamı olarak tanımlanır ve tedarik, imalat, taşıma, depo, satış, satış sonrası tüm hizmetleri gerçekleştiren firmaların etkinlikleri dahil tüm etkinlikleri kapsar. Aynı doğrultuda, tedarik zinciri yönetimi, lojistik kavramı içinde hammaddelerin ve nihai ürünlerin nihai müşteriye ulaştırılması tüm akış süreçlerinin ve hatlarının entegrasyonu ve toplam süreçler yönetimi biçiminde tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, üretim sürecine malzeme temini giriş lojistiği, üretim süreci istasyonlar ve tezgahlar arası üretim süreci lojistiği ve en sonunda nihai ürünlerin nihai müşteriye dağıtım lojistiği süreçlerinin bir bütünlük içinde öngörme, yönetim ve uygulama etkinlikleri düşüncesi ve işi toplamı olarak verilmektedir (Çancı, Erdal, 2003, s. 34-45).

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ekonomik depolama, yükleme ve taşıma yönetimi kararlarının ve seçeneklerinin deterministik, analitik, sentetik olarak araştırılması temeldir, önceliklidir. Lojistik, tedarik zinciri süreçlerinde talep yıldan yıla, genelde kararlı ekonomik büyümeler doğrultusunda artışlar gösterirken altyapı kapasite yatırımları işletme dönem başlarında gerçekleştirilir. Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık altyapı ve araç filosu kapasite yatırımları uzun dönemli, aşamalı planlama yaklaşımları ile belirlenir.

Bu oluşum, işletme dönem başlarında mevsimsel, konjonktürel dalgalanmalar ile birlikte talep yetersizlikleri altyapı sistemlerinde boş kapasite, atıl kapasite oluşumlarına yol açar.

Lojistik, tedarik zinciri ve kombine taşımacılık ve depolama süreçlerinde ayrıca sipariş, tedarik, gümrükleme, sigortalama, stok, stoklama, etiketleme, yükleme, taşıma, depolama, istifleme, sınıflandırma, dağıtım, boşaltma alt işlemleri ile ölçek ve kapsam ekonomilerinin atıl kapasite yönetimlerinin gerekli olabildikleri görülmüştür.

Lojistik işletmeleri arz ve talep gelişimleri yönünde zamanla 3. Parti Lojistik (3PL) işletmeleri, sonra 4. Parti Lojistik (4PL) işletmeleri düzeylerinde gelişmişlerdir (Çancı, Erdal, 2003, s. 40-50). Lojistik ve tedarik zinciri gelişim sürecinde 3PL işletmeleri farklı düzeylerde lojistik ve tedarik zinciri hizmetlerine ve işletmelerine ticaret, uluslararası ticaret, ölçek ekonomisi, optimizasyon teknikleri; gerektiğinde dış kaynak kullanımları ile teknik ve ekonomik planlama, örgütlenme, koordine etme ve gerçekleştirme işlerine odaklıdır. Aynı yönde 4PL işletmeleri daha büyük sermayeli, ileri bilgisayar ve teknoloji donanımlı, örgütlü işletmelerdir. Büyük hacimli ve kapsamlı tedarik zinciri süreci için kararlar ve planlamalar yönünde 3PL işletmelerine iş verirler. İş süreçlerini ölçek ekonomisi ve optimizasyon teknikleri çerçevesinde arka arkaya birbirini izleyen ve birbirlerine paralel işler biçiminde tasarlama, bölme, birleştirme ve planlama, sürdürme temelli kararlar üretme ve yönetme işleri yaparlar (Çancı, Erdal, 2003, s. 40-50).

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ekonomik yönetim, üretim, taşıma ve uygulama işlemleri birbirlerini destekleyen, bütünleşik işlemlerdir. Bu işlemler bütünleşik lojistik verimi ve kapasitesi, fırsat maliyeti, gelir ve maliyet analizi ve optimum ölçek üretimi ekonomisi, kapsam ekonomisi sorunlarını ortaya çıkartırlar. Bu sorunlar aynı yönde paçal maliyet, lineer programlama modeli, başa baş karar yöntemleri teorileri çalışmaları çerçevesinde belirlenebilir; çözümlenebilirler. Dolayısı ile lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ölçek ekonomisi kapsam ekonomisi çözümlenme ve karar yöntemlerinin bütünleşik olarak ele alınmaları gerekli ve önemli görülmektedir.

Temel Düşünceler ve Tanımlar

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde talep, kapasite ve yatırım ekonomisi, ölçek ve kapsam ekonomisi, lojistik ekonomisi ve yönetimi temel amaçları ve yöntemleri doğrultusunda genel tanımlar, kavramlar, düşünceler, çözümlenme çıkarımları için temeldir, önceliklidir. Bu süreçlerde karar sorunları ve çözümleri, genel yöntemleri, matematik, mekanik, sosyal ve ekonomik bilgi düzeyleri, sorunun koşullarına, kaynaklara, olanaklara; beliren gereksinimlere ve amaçlara bağlı olarak ortaya çıkarlar. Süreçlerde kapasite ve yatırım ekonomisi, ölçek ve kapsam ekonomisi, lojistik ekonomisi ve yönetimi sorunları, eksiklikleri, tanımlama ve çözümlenme çalışmaları, analiz ve sentez akıl yürütmeleri doğrultularında ilerletilirler. Bu çalışmalar temel olarak işletme bilimlerinin temel çalışma konuları ve kavramları arasında görülür.

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçleri işletme ve yönetim bilimlerinin, en temeli olarak matematik, fizik, istatistik, ekonomi, hukuk ve yönetim bilimleri olduğu görülür. Bu genel bilimler, genel olarak doğa ve sosyal olayların geçmişten geleceğe uzantıları görme yönünde olayların kararlı ve en olası gelişim çizgilerinin belirlenmesine, gözlemlenmesine, algılanmasına; gelişim çizgilerinin olumlu, önemli yanlarının öngörülmesine, geliştirilmesine odaklıdır. Burada, matematik bilimleri, olayları ve olguları, genellik, objektiflik, nedensellik, kanıtlanırlık, çelişmezlik, bütünlük düşünceleri ve ilkeleri çerçevesinde ele alırlar, tanımlarlar. Matematik bilimleri olgulara, olaylara, süreçlere ilişkin çoklukların değişim ilkelerini, biçimlerini ve yöntemlerini tanımlayan, geliştiren bilim alanıdır (Yıldırım, 1991, s. 24-50).

Aynı yönde gerçekçilik düşüncesi, objektiflik düşüncesi, genellik düşüncesi, nedensellik düşüncesi, gerekçilik düşüncesi, kanıtlanabilirlik düşüncesi, içsellik düşüncesi, süreklilik düşüncesi, özgünlük düşüncesi, çelişmezlik düşüncesi, bütünlük düşüncesi, kesinlik düşüncesi, açıklık düşüncesi, dışsallık düşüncesi, uygunluk düşüncesi, ekonomiklik düşüncesi işletme lojistik yönetimi bilimleri içinde önceliklidir.

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde bu temel düşünceler ve kavramlar, deterministik, analitik ve sentetik çözümlenme modelleri ve yöntemleri, akıl yürütmeleri sınırlandırmaları için temeldirler; temel bilimlerdeki işlevleri yerine getirirler. Bu yönde lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçleri yukarıda belirtilen genel ve temel düşünceler, analiz ve sentez çıkarımları ile süreç ve kavram tanımlamaları önemli ve önceliklidirler. Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık işlemleri lojistik ve yönetim bilimleri bağlamında planlanır ve gerçekleştirilirler. Genel biçimi ile lojistik, tedarik zinciri, üretim, kombine taşımacılık işletme ve yönetim bilimleri üretim ticaret sektörlerine ekonomiye yöntem ve hizmet teknikleri yanısıra lojistik işlemleri ve mesleklerini geliştirmeye katkı sağlarlar. (Keskin, 2011, s. 5-48).

Lojistik, tedarik zinciri ve kombine taşımacılık süreçlerinde, hizmet kanallarında, talep, kapasite ve yatırım ekonomisi tanımları ve üretim teknikleri doğrultusunda ayrıca ölçek ekonomisi, kapsam ekonomisi, istif faktörü, yitik hacim tanımlarını ve ilişkilerini de belirtmekte yarar vardır (Dinler, 2015, s. 231-232; Baumol, 1982; Salman, 1980).

Ölçek Ekonomisi: Uzun dönemli yatırım ve işletme süreçlerinde minimum birim maliyet, maksimum karlılık ölçütleri ile ortaya çıkan, optimum talep ve kapasite koşullarına ait üretim ölçekleri, büyüklükleri ekonomisidir. İşletme koşullarına bağlı birimlerin bekleme ve sistemlerin en az boş kalma maliyetlerini kapsayan, uygun, ekonomik, tam kapasite koşullarında gerçekleştirilen üretim ölçeği ekonomisidir. İşletme süreçlerinde ölçek ekonomisi tek tip ürün yanı sıra bütünselik, birbirini tamamlayan farklı ürün çeşitlikleri de optimum kapsam ekonomileri ile gerçekleştirilmeye çalışılır.

Kapsam Ekonomisi: Kapsam ekonomisi üretim süreçlerinde atıl kapasite koşullarında bütünselik üretim ve ürün çeşitliliklerini temel alır ve ölçek ekonomisi üretim kapasitesine yaklaşılmasına, gerçekleştirilmesine hizmet ederler. Kapsam ekonomisi sunulan alt yapı kapasitesinin, üretim ham maddelerini ve olanaklarını bütünselik ve ekonomik olarak kullanımına dayanır. Kapsam ekonomileri diğer yandan talebin artışları ve artış dalgalanmalarını kapsayarak sabit sermaye birim maliyetlerini, ortalama birim maliyetlerini aşağıya çekme olanakları yaratırlar.

İstif Katsayısı/Faktörü: Bir malın bir tonunun kapsadığı brüt hacme istif faktörü denir, malın birim hacim ağırlığının m³/ton olarak tersidir. Dolayısı ile istifleme işleminde mevcut hacim, biçim, alan olanaklarını en iyi, verimli biçimlerde kullanma amacına hizmet eder.

Yitik Hacim: Yükün, malzemenin fiziksel, biçimsel, geometrik özelliklerine bağlı olarak kabın, araç hacminin kullanılmayan hacmine denir. Yükleme istifleme işleminden sonra yitik hacmin araç, kap toplam hacmine bölümüne ise yitik hacim oranı denir. İstifleme yükleme işlemlerinde yitik hacmin azaltılması taşıma ve depolama ekonomisinin gerekleridir.

Verim ve Kapasite Algısı

Üretim süreçlerinde sistem verimleri, açık deyiş ile araç ve hat verimleri, sistem, araç ve hatların teknik, sosyal ve işletme karakteristik yapıları ile uyumlu çalışmalarına bağlıdır. Verim bir sistemin teknik, sosyal ve işletme karakteristik yapıları ve güçleri ile ilişkili olarak birim zamanda, saatlik çalışma sürelerinde çalışma periyotlarına bağlıdır. Üretim sistemlerinde genel olarak bir aracın verimi aracın birim zamanda üretim çıktısının üretim girdisine oranıdır, $verim = iş(= üretim) / girdi$ biçiminde ifade edilir (Gökdere, 1991, s. 24-25). Bir aracın verimi aynı yönde çıktı girdi oranı bağlamında bir saatteki iş/periyot sayısına ve bir periyotta yapılan iş miktarına bağlıdır.

Başka bir ifade ile girdi saat, makine-saat, sistem-saat; çıktı ise bir saatteki iş/periyot sayısı ve bir periyotta yapılan iş olarak alınır ise aracın verimi aşağıdaki biçimlerde ifade edilir:

$$verim = (birim - saat) / periyot = saat / periyot = üretim / saat \quad (1)$$

$$verim = üretim / sistem.saat = \dots = ton / araç.saat = \dots = m^3 / araç.saat \quad (2)$$

Sistem ya da araç verimleri genelde araçların birim zamanda ortaya çıkan çıktılarının girdilerine oranıdır ve saatlik, günlük üretim çıktısı olarak da tanımlanır. Genelde verim fonksiyonları üretim girdilerinin birbirleri ile ilişkili verim arttırıcı, azaltıcı etkilerine bağlı olarak ortaya çıkarlar. (Gökdere, 1991, s. 111).

Üretim girdileri ve etkinlikleri toplam verimi, üretim etkinlikleri girdisinin küçük değerlerinde verim arttırıcı hızlı artış etkilerine, belirli değerlerinden sonra verim azaltıcı etkilerine bağlı giderek azalan artış etkilerinin gerçekleşmesi biçimlerinde ortaya çıkar (Gökdere, 1991, s. 111). Üretim girdileri ve etkinlikleri toplam veriminin analitik incelenmesinden üretim etkinliklerinin toplam, marjinal ve ortalama verim değerlerinin; kısmi faktör ve toplam faktör verimlilik değerlerinin süreçler içinde büyük ve uygun değerlerinin üretim sistemi yönetiminde belirleyici ve yönlendirici olacağı görülür (Gökdere, 1991, s. 110-112). Bu yönde servis, üretim kanalında bir birim işin sistemlerin V

çalışma hızına bağlı $t(V)$ servis süresi ile bir saatte, bir yönde üretilecek iş periyodu sayısı, diğer bir ifade ile kapasitesi $N(V) = P(V) = 3600 / t(V)$ olarak bulunur. Bu tanım yönünde, belirli bir zaman döneminde üretimin, verimin azami değeri kapasite olarak tanımlanır. Servis sistemlerinde kuyruk teorisi kapasite analizinden (Karayalçın, 1978) ortalama servis hızının/yoğunluğunun ortalama talep hızı değerinden büyük olması gerektiği görülür. Burada teknik kapasite, maksimum kapasite, ekonomik kapasite, olası kapasite, teknik kapasiteye ve kayıplara bağlı pratik kapasite, gerçekleşen kapasite, atıl kapasite tanımları temeldir. Atıl kapasite veya boş kapasite ise teknik kapasite/pratik kapasiteden fiili kapasitenin farkı olarak tanımlanmakta olup kapasite büyüklüğü olarak isimlendirilmektedir. Bu atıl kapasitenin

büyüklüğü oranında geçen araçlar/ birimler serbest üretim, serbest trafik akımı koşullarında hareket ederler. Buna karşın atıl kapasitenin küçük değerlerinde ise servis akımı kontrollü, beklemeli-gecikmeli devam ederler ve zaman kaybına maruz kalırlar. Bu yönde belirli talep ve işletme koşullarında optimum kapasite kanal sayısı kanalların boş kalma maliyetleri ile birimlerin servis için bekleme maliyetleri toplamı doğrultusunda ortaya çıkar, belirlenir. Optimum kapasite kanal sayısı analitik incelemelerinden optimum kapasite kanal sayısı talep ve işletme koşullarında servis kanallarında kullanılmayan boş atıl kapasiteler oluşabilmektedir. (Karayalçın, 1978)

Bu bağlamda yükleme-boşaltma rıhtımları bağlamında kapasite kullanım oranı, kullanılan kapasite değerinin toplam kapasite değerine oranları olarak tanımlanır. Talebin ve işletmenin dalgalanma koşullarına bağlı olarak optimum kapasite üretim koşullarında kapasite kullanım oranı ancak %70-80 değerlerini; buna karşın atıl kapasite %20-30 değerlerini bulabilmektedir (Salman, 1980).

Maliyet Algısı ve Analizi

Üretim süreçlerinde bir işin, hizmetin üretim süresi ile üretim maliyeti arasında sıkı bir ilişki vardır. Üretim süreçlerinde bir işin, hizmetin üretim süresi o işin hacminden bağımsız sabit hazırlık işlemi süresi ile işin hizmetin hacmine bağlı değişken üretim süresi toplamından oluşur. Aynı yönde işin, hizmetin dönemsel üretim maliyeti de üretim süresi ile ilişkili olarak sabit maliyet bileşeni ile işin hacmine bağlı değişken üretim maliyeti bileşeninden oluşur (Gökdere, 1991, s. 118-123; Dinler, 2015). Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde üretim maliyeti genelde bir mal veya hizmet üretiminde/arzında ödenen para ve faiz ile üstlenilen diğer külfetler toplamı biçiminde ortaya çıkar. Üretim süreçleri için çeşitli maliyet kavramları tanımları geliştirilmiştir. Üretim süreçlerinde, yine her bir üretim aşamasında üretilen ürünün miktarına bağlı dönemsel toplam maliyet, ortalama birim maliyet, marjinal maliyet biçimlerinde tanımları ortaya çıkmıştır.

Sabit maliyetler sabit sermaye, sabit işletme maliyetleri bileşenlerinden oluşur. Sabit sermaye maliyetine amortisman maliyeti de denir. Sabit işletme maliyeti ise ürünün miktarından bağımsız kira, personel, malzeme ve enerji maliyetleri bileşenlerinden oluşur. Değişken maliyetler ise, yapılan işin, ürünün miktarına bağlı personel, malzeme ve enerji kullanım maliyetleri bileşenlerinden oluşur. Değişken maliyetler yapılan işin normal net servis süresine, aynı yönde yoğunluğu ile bekleme ve sıkışıklık sürelerine bağlı araç-saat, personel, malzeme ve enerji maliyetleri toplamından oluşur.

Lojistik ve tedarik zinciri karar süreçleri maliyet tanımları ve analizleri, serbest akımlı maliyet analizi, bekleme sıkışma akımlı maliyet analizi, stok modeli ve maliyet analizi, ölçek ekonomisi ve maliyet analizi ve kapsam ekonomisi ve maliyet analizi olarak sıralanmaktadır.

Üretim Süreçlerinde Genel Maliyet Tanımı ve Fonksiyonu

Üretim süreçlerinde bu maliyet analizleri ve çözümlenmeleri ölçek ekonomisi ile kapsam ekonomisi çıkarımlarının belirginleştirilmesine olanak sağlarlar. Özellikle lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ölçek ekonomisi, bir seferlik dönemsel sabit maliyet ile bu dönemde hizmet ve iş hacmi ve beklemeyle ilgili maliyet, gelir ve karlılık ölçütleri çözümlenmeleri odaklıdır.

Bir döneme bir üretim seferine ait sabit ve değişken maliyet ile aynı yönde q hizmet üretimi hacmine sıkışma ve bekleme işlem ve sürelerine bağlı toplam maliyet fonksiyonu Şekil . 'de belirtildiği biçimde;

$$M(q) = m_0 + m_1 q + m_2 q^2 \quad (3)$$

olarak tanımlanabilir (Karayalçın, 1978, s. 416). Bu ifadede,

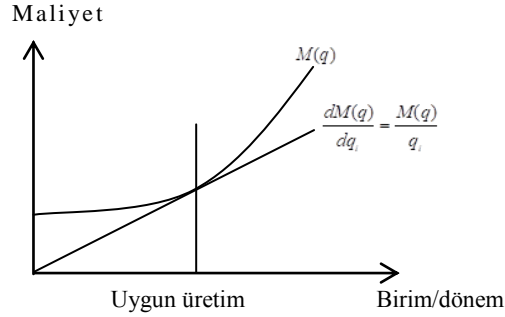
m_0 = Sistemin bir üretim dönemi, seferi sabit sermaye ve işletme maliyeti, Pb/ yıl.

m_1 = Birim hizmetin üretimin malzeme, enerji, işletme, işçilik ve bakım maliyeti, Pb/birim.

m_2 = Birim hizmet üretimi biriktirme, bekletme, sıkışma birim maliyeti, Pb/ birim-yıl
işaret eder.

Bu yönde Şekil . 'de belirtildiği biçimde dönemsel $M(q)$ toplam maliyet fonksiyonu üzerinde belirli $M(q)/q$ ortalama maliyet fonksiyonu ile $dM(q)/dq$ son birim üretimin marjinal maliyet fonksiyonları tanımlanır, Şekil . 'de toplam maliyet fonksiyonuna teğet olarak ortaya çıkan ortalama maliyet fonksiyonu ile marjinal maliyet fonksiyonları

genel olarak Şekil . 'de görüldüğü gibi ortaya çıkar; marjinal maliyet fonksiyonu ortalama maliyet fonksiyonunun minimum noktasından geçer. Bu nokta Şekil . ve 2.'de işaret edildiği biçimde ekonomik üretim noktasını, ölçek üretimini işaret eder. Bu yönde bir üretim hattının maliyet fonksiyonunda sıkışma, bekletme ve bekleme oluşumlarının etkileşmesine bağlı olarak üretilen bir birim lojistik hizmeti maliyetini, ortalama ve marjinal maliyetlerin Şekil 2.'de gösterildiği gibi etkilediği görülür.



Şekil 1: Üretim Miktarına Bağlı Toplam Maliyet Fonksiyonu

Diğer yandan birim başına düşen ortalama maliyet fonksiyonu toplam üretim maliyeti fonksiyonunun

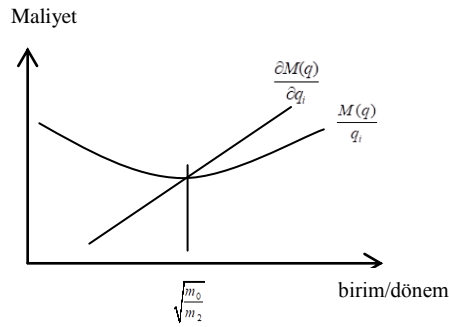
$$M(q) = m_0 + m_1 q + m_2 q^2 \quad (3)$$

dönemsel işletme q üretim hacmine bölünmesi ile elde edilir.

$$OM(q) = M(q) / q = m_0 / q + m_1 + m_2 q . \quad (4)$$

Burada dönemsel maliyet $M(q)$, maliyet fonksiyonunun tanım aralığında sürekli ve türevli bir fonksiyon oldukları kabulü ile toplam maliyet fonksiyonunun (q) iş hacmine bağlı türevi ile $MM(q)$ marjinal maliyet ifadesi;

$MM(q) = dM(q) / dq = M'(q) = m_1 + 2m_2 q$ biçiminde bulunur.



Şekil 2: Üretim Marjinal ve Ortalama Maliyet Fonksiyonları

Ölçek Ekonomisi

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ölçek ekonomisi optimum üretim ölçeği büyüklüklerine bağlı olarak ölçek ekonomisi uzun ve orta dönemli analiz değerlendirmeleri çerçevesinde tanımlanır. Bu yönde

$$OM(q) = M'(q) = MM(q) \quad (5)$$

$$m_0 / q + m_1 + m_2 q = m_1 + 2m_2 q \quad (6)$$

çözümlenmeleri doğrultusunda en basit biçimi ile

$$q_{op} = \sqrt{m_0 / m_2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Son ifade bağlamında uzun veya orta dönemli optimum hizmet üretiminin, optimum sistem ve lojistik işletmesi optimum tedarik zinciri büyüklüklerinin süreç sabit maliyetinin hizmet üretimi biriktirme, bekletme birim maliyetine

oranlarının kareköküne bağlı ortaya çıkar. Optimum üretim ölçeği büyüklüklerinin sabit maliyetler ile artmakta; iletişim, sıkışma, bekleme, bekletme, toplanma birim maliyetleri ile azalmakta olduğu görülür.

Dolayısıyla lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde bir yandan hizmetleri birleştirme ve biriktirme olanakları; diğer yandan hizmetlerin süreçlerine dayalı analiz ve sentez düşünceleri, model ve yöntemleri birleştirme ve sentez ölçek ekonomileri ve olanakları önemli karar ölçütleri ve aşamalarıdır.

Stok Modeli ve Maliyet Analizi

Buradan stok miktarına olarak ilişkin birimlerin taşıma, depolama, ve toplanma maliyet fonksiyonu zaman maliyeti toplam maliyet fonksiyonu; $c_r(q) = c_0 + c_1q + c_2(q^2 / 2Q)T$ olarak ifade edilir (Karayalçın,1978). Bu fonksiyon artan fonksiyondur. Bu ifadede;

c_0 =stok işlemi sabit sermaye ve işletme maliyeti, Pb/ birim-yıl,

c_1 =stok işlemi birim ürün başına yükleme, taşıma, boşaltma, istifleme, depolama, koruma, bakım, havalandırma, iklimlendirme, enerji, güvenlik işletme maliyeti, Pb/ birim,

Q = yıllık talep, üretim/iş hacmi birim/yıl ,

T =yıllık çalışma periyodu, 1 yıl ,

c_2 =talebin birim yıl zaman maliyeti, Pb/ birim-yıl
olmaktadır.

Buradan $c_b(q) = c_r(q) / q = d[c_b(q)] / dq = 0$ ile optimum stok miktarı/yükü büyüklüğü;

$$q_{op} = \sqrt{2c_0Q / (c_2 T)} \quad (7)$$

olarak elde edilir (Karayalçın 1978, Halaç, 1991). Üretim süreçlerinde uzun dönemli üretim planlamaları optimum stok miktarı/yükü büyüklükleri uzun dönemli ölçek ekonomisi optimum üretim ölçeklerine işaret eder.

Kapsam Ekonomisi

Üretim ve hizmet kanallarında önceleri orta ve kısa dönemli düşük talep ve kapasite kullanım gerçekleştirmeleri altında önemli ölçülerde atıl kapasite ortaya çıkabilmektedir. Üretim süreçlerinde farklı yeni hizmet önlemleri ve taktikleri ile hizmet ve kapasite kullanım oranları artırılmaya çalışılır. Bunun için bir çeşit birim ürün yerine çok çeşitli mal ürün üretilerek sunulan kapasiteden azami yararlanılmaya, atıl kapasite azaltılmaya çalışılır. Üretim süreçlerinde çok çeşitli mal hizmet üretilerek kapsam ekonomisi yaratılır, ölçek ekonomilerine yaklaşılar.

Bu durumlarda sözü edilen üretim sistemlerinde alt sistemlerde, kanallarda, kaplarda daha çok üretim çeşitlilikleri çözümleri getirilerek kapasite kullanım oranı ve kapsam ekonomisi olanakları ortaya çıkar, araştırılır. Başka bir ifade ile birim başına sabit sermaye maliyet bileşenlerini azaltma olanakları ve seçenekleri elde edilir. Diğer taraftan iki veya daha çok ürünü, hizmeti ayrı farklı üretim sistemleri kanallarında üretim yerine aynı üretim kanalında üretilmesi seçeneği ile sabit maliyetleri azaltma olanakları elde edilir. Bu talebin ve piyasanın beklentileri doğrultusunda kapsam üretimi ve ekonomisi, ölçek üretimi kapasite altında kullanım oranı maliyeti telafisi ve ekonomisi biçiminde önem kazanır (Dinler, 2015, s. 231-232; Baumol, 1982). Üretim kanallarında s tür ürünün üretimi söz konusu olduğu ve sıra ile birinci, ikinci,..., s 'inci tür ürünleri üretiminin

$$q_1, q_2, \dots, q_s; q_1 = \lambda_1 q, q_2 = \lambda_2 q, q_s = \lambda_s q \dots, q_s = \lambda_s q; \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_s = 1 \quad (8)$$

ilişkileri düşünülün. Bu saptamalar ve varsayımlar çerçevesinde kapsam ekonomisi toplam q ürünün ekonomik kombinezonun

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_s = \lambda_1 q + \lambda_2 q + \dots + \lambda_s q \quad (9)$$

olarak araştırılması ve belirlenmesi odaklıdır. Üretim süreçlerinde ayrıık üretimlerin bütünsel üretim maliyetleri karşılaştırmasında,

$$M_1(q_1) + M_2(q_2) + \dots + M_s(q_s) \geq M(q_1, q_2, \dots, q_s) \quad (10)$$

koşulu ile kapsam ekonomisinin kısıt koşulu ortaya çıkar (Dinler, 2015, ss. 231-232; Baumol, 1982).

Kapasite Kullanımı ve Kapsam Ekonomisi

Lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçlerinde ve kararlarında yük istif hacmi, taşıma ağırlığı kapasitesi, yükleme direnci ve süresi en temel kısıtlardır. Bu yönde söz konusu yük türleri miktarları q_1, q_2, \dots, q_s birim olarak, üretim hacmi, ağırlık ve yükleme süresi kısıt denklemleri;

$$h_1 q_1 + h_2 q_2 + \dots + h_s q_s \leq H \quad (11)$$

$$w_1 q_1 + w_2 q_2 + \dots + w_s q_s \leq W \quad (12)$$

$$t_1 q_1 + t_2 q_2 + \dots + t_s q_s \leq T \quad (13)$$

olarak tanımlanır. Yükleme istif ve/veya taşıma işlemi amaç fonksiyonu/denklemi ise şöyle tanımlanır.

$$Z_{\max} = p_1 q_1 + p_2 q_2 + \dots + p_s q_s \quad (14)$$

Burada,

q_j = Ürün, hizmet çeşitleri j. miktarları karar değişkenleri,

h_j = Karar değişkeninin j. birim üretimi için birim hacim kullanım miktarı, (m3/birim)

w_j = Karar değişkeninin j. birim üretimi için birim ağırlık kapasitesi kullanım miktarı (ton/birim),

t_j = Karar değişkeninin j. birim üretimi için süre miktarı, (saat/birim)

H, W, T = üretim sürecinin toplam toplam hacim, ağırlık kapasitesi ve yükleme süresi

p_j = Ürün gelir, kar, kazanç piyasa değerleri,

olarak tanımlanır.

Ortalama Maliyet ve Kapsam Ekonomisi

Üretim kanallarında

q_1, q_2, \dots, q_s

ürünün veya hizmetlerin ayrı farklı üretim kanallarında üretildiği seçenekleri ile üretim maliyetleri basit biçimi ile şöyle tanımlanabilir.

$$M_1(q_1) = m_{10} + m_{11}q_1 \quad (15)$$

$$M_2(q_2) = m_{20} + m_{21}q_2 \quad (16)$$

$$M_s(q_s) = m_{s0} + m_{s1}q_s \quad (17)$$

Ayrı farklı üretim kanallarında yukarıda belirtilen ürün veya hizmetlerin farklı oranlarda üretildiği seçenekler durumunda toplam maliyet

$$M_1(q_1) + M_2(q_2) + \dots + M_s(q_s) = m_{10} + m_{11}q_1 + m_{20} + m_{21}q_2 + \dots + m_{s0} + m_{s1}q_s \quad (18)$$

olarak ortaya çıkar. Aynı bir üretim kanalında belirtilen ürün veya hizmetlerin bütünleşik bir sistemde üretildiği durumda

$$M(q_1, q_2, \dots, q_s) = m_0 + m_1 q_1 + m_2 q_2 + \dots + m_s q_s \quad (19)$$

olarak ortaya çıkar. Üretim süreçlerinde $\lambda_i = 1$ olduğunda $q_i = \lambda_i q = 1$ bir tür ürün, hizmet üretilmesi koşullarına ulaşılır ki bu durumda maliyet fonksiyonu

$$M_i(q_i) = m_{i0} + m_i q_i \quad (20)$$

tek değişkenli olarak

$$M(q) = m_0 + m_1 q \quad (21)$$

fonksiyonu halini alır. Bu olanaklar ve varsayımlar çerçevesinde yukarıda belirtilen çeşitli ürün veya hizmetlerin üretilmesi ve bütünleşik üretimin ve kapsam ekonomisinin olanaklı olması durumunda,

$$M_1(q_1) + M_2(q_2) + \dots + M_s(q_s) \geq M(q_1, q_2, \dots, q_s) \quad (22)$$

koşulu temel koşuldur. (Dinler, 2015, ss. 231-232; Baumol, 1982). Örneğin, ilk iki tür ürün veya hizmetin bütünleşik serbest işlemlerle üretimi süreçlerinde toplam maliyet fonksiyonu, Şekil 3.'de gösterildiği gibi

$$q = q_1 + q_2 = \lambda_1 q + \lambda_2 q = (\lambda_1 + \lambda_2) q \quad (23)$$

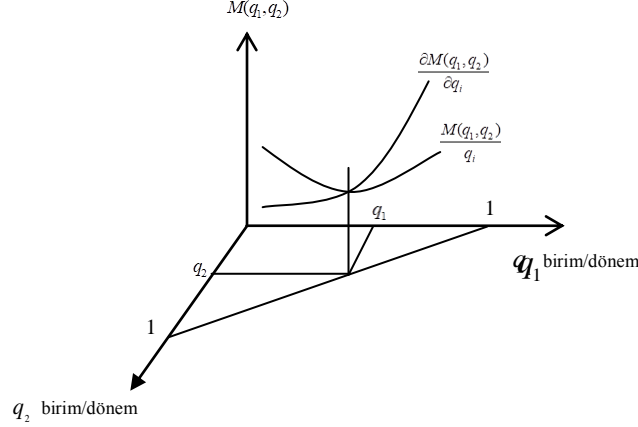
$$M(q_1, q_2) = m_0 + m_{11}q_1 + m_{12}q_2 = m_0 + m_{11}\lambda_1 q + m_{12}\lambda_2 q = m_0 + (m_{11}\lambda_1 + m_{12}\lambda_2)q \quad (24)$$

olarak tanımlanır. Aynı yönde ilk iki tür ürün veya hizmetin bütünleşik bekleme sıkışma hatlı üretim süreçlerinde maliyet fonksiyonu,

$$M(q_1, q_2) = m_0 + m_{11}q_1 + m_{12}q_2 + m_{21}q_1^2 + m_{22}q_2^2 \quad (25)$$

$$= m_0 + (m_{11}\lambda_1 + m_{12}\lambda_2)q + (m_{21}\lambda_1^2 + m_{22}\lambda_2^2)q^2 \quad (26)$$

olarak tanımlanır (Baumol, ss.47-60). Aynı yönde



Şekil 3: Üretim Süreci Marjinal ve Ortalama Maliyet Fonksiyonları

$$q_1, q_2 \quad (27)$$

ilk iki tür ürün veya hizmetin bütünleşik bekleme sıkışma hatlı üretim süreçlerinde maliyet fonksiyonu,

$$M(q_1, q_2) = m_0 + m_{11}q_1 + m_{12}q_2 + m_{21}q_1^2 + m_{22}q_2^2 \quad (28)$$

$$= m_0 + (m_{11}\lambda_1 + m_{12}\lambda_2)q + (m_{21}\lambda_1^2 + m_{22}\lambda_2^2)q^2 \quad (29)$$

olarak tanımlanır (Baumol, ss.47-60). Üretim süreçlerinde Şekil 3.'de gösterildiği gibi yukarıda belirtilen ilk iki tür ürünün miktar ve oranlarına bağlı olarak paket/demet/ışın/paçal ortalama ve marjinal maliyet fonksiyonları,

$$OM(q_1, q_2) = \frac{M(q_1, q_2)}{q} = \frac{m_0}{q} + (m_{11}\lambda_1 + m_{12}\lambda_2) + (m_{21}\lambda_1^2 + m_{22}\lambda_2^2)q \quad (30)$$

$$MM(q_1, q_2) = \frac{dM(q_1, q_2)}{dq} = M(q_1, q_2) = (m_{11}\lambda_1 + m_{12}\lambda_2) + 2(m_{21}\lambda_1^2 + m_{22}\lambda_2^2)q \quad (31)$$

elde edilir. Talebin ve piyasanın beklentileri doğrultusunda uygun üretim çeşitliliğinin sağlanması seçeneği ile üretim çeşitliliklerine bağlı üretim sistemi kanalı tesis sayısı, dolayısıyla üretim sistemlerine bağlı sabit sermaye ve sabit işletme maliyetlerinin azaltılması ölçülerinde kapsam ekonomisi olanaklı olur. Bu yönde, kapsam ekonomisi, belirgin gerçeklere, sınırlara ve gerekliliklere uygun biçimlerde elde edilen maliyet, gelir ve kar fonksiyonlarının, verim, verimlilik, kapasite, lineer programlama, maliyet analizi, karlılık ve başabaş analizi, bugünkü net değer çözümlenmeleri ile elde edilir.

Çözümleme ve Bulgular

Kapsam ekonomisi sorunları ve çözümlenmeleri Bölüm 2'de işaret edildiği biçimlerde, üretim kapasitesi ve talep fazlalıkları olanakları, diğer bir deyiş ile atıl kapasite ve talep artışı piyasa koşullarında ortaya çıkar. Kapsam ekonomisi ortak işletme, mekan, zaman, süreç ve yönetim paylaşımı ve kullanımı durumlarında ortaya çıkar. Kapsam ekonomisi sorunları ve çözümlenmeleri genelde mantıksal, kavramsal, analitik, sentetik, sayısal ve ekonomik çözümlenmeler doğrultularında ilerletilir, elde edilir. Kapsam ekonomisi sorunları ve çözümlenmeleri çok kısa zaman dönemlerinde mevsimsel, konjonktürel talep dalgalanmaları artış eğilimlerinde talebin sunulan ölçek üretimi kapasite olanaklarını kullanma eğilimleri doğrultularında önem kazanırlar. Kapsam ekonomisi çözümlenmeleri, bu yönde kısa dönemli işletme kararları ile dönemsel veya anlık talep artışlarını çekmeyi, talebi karşılayarak sistemin alt yapı sabit maliyetlerini belirli ölçülerde azaltma olanakları yaratırlar.

Mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik, tedarik zinciri, depo ve taşıma süreçlerinde kapsam ekonomisi sorunları ve çözümlenmeleri altyapı ve araç filosu atıl kapasitelerini çeşitli ürün ve hizmet olanakları ile fırsat ve sabit maliyetleri azaltma, marjinal ek gelirleri artırma, sistemleri verimli ve ekonomik kullanım temellidir. Kapsam ekonomisi mevcut kapsamdan kapsam kullanımı geliri yaratma ve fırsat ekonomisi temellidir. Bu yönde lojistik, tedarik zinciri, kombine taşımacılık süreçleri kavramları, teknikleri ve işlemleri ölçek ve kapsam ekonomileri teorik kavramları uygulamaları bir bütünlük içinde birbirlerini bütünleyen yanları ile olanaklı oldukları, ele alınmaları gerektiği gözlemlenir.

Çözümleme Araştırması

Yukarıda Bölüm 2 ve 3.'de belirtilen tanımlama ve çözümleme girişimlerinden de görülebileceği gibi, lojistik, tedarik zinciri taşıma seferi veya üretim dönemi özel süreçleri çözümlenmeleri için üretim biçimlerine ilişkin model ve yöntem özel verilerin toplanması gereklidir. Bu yönde ekonomik ve optimum ölçek ve kapsam ekonomisi üretim çözümlenmeleri için süreçlere ilişkin teori, model ve yöntem bilgileri yanında işletme sistemi model ve yöntemlere uygun talep, teknik verim, kapasite, fiyat, mali ve ekonomik verilerinin, gelir ve maliyet bilgilerinin sistematik araştırılması, bulunması temeldir.

Mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde kapsam ekonomisi çözümlenmesinin üretim ve hizmet çeşitliliklerinin ve miktarlarının üretim talep değişimleri yönünde optimum olarak çözümlenmelerinin temel oldukları ortaya çıkar. Süreçlerde maliyet, gelir ve kar fonksiyonlarının gerçeklere uygun biçimlerde belirlenmesini gerektirir. Süreçlerde şu çözümleme teknikleri ve aşamalarının yerine göre ilerletilmeleri gereklidir.

- Piyasalarda talep, mal ve hizmet üretimi çeşitliliklerinin, süreçlerinin araştırılması.
- Pazara, piyasaya odaklı, talebi çekme odaklı yöntemler geliştirilmesi, çalışılması.
- Mal ve hizmet üretimi çeşitlilikleri, miktarları olanakları ile sistemin tam kapasitede kullanımı odaklı işletilmesi ve birim sabit maliyetlerin azaltılması.
- Karma üretim ortalama birim maliyetlerin ekonomik olarak belirlenmesi.
- Kapsam ekonomisi süreçlerinde lineer programlama ve başa baş karar yöntemleri kullanma, üretim ve piyasa koşullarının belirlenmesi.
- Uygun mal ve hizmet üretimi çeşitlilikleri ve miktarları için karma üretim uygun ekonomik birim maliyetlerin, fiyatların araştırılması, hesaplarının yapılması.
- Uygun üretim çeşitliliklerinden uygun ekonomik tek tip üretim çeşitliliklerine geçiş, arz ve talep dengesi koşullarının araştırılması.
- Belirli zaman dönemi, kapasite ve birim maliyet koşullarında lineer programlama ve başa baş karar yöntemleri çözümlerine ve önceliklerine uygun üretim ve hizmet çeşitliliklerinin ve miktarlarının araştırılması.

Kapsam ekonomisi görüldüğü gibi, mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, kapasite, talep ve üretim hacmi kararlı değerlerinin olduğu dönemler ve süreçler için fırsat gelirleri ve ekonomileri olanakları biçimlerinde ortaya çıkar. Bu hesaplamalar belirli planlamalar ve yönetimler için ekonomik veriler ve ölçütler ortaya koyarlar. Burada özellikle karlılık ve başabaş analizi çözümlenmesinin açıklaması zorunlu görülmüştür.

Karlılık ve Başabaş Analizi ve Çözümlemesi

Bir taşıma ve lojistik işletmesinin yukarıda açıklandığı biçimde

$$q_1(p_1, p_2), q_2(p_1, p_2) \quad (32)$$

arz/hizmet, talep düzeylerine bağlı toplam gelir, toplam maliyet ve toplam kar fonksiyonu sıra ile

$$G(q_1, q_2); M(q_1, q_2); K(q_1, q_2) = G(q_1, q_2) - M(q_1, q_2). \quad (33)$$

olarak tanımlanırsa, kar fonksiyonunu;

$$K(q_1, q_2) = G(q_1, q_2) - M(q_1, q_2) \geq 0 \quad (34)$$

$$= (p_1 q_1(p_1, p_2) + p_2 q_2(p_1, p_2)) - M(q_1, q_2) \geq 0 \quad (35)$$

koşulunu sağlaması temeldir. İşletmenin arz/hizmet, talep düzeylerine düzeyine bağlı karlılık ≥ 0 koşulunda, işletmenin karlılık için ve ayrıca başa baş üretim sınır değerleri, bir diğer deyiş ile karlı üretim başlangıç son değerleri temeldir ve arada optimum üretim değerlerini verir. Burada üretimin optimum değerlerini hesaplama

$$\partial K(q_1, q_2) / \partial q_1 = 0, \quad \partial K(q_1, q_2) / \partial q_2 = 0 \quad (36)$$

ile türetilen denklem takımlarının ortak çözümleri ile bulunur. Diğer yandan bu çözümleme ve bulguların uzun dönemli maliyet analizi ve bugünkü net değer ölçütlerinin olabirlik olanakları ölçülerinde anlamlıdır (Öney, 1985; Özen, 2011).

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kapsam ekonomisi sorunları, model ve yöntem çözümlenmeleri üretim süreçlerinde sezgisel ve bilimsel olarak kullanılmakta oldukları görülür. Araştırma ve çözümlenmelerden kapsam ekonomisi sorunları ve çözümlenmeleri mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde yukarı da belirtilen yöntemlerin veya yöntemler kombinezonlarının arz ve talep fazlalıkları eğilimleri ve koşullarında önem kazandıkları, kullanılmakta oldukları belirginlik kazanır.

Mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde sistemlerin, araçların, alt sistemlerin ortalama ve genel olarak kapasite altında atıl kapasite ile çalışmaları durumlarında belirlilik kazanmaktadır. Dolayısı ile mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde kapsam ekonomisinin ölçek üretimi ve ekonomisi, uzun dönemli kapasite ve yatırım ekonomileri araştırmaları doğrultularında araştırılmaları, kullanılmaları gerektikleri görülmüştür. Mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde kapsam ekonomisi için bir yandan piyasa ve talep yaratma, pazarlama araştırmalarının, diğer yandan da atıl kapasite koşullarında fiyatlandırma ve gelir yönetimi araştırmalarının, model ve yöntem çözümlenmelerinin önemli oldukları görülmüştür. Talebin çeşitlilikleri ve miktarları önemli ölçülerde artış ve ekonomik seçim sorunlarının ortaya çıktığı koşullarında ancak lineer programlama yöntemleri kullanılmalarının önem kazandığı saptanmıştır.

Mal ve hizmet üretimi süreçlerinde, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde kapsam ekonomisi çözümlenmesinin üretim ve piyasa süreçlerinde bütünlük olarak deterministik ve analitik olarak araştırılmalarını, ilerletilmesini gerekli kılar. Bunun için maliyet, gelir ve kar fonksiyonlarının gerçeklere uygun ve güvenilir biçimlerde belirlenebilmesi çalışmaları temeldir. Ayrıca lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde ve işletmelerinde belirtilen alt hizmetlerin ilişkilerinin analitik ve matris düzeninde ifade edilmelerinin, sistematik ve analitik çözümlenmelerinin önemli ve gerekli oldukları görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Baumol, W., J., John C. Panzar, Robert D. Willig(1982), Contestable Markets and The Theory of Industry Structure, HBJ, New York.
- [2] Çancı M., M. Erdal(2009), Lojistik Yönetimi, Freight Forwarder El Kitabı, UTİKAD, ISBN 978-975-92469-7-9, İstanbul.
- [3] Dinler, Z. (2015), Mikro Ekonomi, 26. Baskı, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- [4] Gökdere, A.(1991), Bankacılar İçin Ekonomi Bilgisi, Yayın No:245, Isbn 975-537-000-5, Adalet Matbaacılık Tic. Ltd. Şti., Ankara.
- [5] Halaç, O. (1991), Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Yöneylem Araştırması, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3078, İstanbul.
- [6] Karayağçın, İ.,(1976), Hareket Araştırması, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [7] Keskin, H. (2011), Kavramlar, Prensipler, Uygulamalar, Lojistik El Kitabı, Küresel Tedarik Zinciri Pratikleri, Gazi Kitapevi, ISBN 978-605-5543-34-1, Ankara.
- [8] Keskin, H. (2006), Lojistik, Tedarik Zinciri Yönetimi, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN 975-591-853-1, Ankara.
- [9] Öney, E., (1985) İktisadi Planlama (5.baskı). Ankara: Savaş Yayınları.
- [10] Özen, S. (2011) Lojistik İşletme Ekonomisi ve Yönetimi, Lojistik İşletmeciliği, Haliç Üniversitesi İşletme Fakültesi
- [11] Salman, G., (1980), Liman ve Deniz İşletmeciliği, Y.D.O. Yayınları, NO.3, İstanbul.
- [12] Yarmalı, H. Ö.(2012), Lojistikte Pazarlama, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN 978-605-133-269-7, Ankara.

[13] Yıldırım, C., (1991), Bilim Felsefesi, 3. Baskı, Remzi Kitabevi, Evrim Matbaacılık, İstanbul.

[14] URL1, CSCPM (2013), CSCPM Supply Chain Management Definitions and Glossary, updated August 2013.
(https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921,20/02/2017)

EKONOMİK ÖZGÜRLÜK ENDEKSİNİN LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSİ ÜZERİNE MODERATÖR ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: G-20 VE AVRUPA ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

İhsan Aktaş¹, Burak Küçük²

¹Kırklareli Üniversitesi, Lojistik, Kırklareli, ihsanakt@gmail.com

²Maltepe Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi, İstanbul, burakkucuk@maltepe.edu.tr

ÖZET

Ekonomik özgürlük seviyeleri yüksek olan ülkelerin, refah seviyelerinin de yüksek olduğu günümüzde bilinmektedir. Benzer şekilde lojistik performans endeks skorunun da yüksek olduğu ülkelerin, gelişmişlik ve refah seviyeleri açısından da belirli bir düzeyin üzerinde olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu bildiri de yapılan çalışma ile G-20 ve Avrupa Ülkeleri üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Heritage Vakfı tarafından oluşturulan ekonomik özgürlük endeksi ile Dünya Bankası tarafından oluşturulan lojistik performans endeksinin (LPE) ortak yıllarının ortalama değerleri alınarak ekonomik özgürlük endeksinin (EÖE), lojistik performans üzerindeki moderatör etkisi SPSS programı aracılığıyla hiyerarşik regresyon modeli kullanılarak ölçülecek ve değerlendirmeler de bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik özgürlük endeksi, Hiyerarşik regresyon, Lojistik performans endeksi

ABSTRACT

It is now known that countries with high levels of economic freedom have high prosperity levels. Similarly, it can be observed that countries with high logistic performance index scores are above a certain level in terms of development and prosperity levels. This paper was conducted on the G-20 and European Countries. will be carried out with the Economic Freedom Index (EFI) created by the Heritage Foundation and the Logistics Performance Index (LPI) created by the World Bank will be the average values of the mutual years, and the moderating effect of the economic freedom index on logistic performance will be measured and evaluated using the hierarchical regression model by the SPSS It will be made.

Keywords: Hierarchical regression, Index of economic freedom, Logistics performance index

1. GİRİŞ

Bir toplumda yaşayan bireylerin en temel değerlerinden birisi özgürlük kavramıdır. Günümüzde toplumlarda çok çeşitli özgürlük türleri olmakla birlikte ekonomik özgürlük kavramı toplumların gelişmesi için ciddi önem arz etmektedir. Bu bağlamda yapılan araştırmalar neticesinde ise Adam Smith'ten beri birçok iktisatçı, rekabetin, ticaretin ve kaynakların kullanımının özgür olmasının, ekonomik büyümeyi desteklediğini açıklamıştır (Haan ve Sturm: 2000). Günümüzde ise gerek siyasal özgürlükler (demokrasi) gerekse ekonomik özgürlükler (piyasa ekonomisi) yönünden en ileri ülkelerinde refah düzeyinin daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ekonomik özgürlük kavramına benzer şekilde lojistik faaliyetlerinde ülke ekonomisine ve ülkelerin gelişmişlik seviyelerine katkı sunduğu ölçülebilmektedir. Şöyle ki, Dünya Ekonomik Formu tarafından ticaretin kolaylaştırılması raporunda ticaretin kolaylaştırılması için iki temel bileşen olduğundan bahsedilmiştir bunlar;

- Sınır yönetimi ve taşımacılık
- İletişim altyapısıdır.

Bu iki bileşenin gelişmesi neticesinde küresel ticarete 1,6 trilyon dolarlık, küresel GSYH'da ise 2,6 trilyon dolarlık bir artış yaşanmaktadır. Halbuki ticaretin kolaylaşması için uygulanan tarifelerin kaldırılması uygulaması ile küresel GSYH yalnızca 400 milyar dolar artmakta ve küresel ticarete 1,1 trilyon dolarlık katkı sağlamaktadır (Arvis vd., 2014). Görüldüğü üzere lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesi sonucunda da ekonomik büyüme yaşandığı ölçülmektedir.

Günümüz işletmelerinin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde başarı yakalayabilmeleri için uyguladıkları bazı faaliyetlerin doğru bir şekilde ölçülmesi ve yorumlanması önemlidir. Bu bağlamda lojistiğin performansının ölçülmesi için Dünya Bankası tarafından geliştirilen lojistik performans endeksi (LPE) kabul görmüş bir endeks olup, ekonomik anlamda hangi ülkelerin daha özgür olduğunun belirlenmesi için ise Heritage Vakfının oluşturmuş olduğu ekonomik özgürlük endeksi (EÖE) raporundan faydalanılmaktadır. Bu endeksler sırasıyla lojistik yeterlilik ve ekonomik özgürlük bazında uygulanan faaliyetlerin karşılaştırılabilmesi olanağı sunmaktadır. Çalışmanın amacı Dünya Bankası tarafından geliştirilen lojistik performans endeksi (LPE) ve Heritage Vakfı tarafından geliştirilen ekonomik özgürlük endeksi (EÖE) raporlarını ortak yıllar ve ortalama değerler bazında G-20 ve Avrupa Ülkeleri için kavramsal bir çerçevede ele alarak, ekonomik özgürlük endeksinin, lojistik performans endeksi üzerindeki moderatör(ara bulucu) etkisi SPSS programı aracılığıyla hiyerarşik regresyon modeli kullanılarak ölçülecek ve değerlendirmeler de bulunulacaktır.

2. EKONOMİK ÖZGÜRLÜK

Ekonomik özgürlük kavramı, kişinin mülkiyet haklarının güvence altına alındığı ve ekonomik faaliyetlerinin ise hiçbir baskıya maruz kalmadan özgürce gerçekleştirebileceğini ifade etmektedir (Beşkaya ve Manan, 2012; Miller ve Kim, 2013). Ekonomik anlamda özgür olan toplumlarda ekonomik karar alma süreci toplumun geneline yayılmış durumda olup bu sayede üretim ve tüketim için kullanılan kaynakların tahsisi özgürlük temeline dayandığı için bireylerin veya firmaların başarılı olması sağlanmaktadır (Miller ve Kim, 2013).

Gwartney vd. (2014:1) göre ekonomik özgürlüğün temelini oluşturan varsayımlar şu şekildedir: Kişisel tercih, piyasalar tarafından koordine edilen gönüllü mübadele, piyasalara serbestçe giriş ve rekabet etme özgürlüğü, bireylerin ve mülkiyetlerinin başka bireylerin saldırısına karşı korunması olarak tanımlanmaktadır.

2.1. Ekonomik Özgürlük Endeksi

Heritage Vakfı ekonomik özgürlük endeksi, ekonomik fırsatlar ve refah arasındaki ilişkiyi 1995 yılından bu yana analiz etmektedir. The Wall Street Journal ve Heritage Vakfı işbirliğiyle hazırlanan endeks ekonomik özgürlüğün küresel bir portresini çizmektedir. Ölçülemeyen hiçbir kavramın geliştirilemeyeceğini savunan endeks öğrenci, akademisyen, politikacı, işadamları, yatırımcılar ve medya için kritik bir rol üstlenmiştir. Endeksin bu bağlamda elde ettiği bulgular açık ve nettir: “Ekonomik özgürlüğü yakalayan ve sürdüren ülkeler, daha az özgür ülkelerle karşılaştırıldığında daha fazla refah seviyesine ulaşmışlardır” (Holmes vd. 2008).

2.1.1. Heritage Vakfı Ekonomik Özgürlük Endeksi Göstergeleri

Heritage Vakfı tarafından “Ekonomik Özgürlük Endeksi” adı altında yayımlanan endeks ise 2016 metodolojisinde 4 farklı alanda 10 gösterge ile özet bir endeks inşa etmektedir bunlar:

Tablo 1: Ekonomik Özgürlük Endeksi Göstergeleri

1.Hukukun Kuralı - Mülkiyet Haklarının Korunması - Yolsuzluk Özgürlüğü	2.Hükümet Boyut - Hükümet Harcamaları - Mali Özgürlük
3.Düzenleyici Etkinliği - İş Özgürlüğü - İşgücü Özgürlüğü - Parasal Özgürlük	4. Piyasa Açıklığı - Ticaret Özgürlüğü - Yatırım Özgürlüğü - Finansal Özgürlük

Yukarıdaki tablo 1’de yer alan 10 farklı bileşenin her biri için 0 ile 100 arasında değişen bir puan verilmekte olup 0 en düşük puanı temsil ederken 100 ise en yüksek puanı temsil etmektedir.

Ülkelerin ekonomik özgürlük puanı hesaplanırken ise 10 göstergenin puanları eşit ağırlıklı bir şekilde hesaplanmaktadır. Bunun nedeni ise genel endeksin bir faktöre bağlı olarak ya da herhangi bir politika yönlendirmesi ile sapmasını engellemektir.

3. LOJİSTİK PERFORMANS

Sözlük anlamı olarak performans, bir görevin yerine getirilmesi, bir işin yapılması anlamına gelmekte olup (S.Wehmeir,1993), lojistik performans ise; işletmelerin, kentlerin, ülkelerin veya tedarikçilerin lojistik yetkinlik bakımından karşılaştırmalı durumunu ortaya koyan değerler bütünüdür. Bu değerler; hız, maliyet, zaman, esneklik ve çeviklik gibi lojistik performansın belirlenmesinde dikkate alınan değerler olarak görülmektedir. Bunun nedeni; bu değerlerin firmaların, kentlerin ya da ülkelerin lojistik başarısına göreceli olarak daha fazla katkı yapmasından kaynaklanmaktadır. İşin özünü “daha iyi, daha büyük, daha hızlı ve daha ucuz” felsefesi oluşturmaktadır. Bunun anlamı daha iyi lojistik yetkinliktir (J. Ferreira vd.,2007).

3.1. Lojistik Performans Endeksi

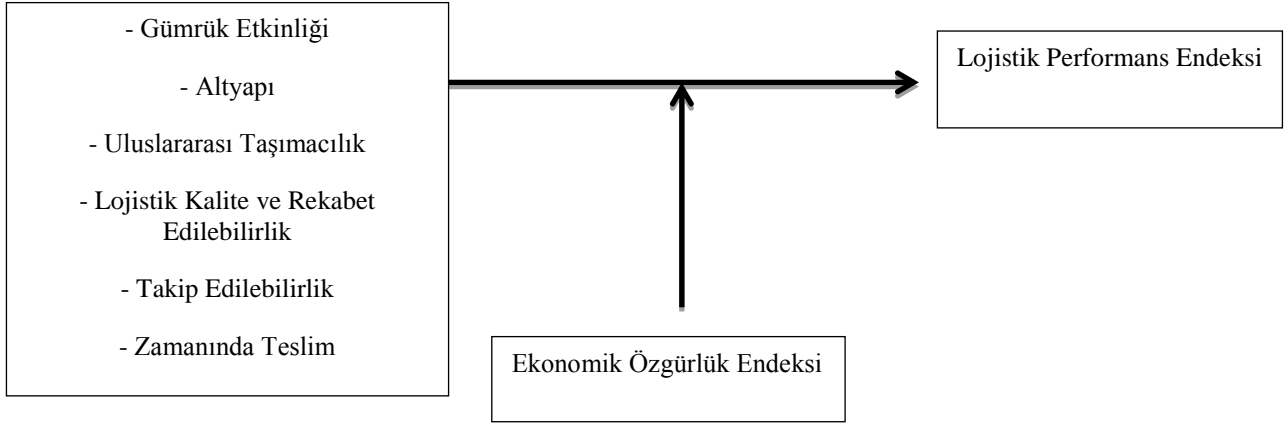
Lojistik performans endeksi (LPE), ülkelerin gümrük, taşımacılık, altyapı gibi lojistik alanındaki performanslarını değerlendirmekte; lojistik büyüme ve kaliteyi ölçerek ülkelerin karşılaştığı zorlukları ve yakaladığı fırsatları belirlemede yardım sağlayan kapsamlı bir endekstir. Lojistik performans endeksi, bulmuş olduğu sonuçlarına göre ulusal liderlere, politikacılara ve ticaret sektöründekilere yönelik olarak, karşılaşılan lojistik sorunları azaltmak ve yakalanan fırsatları verimli kullanmak amacıyla neler yapılabileceği konusunda bilgi vermeyi hedeflemektedirler. Dünya Bankası tarafından ilki 2007 yılında daha sonrası ise 2010, 2012, 2014 ve 2016 olmak üzere 5.si yayınlanan Lojistik Performans Endeksi göstergeleri, pek çok ülkenin gümrüklerdeki verimliliğine, altyapı kalitesine, rekabet edilebilirliğine, izlenebilirliğine, zamanında teslimine ve sağlanan lojistik hizmetlerin kalitesi ve yeterliliğine ilişkin karşılaştırma yapma imkanı sağlamakta ve dünya lojistik sektörünün ülkeler arasındaki karşılaştırmalı durumunu ortaya koymada önemli bir çalışma olan “Rekabet İçin Bağlanma: Küresel Ekonomide Ticaret Lojistiği” adlı raporda yayımlanmaktadır (URL 1).

3.1.1. Lojistik Performans Endeksi Göstergeleri

Lojistik performans endeksi kapsamında yapılan son çalışmada (2016 raporu) ülkelerin lojistik profillerini karşılaştırmak için 160 ülkeden 7000’in üzerinde değerlendirme yapılmış ve veri toplamak için ise ulusal ve uluslararası olmak üzere iki farklı anket formu oluşturulmuştur. Bu anket formları 5’li likert ölçeğine göre hazırlanarak en düşük puan 1, en yüksek puan ise 5 olarak ifade edilmiştir. Uluslararası anket formundan; gümrük ve sınır yönetiminde gümrük etkinliği, ticaret ve ulaştırma altyapısının kalitesi, rekabet edebilir fiyatlarda sevkiyat kolaylığı, lojistik hizmetlerin tamlığı ve kalitesi, sevkiyatları izleme ve takip yeterliliği, planlanan ve beklenen sevkiyat zamanlarında sevkiyatın alıcıya ulaşma frekansı bileşenleri elde edilmektedir. Lojistik performans endeksi hesaplanması için ise uluslararası anket formunda kullanılan 6 bileşenin ağırlıklı ortalaması (gümrükler 0,41, altyapı 0,41, uluslararası taşımacılık 0,41, lojistik kalite ve rekabetçilik 0,41, izleme ve takip edilebilirlik 0,41 ve zamanında teslim ise 0,40) alınarak hesaplanmaktadır (Arvis vd., 2016).

4. UYGULAMA

Çalışmada Lojistik Performans Endeksinin alt boyutları (gümrük etkinliği, altyapı vb.) üzerinde Ekonomik Özgürlük Endeksinin moderatör etkisinin olup olmadığı araştırılmak istenmiştir. Bunun için örneklem olarak G-20 Ülkeleri ve Avrupa ülkeleri belirlenmiş olup toplam gözlem sayımız 51 ülke olarak belirlenmiştir. Araştırmada moderatör etkinin olup olmadığı her bir alt boyut için ayrı ayrı ölçülerek Lojistik Performans Endeksinin alt boyutlarının hangilerinin Ekonomik Özgürlük Endeksi ile ilişkili olduğu bulunmaya çalışılmıştır. Moderatör etkinin analiz edilmesinden önce her bir boyut tek başına modele eklenerek basit regresyon analizi gerçekleştirilmiş, hiyerarşik regresyon için, boyutu oluşturan değişkenler ve her iki değişkenin standardize edilmiş değerlerinin çarpımından oluşan moderatör değişken bir arada analizine sokularak moderatör etkinin var olup olmadığı incelenmiştir. (Çemberci vd,2015)



Şekil 1: Araştırma Modeli

H₁₀: Gümrük Etkinliğinin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H₁₁: Gümrük Etkinliğinin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahiptir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{gümrük}} + \varepsilon$
2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{gümrük}} + \beta_{\text{cöe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Tablo 2: Model Özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Std. Hatası
1	,979 ^a	,958	,957	,09561
2	,983 ^b	,965	,963	,08830

a. Değişkenler: Gümrük Etkinliği

b. Değişkenler: Gümrük Etkinliği, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 2’de görüldüğü üzere 1. Model’in R² değeri ile 2. Model’in R² değerleri arasındaki fark 0,007 olup, oldukça düşük bir artış olduğu ölçülmüştür.

Tablo 3: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Karesi	F	Anlamlılık
1	Regresyon	10,129	1	10,129	1108,123	,000 ^b
	Artık Değer	,448	49	,009		
	Toplam	10,577	50			
2	Regresyon	10,211	3	3,404	436,522	,000 ^c
	Artık Değer	,366	47	,008		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Gümrük Etkinliği

c. Değişkenler: Gümrük Etkinliği, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Yukarıda yer alan anova tablosu modelimizin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığını test etmemize yarar ve tablodaki anlamlılık değeri $0.000 < 0.05$ den olduğu için modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu ifade eder.

Tablo 4: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize Katsayılar	T	Anlamlılık
		Beta	Standart Hata	Beta		
1	Sabit	,763	,080		9,476	,000
	Gümrük Etkinliği	,832	,025	,979	33,288	,000
2	Sabit	,953	,102		9,386	,000
	Gümrük Etkinliği	,916	,035	1,077	26,065	,000
	Ekonomik Özgürlük Endeksi	-,007	,002	-,129	-3,097	,003
	Moderatör Değişken	,010	,015	,018	,644	,523

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Katsayılar tablosunda görüldüğü üzere moderatör değişken 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel bir anlam ifade etmemekte olup aynı zamanda 2.model’de yaşanan R^2 değişiminde çok ufak düzeyde olduğu dikkate alındığında H_{10} hipotezi kabul edilmektedir bu durumu sözel olarak ifade etmek gerekirse “Gümrük Etkinliğinin Lojistik Performansı Etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi Moderatör Etkiye sahip değildir.” şeklinde açıklayabiliriz.

H_{20} : Altyapının Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H_{21} : Altyapının Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahiptir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{altyapı}} + \varepsilon$
2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{altyapı}} + \beta_{\text{eoe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Tablo 5: Model Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,980 ^a	,961	,960	,09204
2	,982 ^b	,964	,961	,09026

a. Değişkenler: Altyapı

b. Değişkenler: Altyapı, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 5’de görüldüğü üzere 1. Model’in R^2 değeri ile 2. Model’in R^2 değerleri arasındaki fark 0,003 olup, iki model arasındaki fark oldukça düşük düzeydedir.

Tablo 6: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Karesi	F	Anlamlılık
1	Regresyon	10,162	1	10,162	1199,634	,000 ^b
	Artık Değer	,415	49	,008		
	Toplam	10,577	50			
2	Regression	10,194	3	3,398	417,105	,000 ^c
	Artık Değer	,383	47	,008		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Altyapı

c. Değişkenler: Altyapı, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 6 olarak aşağıda gösterilen anova tablosu ise kurulan iki modelin bütün olarak anlamlı olup olmadığını test ettiğimiz bir tablo olup tablodaki anlamlılık değerleri iki model içinde $0.000 < 0.05$ den olduğu için modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu ifade eder.

Tablo 7: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize	t	Anlamlılık
		Beta	Std. Hata	Katsayılar		
1	Sabit	,817	,076		10,785	,000
	Altyapı	,770	,022	,980	34,636	,000
2	Sabit	,725	,103		7,034	,000
	Altyapı	,741	,029	,943	25,452	,000
	Ekonomik Özgürlük Endeksi	,003	,002	,056	1,497	,141
	Moderatör Değişken	-,016	,015	-,031	-1,114	,271

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Katsayılar tablosunda görüldüğü üzere moderatör değişkenin anlamlılık düzeyi $0,271 > 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel bir anlam ifade etmemekte olup H_{20} hipotezde yer aldığı üzere “Altyapının Lojistik Performansı Etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi Moderatör Etkiye sahip değildir.” şeklinde açıklayabiliriz.

H_{30} : Uluslararası Taşımacılığın Lojistik Performansı etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H_{31} : Uluslararası Taşımacılığın Lojistik Performansı etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{uluslararası taşımacılık}} + \varepsilon$
2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{uluslararası taşımacılık}} + \beta_{\text{eöe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Aşağıda yer alan tablo 8’de görüldüğü üzere 1. Modelin R^2 değeri 0,939 ve 2. Modelin R^2 değeri ise 0,947’dir. Sözel olarak ifade etmek gerekirse 1. modele ilave edilen ekonomik özgürlük endeksi ve moderatör değişkenin toplam modeli açıklamaya etkisi 0,008’dir.

Tablo 8: Model Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,969 ^a	,939	,938	,11467
2	,973 ^b	,947	,943	,10961

a. Değişkenler: Uluslararası Taşımacılık

b. Değişkenler: Uluslararası Taşımacılık, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 9: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	Regresyon	9,933	1	9,933	755,438	,000 ^b
	Artık Değer	,644	49	,013		
	Toplam	10,577	50			
2	Regresyon	10,013	3	3,338	277,817	,000 ^c
	Artık Değer	,565	47	,012		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Uluslararası Taşımacılık

c. Değişkenler: Uluslararası Taşımacılık, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 9 olarak yukarıda gösterilen anova tablosu ise kurulan iki modelin bütün olarak anlamlı olup olmadığını test ettiğimiz bir tablo olup tablodaki anlamlılık değerleri iki model içinde $0,000 < 0,05$ den olduğu için modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu ifade eder.

Tablo 10: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize Edilmiş Katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata	Beta		
1	Sabit	-,903	,158		-5,734	,000
	Uluslararası Taşımacılık	1,316	,048	,969	27,485	,000
2	Sabit	-1,042	,160		-6,499	,000
	Uluslararası Taşımacılık	1,255	,061	,924	20,599	,000
	Ekonomik Özgürlük	,005	,002	,089	1,985	,053
	Moderatör Değişken	,031	,018	,061	1,779	,082

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Katsayılar tablosunda görüldüğü üzere ekonomik özgürlük endeksinin anlamlılık değeri $0,053 > 0,05$ 'den büyük olmakla beraber bu değer çok yakın çıkması ve benzer şekilde moderatör değişkenin anlamlılık düzeyinin de $0,08 > 0,05$ 'e yakın olması kurulmuş olan hipotezlerin kısmen anlamlı olduğunu ifade etmektedir şeklinde kabul edilebilir. Bu durumda H_{30} hipotezi red edilip, H_{31} hipotezi kabul edilirse “uluslararası taşımacılığın lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksi moderatör etkiye sahiptir.” Denilebilir.

H_{40} : Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirliğin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H_{41} : Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirliğin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahiptir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{Lojistik kalite ve rekabet edilebilirlik}} + \varepsilon$
2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{Lojistik kalite ve rekabet edilebilirlik}} + \beta_{\text{eöe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Aşağıda yer alan model özeti tablosu incelendiğinde iki model içinde R^2 değerleri neredeyse eş olduğu gözlemlenebilmekte olup ikinci modelde yer alan değişkenlerin neredeyse modeli açıklamaya hiçbir etkisinin olmadığı ölçümlenebilmiştir.

Tablo 11: Model Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,992	,984	,983	,05911
2	,992	,985	,984	,05877

a. Değişkenler: Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik

b. Değişkenler: Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 12: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	Regresyon	10,406	1	10,406	2977,762	,000 ^b
	Artık Değer	,171	49	,003		
	Toplam	10,577	50			
2	Regresyon	10,415	3	3,472	1005,209	,000 ^c
	Artık Değer	,162	47	,003		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik

c. Değişkenler: Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Anova tablosuna göre kurulan iki modelin bütün olarak anlamlı olduğu ölçümlenmiştir. Sözel olarak ifade etmek gerekirse Lojistik performans endeksini bağımsız değişkenlerle açıkladığımız modellerimiz anlamlıdır.

Tablo 13: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize Edilmiş Katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata	Beta		
1	Sabit	,363	,056		6,445	,000
	Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik	,902	,017	,992	54,569	,000
2	Sabit	,312	,069		4,523	,000
	Lojistik Kalite ve Rekabet Edilebilirlik	,880	,022	,968	39,905	,000
	Ekonomik Özgürlük	,002	,001	,036	1,455	,152
	Moderatör Değişken	-,005	,010	-,009	-,504	,617

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Katsayılar tablosunda görüldüğü üzere ise gerek ekonomik özgürlük endeksi gerekse moderatör değişken 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak bir anlam ifade etmemektedir. Bu sebeple H_0 hipotezi kabul edilebilir ve sözel olarak şu şekilde “lojistik kalite ve rekabet edilebilirliğin lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksi moderatör etkiye sahip değildir.” ifade edilebilir.

H_0 : Takip Edilebilirliğin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H_1 : Takip Edilebilirliğin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahiptir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{takip edilebilirlik}} + \varepsilon$
2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{takip edilebilirlik}} + \beta_{\text{eöe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Aşağıda yer alan tablo 14’de model özeti yer almakta olup incelendiğinde ikinci modelde R^2 değerleri 0,01’lik bir değişim göstererek ikinci modelde yer alan değişkenlerin toplam modeli açıklamaya etkisinin çok fazla olmadığını ölçümlenebilmiştir.

Tablo 14: Model Özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Std. Hatası
1	,982	,965	,964	,08678
2	,987	,975	,973	,07555

a. Değişkenler: Takip Edilebilirlik

b. Değişkenler: Takip Edilebilirlik, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 15: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	Regresyon	10,208	1	10,208	1355,542	,000
	Artık Değer	,369	49	,008		
	Toplam	10,577	50			
2	Regresyon	10,309	3	3,436	602,107	,000
	Artık Değer	,268	47	,006		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Takip Edilebilirlik

c. Değişkenler: Takip Edilebilirlik, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Yukarıda yer alan anova tablosuna göre ise kurulan iki modelin diğer modellerde olduğu gibi bütün olarak anlamlı olduğu ölçümlenmiştir. Sözel olarak ifade etmek gerekirse lojistik performans endeksini bağımsız değişkenlerle açıkladığımız modellerimiz anlamlıdır.

Tablo 16: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize Edilmiş Katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata	Beta		
1	Sabit	,121	,090		1,341	,186
	Takip Edilebilirlik	,947	,026	,982	36,818	,000
2	Sabit	-,031	,091		-,336	,738
	Takip Edilebilirlik	,883	,029	,916	30,751	,000
	Ekonomik Özgürlük	,006	,002	,108	3,612	,001
	Moderatör Değişken	-,024	,013	-,042	-1,799	,078

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Tablo 16'daki katsayılar tablosuna göre ise takip edilebilirlik ve ekonomik özgürlük endeksi bileşenleri 0,05 güven aralığında anlamlı bulunmuş olup moderatör değişken olan ve takip edilebilirliğin lojistik performansı etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksinin moderatör etkisini ölçen değişken 0,05 güven aralığında anlamsız olup fakat 0,10 güven aralığında anlamlı olması sebebiyle H₅₁ hipotezi kısmen kabul edilebilir şekilde yorumlanabilir.

H₆₀: Zamanında Teslimin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahip değildir.

H₆₁: Zamanında Teslimin Lojistik Performans Endeksini etkilemesinde Ekonomik Özgürlük Endeksi moderatör etkiye sahiptir.

1. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{zamanında teslim}} + \varepsilon$

2. Model: $LPE = \alpha_0 + \beta_{\text{zamanında teslim}} + \beta_{\text{eöe}} + \beta_{\text{moderatör}} + \varepsilon$

Aşağıda yer alan model özeti (tablo 18’de) tablosu incelendiğinde ise iki model içinde R^2 değerleri arasındaki fark 0,009 birim kadar olup, bu farkın çok bir anlam ifade etmediği neredeyse iki modelin birbirine çok benzer olduğu ölçümlenebilmiştir.

Tablo 17: Model Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,969	,940	,939	,11388
2	,974	,949	,946	,10675

a. Değişkenler: Zamanında Teslim

b. Değişkenler: Zamanında Teslim, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Tablo 18: Anova Tablosu

Model		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	Regresyon	9,942	1	9,942	766,569	,000
	Artık Değer	,635	49	,013		
	Toplam	10,577	50			
2	Regresyon	10,042	3	3,347	293,719	,000
	Artık Değer	,536	47	,011		
	Toplam	10,577	50			

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

b. Değişkenler: Zamanında Teslim

c. Değişkenler: Zamanında Teslim, Ekonomik Özgürlük Endeksi, Moderatör Değişken

Yukarıda yer alan anova tablosunda ise kurulan iki modelin bütün olarak anlamlı olup olmadığını test edilmiş ve tablodaki anlamlılık değerleri iki model içinde $0.000 < 0.05$ den olduğu için modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu ifade etmiştir..

Tablo 19: Katsayılar Tablosu

Model		Katsayılar		Standardize Edilmiş Katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata			
1	Sabit	-,760	,151		-5,024	,000
	Zamanında Teslim	1,096	,040	,969	27,687	,000
2	Sabit	-,873	,149		-5,843	,000
	Zamanında Teslim	1,008	,048	,892	21,212	,000
	Ekonomik Özgürlük	,007	,002	,124	2,927	,005
	Moderatör Değişken	-,001	,019	-,002	-,062	,951

a. Bağımlı Değişken: Lojistik Performans Endeksi

Son olarak 19 numaralı tabloda yer alan bağımsız değişkenler zamanında teslim ve ekonomik özgürlük bileşenleri modelde anlamlı olarak bulunmakta olup moderatör değişken $0,951 > 0,05$ olduğundan anlamsız olarak ifade edilmektedir. Sözel olarak ifade etmek gerekirse “zamanında teslimin lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksi moderatör etkiye sahip değildir.” şeklinde ifade edilebilir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada G-20 ve Avrupa Ülkeleri için lojistik performans endeksi alt boyutlarının (gümrük etkinliği, altyapı vb.) lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksinin moderatör etkisinin olup olmadığı her bir alt bileşen için ayrı ayrı hiyerarşik regresyon modeli ile test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda ise gümrük etkinliği, altyapı kalitesi, lojistik kalite ve zamanında teslim altboyutlarının lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksinin moderatör etkiye sahip olmadığı; uluslararası taşımacılık ve takip edilebilirliğin ise lojistik performans endeksini etkilemesinde ekonomik özgürlük endeksinin moderatör etkiye 0,95 güven aralığında sahip olmadığı fakat eğer 0,90 güven aralığında ölçüm gerçekleştirilirse moderatör etkiye sahip olduğu ölçülmüştür.

Yaptığımız bu çalışma ile bir ülkenin ekonomik özgürlük endeksinde üst sıralara çıkabilmesi için lojistik performans endeksi alt boyutlarındaki uluslararası taşımacılık ve takip edilebilirlik boyutlarında iyileştirmeler yapması gerekmektedir. Ayrıca bu çalışma gelecekte benzer çalışmaların, farklı ülke grupları ve farklı endeksler ile test edilmesine rehberlik etmeyi amaçlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Arvis, J. F., Mustra, M. A., Ojala, L., Shepherd, B., & Saslavsky, D. (2014). Connecting to compete. *Trade Logistics in the Global Economy. The Logistics Performance Index and Its indicators*
- [2] Arvis, J. F., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., & Raj, A. (2016). Trade logistics in the global economy: the logistics performance index and its indicators.
- [3] Beşkaya, A., & Manan, Ö. (2012). Ekonomik özgürlükler ve demokrasi ile ekonomik performans arasındaki ilişkinin zaman serileri ile analizi: Türkiye örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 5(10), 47-76.
- [4] Çemberci, M., Civelek, M. E., & Canbolat, N. (2015). The moderator effect of global competitiveness index on dimensions of logistics performance index. *Procedia-social and behavioral sciences*, 195, 1514-1524.
- [5] De Haan, J., & Sturm, J. E. (2000). On the relationship between economic freedom and economic growth. *European Journal of Political Economy*, 16(2), 215-241.
- [6] Ferreira, J., Leitao, J., & Garrido Azevedo, S. (2007). Configuration of Logistics Activities across Life-Cycle of the Firms and Performance: Proposal of a Conceptual Model.
- [7] Gwartney, J. D., Stroup, R. L., Sobel, R. S., & Macpherson, D. A. (2014). *Economics: Private and public choice*. Nelson Education.
- [8] Holmes, K. R., Feulner, E. J., & O'Grady, M. A. (2008). *2008 index of economic freedom*. Heritage Foundation.
- [9] Miller, T., & Kim, A. B. (2013). Defining economic freedom. *Miller AT, Holmes KR, Feulner EJ (eds)*, 87-94.
- [10] URL 1. Türkiye İstatistik Kurumu İnternet Sitesi (2016), Lojistik Performans Endeksi, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikMeta.do?jsessionid=np0ZVyJGtTSnGZhQlQrMvZGnlChLt14L4yBQ7dLfQ0rGlkpMGGLh!1863195282?istab_id=9035, 01.02.2018.
- [11] Wehmeier, S. (1993). *Oxford wordpower dictionary*. Oxford Univ Pr.





ultzk2018.uludag.edu.tr