

LOJİSTİK

DERGİSİ

www.loder.org.tr

Basılı ISSN: 2564-7245

Elektronik ISSN: 2630-5704

Yıl 16 • Sayı 50 • Aralık 2019

LOJİSTİK DERNEĞİ'NİN (LODER) RESMİ YAYIN ORGANI

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA LOJİSTİK FAALİYETLER

LOJİSTİK HİZMET PROMOSYON TİPİNİN BELİRLENMESİNE
YÖNELİK KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

SEZGİSEL BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK TERSİNE LOJİSTİK YÖNETİMİ
STRATEJİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIŞ AÇISIYLA
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

LODER adına sahibi

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ (LODER Yönetim Kurulu Başkanı)

Editör

Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN (LODER Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı)

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Birdoğan BAKİ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN (Galatasaray Üniversitesi)

Dr. Öğretim Üyesi Haluk Recai CEZAYİRLİOĞLU (Esenyurt Üniversitesi)

Prof. Dr. Orhan FEYZİOĞLU (Galatasaray Üniversitesi)

Prof. Dr. Elif KONGAR (Bridgeport Üniversitesi)

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ (Maltepe Üniversitesi)

Prof. Dr. Okan TUNA (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Prof. Dr. Umut Rifat TUZKAYA (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Prof. Dr. Füsün ÜLENGİN (Sabancı Üniversitesi)

Yayın Türü

Yerel Süreli Yayın

Yılda İki Sayı (Haziran - Aralık)

Basılı ISSN: 2564-7245

Elektronik ISSN: 2630-5704

Yayın Adresi

Lojistik Derneği, Bostan Sokak No:15, 5. ve 6. Kat, Louis Vuitton Orjin Binası,

Teşvikiye Nişantaşı İstanbul 34367 Türkiye

Telefon: 0536 379 80 80

Faks No: 0216 553 80 31

www.loder.org.tr - info@loder.org.tr

Lojistik Derneği'nin (LODER'in) yayını olan Lojistik Dergisi,

hakemli bir bilimsel araştırma dergisidir.

Bilimsel makale gönderimi ile ilgili gerekli bilgilere

<http://www.loder.org.tr/tr/sayfa/lojistik-dergisi.html> adresinden ulaşabilirsiniz.

Değerli Okuyucular,

Dergimizin bu sayısında biri yayın taraması ve ikisi araştırma türünde olmak üzere üç makale yer almaktadır.

Makalelerinin yazarlarına ve Lojistik Dergisinin 2019 yılında yayınlanan sayılardaki bilimsel makalelerin değerlendirilme sürecinde kıymetli zamanlarını ayırarak katkı sunan aşağıdaki hakemlere teşekkür ederiz.

Birdoğan Baki, Prof.Dr. (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

İlke Bereketli Zafeirakopoulos, Dr. Öğretim Üyesi (Galatasaray Üniversitesi)

Gülmüş Börühan, Dr. Öğretim Üyesi (Yaşar Üniversitesi)

Haluk Recai Cezayirlioğlu, Dr. Öğretim Üyesi (Esenyurt Üniversitesi)

Mehtap Dursun, Doç. Dr. (Galatasaray Üniversitesi)

Pervin Ersoy, Dr. Öğretim Üyesi (Yaşar Üniversitesi)

Orhan Feyzioğlu, Prof.Dr. (Galatasaray Üniversitesi)

Yavuz Günalay, Prof.Dr. (Bahçeşehir Üniversitesi)

Köksal Hazır, Prof.Dr. (Mersin Üniversitesi)

Batuhan Kocaoğlu, Doç.Dr. (Piri Reis Üniversitesi)

Mehmet Tanyaş, Prof.Dr. (Maltepe Üniversitesi)

Umut Rifat Tuzkaya, Prof.Dr. (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Dergimizin tüm okuyuculara yararlı olmasını ve ilgili araştırmacıların bilimsel çalışmalarına katkı sağlamasını dileriz.

Saygılar.

Prof.Dr. Gülçin Büyükozkan

Lojistik Dergisi Editörü

İÇİNDEKİLER

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA LOJİSTİK FAALİYETLER

[Yazın Taraması Makalesi]

Şeyda SERDARASAN, Özlem GÜREL, Saliha KARADAYI-USTA

34

LOJİSTİK HİZMET PROMOSYON TİPİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

[Araştırma Makalesi]

Serap ÖZBİLGİN, Sinan APAK

45

SEZGİSEL BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK TERSİNE LOJİSTİK YÖNETİMİ STRATEJİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIŞ AÇISIYLA ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

[Araştırma Makalesi]

Fethullah GÖÇER

55

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA LOJİSTİK FAALİYETLER*

Şeyda SERDARASAN¹, Özlem GÜREL², Saliha KARADAYI-USTA³

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maçka, İstanbul, Türkiye
serdars@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9933-0998

²Okan Üniversitesi, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü, Tuzla, İstanbul, Türkiye
ozlem.gurel@okan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6053-490X

³İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maçka, İstanbul, Türkiye
karadayis@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8348-4033

ÖZET

Endüstri 4.0'ın hayatımıza girişiyle iş yapış şekillerinin değişiminin gerekliliği ortaya çıkmış ve buna paralel olarak lojistik faaliyetlerin de bu değişime ayak uyduracak ve destek olacak şekilde uyarlanması söz konusu olmuştur. Öğrenen robotik sistemler, büyük veri ve veri analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, eklemeli üretim gibi teknolojik becerilerin kazanılması Endüstri 4.0'a giden yolu açmıştır. Tüm bu teknolojilerin ve gelişmelerin Lojistik faaliyetleri bütünleşik şekilde ve etkileşim halinde desteklediği lojistik sistemler, Lojistik 4.0 olarak da anılmaktadır. Lojistik 4.0 insan faktörünün giderek azaldığı, karmaşıklığın arttığı, akıllı ürünlerin depolanıp taşındığı, depolama, elleçleme ve taşıma sistemlerinin otonom olmaya doğru gittiği bir sisteme karşılık gelmektedir. Bu çalışma ile lojistik 4.0 tanımının, özelliklerinin ve gerektirdiklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla kapsamlı ve sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasının sonucunda bir işletmenin Endüstri 4.0'a geçerken dikkate alması gereken tasarım prensiplerini destekleyen teknolojilerinin lojistik faaliyetleri desteklemek amacıyla nasıl kullanılabileceği ortaya konmuştur.

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

LOGISTICS ACTIVITIES IN INDUSTRY 4.0

ABSTRACT

Industry 4.0 requires a change of work patterns in organizations and businesses. In order to support this change, logistics activities also need to be reshaped. Technological skills such as adaptive robotic systems, big data and data analytics, cloud computing, augmented reality and additive manufacturing have opened the way for Industry 4.0. Logistics systems, in which the logistics activities are integrated and interactively supported with these technologies and developments are called Logistics 4.0. In Logistics 4.0, the human factor is gradually decreasing, complexity is increasing, smart products are being stored and transported, and storage, handling and transport systems are becoming autonomous. In this study, the definition, characteristics and requirements of Logistics 4.0 are presented. For this purpose, a comprehensive and systematic literature review was conducted. As a result of the literature review, the relationship between the logistics activities, the technologies and the design principles that should be considered when making the leap to Industry 4.0 is discussed.

Keywords: Industry 4.0, Industry 4.0 design principles, Industry 4.0 technologies, Logistics 4.0, Logistics activities

*7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde sunulan "Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik Faaliyetler" başlıklı bildirinin genişletilmiş halidir.

Yayın Künyesi: Ş.Serdarasan, Ö.Gürel, S.Karadayı-Usta, "Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik Faaliyetler", Lojistik Dergisi, Yıl 16, Sayı 50, Sayfa 34-44, Aralık 2019.

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkmıştır. Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı ülkenin kalkınmasını güçlendirmeye yönelik bazı çalışmalar yapmış ve bu bağlamda 10 ana proje 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 üretimde 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 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 çıkışını da çevreden gelen ihtiyaçlar ve beklentiler belirlemiştir (Vogel-Heuser vd., 2017a). Şirketlerin ve tedarik zincirlerinin karşı karşıya kaldığı karmaşıklık giderek artmaktadır (Serदारasan, 2013). Bir yandan pazardaki karmaşıklık artarken, diğer yandan süreç ve sistemlerin işlevselliği ve çeşitlilikleri, teslimat becerisi ve ürün bulunabilirliği, müşterinin beklentileri, ürünlerin uyumluluğu veya güvenilirliği ile ilgili gereklilikler başa çıkılması gereken karmaşıklığı daha da artırmaktadır (Vogel-Heuser vd., 2017a). Giderek artan karmaşıklıkla başa çıkabilmek için şirketlerin esnekliklerini artırmalarının yanısıra otonom sistemler, büyük veri ve veri analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik kullanımı gibi teknolojik becerileri kazanmaları Endüstri 4.0'a giden yolu açmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan kavramlar siber fiziksel sistemler (CPS), nesnelere interneti (IoT), hizmetlerin interneti (IoS) ve akıllı fabrikalar olmuştur (Hermann vd., 2015, Rüßmann vd., 2015). Endüstri 4.0'ın diğer endüstri devrimlerinden farkı, CPS'nin, standart internet tabanlı protokoller kullanarak birbirleriyle etkileşebiliyor 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 geleneksel yöntem ve araçların ihtiyaçlara yeterince cevap verememesinden dolayı yeni kavramlarla birlikte yeni iş modellerine gereksinim duyulacağı açıktır (Hofmann ve Rusch, 2017). Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'ın bir parçası olarak tanımlanabilir (Vogel-Heuser vd., 2017b). Lojistik 4.0'da, CPS fiziksel süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve bu ortamda âdemi merkeziyetçi (merkezi olmayan) kararlar verir. IoT ile CPS, birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurar ve işbirliği yapar. Büyük veri ve veri analitiği karar verme sürecini desteklemek için bilgi işler. IoS sayesinde hem organizasyon içinde hem de organizasyonlar arasında lojistik hizmetler değer zincirinin katılımcıları tarafından sunulmakta ve kullanılmaktadır (Wang, 2016).

Endüstri 4.0 çağında lojistik sistemler insan faktörünün giderek azaldığı, karmaşıklığın arttığı, akıllı ürünlerin depolanıp taşındığı, taşıma, depolama ve elleçleme faaliyetlerinin otonom olmaya doğru gittiği sistemlere dönüşmektedir. Bu çalışmada Lojistik 4.0 tanımı, özellikleri ve gerektir-

diklerini ortaya koymak amacıyla 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 ortaya konmuş ve lojistik faaliyetlerde hangi teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabileceği tartışılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Endüstri 4.0 Tasarım Prensipleri

Hermann vd. (2015) ve Pfohl vd. (2015, 2017) çalışmalarında Endüstri 4.0 sistemlerin sahip olduğu özellikleri araştırmış ve Endüstri 4.0 tasarım prensiplerini belirlemiştir. Söz konusu çalışmalarda vurgulanan prensiplerin tanımları bu bölümde verilmiştir.

Sanallaştırma ve Dijitalleştirme (Virtualization & Digitalization): Dijitalleştirme ürün, süreç ve iletişim kanallarının dijital ortama aktarılmasını ifade eder (Pfohl vd., 2015). Günümüzde dijitalleşmenin tedarik zinciri ve işletme operasyonlarında uygulanması bir gereklilik haline almıştır (Martinez, 2019). Sanallaştırma, CPS ile fiziksel süreçlerin izlenebilmesidir. Sensör verileri, sanal tesis modellerine ve simülasyon modellerine bağlanarak fiziksel sistemin sanal bir kopyası oluşturulur (Hermann vd., 2015). Akıllı fabrikada sanal model tüm CPS'nin durumunu izler ve hata durumunda bir insanı bilgilendirebilir. Ayrıca, takip eden süreç adımları veya güvenlik düzenlemeleri gibi gerekli bilgileri sağlayabilir ve böylece insanlar artan karmaşıklıkla daha kolay başa çıkabilirler (Gorecky vd., 2014; SmartFactory, 2014). Sanallaştırma ve dijitalleştirmenin organizasyonel performans ve değer yaratma üzerinde de önemli bir etkisi bulunmaktadır (Büyüközkan ve Göçer, 2018).

Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability): Birlikte çalışabilirlik, şirket içindeki ve dışındaki tüm sistemlerin birbirine bağlı olmasıdır. Endüstri 4.0 şirketlerinde, CPS ve insanlar, IoT ve IoS üzerinden birbirlerine bağlıdır (Hermann vd., 2015). Standartlar, bu iletişimin başarısında önemli bir faktördür. 2013 yılında ilki yayınlanan "Alman Standardizasyon Yol Haritası" (alm. Deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0) standart konusunda yapılan çalışmalara örnek oluşturmaktadır (DIN/DKE, 2018). Akıllı fabrika kapsamında birlikte çalışabilirlik, tesis içindeki tüm CPS'nin (örn. iş parçası taşıyıcıları, montaj istasyonu ve ürünler) birbirleriyle açık ağları ve semantik tanımları inceleyerek iletişim kurabilmeleri anlamına gelmektedir (SmartFactory, 2014). Endüstri 4.0 unsurlarını bir araya getirdiğimizde "birlikte çalışabilirlik" kendiliğinden gerçekleşmektedir (Imran vd., 2018).

Otonomasyon (Autonomization): Endüstri 4.0 teknolojileri ve kavramları, geleceğin fabrikalarında sistemlerin, makinelerin ve algoritmaların kendi kendine öğrenmesini ve kararlar almasını mümkün kılar. Bu otonom karar verme ve öğrenme, insan yapımı algoritmaları temel alır ve sistemin daha az insan-makine etkileşimi ile çalışmasına olanak tanır (Pfohl vd., 2015; 2017).

Merkezsizleşme/ Dağıtık Sistemler (Decentralized/ Distributed Systems): Endüstri 4.0 ile yakalanan koordinasyon düzeyi işlerin tek bir merkezden yönetilmesi zorunluluğunu ortadan kaldırır ve daha yüksek adaptasyon ve güvenilirlik ortamı oluşturur (Antons ve Bendul, 2020). Kişiselleştirilmiş ürünler için artan talep, sistemlerin merkezi olarak kontrol edilmesini

giderek zorlaştırmaktadır. Gömülü sistemler, CPS'nin kendi başına kararlar almasını sağlar. Yalnızca hata durumunda görevler daha üst bir seviyeye devredilir (ten Hompel ve Otto, 2014). Bununla birlikte, kalite güvencesi ve izlenebilirlik için tüm sistemi her an takip etmek gerekir. Akıllı fabrika kapsamında merkezsizlik, RFID etiketlerinin makinelerle hangi işlemin gerçekleşmesi gerektiğini bildireceği anlamına gelir. Bu da, merkezi planlama ve denetime gerek olmaması sonucunu doğurur (Schlick vd., 2014).

Gerçek Zamanlı Kullanılabilirlik (Real Time Availability): Süreçlerin sağlıklı işleyişi için verilerin gerçek zamanlı olarak toplanması ve analiz edilmesi gereklidir. Böylece, sistemin durumu sürekli izlenir ve analiz edilir (Hermann vd., 2015). Böylece, örneğin akıllı fabrikada bir makinenin arızasına anında tepki verilebilir ve ürünler başka bir makineye yönlendirilebilir (Schlick vd., 2014). Bilginin "gerçek zamanlı kullanılabilirliği", tedarik zinciri planlama süreçlerinde de belirsizliği azaltarak daha etkin çözüm üretilmesine destek olmaktadır (Rossit vd., 2019).

Hizmet Yönelimi/ Hizmetleştirme (Service Orientation/ Servitization): Dijitalleşme, işletmelerde hizmet yönelimine yeni hizmetler, platformlar ve iş modelleri sunarak zemin oluşturmaktadır (Kohtamäki vd., 2019). Şirketlerin, CPS'lerin ve insanların bulunduğu hizmetler IoS üzerinden yürütülebilmekte ve diğer şirket içi ve şirket dışı katılımcılar tarafından kullanılabilir (Hermann vd., 2015). Akıllı fabrika, hizmet odaklı mimariye (SOA) dayanmaktadır. Tüm CPS'ler işlevlerini web hizmeti olarak sunmaktadır (SmartFactory, 2014). Sonuç olarak, müşteri sisteme doğrudan dahil edilerek, müşteri taleplerine uygun olarak ürüne özel süreç(ler) yürütülebilmektedir (Schlick vd., 2014).

Esneklik (Flexibility): Esneklik, sistemlerin değişen koşullara uyum sağlama yeteneğidir. Yeni ihtiyaçları karşılamak ve değişen tercihleri güncellemek için esneklik gereklidir (Daub ve Duddeck, 2019). Yeni ve daha karmaşık talep ve süreç gereksinimleri nedeniyle, örneğin ürün geliştirme veya karar verme süreçlerinin daha hızlı ve etkin işlemesi gerekmektedir (Lasi vd., 2014). Gerçek zamanlı veri ve otonomasyon, esnekliği destekleyen prensiplerdir.

Enerji Verimliliği (Energy Efficiency): Endüstri 4.0, son teknoloji ile birlikte optimize edilmiş üretim süreçlerini ele almakta, enerji tüketiminin en aza indirilmesini sağlamaktadır (Mohamed vd., 2019). İklim değişikliği ve kaynakların azlığı gelecek endüstri oyuncularını etkileyecek bir megatrend konumundadır. Bu megatrend, üretim ve lojistikte karbon-nötr teknolojilerin kullanımına olan ihtiyacı tetiklerken, yenilenebilir enerjilerin kullanılmasını da cazip kılmaktadır (Berger, 2014).

Yatay ve Dikey Bütünleşme (Horizontal and Vertical Integration): Endüstri 4.0 açısından yatay bütünleşme, malzeme, enerji ve bilgi alışverişini içeren planlama ve üretim süreçlerinin farklı aşamalarında kullanılan çeşitli kurumsal yazılım ağları ile CPS'nin ortaklaşa çalışması sayesinde makineler arası, tesisler arası ve tedarik zinciri boyunca otomasyon, esneklik ve verimlilik düzeylerinin artırılması anlamına gelir; ve değer zinciri boyunca uçtan uca entegrasyonu ifade eder (Kagermann vd. 2013). Dikey bütünleşme ise bu uçtan uca çözümü sunmak için çok sayıda esnek ve yapılandırılabilir akıllı sistemin farklı hiyerarşik seviyelerinin (örn., aktüatör ve sensör, üretim yönetimi, ve kurumsal kaynak planlama seviyeleri) etkileşim içinde olmasını ve bütünleşmesini ifade eder (Kagermann vd., 2013). Örneğin üretim sisteminde dikey bütünleşmeyi sağlamak

için sistemin farklı seviyelerindeki tüm aktüatör ve sensör sinyallerinin kurumsal kaynak planlama seviyesine kadar dijital entegrasyonu gerçekleştirilmelidir (Perez-Lara vd., 2018). Ne var ki, günümüz işletmelerinde ve tedarik zincirlerinde IT sistemlerinin çoğu tamamen entegre değildir. Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, süreçler ve yetenekler daha uyumlu hale gelecek ve tedarik zinciri boyunca entegre bir ağ evrimleşecektir (Hofmann ve Rusch, 2017).

2.2. Endüstri 4.0 Temel Teknolojileri

Endüstri 4.0 teknolojilerinin yukarıda bahsedilen prensipleri yerine getirmek üzere bir değer zincirinde türetilen ve uygulanan tüm yenilikler olduğu söyleyebiliriz (Pfohl vd., 2017). Bu teknolojilerden CPS ve IoT/IoS özel olarak Endüstri 4.0 ile bağdaştırılmakla birlikte, burada listelenen diğer teknolojiler de Endüstri 4.0'ı destekleyen ve mümkün kılan uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Siber fiziksel sistemler (CPS), hesaplamının fiziksel süreçlerle bütünleştirilmesi olarak tanımlanmıştır. CPS'de, gömülü bilgisayarlar ve ağlar fiziksel süreçleri izler ve kontrol ederken geri bildirim döngüleriyle fiziksel süreçler de hesaplamaları etkilemektedir (Lee, 2008). Bu, üretim sürecinde üst düzey kontrol, gözetim, şeffaflık ve verimlilik sağlar. CPS, sistemin birbirine bağlı bileşenlerinin fiziksel bir ağı, akıllı kontrol birimlerinden oluşan bir siber ağ ve bunların arasındaki iletişim bağlantılarından oluşur (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 doğasını değiştirebilmektedir (Lee, 2008).

Nesnelerin interneti (IoT), RFID, sensörler, aktüatörler, mobil telefonlar gibi nesnelerin benzersiz adresleme şemaları aracılığıyla birbirleriyle etkileşime girmesini ve komşu 'akıllı' bileşenleriyle işbirliği içinde ortak hedeflere ulaşmalarını sağlar (Hermann vd. 2015). Endüstri 4.0 çerçevesinde bazen bitmemiş ürünler de dahil olmak üzere daha fazla nesne gömülü sistemler ile zenginleştirilecek ve birbirine bağlanacaktır (Schuh vd., 2017; Veza vd., 2015). Bu, aynı zamanda merkez yetici olmayan karar vermeyi destekler ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlar (Rüßmann vd., 2015). Yenilikçilik 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).

Hizmetlerin interneti (IoS), servis sağlayıcıların hizmetlerini internet üzerinden sunmasını sağlar. IoS, katılımcılar, hizmet altyapısı, iş modelleri ve hizmetlerin kendilerinden oluşmaktadır (Perales vd., 2018). Hizmetlerin web teknolojileri aracılığıyla kolaylıkla erişilebilir hale geldiği, şirketlerin ve özel kullanıcıların yeni 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 varsayılmaktadır. Bu tanımın yanısıra, hizmet odaklı mimari (SOA), hizmet olarak yazılım (SaaS) veya iş süreçlerinde dış kaynak kullanımı gibi kavramların IoS ile yakından ilişkili olduğu dikkate alınarak terimin daha geniş bir tanımı da önerilmektedir: bir tarafın öngörülen bir işlevi ve ilgili bir faydayı sağlamak için başka bir tarafın kaynaklarına geçici olarak erişim imkânı elde ettiği ticari bir işlem.

Burada sözü edilen kaynaklar insan gücü ve beceri, teknik sistemler, bilgi, sarf malzemeleri, arazi ve diğerleri olabilir (Hofmann ve Rusch, 2017).

Veri, 21. yüzyılın ham maddesi olarak nitelendirilmekte ve işletmelerin kullanabileceği veri miktarının her 15 ayda bir iki katına çıkması beklenmektedir. Geleceğin 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 olmuş ve 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.

Günümüzde şirketler, bazı kurumsal ve analitik uygulamalar için Endüstri 4.0'dan bağımsız olarak bulut bilişim ve bulut tabanlı yazılımlar kullanmaktadır. Ancak Endüstri 4.0 ile beraber tedarik zinciri elemanları arasında daha hızlı ve daha fazla veri paylaşımı gerekmektedir. Bulut teknolojileri şirketlerin bu konudaki en büyük yardımcısı olacaktır. Üretim ve hizmet sistemlerinden toplanan veriler giderek artan bir şekilde buluta yüklenecek ve bu sayede üretim sistemleri için daha fazla veriye dayalı hizmet sağlanabilecektir. Hatta süreçleri izleyen ve denetleyen sistemler de zamanla bulut tabanlı olacaktır (Rüßmann vd., 2015). Kullanıcılar, bulut sayesinde gerektiğinde, insan etkileşimi olmadan bilgi işlem kaynaklarına hızla ulaşabilirler. Bulutun kapasitesi, gereken durumlarda otomatik olarak hızlı ve esnek bir şekilde ölçeklendirilebilir. Öznitelik tabanlı erişim denetimi, bulut gibi büyük ölçekli dağıtık sistemler için gerekli olan esnekliği ve ölçeklenebilirliği sağlar. Bulut altyapısı, sistemin CPU'su (merkezi işlem birimi) üzerinde oluşabilecek yükü hafifletebilir, şifreleme/şifre çözümü hızlandırabilir ve istemci-sunucu gibi geleneksel ağ topolojilerinden dolayı yaşanan trafik sıkışıklığı sorunlarını hafifletebilir. Bulut bilişimde, mevcut servis modelleri altyapı olarak hizmet (IaaS), platform olarak hizmet (PaaS), yazılım olarak hizmet (SaaS) olarak adlandırılır (Zissis ve Lekkas, 2012).

Otomasyonla birlikte robotlar insan işçilerin yerini almaya başlamışlardır. Birçok üretici, karmaşık görevleri üstlenmek için uzun zamandır robotlardan faydalanmaktadır. Günümüzde robotlar, uyum sağlayabilen, iletişim ve etkileşim kurabilen varlıklar haline, diğer bir deyişle akıllı hale gelmişlerdir. Bu da şirketlerin daha üretken olmasını sağlamaktadır. 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). Çeşitli işlevler için robotların kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır (üretim, lojistik, ofis yönetimi vb.). Bu operasyonlar uzaktan kontrol edilebilir özelliğe sahip olacaktır. Örneğin, üretim hattında bir sorun ortaya çıktığında, işçinin mobil cihazına gelen bir uyarı mesajı ile durumdan haberdar olması, duruma uzaktan müdahale etmesi ve fiziksel olarak tesise gelmeksizin üretimin devam etmesini sağlayacak yönergeler vermesi mümkün olabilecektir. Böylece, tesis 7 gün 24 saat çalışırken, işçilerin yalnızca mesai saatleri içinde tesiste bulunmaları yeterli olacaktır (Blanchet vd., 2014).

Blok zinciri, işlemlerin kaydedilmesi ve varlıkların bir iş ağına izlenmesi sürecini kolaylaştıran paylaşılan, dağıtık bir kayıt defteridir. Bir varlık, bir ev, araba, nakit, arazi gibi somut bir varlık olabileceği gibi patent, telif

hakkı veya fikri mülkiyet gibi maddi olmayan varlıklar da olabilir. Değeri olan neredeyse her şey 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 paylaşarak depo işlemleri ve kaynakları daha etkin planlanabilir. Zamanında toplama, teslimat ve nakliye işlemleri taşıma maliyetini düşürür ve dağıtım hizmet seviyesini iyileştirir.

Geçmiş çalışmalar tedarik zinciri boyunca bilgi paylaşımının faydalarını ortaya koymuştur (Mentzer vd., 2001, Min ve Mentzer, 2004). Ancak işletmelerde kullanılan 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 görünürlüğüne sağlamak için kolay bir çözüm gibi görünse de, bu ağ işletmeler için ek maliyet oluşturmaktadır. Bununla birlikte, çoğu şirket şirkete özel bilgilerin başkalarının eline geçmesi ihtimaline karşın bilgi paylaşmak istemez. Bilgi paylaşımı ile birlikte erişim kontrolünü de dikkate almak gerekir. Yeni bir dağıtık veri tabanı sistemi olarak ortaya çıkan blok zincir, düşük maliyetli ve erişim kontrollü bir veri tabanı sistemine olan ihtiyacı karşılamaktadır. Bu sisteme örnek olarak Bitcoin'i verebiliriz ve bu sistem sayesinde kullanıcılar merkezi olarak düzenleyiciye ihtiyaç duymadan, açık kaynaklı bir açık defteri (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 birbirine 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).

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 üretim 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 arttırırken, ürüne ait toplam ağırlığın, ürüne ait atıkların, ürünü meydana getiren kaynakların ve enerjinin azaltılmasıyla sonuçlanacaktır (Pour vd., 2016).

Artırılmış gerçeklik tabanlı sistemler, bir depoda ürün toplama 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 artırılmış gerçeklikten daha fazla yararlanacaklardır. Örneğin, işçiler onarılacak gerçek sisteme baktıkları için belirli bir parçanın nasıl değiştirileceği konusunda tamir talimatları alabilirler. Bu bilgiler, artırılmış 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. Artırılmış gerçeklik 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 duygularını ve yeteneklerini zenginleştiren sanal bilgi ile gerçek dünyayı birleştiren tüm faaliyetler artırılmış gerçekliğin bir ürünüdür (Azuma, 1997). Burada örnek olarak Google'ın akıllı gözlüğünden bahsedilebilir; çalışan bu sayede eller serbest olarak iş görebilir ve bu da çalışana işi yapmada daha fazla esneklik sunar (Ro vd., 2018).

Endüstri 4.0 tasarım prensipleri ile bu prensipleri destekleyen Endüstri 4.0 teknolojileri Tablo 1'de ilişkilendirilmektedir. Bu ilişki matrisi her bir Endüstri 4.0 tasarım prensibini hayata geçirmek için hangi teknolojilerin kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 1'e bakıldığında Sanallaştırma ve dijitalleştirme, CPS, IoT/loS, bulut bilişim, blok zincir ve artırılmış gerçeklik ile sağlanırken; birlikte çalışabilirlik prensibi CPS, IoT/loS, robotik ve blok zincir ile desteklenmektedir. Gittikçe karmaşıklaşan sistemlerle başa çıkmanın yolu olarak gösterilen

otonomasyon ve merkezsizleşme prensipleri CPS, IoT/loS, bulut bilişim, robotik sistemler, blok zincir ve eklemeli üretim ile desteklenmektedir. Gerçek zamanlı kullanılabilirlik prensibi hemen tüm teknolojilerin bir araya gelmesi ile karşılanmaktadır. Esnekliği destekleyen teknolojiler bulut bilişim, robotik, blok zincir, eklemeli üretim ve artırılmış gerçeklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Hizmet yönelimi temel Endüstri 4.0 teknolojileri olan IoT/loS ve bunu destekleyen büyük veri ve bulut bilişimin kullanımı ile sağlanabilir. Gelecek endüstrisinin sahip olması gereken önemli bir özellik olan enerji verimliliğini destekleyen teknolojiler olarak IoT/loS, büyük veri analizi ve eklemeli üretim ön plana çıkmaktadır. Yatay ve dikey bütünleşmeyi destekleyen teknolojiler olarak IoT/loS, bulut bilişim ve blok zincir göze çarpmaktadır. Bu ilişki matrisi aynı zamanda Endüstri 4.0 için lojistik sistemlerin tasarımında yol gösterici rol oynamaktadır.

3. LOJİSTİKTE KULLANILAN ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOJİLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Lojistik 4.0, Endüstri 4.0'ın vazgeçilmez bir parçasıdır ve Endüstri 4.0'ın gelişimini teşvik edecektir (ten Hompel ve Henke 2014). Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik uygulamalarını ele alırsak, CPS fiziksel lojistik süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve âdemi merkezietçi (merkezi olmayan) kararlar verir. IoT ile CPS, birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurar ve işbirliği yapar. Büyük veri lojistik karar verme sürecini desteklemek için bilgi keşfeder. loS aracılığıyla da hem iç hem de tesisler arası lojistik hizmetler değer zincirinin katılımcıları tarafından sunulmakta ve kullanılmaktadır (Wang, 2016). İlgili yazının incelenmesi ile Endüstri 4.0 teknolojilerinin mevcut ve potansiyel lojistik uygulamaları Tablo 2'de özetlenmiş ve aşağıda örneklerle aktarılmıştır.

Siber Fiziksel Sistemler: Modern lojistik sisteminin önemli bir bölümünü

Tablo 1: Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Tasarım Prensipleri İlişki Matrisi

	Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems - CPS)	Nesnelerin İnterneti/ Hizmetlerin İnterneti (Internet of Things/Internet of Services - IoT / loS)	Büyük Veri ve Veri Analizi (Big Data and Data Analytics)	Bulut Bilişim/ Bulut Lojistiği (Cloud Computing/ Cloud Logistics)	Robotik ve Otonomasyon (Robotics and Automation)	Blok Zinciri (Block Chain)	Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing)	Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
Sanallaştırma/ Dijitalleştirme	X	X		X		X		X
Birlikte Çalışabilirlik	X	X			X	X		
Otonomasyon	X	X			X	X		
Merkezsizleşme / Dağıtık Sistemler	X	X		X		X	X	
Gerçek Zamanlı Kullanılabilirlik	X	X	X	X		X		X
Esneklik				X	X	X	X	X
Hizmet Yönelimi /Hizmetleştirme		X	X	X				
Enerji Verimliliği		X	X				X	
Yatay ve Dikey Bütünleşme		X		X		X		

Tablo 2: Lojistikte Endüstri 4.0 Teknolojilerinin uygulama alanları

	Siber fiziksel sistemler (CPS)	Nesnelerin / Hizmetlerin İnterneti (IoT/İoS)	Büyük Veri	Bulut Bilişim/ Bulut Lojistiği	Robotik ve Otomasyon	Blok Zinciri	Eklenti Üretim	Artırılmış Gerçeklik
Taşıma	*	X	X					X
İzlenebilirlik		X				X		
Rotalama			X					
Akıllı sürüş/seyir								X
Araç atama optimizasyonu			X					
Bakım/arıza yönetimi		*						
Araç kapasite planlama			X					
Depolama	*	X			X			X
Sipariş toplama					X			X
Sipariş ayırıştırma					X			X
İzlenebilirlik		X				X		
Katma değerli hizmetler & paketleme	*				X		*	X
Muayene & gözetim	*	*	*			*		X
Stok yönetimi		*		X		*		
Müşteri ilişkileri		X		X		*		
Gümrükleme				*		X		
Sigortalama				*		*		

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

oluşturan depo sistemi için, bilgi ve otomasyonlu ekipmanlara dayanan daha düşük maliyetli bir lojistik yönetim ve kontrol sistemi geliştirilmelidir (Vogel-Heuser vd. 2017b). CPS, ilk aşamada bağımsız yönetim bilgi sistemini ve otomatik kontrol sistemini bir bütün haline getirir ve ardından lojistik sistemin 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 lojistik sistemlere uygulanmasına ilişkin yeni araştırmaların yolunu açmaktadır (Liu vd., 2012, Ilie-Zudor vd. 2019).

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 veri 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

bakıldığında, büyük ölçekli IoT yayılımında güvenlik ve ortak bağlantı standartlarını sağlayan yeni lojistik 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 sağlar. 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 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 birikimlerden kaçınmaya yardımcı olur. Kısaca özetlersek IoT, lojistik operasyonların şeffaflığını, izlenebilirliğini ve güvenilirliğini artırır. Karmaşık ortamlarda karar vermeyi otomatikleştirdiği için daha yüksek işletme 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: 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 güvenilir yöntemler kullanarak çoklu veri akışlarından elde ettikleri yapılandırılmış ya da yapılandırılmamış (sosyal ağlardaki metin, görsel, videolar vb.) büyük verinin entegrasyonunu sağlamalıdır. Büyük veriyi düzenlemekte kullanılacak analitik yöntemler daha da gelişip yaygınlaştıkça veri odaklı lojistik işletme modelleri de daha çok kullanılabilir hale gelecektir. Ayrıca büyük veri kullanarak lojistikteki operasyonel verimlilik geliştirilebilir. Büyük veri sayesinde karar vermede hız ve şeffaflık artar, kaynak kullanımı, süreç kalitesi ve performansı optimize edilebilir. Örneğin, ulaşımda veri akışlarının (sevkiyat bilgileri, hava durumu, trafik vb.) akıllıca ilişkilendirilmesi, atamaların gerçek zamanlı çizelgelenmesini, yük dizilerinin optimizasyonunu ve tahmini varış zamanına ilişkin tutarlılığın artmasını mümkün kılar. (DHL, 2016)

Bulut Bilişim/ Bulut Lojistiği: Karmaşık ve istikrarsız ortamlar için ideal olan bulut bilişim, "lokasyon olarak hizmet" (LaaS) tabanlı yeni iş modelleri sunar. Bu, bir organizasyonun kendi IT altyapısına bağlı geliştirme, kurulum ve bakım maliyetlerine ihtiyaç duymadan, yüksek ölçeklenebilir hizmet ve yönetim yetenekleri kazanmasını 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 desteğiyle çalışan global tedarik zincirleri, tüm tedarik zinciri süreçlerini buluta taşımak suretiyle bilgi ve materyal akışlarını sanallaştırabilir. Karmaşık, ayrık global tedarik zincirlerinin parçalarını yöneten lojistik sağlayıcıları, genellikle, farklı depo ve nakliye yönetim sistemleri kullanan çok sayıda taraf arasında gerçekleşen çeşitli işlemlerle uğraşır. Bulut bilişim sayesinde bu bilgiyi tek bir alanda koordine etme yeteneği kazanır. 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 üstün şebeke lojistik ağlarının (supergrid logistics) yolunu açmaktadır. (DHL, 2016)

Robotik ve Otomasyon: Otomasyon sayesinde lojistik kavramı yeniden yapılanma sürecine girmiştir. Hızlı teknolojik ilerlemelere dayanan sıfır hata süreçlerini destekleyen ve verimliliği artıran yeni nesil robotlar ve otomatik çözümler de adım adım lojistik işgücüne girmektedir. Özellikle robotlar tedarik zincirinde işbirlikçi roller üstlenip işçilere depo, nakliye ve hatta son adım teslim faaliyetleri konusunda yardımcı olmaktadır.

Kolayca programlanabilen yüksek çözünürlüklü kameralar, basınç sensörleri ve kendi kendine öğrenme özellikleri ile donatılmış birlikte çalışan robotlar, depo faaliyetlerinde işçilere toplama, paketleme ve sıralama gibi görevlerde yardımcı olabilmektedirler. 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). Esnek otomasyon çözümleri sayesinde talep dalgalanmaları maliyet etkin bir şekilde karşılanabilir ve bu sayede lojistik altyapısının esnekliği ve çevikliği artmış olur. Akıllı depo sistemleri, depolama ve elleçleme alanlarının otomatik malzeme taşıma sistemleri ile bağlantılı hale getirilmesidir. Endüstri 4.0'da taşıma araçları görevini gerçekleştirirken gelen yeni bilgilere göre hesaplamalar yaparak bir sonraki görevini tanımlamakta, diğer araçlarla iletişim kurarak en uygun rotayı belirlemektedir (Basile vd., 2019).

Blok Zinciri: Günümüzde hem tedarik zinciri hem de lojistik endüstrisinin karşılaştığı zorluklardan biri, operasyonel bilginin standartlaştırılmaması ve paylaşılabilirlik durumudur. Her şirket kendi verilerine sahiptir ve bu verileri paylaşmak isteyen organizasyon sayısı yok denecek kadar azdır. Ancak, bilginin paylaşılması operasyonel planlamayı ve kaynak yönetimini çok daha zor hale getirir. Bu da lojistik süreçlerde verimsizliklere neden olur (Sadouskaya, 2017). Blok zincir bu zorlukları aşacak potansiyeli ve uygulama örneklerini sunmaktadır.

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 tam işler şeklinde devreye sokacaktır. (IBM, 2017)

Bir başka uygulama da gıda güvenliğinin sağlanması için daha iyi kayıt tutma içeren yeni düzenlemelerin uygulandığı Çin'de, Walmart'ın 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).

Ekleme Üretim: Ekleme üretim özellikle satış sonrası tedarik zincirlerinde lojistik hizmetlerini daha da etkin hale getirebilir. Örneğin, 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 ürünlerin üretimi tamamen ertelenerek

müşteriye en yakın eklemeli üretim 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 eklemeli üretimi kullanarak, hammadde ve nihai ürünler için karmaşık ve parçalı tedarik zincirinin planlayıcısı rolünü üstlenebilirler. Eklemeli üretimin 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)

Artırılmış Gerçeklik: Artırılmış gerçeklik fiziksel ve dijital dünya arasındaki çizgileri ortadan kaldırarak, lojistik planlama, lojistik süreç yürütme ve ulaşım konularında yeni bakış açıları yaratacaktır. Akıllı gözlükler sayesinde bir kullanıcının bağlamsal bilgileri kendi görüş alanına entegre edilmesini sağlayarak ilgili çevreyi akıllıca anlaması mümkün olur. İlk kullanımına baktığımızda, depo operasyonlarındaki sipariş toplama işleminde akıllı gözlük kullanımının kayda değer derecede etkili olduğu görülmüştür. Yapılan gözlemler ve çalışmalar sonucunda, artırılmış gerçekliğin süreç verimliliğinin ve kalitesinin artmasına, riskin azalmasına ve işçinin siparişi elle işleme stresinin ortadan kaldırılmasına katkıda bulunan önemli bir lojistik araç olduğu ortaya konmuştur. 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 depo içi 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 artırılmış gerçeklik kullanan araç operatörleri daha güvenli ve akıllı bir sürüş gerçekleştirebilir. Aracın ön camı ekran gibi kullanılıp, sanal katmanlardan alınan navigasyon 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 sonucunda Endüstri 4.0 tasarım prensipleri tanımlanmış ve bu prensipleri destekleyen teknolojiler belirlenmiştir. Ortaya konan ilişki

matrisi ile Endüstri 4.0 için sistem tasarımı yaparken tasarımcıya yol göstermek hedeflenmiştir. Literatür taramasının bir diğer çıktısı da Lojistik faaliyetler ile Endüstri 4.0 teknolojilerini ilişkilendirilmesi olmuştur. İlişkiler tasarımcılara ve araştırmacılara Endüstri 4.0 için lojistik sistemleri ve faaliyetleri tasarlar ve uygularken fikir verici niteliktedir.

Genel olarak bakıldığında, CPS dijitalleştirme, birlikte çalışabilirlik, otonomasyon, gerçek zamanlı kullanılabilirlik, merkezsizleşme prensiplerini desteklemektedir. IoT/İoS alanında dijitalleştirme, birlikte çalışabilirlik, hizmet yönelimi ve merkezsizleşme prensiplerini destekleyen mevcut uygulamalar bulunmakla birlikte; otonomasyon, gerçek zamanlı kullanılabilirlik, enerji verimliliği ve yatay/dikey bütünleşme prensiplerini de destekleyen yeni uygulamalar yapılabilir. Büyük Veri kullanımı gerçek zamanlı kullanılabilirlik ve enerji verimliliği alanlarında mevcutken, hizmet yönelimini destekleyen uygulamalarının da yapılması beklenmektedir. Bulut Bilişimin dijitalleştirme, esneklik, hizmet yönelimi ve merkezsizleşme prensiplerini desteklediğine dair detaylı çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte, gerçek zamanlı kullanılabilirlik ve bütünleşme prensiplerini de destekler niteliktedir. Robotik ve Otomasyon alanındaki araştırmalar ise birlikte çalışabilirlik, otonomasyon ve esneklik üzerinde yoğunlaşmıştır. Blok Zinciri literatüründe dijitalleştirme, birlikte çalışabilirlik, otonomasyon, gerçek zamanlı kullanılabilirlik, esneklik ve merkezsizleşme prensiplerini gerçekleştiren uygulamalar yer almakta, aynı zamanda bütünleşmeyi de destekleyeceğine dair kanı bulunmaktadır. Eklemeli Üretim ise merkezsizleştirme, bütünleşme, esneklik prensiplerini desteklemektedir. Son olarak Artırılmış Gerçeklik teknolojileri dijitalleştirme, gerçek zamanlı kullanılabilirlik ve esneklik prensiplerini hayata geçirirken kullanılmaktadır.

Lojistikte Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulamaları açısından bakıldığında, CPS'nin, taşıma, depolama, katma değerli hizmetler ve paketleme, muayene ve gözetim faaliyetlerini destekleyeceğine dair kanı bulunmaktadır. IoT/İoS teknolojilerinin taşıma ve depolama faaliyetlerini, izlenebilirliği, ve müşteri ilişkilerini desteklediği uygulama örnekleri mevcuttur. Ayrıca taşıma faaliyetlerinde bakım/arıza yönetimi, muayene ve gözetim, stok yönetimi konularında da IoT uygulamalarının hayata geçirilmesi beklenmektedir. Büyük Veri Analizi rotalama, araç atama optimizasyonu, araç kapasitesi planlama alanlarında kullanılmakta, bunun yanı sıra muayene ve gözetim alanında da kullanılabileceğine dair kanı bulunmaktadır. Bulut Bilişim teknolojileri stok yönetimi ve müşteri ilişkileri alanında kullanılmakta olup, gümrükleme ve sigortalama alanlarında da kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir. Robotik ve Otomasyon teknolojileri sipariş toplama ve ayrıştırma, katma değerli hizmetler ve paketlemede sıklıkla kullanılmaktadır. Blok Zinciri teknolojileri ise hem taşımanın hem depolamanın izlenebilirliği ve gümrükleme alanlarında kullanılmaya başlanmış olup; muayene ve gözetim, stok yönetimi, müşteri ilişkileri ve sigortalama alanlarında da yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Eklemeli Üretim konusunda mevcut bir uygulamaya rastlanmamış olsa da, katma değerli hizmetler ve paketleme faaliyetlerini destekleyeceği düşünülmektedir. Artırılmış Gerçeklik ise taşımada akıllı sürüş/sevir, depolamada sipariş toplama ve ayrıştırma, ve katma değerli hizmetler ve paketleme faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

Çalışmanın önemli çıktılarından biri temel lojistik faaliyetler (taşıma, depolama, katma değerli hizmetler vb.) ile bunların gerçekleştirilmesinde kullanılan veya kullanılabilecek Endüstri 4.0 teknolojilerinin ilişkilendirilmesidir. Mevcut uygulamalar IoT ve büyük veri kullanımını ön plana çıkarırken, lojistikte blok zinciri ve CPS uygulamalarına artan eğilim açıktır.

Lojistik faaliyetler için Endüstri 4.0 teknolojilerinin birarada kullanımı tasarım prensiplerini karşılayan lojistik sistemleri tasarlamaya ve işletmeye olanak tanımaktadır. Tanımlanan ilişki matrisindeki uygulamaların örnek alınması, bu çalışmalara katkı sağlayacak yeni araştırmaların yürütülmesi hem literatüre hem de sektör uygulayıcılarına fayda sağlayacaktır. Bir başka bakış açısıyla, tanımlanan bu ilişki matrisi üzerinde yeterli düzeyde çalışma bulunmayan teknolojilere eğilmek, veya hakkında yeterli sayıda uygulama olmayan prensiplere yönelmek de gelecek çalışmalar için öneri niteliğindedir. Gelecek çalışmalar, "uygulama örneği olmamakla birlikte söz konusu teknolojinin ilgili faaliyeti destekleyeceğine dair kanı bulunduğu" yönünde işaretlenmiş hücreleri odak haline getirebilir, bu alanlarda bu teknolojilerin ve prensiplerin kullanımını ele alan araştırma ve uygulama yapabilirler. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları kullanılarak Endüstri 4.0'a geçerken ihtiyaçlara yönelik özgün lojistik sistemlerin belirlenen prensipler ve teknolojiler doğrultusunda nasıl tasarlanması gerektiği ortaya konabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Antons, O., Bendul, J. (2020), "Decision making in industry 4.0 - A comparison of distributed control approaches", *Studies in Computational Intelligence*, 853, pp. 329-339.
- [2] Azuma, R. T. (1997), "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 6, Number, pp. 355-385.
- [3] Basile, F., Chiacchio, P., Di Marino, E. (2019), "Auction-based mechanisms for the control of vehicles in Smart Logistic Systems", *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, pp. 1429-1432.
- [4] Belle, I. (2017), "The Architecture, Engineering and Construction Industry and Blockchain Technology".
- [5] Berger, R. (2014), "Industry 4.0: The New Industrial Revolution-How Europe Will Succeed", Roland Berger strategy consultants.
- [6] Blanchet, M., Rinn, T., Thaden, G. V., Thieulloy, G. D. (2014), "Industry 4.0-the New Industrial Revolution", www.think-act.com
- [7] Büyüközkan, G., Göçer, F. (2018), "Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research". *Computers in Industry*, 97, pp. 157-177.
- [8] Cirulis, A., Ginters, E. (2013), "Augmented Reality in Logistics", *Procedia Computer Science*, 26, pp. 14-20.
- [9] Daub, M., Duddeck, F. (2019), "Maximizing Flexibility for Complex Systems Design to Compensate Lack-of-Knowledge Uncertainty", *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 5(4), 041008
- [10] DHL (2016), "Logistics Trend Radar: Delivering Insight Today. Creating Value Tomorrow!", DHL Trend Research, T., Germany.
- [11] DIN/DKE. (2018), "Die Deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0." versiyon 3. www.dke.de/de/themen/industrie-4-0/die-deutsche-normungs-roadmap-industrie-4-0.
- [12] 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, pp. 525-542.
- [13] Gupta, M. (2017), "Blockchain for Dummies®, IBM Limited Edition", John Wiley & Sons, Inc.
- [14] Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review".TU Dortmund, Working Paper No 01/2015.
- [15] 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.
- [16] IBM (2017), "Three Ways Blockchain Explorers Chart a New Direction", IBM Institute for Business Value.
- [17] Imran, M., ul Hameed, W., ul Haque, A. (2018), "Influence of Industry 4.0 on the production and service sectors in Pakistan: Evidence from textile and logistics industries", *Social Sciences*, 7(12), 246, pp. 1-21.
- [18] Ilie-Zudor, E., Preuveneers, D., Ekárt, A., & Hohwieler, E. (2019), "Smart Cyber-Physical System applications in production and logistics: special issue editorial", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32:4-5, 327-328, DOI: 10.1080/0951192X.2019.1616152
- [19] 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), <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>
- [20] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0", Acatech.
- [21] Kohtamäki, M., Parida, V., Oghazi, P., Gebauer, H., Baines, T. (2019), "Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm", *Journal of Business Research*, 104, pp. 380-392
- [22] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M. (2014), "Industry 4.0", *Business & Information Systems Engineering*, 6, pp. 239-242.
- [23] Lee, E. A. (2008), "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 11th IEEE international symposium on Object oriented real-time distributed computing, pp. 363-369.
- [24] Linn, L. A., Koo, M. B. (2016), "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.
- [25] Liu, J., An, Y. W., Qian, Y. (2012), "The Logistics Warehouse Management and Control Integrated System Based on Information Fusion", *Advanced Materials Research*, pp.726-731.
- [26] Martinez, F. (2019), "Process excellence the key for digitalisation",

Business Process Management Journal, 25(7), pp. 1716-1733.

[27] 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.

[28] Min, S., Mentzer, J. T. (2004), "Developing and Measuring Supply Chain Management Concepts", *Journal of Business Logistics*, 25, pp.63-99.

[29] Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., Lazarova-Molnar, S. (2019), "Industry 4.0: Opportunities for enhancing energy efficiency in smart factories", *SysCon 2019 - 13th Annual IEEE International Systems Conference*, Proceedings 8836751

[30] Nakasumi, M. (2017), "Information Sharing for Supply Chain Management Based on Block Chain Technology", *Business Informatics (CBI), 2017 IEEE 19th Conference on*, pp. 140-149.

[31] 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, pp. 927-948.

[32] 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, pp. 343-350.

[33] Pérez-Lara, M., Saucedo-Martínez, J.A., Marmolejo-Saucedo, J.A., Salas-Fierro, T.E., Vasant, P. (2018), "Vertical and horizontal integration systems in Industry 4.0", *Wireless Networks*, pp. 1-9.

[34] Pflaum, A. A., Gölzer, P. (2018), "The IoT and Digital Transformation: Toward the Data-Driven Enterprise", *IEEE Pervasive Computing*, 17, pp.87-91.

[35] 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*, pp. 32-58.

[36] 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, pp. 381-390.

[37] Pour, M. A., Zanardini, M., Bacchetti, A., Zanoni, S. (2016), "Additive Manufacturing Impacts on Productions and Logistics Systems", *IFAC-PapersOnLine*, 49, pp.1679-1684.

[38] 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, pp.169-181.

[39] Rossit, D.A., Tohmé, F., Frutos, M. (2019), "Production planning and scheduling in Cyber-Physical Production Systems: A review", *International*

Journal of Computer Integrated Manufacturing, 32(4-5), pp. 385-395.

[40] Rüßmann, 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/

[41] Sadouskaya, K. (2017), "Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain and Logistics", *Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Liiketoiminnan logistiikan koulutus, Lisans Tezi, Finlandiya*.

[42] 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.

[43] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., Wahlster, W. (2017), "Industrie 4.0 Maturity Index", *Managing the Digital Transformation of Companies*. Munich.

[44] Serdarasan, S. (2013), "A review of supply chain complexity drivers", *Computers & Industrial Engineering*, 66(3), pp. 533-540.

[45] SmartFactory (2014), "The Keyfinder Production Line from Smartfactory", http://dfki-3036.dfki.de/EN/keyfinder_system.php, 28.03.2018.

[46] ten Hompel, M. Henke, M. (2014), *Logistik 4.0, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 615-624). Springer Vieweg, Wiesbaden.

[47] TÜSİAD (2016), "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0", Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576.

[48] 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*.

[49] Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., ten Hompel, M. (2017a). "Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4. Allgemeine Grundlagen", 2.Baskı, doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6

[50] Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., ten Hompel, M. (2017b). "Handbuch Industrie 4.0 Bd. 3. Logistik", 2.Baskı, doi.org/10.1007/978-3-662-53251-5

[51] Wang, K. (2016), "Logistics 4.0 Solution - New Challenges and Opportunities", *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*.

[52] Zissis, D., Lekkas, D. (2012), "Addressing Cloud Computing Security Issues", *Future Generation computer systems*, 28, pp. 583-592.

Dr. Öğretim Üyesi Şeyda SERDARASAN

Şeyda Serdarasan, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyesidir. 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans eğitimini tamamlamış ve 2001 yılında aynı üniversiteden Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans derecesini almıştır. Berlin Teknik Üniversitesi (Technische Universitaet Berlin) Kalite Bilimleri Kursüsünde hazırladığı doktora tezini 2009 yılında tamamlamıştır. 2010-2012 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversite Endüstri Mühendisliği Bölümünde öğretim görevlisi olarak hizmet vermiştir. Aynı bölümde 2012 yılından beri Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Araştırma ilgi alanları arasında tedarik zincirinde karmaşıklık yönetimi, hizmet tedarik zincirleri, tedarik zincirinde dijitalleşme ve tedarik zinciri kalite yönetimi yer almaktadır.

Özlem GÜREL

1976 yılında Ankara'da doğdu. İlkokul eğitimini İstanbul'da, ortaokul ve lise eğitimini yine aynı şehirde bulunan Özel Saint Benoit Fransız Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında Galatasaray Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden, 2010 yılında ise aynı üniversitede yer alan Endüstri Mühendisliği tezli yüksek lisans programından mezun oldu. 2011 yılında Okan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Uluslararası Lojistik Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde doktora programına başladı. 2019 yılında Okan Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü'nde Öğretim Görevlisi kadrosuna atanan Öğr.Gör.Özlem Gürel halen Okan Üniversitesi'ndeki görevini sürdürmektedir.

Saliha KARADAYI-USTA

Saliha Karadayı-Usta, Doğu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılında bölüm birinciliği ile mezun olmuş, 2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nı hizmet tedarik zincirlerinde risk analizi konulu tezi ile tamamlamıştır. Halen İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Doktora eğitimine devam etmekte, medikal turizm hizmeti tedarik zinciri tasarımı alanındaki araştırmalarını sürdürmektedir. Ayrıca, 2013 yılından bu yana da İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Tez araştırmalarının yanında tedarik zincirlerinde risk analizi, işbirlikçi tedarik zinciri yönetimi, hibrit hat besleme sistemleri, yalın montaj hatları ve Endüstri 4.0 uygulamaları gibi konularda da çalışmaları bulunmaktadır.

LOJİSTİK HİZMET PROMOSYON TİPİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

Serap ÖZBİLGİN¹, Sinan APAK²

¹Migros Ticaret A.Ş., İstanbul, Türkiye
seraps@migros.com.tr, ORCID: 0000-0002-4522-5719

²Maltepe Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
sinanapak@maltepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3263-7167

ÖZET

Birçok lojistik firmasının lojistik hizmet promosyonu seçerken karar destek sistemi kullanmadığı tespit edilmiştir. Lojistik hizmet promosyonunun çeşitliliği de karar sürecinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Promosyon seçimine karar vermeden önce çeşitli fizibilite çalışmaları yapılarak, birçok lojistik hizmet promosyon seçimini etkileyen faktör değerlendirilmektedir. Bu süreçte doğru kararlar verebilmek, ayrılan bütçeyi etkili bir şekilde değerlendirebilmek önem taşımaktadır. Karar verme sürecinde sistematik bir yaklaşım oluşturmak ve yöneticilerin kararlarına destek olabilmek amacıyla alternatif bir model önerilmiştir. Konuyla ilgili Çok Kriterli Karar Verme metotları incelenmiş ve bu metotlara uygun çözümler geliştirilmiştir. Çalışmada kaynaklar, bulgular ve konusunda uzman kişilerle lojistik hizmet promosyon seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve bu kriterler arasında ve kriterlerin kendi içlerinde ilişkileri olduğundan ANP yöntemi ile ağ yapısı oluşturulmuştur. ANP metodu ile öncelik değerleri belirlenen kriterler, ELECTRE metodunda alternatiflerin sıralanması için hibrit bir şekilde kullanılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda anlamlı sonuçlar elde edilerek modelimizin uygulanabilir olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: ANP, Çok kriterli karar verme, ELECTRE, Karar destek sistemleri, Lojistik, Promosyon

DECISION SUPPORT SYSTEM PROPOSAL TO DETERMINE THE TYPE OF LOGISTICS SERVICE PROMOTION

ABSTRACT

It has been found that many logistics companies do not use decision support system when choosing logistics service promotion. The diversity of logistics service promotion also demonstrates the importance of the decision-making process. Various feasibility studies are carried out before deciding on the logistics service promotion selection, and the factor affecting the selection of many promotions is evaluated. In this process it is important to be able to make the right decisions and to be able to evaluate the separated budget effectively. An alternative model has been proposed in order to create a systematic approach in the decision-making process and to support the decisions of the managers. Multi-Criteria Decision Making methods have been examined and solutions have been developed for these methods. In our study, the sources, findings and the experts who are experts in the selection of logistics service promotions were determined and the ANP method was used to establish the network structure between the criteria and within the criteria themselves. Every criterion used has an important place for our work. The criteria were grouped into four main criteria (clusters) and all the criteria were weighted with ANP method. The ANP method has been used in a hybrid way to rank alternatives in the ELECTRE method. It has been found that our model can be applied by obtaining meaningful results according to the analyzes made in our work.

Keywords: ANP, Multi criteria decision making, ELECTRE, Decision support system, Logistics, Promotion

1. GİRİŞ

Günümüz küresel rekabet ortamında lojistik firmaları, rekabet üstünlüğü sağlayabilmek, tüketici istek ve ihtiyaçları doğrultusunda müşteri memnuniyetini sağlayıp devam ettirebilmek amacıyla işletmenin önemli fonksiyonu olan hizmet pazarlama faaliyetlerine ihtiyaç duymaktadır. Teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle birlikte lojistik hizmetine hızlı ulaşabilen firmaların dikkatini çekebilmek her geçen gün biraz daha zorlaşmaktadır. Lojistik hizmet promosyonu (LHP), pazarlama stratejileri oluştururken kullanılan dört temel pazarlama karmasından biri olarak, şirketlerin ürünlerini satın almaya yönlendirebilmesi için müşterileriyle kurdukları iletişim yöntemlerini içerir. Bu iletişim yöntemleri arasında da hızlı alım süreci, hızlı dağıtım hizmeti, sigortalı taşıma, online takip, reklam, halkla ilişkiler, satış promosyonları ve diğer farklı metotlar mevcuttur. Bu çalışmada da lojistik hizmet üreten firmaların müşteri kazanmak için uyguladıkları lojistik hizmet promosyonlarının seçimine yönelik karar destek sistemi önerisi sunarak literatürde daha önce çalışılmamış bir konuyu ele almıştır.

Lojistik hizmet alıcılarının dikkatini çekebilmek amacıyla işletmeler pazarlamanın tutundurma bileşeni arasında yer alan satış promosyonu ile farklılık yaratabilmektedir. LHP faaliyetleri geçici ve sınırlı sürede yapılır. Bu promosyonlar pazarlamacılara, ürün geliştiricilere ve satış elemanlarına yaratıcılığını ifade etmek ve satışları artırmak için ek bir yol sunar. Verimli lojistik yönetimi uyarlanabilir, esnek ve öngörülebilir arz - talep modelleri üzerine kuruludur. Talepte değişiklikler dalgalanmalar ancak promosyonlar bu değişimleri sabit tutmada şirketlere destek olur. LHP doğası gereği daha az tahmin edilebilir ve yeni içerikler veya bileşenler, sınırlı üretim süreci, sınırlı raf ömrü, yeni tedarikçiler ve hatta yeni dağıtım ağları içerebilir. Pazarlama ve tedarik zinciri takımları arasındaki iyi iletişim proaktif işbirliğini, etkili planlamayı, esnekliği ve hedefleri karşılayan promosyon süreçlerinin iyi yönetilmesini sağlar (Frankovic, vd., 2017). LHP yöntemleri arasında en popüler satış promosyonu aracı fiyat indirimleri ve teknik destek olarak gösterilebilir (Chandon vd., 2000; Richards ve Patterson, 2005). Çünkü lojistik hizmet alıcıları promosyon öncesiyle promosyon sonrası fiyat karşılaştırması yapabilmektedir. Satış promosyonu diğer tutundurma elemanlarına göre daha hızlı etkisini gösterir ve kısa dönemli kararlara odaklanır. Bu kısa dönemli kararlarda şirketlerin en iyi promosyon tipini belirleyebilmesi stratejik görevleri olup geçerli sabit bir formülü bulunmamaktadır.

Yöneticilerin karar vermelerini kolaylaştırabilmek, kararlarına destek olabilmek amacıyla LHP tipinin belirlenmesine yönelik karar destek sistemi geliştirip şirket hedeflerini gerçekleştirmeyi, belirlenen bütçenin en etkin bir şekilde kullanılmasını hedeflemektedir. Promosyon seçimi yapılırken bir takım kriterlere bakılmaktadır. Bu kriterler neticesinde promosyon kararları etkilenmektedir. Çalışmamız bu kriterlerin ilişkilerini, birbirlerini etkileme durumlarını ve önceliklendirilmesini belirleyerek uygun tipte promosyon seçimi amacıyla bir model önerisi sunmaktadır.

Çalışmamızın ikinci bölümünde promosyon kavramı ile ilgili literatürde araştırmalar yapılmış, promosyon stratejileri, promosyon araçları ve promosyonu etkileyen faktörler incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmamıza uygun olacak yöntem ile ilgili ÇKKV konusu bilimsel olarak araştırılmış ve bu konu kapsamında ANP ve ELECTRE yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemlerin tarihçeleri, temel özellikleri, avantajları ve dezavantajları, uygulama alanları ve farklılıkları incelenmiştir. Uygulama adımlarına

ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise konuyla ilgili uygulama için kullanılacak yirmi adet kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin ANP ve ELECTRE yöntemleriyle analizleri yapılmış elde edilen bulgular yazılmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışma ile ilgili sonuçlara ve tartışmalara, model ile ilgili yapılabilecek çalışmalara yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Lojistik Hizmet Promosyon Stratejileri

Promosyon temel olarak bir şirketin müşteri ilişkileri inşa etmek ve ikna edici bir şekilde müşterilerle iletişim kurmak için kullandığı araçların bütünüdür (Kotler ve Keller, 2011; Kotler ve Armstrong, 2015). Promosyonların çok çeşitli amaç ve hedefleri olabilmektedir. Bu amaçlardan biri de satıcıların tüketicilere yönelik promosyon yaparak kısa vadede müşterileri satın almaya teşvik ederek satışları artırmak istemeleridir. Bir diğer amaç ise markanın ve perakendecinin pazar payını artırmaktır. Bu artış müşterilerin promosyondan etkilenecek marka tercihlerini değiştirmeleri veya ürünlerin ya da hizmetlerin promosyon sonucunda müşteriler tarafından daha fazla satın alınmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir amaç ise yoğun rekabet olarak gösterilmektedir. Yoğun rekabet sebebiyle müşteriler etkileyici promosyonlar beklemektedir. Müşterilerin etkileyici promosyonlar yapan rakip bir firmadan ürün veya hizmet satın alması sonucu şirketlerin müşterilerini kaybetmesi kaçınılmaz bir durum oluşturur. Bu sebeplerle uygun promosyon belirlenmesi doğru stratejiler gerektirir.

LHP aktiviteleri promosyonun hedefinin tanımlanması, doğru iletişim içeriklerinin tasarlanması -mesajlar-, iletişim kanallarının doğru karışımının seçilmesi, bütçeleme, mesajların doğru müşteriye doğru zamanda iletimini içerir. Bu sebeple promosyon kararları aşağıdaki gibi farklı aşamalardan oluşmaktadır (Ailawadi vd., 2009; Anderson ve Fox, 2019). Uygulandığı sektöre göre değişebilmekte olup, promosyon araçlarından belki de en önemlisi satış promosyonudur. Satış promosyonu bir ürünün satın alınmasını ya da satılmasını desteklemek için uygulanan kısa dönemli teşvik faaliyetleridir (Kotler ve Armstrong, 2015). Diğer promosyon aracı olan reklamlar bir ürünün satın alınması için gerekçeler sunarken, satış promosyonu 'o anda' satın alınmasını teşvik eder. Satış promosyonu firmanın müşterilerine doğrudan etki etmeyi amaçlayan eylem odaklı bir pazarlama etkinliğidir (Grewal vd., 2011). Satış promosyonları satışları artırır ve hızlı bir geri dönüş bilgisi sağlar. Satış promosyonlarının etkileri genellikle kısa dönemlidir ve çok sık tekrarlanırsa marka imajı üzerinde kötü bir etki oluşturabilir. Direkt olarak karlılıkta azalmaya yol açabilir. Satış promosyonları reklamları tamamlayıcı olarak kullanılabilir. Ayrıca, reklamı yapılan promosyonlar ilgili mağazalardaki genel müşteri trafiğini artırıcı bir etkiye sahiptir (Hamilton ve Chernev, 2013). Promosyon için hazırlanmış ürün ve hizmetler yoğun bir şekilde satış promosyonu kullanırlar ve rakiplerini de benzer davranmaları için tetiklemiş olurlar. Satış promosyon faaliyetleri bir çok araştırmada çok farklı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Yapılan bir tasnife göre satış promosyon yöntemleri parasal ya da parasal olmayan bir şekilde ayrılmaktadır (Merrilees vd., 2007). Pazarlamacılar gerçekleştirmek istedikleri hedefleri doğrultusunda farklı tip promosyon teknikleri kullanmaktadır. Tüketici, ticari ve satış gücü gibi kitlesel hedeflerine bağlı olarak satış promosyon yöntemleri kategorilendirilebilir. Bu sınıflandırmaya göre satış promosyonu yöntemleri tüketicilere yönelik satış promosyon yöntemleri, perakendecilerce uygulanan satış promosyon yöntemleri ve satış gücüne yönelik satış promosyonları olarak üç gruba ayrılmaktadır (Grewal vd., 2011). Bu yöntemlere göre uygun

stratejiler perakende satıcıları tarafından uygulanmakta ve çeşitlendirilmektedir.

2.2. Lojistik Hizmet Promosyon Seçimi Çözümleri

Literatürde promosyonu etkileyen faktörler için çeşitli değişken grupları tanımlanmıştır. Kategori değişkenleri, marka değişkenleri ve tüketici değişkenleri olarak belirlenmiştir (Gadenk vd., 2006). Benzer başka bir sınıflandırma bu kez promosyon satışlarını etkileyen faktörler olarak promosyon değişkenleri, marka değişkenleri, kategori değişkenleri ve mağaza değişkenleri olarak belirtilmiştir (Ailawadi vd., 2006). Bunların yanına promosyon geçmişine de eklenebilmektedir. Ürün ne olursa olsun ya da promosyon hangi faaliyet alanında yapılıyor olursa olsun, fiyat indirimi, reklam ve teşhir yönteminin farklı kombinasyonları için birbirinden farklı sonuçlar beklenir. Promosyon talebi tahmin edilen stok tutma biriminin promosyon geçmişidir. Bu ürün için geçmişte ne tür promosyonlar yapıldığı ve bunlardan nasıl sonuç edinildiği bilgisi mevcut promosyonun performansının ölçülmesi için önemlidir. Fiyat indirimi olmadığı durumlarda, sadece tanıtım ve teşhir ile talebin çoğu zaman ikiye katlandığını savunulmuştur. Bunun yanında, kullanılan tanıtım ve/veya teşhir yönteminin de promosyonda olan hizmetin süresinin rolü de vardır. LHP etkileyen faktörlerin süreç boyunca izlenmesi ve çözümlenmesi için yönetimin bazı sorulara cevap bulması gerekmektedir. Bu sorulardan bazıları: Mevcut tedarik zincirimiz ihtiyaç duyduğumuz malzemelere sahip mi? Yeni tedarikçi bulmamız gerekiyor mu? Mevcut ağımla dağıtılabilir miyiz? Coğrafi kısıtlamalar var mı? Özel depolama veya nakliye gereklilikleri var mı? Ürünün raf ömrü ne kadardır? Bunu rekabetçi bir fiyata yapabilir miyiz? Bu sorulara cevap vermek için doğru teknolojiye ve ortaklara sahip olmak ve gerekli tedarik zinciri esnekliğine sahip olmak çok önemlidir. Bu ve bunun gibi soruların oluşması promosyonun etkili bir şekilde yönetilmesine neden olan faktörleri ortaya çıkarmaktadır.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde promosyon stratejisi seçimine yönelik Hsu vd. (2009) genetik algoritma kullanarak karar verme modeli kullanmıştır. Tsai vd. (2011) hava yolu endüstrisinin promosyon stratejilerine karar verme aşamasında DEMATEL, ANP ve VIKOR hibrid modelini kullanmışlardır. Chirra ve Kumar (2018) yorumlayıcı yapısal model yaklaşımı kullanarak satış promosyonu altında tedarik zinciri performansını analiz etmiştir. Yang ve Mattila (2020) ise rasyonel düşünme biçiminin satış promosyonlarına etkisini incelemiştir.

3. METODOLOJİ

Günlük yaşamda anlık olarak birçok şeye karar verebiliriz. Fakat stratejik olarak karar verme bir anda ortaya çıkan bir olgu değildir. Bu durum çeşitli aşamalardan geçerek, yöntemler, analizler ve değerlendirmeler ile oluşan bir süreçtir. Gerçek hayatta karşılaşılan karar problemleri; birden fazla faktörün ve amacın bir arada değerlendirilmek zorunda olması, amaçların genel olarak birbirleri ile çatışmaları, bunlara ulaşma derecelerinin ölçülmesindeki zorluklar, karar durumlarının içerdiği belirsizlikler, karar süreçlerine birden fazla aktörün dahil olması, kararın sonuçlarının birçok kişiyi ilgilendirmesi ve hayati önem taşıyor olması gibi nedenlerle karmaşık bir yapıdadırlar (Wu vd., 2010). Literatürde çok sayıda çok kriterli karar verme yöntemleri mevcuttur. Çok kriterli yöntemler, çelişkili gereklilikler için literatürde yaygın olarak bulunur. Bu yöntemlerin hiçbirisi diğerlerine göre tam üstünlük sağlayamamaktadır. Bu yöntemlerin en önemli avantajı nicel ve nitel kriterleri bir arada değerlendirmeye

imkân sağlamalarıdır. Kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklarını belirlerken, önerilen ANP yaklaşımı kriterler arasındaki veya alt kriterler arasındaki etkileşimleri dikkate almaktadır. Böylelikle karar sonuçları gerçek dünyadaki karar durumlarıyla daha tutarlı olabilir. Bununla birlikte, iki aşamalı karar yöntemleri, kriterlerin birbirinden bağımsız olduğunu ve kriterler arasındaki etkileşimi göz ardı ettiğini varsaymaktadır. Bu çalışmada Wan vd. (2017) yılında yayınlanan ANP - ELECTRE modeli referans alınarak oluşturulmuştur. Metodolojideki temel fark dilsel yapıda kullanılan modelin dilsel karşılaştırma analiz kısmı çıkarılıp sayısal karşılaştırmalı analiz kullanılmıştır. Metodolojinin uygulama adımları aynı çalışmanın adımları takip edilip modelimize uygun şekilde adapte edilmiş, çözücü olarak ticari paket programlar kullanılmıştır. Çalışmanın modeli Şekil 1'de gösterilmektedir. Çalışmada önerilen metodolojinin adımları şu şekildedir:

3.1. ANP

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Ağ Süreci yöntemi Saaty (1996; 2005) tarafından geliştirilmiş olup, karar verme sürecinde kriterler arasındaki ilişkileri dikkate alan ve problemin tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldıran bir yöntemdir. ANP yönteminde karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmekte ve modelleme aşamasındaki kriterler arasındaki bağımlılıklar ve ana kriter içindeki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. ANP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir:

Adım 1: Amacın belirlenmesi ve modelin oluşması; ilk aşamada karar problemi tanımlanarak; amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler açık bir şekilde ifade edilir. Adım 2: İlişkilerin belirlenmesi; kriterler ve alt kriterler arasındaki etkileşimler belirlenir. İçsel ve dışsal bağımlılıklar ve varsa geri bildirimler ilişkilendirilir.

Adım 3: Kriterler arası ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve öz vektörlerin belirlenmesi; Karar vericilerden oluşan uzman grup, ölçek gösterge çizelgesi değerlerini kullanarak bir matris çatısı altında ikili karşılaştırmaları gerçekleştirir. İkili karşılaştırmalar lokal öncelik vektörü, $A.w = \lambda_{max}.w$ denkleminin çözülmesi ile elde edilen öz vektörle belirlenir. Burada A ikili karşılaştırma matrisi, w öz vektör, λ_{max} ise A karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeridir.

Adım 4: Her bir karşılaştırma matrisleri için tutarlılık analizi yapılması; Gerçekleştirilen karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını tespit etmek için, karşılaştırma matrisleri yapılandırıldıktan sonra her bir matris için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmalıdır. CR, tutarlılık indeksi (CI)'nin Rastgele Tutarlılık indeksi (RI)'ya bölümü ile elde edilir. CR değeri, 0.10 değerinden az ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenebilir. Değerler 0.10'dan büyükse karşılaştırmalarda tutarsızlık söz konusudur. Bu durumda karar verici uzman grup, yapılan karşılaştırmaları tekrar gözden geçirmelidir.

Adım 5: Süpermatrislerin oluşturulması; Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süper matris olarak bilinen matrisin kolonlarına yazılır. Süper matris, parçalı bir matristir ve buradaki her matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Kriterlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süper matrisin kuvveti alınarak belirlenir.

Adım 6: Limit matrisin oluşturulması; Önem ağırlıklarının bir noktada

eşitlenmesini sağlamak için süper matrisin $(2n+1)$. kuvveti alınır, burada n rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süper matris olarak isimlendirilir.

3.2. ELECTRE

ELECTRE metodu her bir kriter için ayrı ayrı olmak üzere alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmayı kullanır. Metot birçok alanda karar vericilerin tercihlerini yansıtan en çok kullanılan üst derecelendirme yöntemlerinden birisidir. Figueira (2013) derlediği çalışmasında birçok uygulamada ELECTRE yönteminin kullanım alanlarını göstermiştir. ELECTRE metodu her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları ile başlamakta. Fiziksel veya parasal değerlerin kullanılması A_i alternatifi için $g_i(A_i)$, A_k alternatifi için $g_i(A_k)$ şeklinde gösterilir. $g_i(A_i)$ $g_i(A_k)$ farkı için eşik değerlerinin ortaya çıkarılması ile karar verici Alternatifler arasında düşündüğünde kayıtsız kaldığını ya da birinin diğeri için zayıf veya tam bir tercihe sahip olduğunu ya da bu tercih ilişkilerinden hiçbirine sahip olmadığını açıklamaktadır. Çalışmada uygulanan ELECTRE yönteminin adımları şu şekildedir:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması: A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Normalize karar matrisinin (X) oluşturulması: Burada amaç, bir karar noktası ilgili değerlendirme faktörü ilişkilendirilirken, diğer karar noktaları açısından ağırlıklıdır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması: Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtılabilmek için Y matrisi hesaplanır. Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir. Daha sonra matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk kümelerinin belirlenmesi: Uyum setlerinin belirlenebilmesi için Y matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (4)$$

Formül temel olarak satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır.

Adım 5: Uyum ve Uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması: Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisi $m \times m$ boyutludur ve $k=l$ için değer almaz. C matrisinin elemanları aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (5)$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 6: Üstünlük karşılaştırmasının yapılması: Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin (c) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değerinin (c) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$c = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (7)$$

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de $m \times m$ boyutludur ve F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri (d) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$d = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (8)$$

Adım 7: Net Uyum ve Uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları (e_{kl}) aşağıdaki formül de gösterildiği gibie f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak $m \times m$ boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

Adım 8: Karar noktalarının önem sırasının belirlenmesi: E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir. Örneğin E matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmışsa,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \quad (9)$$

Bu durumda karar noktaları A_i ($i=1,2,\dots,m$) sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası A_3, A_2, A_1 şeklinde oluşacaktır.

LHP seçiminin belirlenmesine yönelik uygulayacağımız adımlar Şekil 1'de görüldüğü gibi lojistik hizmet promosyonların belirlenmesinden başlayıp, ikili karşılaştırma yöntemiyle kriterlerin önem dereceleri ANP ile belirlenmekte daha sonrada ELECTRE yöntemiyle alternatiflerin sıralanması yapılmaktadır.

4. UYGULAMA

Uygulamamızda lojistik firmasında promosyon çalışması yapılacak ürün grubunda en uygun promosyon seçiminin yapılması için çok kriterli karar verme yöntemlerinden ANP - ELECTRE hibrid yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için öncelikle ana kriterleri ve alt kriterleri belirlemek önemli aşamalardan biridir. Bu kriterleri belirlemek için literatürde yer alan çok sayıda kriterle birlikte konusunda uzman kişilerle görüşülmüş olup, promosyon seçiminde dikkate alınan ilgili kriterler çalışmada kullanılmıştır:

K1. Tedarikçi ana kriteri: Üretici veya tedarikçi firmalar için perakendeciler önemli pazar alanlarıdır. Aynı zamanda siparişlerin doğru bir şekilde

sağlanması, ürünün doğru zamanda teslimatı, ürünün satış fiyatı, geri bildirimlerin sağlanabilmesi, şikâyetlere ve taleplere uygun çözümler üretilmesi gibi özellikler firma için önemlidir.

K1.1. Tedarikçiler ile yapılan anlaşmalar: Perakendeci firma ile ürün tedarikçisinin sağlandığı firma arasındaki sözleşmeler, ilişkiler, ikili anlaşmalardır. Bu anlaşmaların rekabet hukuku içerisinde yapılması önem arz etmektedir. Rekabet hukukunun ihlal edilmesi durumda firmalara ciddi yaptırımlar söz konusudur.

K1.2. Tedarikçinin pazar payı: Tedarikçinin pazara nüfuz etme düzeyidir. Tedarikçi firmanın satış miktarı ile pazardaki toplam satış içerisinde aldığı pay anlamına gelmektedir. Pazar payı, firmaların elde ettiği kar miktarlarını açıklayan önemli değişkenlerden ve firmaların tekel gücünün ölçümünde önemli göstergelerdendir. Pazar payı yüksek olan firmanın piyasadaki gücü arasında doğru orantı vardır.

K2. Ürün ana kriteri: Promosyon seçimi kararı için ürün bilgileri ve ürüne ait özellikler önemli bileşenlerdir. Ürün ile ilgili özellikler promosyon tipini etkiler.

K2.1. Ürün fiyatı: Ürünün satış için belirlenen fiyat bilgisidir. Ürünün tedarikçiden son kullanıcıya ulaşım aşamasındaki maliyetleri ve kalite gibi unsurlar fiyata etkili olmaktadır. Ürünün fiyat bilgisi promosyon tasarımında promosyonun alt kota bilgilerini etkilemektedir.

K2.2. Ürün kar marjı: Satıştan elde edilen karın satış fiyatının yüzde kaçına denk geldiğini ifade eder. Ürünün geçen yıl satışlarından oluşan kar marjı kategorinin hedefini etkilemektedir. Dolayısıyla uygulanacak promosyonun kar marjını beklenen ölçüde sağlaması gerekmektedir.

K2.3. Ciro: Ürünün satış bilgisidir. Cironun yüksek ya da düşük olması satışını artırmak ya da belirli seviyede tutmak için promosyon kararını etkilemektedir.

K2.4. Stok: Ürünün mevcut durumdaki stok bilgisidir. Stok fazla ise stokları eritmek için yapılan promosyonlar önemlidir.

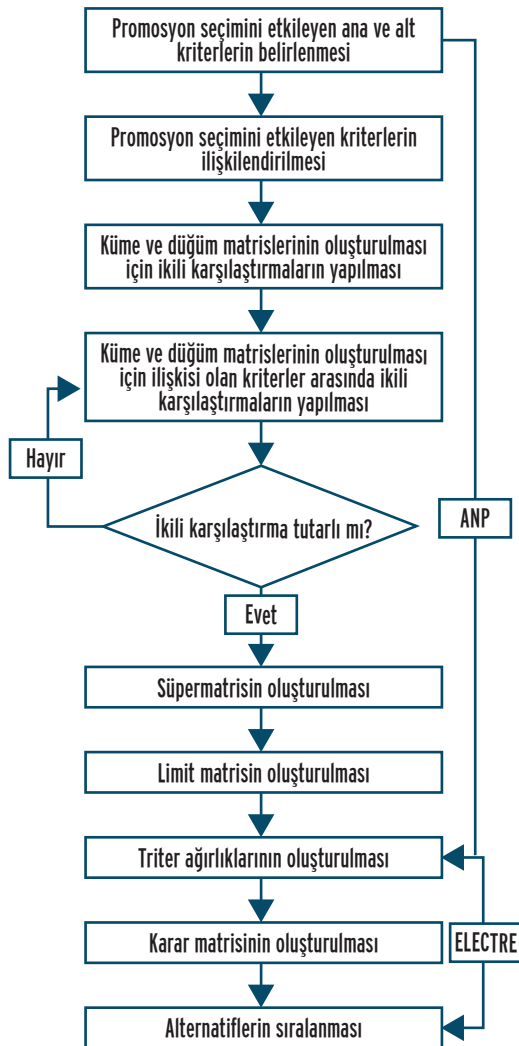
K2.5. Kategori hedefi: Ürünün bulunduğu kategorinin yıl içerisindeki satış hedefi bilgisidir. Kategorinin hedef durumu promosyon kararını etkilemektedir.

K3. Müşteri Ana Kriteri: Müşteri son yıllarda firmalar için önemli unsurlardandır. Müşteri ile kurulan ilişkiler, müşteri bağlılığı, müşteri sadakati firmalar için önemli konulardandır. Müşteri memnuniyetini artıran promosyonlar tasarlamak promosyon kararında etkili kriterlerdendir.

K3.1. Müşteri sayısı: Belirli bir periyotta promosyon ürününden satın alan farklı müşteri sayısıdır.

K3.2. Müşteri ortalama sevkiyat tutarı: Belirli bir periyotta promosyon ürününden veya ürün grubundan satın alan müşterilerin ortalama sevkiyat tutarı bilgisidir.

K4. Promosyon ana kriteri: Bu kriter grubu promosyon kurgusu ile geçmiş promosyonların verilerini içermektedir. Aynı zamanda istenilen satış artışı gerçekleşmediyse yeni promosyon için önemli referans olmaktadır.



Şekil 1: Karar destek sistemi modeli

K4.1. Promosyon dönemi: Promosyonun uygulanacağı tarihin tatil, özel gün, sezon sonu ya da firmanın belirlediği konsept bilgisidir.

K4.2. İki promosyon arası süre: Son promosyondan itibaren geçen zaman dilimidir.

K4.3. Promosyon sıklığı: Promosyonun son bir yıl içerisinde kaç kez yapıldığı bilgisidir.

K4.4. Rakip promosyonları: Rakiplerde uygulanan promosyon bilgisidir. Rakiplerde satılan aynı ürünün fiyatı üstünde satış yapmak istenilen bir durum değildir.

K4.5. Promosyon sevkiyat sayısı: Önceki promosyonda ürünün geçtiği sevkiyat sayısıdır.

K4.6. Ortalama sevkiyat tutarı: Önceki promosyonda ürünün geçtiği alışverişlerin toplam tutarının sevkiyat sayısına oranıdır.

Bu kriterleri belirledikten sonra kriterlerin birbirleri ile etkileşimleri incelenmiştir. Örneğin ürünün stok durumu tedarikçilerle anlaşma kriterini etkilerken, tedarikçilerle anlaşma kriteri ürünün tipi kriterini etkilemektedir. Mevcut ürünün tipi yani hacmi büyüklüğü, yaşam döngüsünün promosyon seçiminde etkili olmasıyla birlikte belirlenen diğer kriterlerden etkilenmediği, bağımsız olduğu analiz edilmiştir. Aynı şekilde ürün markası, tedarikçi sayısı, müşteri segment bilgisi, müşteri şikayet sayısı etkileyen kriter olabildiği halde diğer kriterlerden önemli derecede etkilenmediği tespit edilip, bu kriterler ihmal edilmiştir. Uygulamada kriterlerin ilişkileri oluşturulduktan sonra lojistik hizmet promosyonu yapan şirketlerin pazarlama departmanlarında yönetici pozisyonunda çalışanlar katılımcı olarak seçilip yüz yüze anket çalışması yapılarak ANP analizi ile kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak kriterler ağırlıklandırılmış olup, ELECTRE analizi ile bu ağırlıklardan faydalanılarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

4.1. ANP Analizi

Çalışmamızda ANP analizi için The Creative Decisions Foundation tarafından sunulan SuperDecisions yazılım programından faydalanılmıştır. Ana

kriterler için kümeler (cluster) tanımlanmış bu kümelere ait alt kriterler (node) oluşturulmuştur. Her kriter için etkileyen kriterler işaretlenmiştir. Bu çalışmada Saaty (1996;2005) tarafından önerilen anket sonuçlarının tek bir değere dönüştürülmesinde geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Anket sorularına verilen cevaplar ve geometrik ortalamalar hesaplanmıştır. Hesaplanan geometrik ortalama değerleri SuperDecisions programında ilgili alanlara girilmiştir. Örnek bir ekran da Şekil 2'de gösterilmiştir.

Promosyon arası süre kriterinin Promosyon kümesinde kriterlerin göreceli ağırlık değerleri girildiğinde tutarlılık oranı 0,04356<0,10 olduğundan matris tutarlıdır. Benzer şekilde diğer kriter karşılaştırmalarında tutarlılık oranı 0,1'den büyük olan durumlarda karşılaştırmaların önem dereceleri tekrar gözden geçirilmiştir. Tüm ikili karşılaştırma değerleri programa girildikten sonra süpermatris elde edilmiştir. Süpermatris bütün ikili karşılaştırmaların karar verici tarafından atanmış değerlerini içeren matristir. Daha sonra her bir faktör vektörü sütun toplamına bölerek ağırlıklı süpermatris, ağırlıklı süpermatrisin limiti alınarak limit süpermatris elde edilmiştir. Tablo 1'de kriterlerin (ana kriterlerin) karşılaştırmaları yer almaktadır.

Limit süpermatristen elde edilen kriterlerin ağırlıkları ve önem dereceleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2'de kriterlerin global ağırlıklarının değerleri incelendiğinde promosyon seçimi kararında en önemli kriter %32,4 ile promosyon dönemi kriteridir. %23,7 ile rakip promosyonları, %12,5 ile stok bilgisi kriterleri takip etmektedir. En az öneme sahip kriter ise promosyon sevkiyat sayısı kriteri olmuştur.

Tablo 1: Ana kriter matrisi

	K1	K2	K3	K4	HEDEF
K1	0,062095	0,532994	0,000000	0,319200	0,189458
K2	0,462553	0,251452	0,132547	0,100952	0,133432
K3	0,175224	0,000000	0,000000	0,382062	0,487436
K4	0,300128	0,215554	0,867453	0,197786	0,189674
HEDEF	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Node	D.3.promos-	D.4.rakip -	D.5.promos-	D.6.ort. s-
D.1.promos-	6.2573	2.2899	3.6342	3.6342
D.3.promos-		6.1614	1.5874	1.5874
D.4.rakip -			6.2573	5.6462
D.5.promos-				2

Şekil 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri

Tablo 2: Kriter ağırlıkları tablosu

Kriterler	Ağırlılandırılmış Süper Matris	Limit Matris Ağırlığı
K4.1. Promosyon dönemi	0,0926	0,3243
K4.4. Rakip promosyonlar	0,0489	0,2377
K2.4. Stok bilgisi	0,0303	0,1256
K2.2. Pazar hâkimiyeti	0,0385	0,0874
K1.1. Tedarikçilerle anlaşma	0,1509	0,0844
K2.2. Kar marjı	0,0298	0,0762
K3.1. Müşteri sayısı	0,2990	0,0258
K2.5. Kategori hedefi	0,0545	0,0156
K2.1. Fiyat	0,0049	0,0072
K2.3. Ciro	0,0139	0,0064
K4.3. Promosyon sıklığı	0,0139	0,0041
K4.2. Promosyon arası geçen süre	0,0176	0,0034
K3.2. Müşteri ortalama sevkیات tutarı	0,1884	0,0011
K4.6. Ortalama sevkیات tutarı	0,0083	0,0001
K4.5. Promosyon sevkیات sayısı	0,0085	0,0001

4.2. ELECTRE Analizi

Bu hesaplanan indekslerden C değeri en büyük olan ve D değeri en küçük olan alternatif birinci sıradan seçilecek adaydır. Bu koşulu sağlayan E alternatifi olmuştur. Tablo 3'de bu sıralama gösterilmiştir.

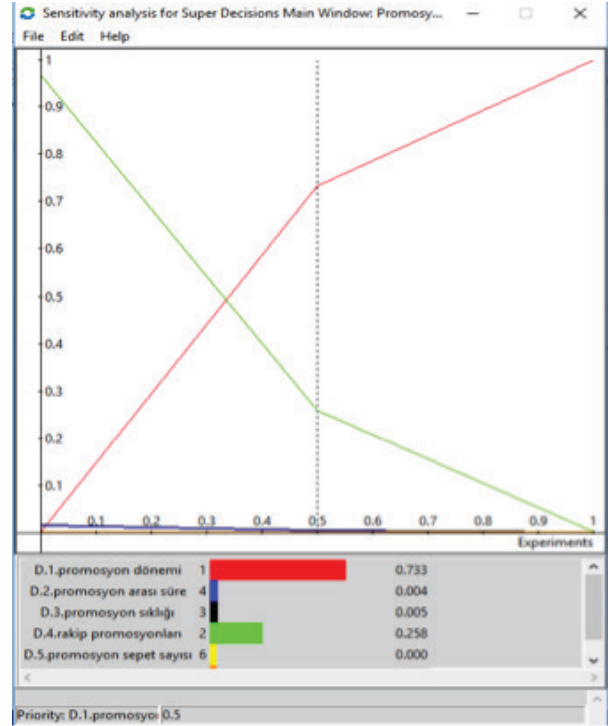
Tablo 3: Uyum ve Uyumsuzluk İndeksleri

	C	D
A	-2,58016	2,478002
B	-2,22655	2,703619
C	-0,22299	0,462849
D	2,271697	-2,14669
E	2,758009	-3,49778

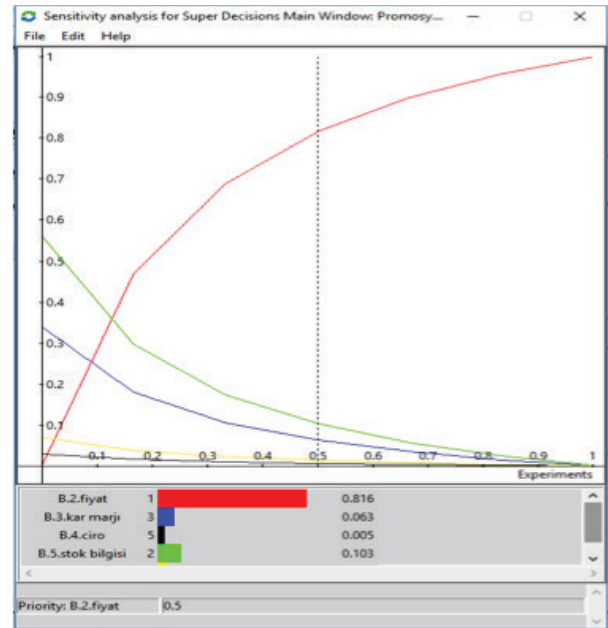
4.3. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, farklı parametre değerleri ile elde edilen bulguların nasıl değiştiğini görmemizi, ortaya çıkan kriter ağırlıklarının sıralamasına veya alternatiflerin değişimine en büyük etki eden kriterin hangisi olduğu sorusuna cevaplar bulabilmemizi sağlamıştır. ANP modeli ile farklı şekilde duyarlılık analizi yapılabilmektedir. Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu uygulamamızda promosyon kümesinden promosyon dönemi ve rakip promosyonları en önemli kriterler olarak bulunmuştu. Bu kriterleri ürün kümesinde stok kriteri ve tedarikçi kümesindeki kriterler takip etmekteydi.

Duyarlılık analizinde en kritik kriterimizi yani promosyon dönemini bağımsız değişken olarak seçtiğimizde, promosyon kümesindeki öncelik değerlerinin Şekil 3 ve Şekil 4'deki gibi değiştiği görülmektedir. Uygulamamızda promosyon dönemi normalize değeri ile 0,56 olarak öncelikli bulunmuştu. Promosyon dönemi kriterinin program tarafından varsayılan olarak atılan 0,5 önem derecesine göre normalize ağırlığı 0,73 olarak hesaplanmıştır. Bu kriterin önem ağırlığının artması ile diğer promosyon kriterlerinin ağırlıklarının azaldığı görülmektedir. Benzer şekilde stok



Şekil 3: Promosyon kümesi duyarlılık analizi



Şekil 4: Ürün kümesi duyarlılık analizi

kriterinin normalize değeri uygulamamızda 0,54316 olarak bulunmuştu. Bulduğu ürün kümesindeki kriterlerden fiyat kriteri bağımsız olarak seçildiğinde ve bu kriterin önem derecesi arttığında stok kriterinin azaldığı görülmektedir. Yapılan bu analizler ile tek bir parametre değişiminin kriterler üzerindeki etkisi ölçülebilmektedir. Fakat süpermatrisin bir satırındaki tüm değerler değiştiğinde kriter ağırlıklarındaki değişimleri görebilmek için program üzerinde satır duyarlılığı yapılabilmektedir. Buradaki amaç satırların oranlarını olabildiğince koruyacak şekilde satır değişimi yapılabilmektedir. ANP uygulamasında alternatifler olmadığından

kriterlerin önem derecelerindeki değişimlerin birbirleri ile ilişkisi olan kriterler üzerinde değişime neden olduğu, öncelik değerlerini değiştirdiği sonucuna varılmıştır.

4.4. Bulgular

Çalışmada promosyon seçiminde çok fazla kriter göz önüne alındığından çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Uygulamamızda hibrit yöntemlerden faydalanılmıştır. Promosyon uygulanması istenen ürün grubunda alternatif en iyi promosyon tipinin belirlenebilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden ANP ile belirlenen kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış, ELECTRE yöntemi ile de bu kriterlerin ağırlıklarından faydalanarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

ANP yönteminde seçime etki eden kriterler belirlenerek bu kriter arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Daha sonra ikili karşılaştırma matrislerinden faydalanarak bu kriterlerin göreceli önem değerleri belirlenmiştir. Çalışmada küme ve düğüm olmak üzere toplamda 27 adet ikili karşılaştırma matrisi 3 adet karar vericiyle yapılmıştır. Bu karar vericiler lojistik firmalarının en az 5 yıl pazarlama yöneticisi konumunda olan kişilerden seçilmiştir. Grup kararı olması amacıyla verilen cevaplar geometrik ortalama yöntemiyle hesaplanmıştır. İkili karşılaştırma matrislerinde matrislerin tutarlılık oranı 0,1'den büyük olan değerlerde karşılaştırma matrisleri tekrar gözden geçirilmiştir.

ANP analizi sonucunda kriterlerin ağırlıklarının bir kaç ayırt edici matris değeri haricinde birbirlerine oldukça yakın oldukları gözlemlenmiştir. Her ürün grubunda kriterlerin önem dereceleri değişebilmektedir. Seçilen ürün grubunda analize başlanmadan önce tahmin edildiği gibi promosyon dönemi önemli bir kriter olarak bulunmuştur. Promosyon kümesindeki promosyon dönemi kriteri 0,3243 limit değeri ile birinci sırada yer almaktadır. Bu kriteri rakip promosyonlarının ve stok durumunun takip ettiği ortaya çıkmıştır. Tedarikçi kümesine ait kriterler perakende firmaları için her ne kadar önem arz etse de seçilen ürün grubunda firmanın kendi üretim tesisleri de mevcut olduğundan tedarikçi kümesine ait kriterler 4. ve 5. sırada yer aldığı gözlemlenmiştir.

ANP analizinden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak ELECTRE analizi ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Uygulama fazla sayıda alternatif olabileceğinden alternatifler gruplanarak 5 adet alternatif oluşturulmuştur. Bu alternatifler nitel kriterlere göre 1-10 değeri arasında puanlanmış, nicel kriterlerde ise geçmiş LHP tiplerinde oluşan verilerin yaklaşık oranları alınarak karar matrisine eklenmiştir. ELECTRE adımları uygulandıktan sonra özelleştirilmiş promosyonlar ilk sırada yer almıştır. Bu alternatif puan promosyonları ve ürün sevkiyat promosyonları takip etmektedir. En son sırada yer alan promosyon tipi ise ürün miktar promosyonları olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada oluşturduğumuz modelimizin yöneticilerin karar almalarında objektif değerlendirmeleri açısından alternatif bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma lojistik sektöründe bir ürün grubu için yapılmış olsa da, farklı ürün gruplarında model değişik sonuçlar verebilir. Aynı şekilde farklı sektörler için de önem verilen kriterler eklenerek (lokasyon, satış tahmin gibi) bu hibrit yöntem uygulanabilir. Modeldeki kümelerdeki kriter sayıları eşit olmasa da önceliklerinin toplamına bakıldığında LHP

kümesindeki kriterler %56'lık bir oran ile ilk sırada bulunmaktadır. Bu kümedeki promosyon dönemi ve rakip promosyonları dikkate alınması gerekmektedir. Çünkü bir şirketin promosyon dönemine uygun promosyonlar uygulamaması ya da rakiplerdeki promosyonlar ile ürünün fiyat farkının oluşması satışları etkilediği gibi istenmeyen bir durumdur. Müşteri kümesinde kriter sayısının daha az olmasına rağmen küme karşılaştırmalarında %48'lik bir oran ile hedefi en çok etkileyen kriter olduğu tespit edilmiştir. Çünkü müşteri memnuniyetinin ve müşteri sadakatinin sağlanması şirketler için günümüzde önemli bir konudur. Müşteri ilişkileri geliştirmek için ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple son günlerde müşteri veri analizlerinden faydalanarak gerek sosyal medya gerekse diğer kanallardan şirketlere özel uygulamalar geliştirilmesi için çaba sarf edilmektedir. Ürün grubu kriterleri için önceliklerin toplamına bakıldığında %23'lük oran ile dikkat edilmesi gereken bir kriterdir. Uygulamamızda belirlediğimiz ürün grubu olduğundan bu ürün grubu ile ilgili kriterlere bakılmıştır. Pazaraya yeni giriş yapan ya da kapladığı alan ya da hacim, kullanım süresi ya da özellikleri bakımından her ürün için modelimiz geliştirilebilir.

Modelde elde edilen bulgulara göre özelleştirilmiş LHP alternatifler arasından en uygun bulunmuştur. Belirli periyotlarda alınacak satış datasından veya kriterlerin göreceli önemlerinin değişmesinden dolayı uygulamamız farklı sonuçlar verebilir. Şirketlerin başarısını etkileyen faktörlerde verilen doğru kararlar önemlidir. Karar sonuçlarının başarılı olabilmesi için de kriterlerin konuya uygun doğru bir şekilde belirlenmesi ve göreceli önemlerinin doğru tespit edilmesi gerekmektedir.

Lojistik yönetimi ekip üyeleri, tümü etkin promosyonlar için hayati önem taşıyan maliyetleri, bileşenleri, malzemelerin kullanılabilirliğini ve dağıtım gereksinimlerini analiz edebilir. Lojistik yöneticileri ne kadar erken neye ihtiyaçları olacaklarını, nerede ihtiyaç duyacaklarını ve ne zaman sürecin başlayacağını bilerek planlamaya ne kadar erken başlayacaklarını bilebilir. Yöneticiler, lojistik ve pazarlama takımıyla içerik maliyetleri, dağıtım maliyetleri ve promosyonu gerçeğe dönüştürmek için gerekenlere ilişkin kararlarda bu tür metodolojileri uygulayabilirler.

Literatürde kriter sıralamaları ve bu kriterlere uygun alternatiflerin seçimleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ANP-ELECTRE yöntemleri hibrit bir şekilde kullanılmıştır. ANP yöntemi AHS yöntemine tercih edilmesinin sebebi oluşturulan kriter kümelerinin birbirleri arasında (dışsal bağımlılık) ve kendi içinde (içsel bağımlılık) ilişkilerinin olmasıdır. ANP hiyerarşik bir şekilde kriterleri bağımsız kabul ederek konuyu incelemektedir. Literatürde çok sayıda alternatiflerin sıralanması için yöntem bulunmaktadır. ANP-TOPSIS hibrit yöntemi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak kriterlerin ağırlıklandırılması ve uygun alternatifin belirlenmesi için DEMATEL, PROMETHEE, VIKOR, ORESTE, MAUT yöntemleri de kullanılabilir. Uygulamamızda örneğin ANP-TOPSIS yöntemi kullanılarak iki yöntem arasındaki farklı sonuçlar değerlendirilebilir. Bunlarla birlikte yöntemler uygulandıktan sonra Duyarlılık analizi yapılarak, kritik olan kriterlerin alabileceği farklı değerler sonucunda uygulama sonucunu nasıl etkileyeceği tespit edilebilir. Karar vericilerin net görece sağlayamadığı durumlarda daha net çözümler sunabilmek için bulanık yöntemler kullanılabilir. Bulanık ANP yöntemi ile çalışma yapılabilir. Ayrıca ELECTRE yöntemi ile net seçim sağlanamayan sonuçlarda ELECTRE yönteminin versiyonları ile yöntem uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ailawadi K.L., Harlam B.A., César J., Trounce D. (2006), "Promotion Profitability for a Retailer: The Role of Promotion, Brand, Category, and Store Characteristics", *Journal of Marketing Research*, 43, (11), pp. 518-535.
- [2] Ailawadi, K.L., Beauchamp, J.P., Donthu, N., Gauri, D.K., Shankar V. (2009), "Communication and Promotion Decisions in Retailing: A Review And Directions For Future Research", *Journal of Retail.*, 85 (1), pp. 42-55.
- [3] Anderson, E.T., Fox, E. J. (2019), "How price promotions work: A review of practice and theory", *Handbook of the Economics of Marketing*, pp. 497-552.
- [4] Chandon, P., Wansink, B., Laurent G. (2000), "A Benefit Congruency Framework Of Sales Promotion Effectiveness", *Journal of Marketing*, 64 (4), pp. 65-81.
- [5] Chirra, S., Kumar, D. (2018), "Analysis of SCF Under Sales Promotional Schemes: An Application of Interpretive Structural Modelling Approach", *International Journal of Production Research*, 56 (18), pp. 6015-6033.
- [6] Figueira, J., Greco, S., Roy, B., Słowiński, R. (2013), "An Overview of Electre Methods and Their Recent Extensions", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 20, pp. 61-85.
- [7] Franjkovic, J., Dujak, D., Sebalj, D., (2017), "Price Promotions - Implications for Logistics and Consumer Behaviour", Conference: 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management, Osijek, Croatia.
- [8] Gedenk, K., Neslin, S.A., Ailawadi, K.L. (2006), *Sales promotion Retailing in the 21st Century*, Springer.
- [9] Grewal, D., Ailawadi, K.L., Gauri, D., Hall, K., Kopalle, P., Robertson, J.R. (2011), "Innovations in Retail Pricing and Promotions", *Journal of Retail*, 87 (1), pp. 43-52.
- [10] Hamilton, R., Chernev, A. (2013), "Low Prices are Just the Beginning: Price Image in Retail Management", *Journal of Marketing*, 77 (6), pp. 1-20.
- [11] Hsu, T.H., Tsai, T.N., Chiang, P.L. (2009), "Selection of the optimum promotion mix by integrating a fuzzy linguistic decision model with genetic algorithms", *Information Sciences*, 179 (1-2), pp. 41-52.
- [12] Kotler, P., Keller, K. L. (2011), *Marketing Management*, 14. Edition, Pearson Education.
- [13] Kotler, P., Armstrong, G. (2015), *Principles of Marketing*, 16 Edition, Pearson Education.
- [14] Merrilees, B., McKenzie, B., Miller D. (2007), "Culture and Marketing Strategy in Discount Retailing", *Journal of Business Research*, 60 (3), pp. 215-221.
- [15] Morimura, F., Sakagawa, Y. (2018), "Information Technology Use in Retail Chains: Impact on the Standardisation of Pricing and Promotion Strategies and Performance", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 45, pp. 81-91.
- [16] Richards, T.J., Patterson, P.M. (2005), "Sales Promotion and Cooperative Retail Pricing Strategies", *Review of Industrial Organization*, 26 (4), pp. 391-413.
- [17] Saaty, T.L. (1996), *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh.
- [18] Saaty, T.L. (2005), *Theory and Applications of the Analytic Network Process*. PA: RWS Publications, Pittsburgh.
- [19] Tsai, W.H., Chou, W.C., Leu, J.D. (2011), "An effectiveness evaluation model for the web-based marketing of the airline industry", *Expert Systems with Applications*, 38(12), pp.15499-15516.
- [20] Wan, S.P., Xu, G.L., Dong, J.Y. (2017), "Supplier Selection Using ANP and ELECTRE II in Interval 2-tuple Linguistic Environment", *Information Sciences*, 385-386, pp. 19-38.
- [21] Wu, C.S., Lin, C.Y., Lee, C. (2010). "Optimal marketing strategy: A decision-making with ANP and TOPSIS", *International Journal of Production Economics*, 127 (1), pp. 190-196.
- [22] Yang, B., Mattila, A.S., (2020), "How rational thinking style affects sales promotion effectiveness", *International Journal of Hospitality Management*, 84, <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2019.102335>.

Serap ÖZBİLGİN

Serap Özbilgin, 5 Ağustos 1988 yılında Bursa'da doğmuştur. Lise eğitimini 2006 senesinde Osmangazi Malcılar Lisesi (YDA)'nde tamamladıktan sonra aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği Bölümü'ne girmiştir. 2011 senesinde bu bölümden mezun olduktan sonra 2015 yılında Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans eğitimine başlamış 2017 yılında da mezun olmuştur. 2012 Nisan ayı itibariyle Migros Ticaret A.Ş.'de Yazılım Sorumlusu olarak çalışmaktadır.

Doç.Dr. Sinan APAK

Dr. Sinan Apak, 2001 yılında lisansını Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliğinde, 2005 yılında yüksek lisansını Yeditepe Üniversitesi Sistem Mühendisliğinde, 2010 yılında doktorasını Marmara Üniversitesi Mühendislik Yönetimi'nde tamamlamıştır. 2017 yılında Üretim ve Operasyon Yönetimi bilim alanında Doçentlik unvanı almıştır. Çeşitli üniversitelerde görev yapan Apak 2012 yılından beri Maltepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde çalışmaktadır. Araştırma konuları; Üretim ve Süreç Yönetimi, Tedarik Zincir Yönetimi, Lojistik Yönetimi, İş Sistem Analizi ve Tasarımı, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleridir.

SEZGİSEL BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK TERSİNE LOJİSTİK YÖNETİMİ STRATEJİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIŞ AÇISIYLA ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

Fethullah GÖÇER¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
gocer.fethullah@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9381-4166

ÖZET

Tersine lojistik (TL) uygulamaları ekolojik sorunlar, atık imha problemleri, uygulanan yasalar, hızla değişen teknolojiler ve kurumsal sosyal kaygılar nedeniyle son yıllarda artan bir ilgi görmektedir. TL, ömrü biten bir ürünün daha sonra tekrar kullanılarak atıkları azaltması nedeniyle sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak görülmüştür. Bu makalenin amacı, TL yönetimi stratejilerini ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla sürdürülebilirlik açısından değerlendirmek ve önceliklendirmektir. Böylece şirketler öncelikli olarak hangi stratejilere odaklanmaları gerektiğini görecektir ve bu doğrultuda gerekli eylemleri planlayabileceklerdir. Bu çalışmada, TL yönetimi stratejilerinin önceliklendirilmesi için, sezgisel bulanık analitik hiyerarşi sürecine (IF-AHP) dayanan çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) modeli önerilmektedir. Önerilen yöntem, belirsizliği kolayca çözebilecek sezgisel bulanık bir model olarak düşünülmüştür. Literatür araştırması ve uzmanların görüşleri ile değerlendirme ölçütleri belirlenmiş ve üç ana ölçüt altında sınıflandırılmıştır. TL ile ilgili stratejiler önerilen yaklaşım kullanılarak önceliklendirilmiştir. Kurum ve şirketler, etkili TL yönetimi stratejilerinin sürdürülebilirlik açısından benimsenmesi için bu sıralamayı dikkate almalıdırlar. Son bölümde, önerilen modelin ÇÖKV problemlerini çözmedeki gücü duyarlılık analizi ve karşılaştırma testleri ile doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tersine Lojistik, Sürdürülebilirlik, Lojistik Yönetim Stratejisi, Sezgisel Bulanık Küme, Analitik Hiyerarşi Süreci

PRIORITIZING REVERSE LOGISTICS MANAGEMENT STRATEGIES FROM SUSTAINABILITY PERSPECTIVE USING INTUITIONISTIC FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

ABSTRACT

Reverse logistics (RL) practices are gaining growing interest in recent years due to ecological problems, waste disposal issues, enforced laws, rapidly changing technologies and corporate social concerns. Moreover, RL have been regarded as the part of sustainable development due to pollution cutback by reusing a product that has reached the end of its life. The goal in this article is to evaluate and prioritize RL management strategies from an ecological, economic and social sustainability perspectives. Thus, companies will see which strategies they should focus on first and plan the necessary actions accordingly. This paper proposes a Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) model based on Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process (IF-AHP) for prioritizing RL management strategies. The proposed method is considered as an intuitionistic fuzzy model that can easily solve uncertainty and ambiguity. The decision criteria are determined by literature review and opinions of experts and classified under three main criteria. As a result of the study, the proposed approach is evaluated empirically and the strategies for RL are prioritized using the proposed method. Institutions and companies should consider this ranking in order to adopt effective RL management strategies in terms of sustainability. Finally, the robustness of the model to solve MCDM problems is justified by sensitivity analysis and comparison tests.

Keywords: Reverse Logistics, Sustainability, Logistics Management Strategy, Intuitionistic Fuzzy Set, Analytic Hierarchy Process

Yayın Künyesi: F. Göçer, "Sezgisel Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Tersine Lojistik Yönetimi Stratejilerinin Sürdürülebilirlik Bakış Açısıyla Önceliklendirilmesi", Lojistik Dergisi, Yıl 16, Sayı 50, Sayfa 55-65, Aralık 2019.

1. GİRİŞ

Tersine lojistik (TL), ürünleri tüketim noktasından kaynak noktasına kadar yönetme sürecidir. TL varlık geri kazanımını ve tedarik zinciri verimliliğini en üst seviyeye çıkarmayı, maliyetleri düşürmeyi ve müşteri deneyimini geliştirmeyi amaçlar (Dowlatshahi, 2000). TL denince temel olarak atık yönetimi, tasfiye satışı, servis parçaları lojistiği, onarım ve tadilat fonksiyonları akla gelir. TL tedarik zincirine yeniden giren ürünleri elden çıkarmak, geri dönüştürmek veya yeniden satmak için kullanılan en hızlı, en uygun maliyetli ve en sürdürülebilir yöntemdir. Geçmişte, ürün yaşam döngüsü, tüketicinin ürünü satın alma işlemiyle kapıdan çıktığında sona ererdi. İade yönetimi, tedarik zincirinde hangi ürünlerin / parçaların olduğunun veya onlarla ne yapılması gerektiğinin çok az görüldüğü ya da hiç görülmeyen bir maliyet alanıydı. Günümüzde şirketler, malların iadesi ve elden çıkarılmasıyla ilgili süreçleri yeniden düşünmekte ve TL'i sadece bir maliyet sebebi olarak değil, onun yerine rekabet avantajı sağlayıcısı olarak görmektedirler. İşletmeler tedarik zincirlerini daha iyi kontrol etmek istiyor ve TL çalışmalarına önem veriyorlar. Bu da iade edilen ürünlerin geri kazanılması, denetlenmesi, test edilmesi ve elden çıkarılması hızını ve verimliliğini artırıyor. Ürün ömrü git gide kısaltıkça tersine tedarik zincirinin hızı her şeyden önemli hale gelmektedir. Bu nedenle, giderek artan sayıda şirketin hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak için TL yönetimi stratejilerinin belirlenmesi ve sürdürülebilirlik bakış açısıyla önceliklendirilmesi önemlidir.

TL'de odak sadece ekonomik sebepler üzerine eğilmek değildir. Zararlı emisyonların ve enerji kullanımının azaltılmasına yardımcı olan TL, ekolojik sürdürülebilirlik ile iç içedir çünkü TL ve ekolojik dengeyi koruma arasında yakın bir bağlantı vardır. TL, üreticiye sorumluluk yükleyerek, kullanılmış ve atılmış ürünleri, bileşenleri ve malzemeleri yönetmeye odaklanır. Amacı, bu ürünleri tekrar kullanmak ve mümkün olduğunca nihai atık miktarını azaltmaktır. Hurdaya çıkarılan ürünlerle çalışmak hiç kullanılmamış hammaddelerin yeni ürünler üretmek için tüketilmelerini önler. Bu, genel üretim maliyetinin doğrudan düşürülmesinin yanı sıra

Diğer taraftan, sürdürülebilirliğin sosyal ve etik boyutları, özellikle de TL'e uygulanabilir olduklarından, son yıllarda üzerine eğilinen bir alan olarak önem kazanan konulardandır. Genelde, mevcut TL araştırmalarının odak noktası sürdürülebilirliğin ekonomik ve ekolojik yönleri olmuştur. Sosyal sürdürülebilirlik ise henüz çok kapsamlı bir şekilde incelenen bir alan olmamıştır. TL'in mümkün olduğunca verimli olması için bu sürece tüketiciyi dâhil etmek de önemlidir. İşletmeler bu sürecin bir parçası olmakla sorumludur. Örneğin, bir topluluktaki insanların geri dönüşümdeki aktif rolünü tanıyan ve teşvik eden kampanyalar oluşturmak gibi.

TL sistemi oluşturmak ve uygulamak şirketlere birçok avantajlar sağlar. Malzemelerin üretim işlemlerinde tekrar kullanılması, işlenmemiş hammaddelerin gereksiz kullanılmasının önlenmesine yardımcı olur ve daha az güç/enerji gerektirir. Bu uygulama bir bütün olarak topluma doğrudan fayda sağlayacaktır. Bir diğer avantajı kurumsal imajı ve müşteri memnuniyetini arttırmasıdır. TL uygulayan işletmeler için önemli rekabet avantajları vardır. Giderek daha fazla sayıda müşteri, çevre sorunlarına duyarlı şirketlerle iş yapmakla ilgilenmektedir. Malzemelerin yeniden işlenmesinin yeni yollarının keşfedilmesi önemlidir çünkü reddedilen öğelerin parasal değerini telafi edebilecek yeni iş fırsatları yaratılmak TL'in diğer bir avantajıdır. Geçen sezondan kalma ürünleri veya küçük kusurları olan ürünleri normal fiyatlarının altında satmakta uzmanlaşmış

Outlet satış noktaları buna çok iyi bir örnektir. Stok kontrolü ise TL'in önemli bir faydasıdır. TL, eski ürünlerin muhafazasını durduran ve olası hataları en aza indiren daha iyi stok organizasyonu anlamına gelir. Tüm bu avantajların aynı şekilde maliyetleri düşürme ve geliri artırma üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Bazı şirketler sıfır depolama hedeflerine sahiptir ve iade edilen ürünlerin uygun şekilde geri dönüştürülmesini ve bertaraf edilmesini sağlayabilecek bir lojistik ortağıyla çalışmak için çaba göstermektedir. Etkili bir TL stratejisi aslında en mükemmel geri dönüşüm sürecidir. İyi kurgulanmış bir TL sistemi, şirketlere kar ve zararlarını yönetmelerine yardımcı olmaktan, rekabetçiliği arttırmaya ve daha sürdürülebilir bir şekilde çalışmaya kadar gerçekten büyük faydalar sağlayabilir.

Stratejilerin önceliklendirilmesi bir çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemi. Sınırlı sayıda alternatif arasından seçim yapmayı içeren problemleri çözmek için ÇÖKV yaklaşımları kullanılır. ÇÖKV yöntemleri, alternatifleri sıralar ve karar vericinin en iyi alternatifi belirlemesine yardımcı olur. ÇÖKV yöntemlerindeki her karar tablosunun dört ana bölümü vardır: (a) alternatifler, (b) kriterler, (c) her bir kriterin ağırlığı veya göreceli önemi ve (d) özelliklere göre alternatiflerin performans ölçütleri. TL temel özelliklerinden biri, birçok yöndeki belirsizlikleridir. Bu belirsizlikler TL'deki her faaliyet boyunca ortaya çıkmaktadır. Strateji önceliklendirme sorunu, sınırlı sayıda aday alternatifleriyle çok sayıda çelişen kriterleri içerdiğinden, ÇÖKV yöntemleri bu tür bir sorunu çözmek için etkili bir şekilde kullanılabilir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karar vericilerin karmaşık sorunları basit bir hiyerarşik biçimde yapılandırmasını ve çok sayıda faktörü sistematik bir şekilde değerlendirmesine sağlar. AHP, yöneticilerin öncelikleri belirlemelerine ve bir kararın hem nitel hem de nicel yönlerinin dikkate alınması gerektiğinde en iyi kararı vermesine yardımcı olan güçlü ve esnek bir karar verme sürecidir (Saaty, 2000). AHP daha çok sistematik bir yöntemdir ve karmaşık ÇÖKV problemleri ile karşılaştığında insanların değerlendirmesindeki belirsizliği yakalama yeteneğine sahiptir. Bir karar sorunu daha da karmaşık hale dönüştükçe, en iyi alternatifleri sıralama görevi karar vericiler için çok daha zor hale gelir. Yazında pek çok çalışma, birçok alternatif arasından birine karar vermek için, insanların akıl yürütme yetisine benzerliği nedeniyle, klasik bulanık küme teorisini kullanır. Bununla birlikte, klasik bulanık küme ile karşılaştırıldığında, Sezgisel Bulanık kümeleri, daha yeterli olmaları ve karar vericilerin kararlarını tanımlama yetenekleri bakımından daha fazla avantaja sahip olmasından dolayı, tercih etmektedirler. Sezgisel Bulanık kümeler standart bulanık kümelerin uzantılarıdır. Bulanık kümeleri kapsayan tüm kurallar burada da düşünülebilir. Ayrıca, bulanık kümelere dayanan herhangi bir araştırma, sezgisel bulanık küme olarak tanımlanabilir. Öte yandan, Sezgisel bulanık kümeler üzerinde sadece sıradan bulanık kümelere benzer işlemler değil, aynı zamanda bulanık kümelere tanımlanamayan operatörler üzerinde de tanımlanmıştır.

Bazı araştırmacılar, TL ile ilgili stratejileri belirlemek ve yönetmek için bazı araçlar geliştirmiştir. Çoğu araştırma, ağ tasarımı, üretim planlama veya çevre sorunları gibi yalnızca TL sisteminin küçük bir alanına odaklanmaktadır. Mevcut çalışmalar bu stratejilerinin TL uygulamalarındaki öneminden veya bu uygulamalardaki başarının nasıl artırılacağından bahsetmektedir. Ancak, TL konusunda strateji önceliklendirme için neredeyse hiçbir araştırmanın yapılmadığı görülmektedir. Bu önerilen stratejilerden hangisine daha fazla önem verilmesinin TL yönetimini daha etkin kılacağına dair yazında çalışma bildiğimiz kadarıyla yoktur. Bu makalede yapılan araştırma bu boşluğu doldurmayı ve sürdürülebilirlik

bakış açısıyla TL stratejilerinin önceliklendirilmesi için fırsatları keşfetmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmanın ana amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

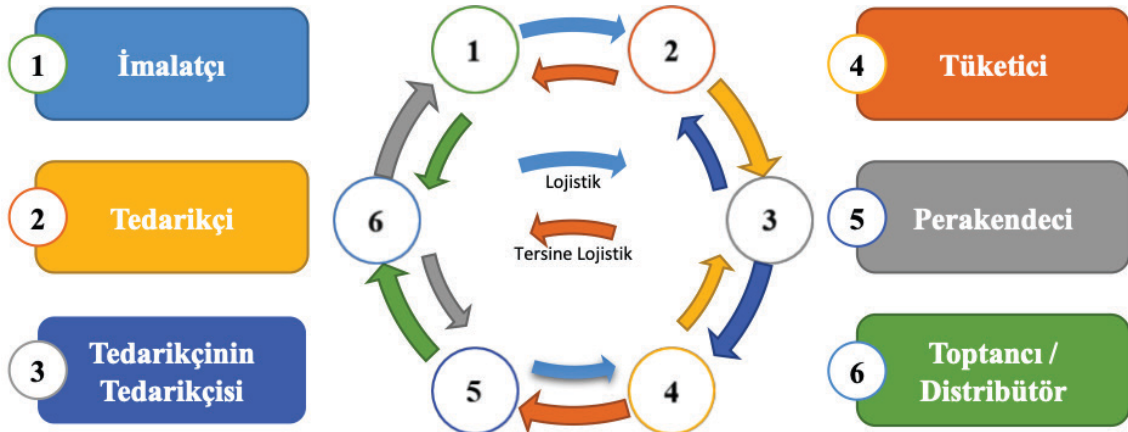
- TL'de farklı strateji çeşitlerini veya potansiyel yeni stratejileri sürdürülebilirlik bakış açısıyla analiz etmek,
- Bulunan stratejileri sıralayacak değerlendirme ölçütlerini belirlemek,
- Sezgisel Bulanık Küme ile güçlendirilmiş AHP tekniğini uygulayarak TL stratejilerinin öncelik sırasını belirlemek,
- Elde edilen öncelik sıralamasını duyarlılık analizi ile doğrulamak.

Makalenin geri kalan bölümleri şu şekilde yapılandırılmıştır: 2. Bölüm, ilgili alandaki yazının gözden geçirilmesini sağlar. Bölüm 3'de uygulanan araştırma yöntemi bir başka deyişle problemi çözmek için geliştirilen ve kullanılan metodoloji sunulur. Bölüm 4'te verilen uygulamada TL stratejilerinin belirlenmesi, değerlendirme ölçütlerini oluşturma ve önceliklendirme adımları anlatılmaktadır. Yönetimsel çıkarımlar, ve duyarlılık analizi Bölüm 5'de verilirken, Bölüm 6'da son değerlendirmeler aktarılmıştır.

2. YAZIN TARAMASI

Çok sayıda yeni şirket, tedarik zinciri yönetimi uygulamasının önemini git gide fark etmeye başladı (Büyüközkan ve Göçer, 2018). Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan endüstrilerde TL ve kapalı döngü tedarik zinciri geliştirme görevi hayati bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır (Atabaki, Khamseh, ve Mohammadi, 2019). TL, iade yönetimi olarak adlandırılan daha geniş bir tedarik zinciri yönetimi sürecinin bir parçasıdır. Şekil 1, lojistik yönetimi ile TL yönetiminin şematik gösterimini içermektedir. TL'de işlemlerde karar alma, geri dönüş için gerçekleştirilecek geri kazanma tipini, geri kazanmanın gerçekleştirileceği yeri, nakliye tarzını ve geri kazanılan parçaların ücretlendirmesini içerir (Erol ve diğ., 2010). TL, yazında birçok açıdan değerlendirmesi yapılan geniş bir çalışma alanıdır. TL çalışmaları birkaç kategoriye ayrılabilir. Dowlatshahi (2000) beş TL kategorisi tanımlamıştır: TL'in genel kavramları, sayısal (kantitatif) modeller, lojistik (dağıtım, depolama ve nakliye), şirket profilleri, ve uygulamalar. Daha yakın zamanlarda çalışmalarda, bazı araştırmacıların TL'de ÇÖKV yaklaşımları ve nicel modeller üzerinde yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu yazın taramasında TL yönetimini sürdürülebilirlik açısından değerlendiren ÇÖKV çalışmaları üzerine odaklanılmaktadır.

Kumar ve Putnam (2008) üç endüstri sektörünün (otomotiv, tüketici cihazları ve elektronik) birincil stratejilerini, ürün yaşam döngüsündeki tedarik zinciri döngüsünü kapatmak üzere belirlemektedir. Hanafi ve diğ. (2008) popülasyon özelliklerine göre özelleştirilmiş bir toplama stratejisi sağlayan bir model ortaya koymuşlar; böylece önerdikleri strateji devlet kurumlarının veya üreticilerin ömrü bitmiş ürünleri farklı yerlerde toplama stratejilerini taklit etmelerini sağlamıştır. Skinner ve diğ. (2008) farklı lojistik stratejilerinin TL sürecinde stratejik performans üzerindeki etkisini ampirik olarak incelerler ve aynı zamanda uygun karar stratejisinin belirlenmesinde bir temel olarak müşteri karar alma sürecinde iade politikasının rolünü de araştırırlar. Geisendorf ve Pietrulla'ya (2018) göre, TL kavramı ekoloji ve karlılığa odaklanır, ancak sürdürülebilirlik kavramlarının özelliklerinden biri olarak listelenen sosyal yönü dikkate almaz. Awan ve Ali (2019) sürdürülebilir uygulamaların, yani çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin TL geri kazanım seçeneklerine etkisini araştırır. TL modeli değerlendirmesinde Tian ve diğ. (2019) dokuz kriterin ağırlığını belirlemek için bütünleşmiş bir ÇÖKV yöntemi önermekte ve uzman değerlendirmelerine dayanarak üç geri alma modelini sıralamak için bulanık bir yöntem benimsemektedirler. Gardas ve diğ. (2019) çalışmalarında Hindistan'daki bir tedarik zinciri vakası bağlamında Operasyonel ve İş performansı üzerine sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi'ne hâkim olan etkilerin belirlenmesi ve analiz edilmesi yoluyla yazında bulunan bu konudaki açığı kapatmaya çalışmaktadır. Li ve diğ. (2018), karma ÇÖKV ve kümülatif olasılık teorisine dayanan üçüncü taraf TL sağlayıcı seçim yaklaşımını önermişler ve bilgisayar imalat endüstrisinden bir vaka çalışması ile önerilerini test etmişlerdir. Prakash ve Barua (2017)'in makalesinde, TL'in benimsenmesinin önündeki engelleri değerlendirmek, önceliklendirmek ve karşılaştırmak için bulanık AHP ve yorumlayıcı sıralama sürecine dayanan esnek bir yöntem önerilmektedir. Hernandez ve diğ. (2016), TL faaliyetleri arasındaki mevcut ilişkileri tespit etmeye ihtiyaç duyulduğunda formüle edilebilecek bir ÇÖKV problemi olarak Analitik Ağ Süreci tekniğini benimsemişlerdir. Tajik ve diğ. (2013) tarafından üçüncü parti TL tedarikçilerinin seçilmesi için sürdürülebilirliğin üç boyutunun da dikkate alındığı karma bulanık bir ÇÖKV yaklaşımı önerilmiştir. Belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerinin ve alt kriterlerinin ağırlıklarını bulmak için bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Ardından, tedarikçilerin sıralamasını belirlemek için bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmış ve önerilen yaklaşımın uygulanabilirliği bir elektronik imalat şirketinde test edilmiştir.



Şekil 1: Lojistik ve Tersine Lojistik şematik gösterimi (Krumwiede ve Sheu, 2002)

3. ÖNERİLEN METODOLOJİ

Genel olarak, karar verme sürecinin niteliği karmaşıktır. Karar verme verilerinin bazıları tanımsız, belirsiz ve bulanık veridir. Belirsizlik insan, makine veya sistemlerle ilgili sorunlardan kaynaklanabilir. İyi karar verme modelleri belirsizliği tolere edebilmelidir. Tercih ve tecrübe dahil olmak üzere insan yargılamaları genellikle belirsizdir ve karar verici onları sezgisel tahmin eder. Ek olarak, karar vericiler, kararları karşılaştırmak için çok önemli sayısal değerler atamayacak kadar isteksiz olabilir veya olmayabilir. Bulanık mantık, belirsizliği bir karar modeline dahil etmek için geliştirilen bir yöntemdir.

3.1. Sezgisel Bulanık Küme

Sezgisel Bulanık kümelerin ana kavramları ve aritmetik işlemleri aşağıda kısaca sunulmuştur.

Geleneksel bulanık kümeler, Atanassov (1986) tarafından sezgisel bulanık kümeler olarak genişletilmiştir. Temel olarak, kümedeki her bir öğeye karşılık gelen bir üyelik derecesi, üyelik dışı derecesi ve tereddüt derecesi belirlenmiştir. $A \subset E$ olan bir sabit E seti tanımlanır. E 'de bulunan bir sezgisel bulanık set, \tilde{A} , aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\tilde{A} = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in E \} \quad (1)$$

$$\mu_A(x) \text{ ve } \nu_A(x) : E \rightarrow [0, 1], 0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1.$$

Benzer şekilde, tereddüt derecesi ($\pi_A(x)$) aşağıdaki denklemde belirtilir;

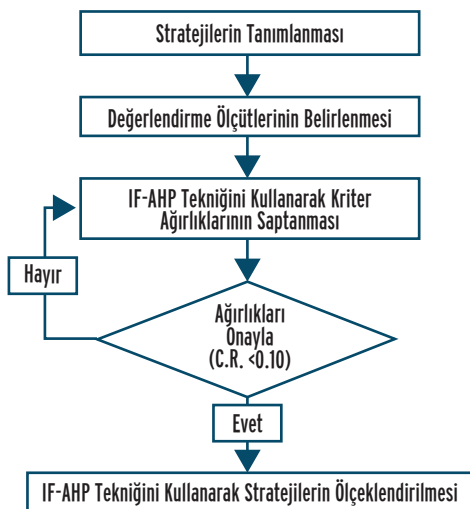
$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x), \quad (2)$$

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 iki sezgisel bulanık küme değeri ve $\lambda > 0$ olsun, sezgisel bulanık kümelerde toplama, çarpma ve skaler çarpma işlemleri aşağıdaki belirtilen denklemlerle hesaplanır.

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = \{ [x, \mu_{\tilde{A}_1}(x) + \mu_{\tilde{A}_2}(x) - \mu_{\tilde{A}_1}(x) * \mu_{\tilde{A}_2}(x), \nu_{\tilde{A}_1}(x) * \nu_{\tilde{A}_2}(x) \mid x \in X], \quad (3)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = \{ [x, \mu_{\tilde{A}_1}(x) * \mu_{\tilde{A}_2}(x), \nu_{\tilde{A}_1}(x) + \nu_{\tilde{A}_2}(x) - \nu_{\tilde{A}_1}(x) * \nu_{\tilde{A}_2}(x) \mid x \in X] \quad (4)$$

$$\lambda * \tilde{A} = \{ [x, 1 - (1 - \mu_A(x))^\lambda, (\nu_A(x))^\lambda] \mid x \in X \} \quad (5)$$



Şekil 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri

3.2. Sezgisel Bulanık AHP

Önerilen metodolojinin adımları bu alt bölümde sunulmuştur. TL stratejilerinin önceliklendirilmesinde kullanılan metodoloji Şekil 2 de gösterilmiştir.

1. Adım: Hiyerarşi, kriterler ve alternatifleri tanımlama

$A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, $i = 1, 2, \dots, m$, kümesi $C_j = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ kümesi tarafından tanımlanan n kriterine göre değerlendirilmiş m alternatifini temsil eder.

$w_j = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ vektörü n kriterinin ağırlığını gösterir,

$$w_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \text{ ve } \sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

2. Adım: Her karar vericinin ağırlığını hesaplama

K tane karar vericinin ($k = 1, 2, \dots, K$) ağırlıkları (λ_k) Denklem (Denk.) (6) ile hesap edilmektedir. Karar vericinin sezgisel bulanık değerlendirilmesi hesabı için Boran ve diğ., (2009) tarafından bulunan yöntem adapte edilmiştir. Dilsel terimler Tablo 1'de sunulmaktadır.

$$\lambda_k = \frac{\left[\mu_k + \pi_k \left[\frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}{\sum_{k=1}^K \left[\mu_k + \pi_k \left[\frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}, \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \quad (6)$$

3. Adım: Karar Vericilerin değerlendirmesini alma

Sezgisel Bulanık küme AHP dilsel terim ölçeği, ikili karşılaştırma matrisini hazırlamak için uygulanır. İkili karşılaştırma için sezgisel bulanık küme formundaki dilsel terimler Tablo 2'de verilmiştir. Hiyerarşi oluşturulduktan sonra dilsel veriler bir sezgisel bulanık küme matrisine dönüştürülür.

4. Adım: Grup Karar Matrisi Oluşturma

Bireysel görüşlerin bir grup görüşünde birleştirilmesi için sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA) operatörü (Xu 2011) uygulanır. Her karar vericinin bireysel ikili matrisi ilk önce kümelerin ve daha sonra grup karar matrisi ile birleştirilir (R_{ij}). Sonuçta her kriter için elde edilen R_{ij} matrisi sezgisel bulanık AHP ağırlıklarını ve her alternatif için her bir kriter üzerine elde edilen matris alternatiflerin ağırlığını temsil eder.

$$R_{ij} = \left(1 - \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^K \left(\left(\nu_{ij}^{(k)} \right)^{\lambda_k} \right), \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^K \left(\left(\nu_{ij}^{(k)} \right)^{\lambda_k} \right) \right) \quad (7)$$

Tablo 1: Karar vericilerin ağırlık hesabında kullanılan dilsel terimler (Boran ve diğ., 2009)

Dilsel İfadeler		Sezgisel Bulanık Değerler		
		μ	ν	π
Çok Önemli	ÇÖL	0,90	0,10	0,00
Önemli	ÖNL	0,75	0,20	0,05
Eşit Önemde	EÖ	0,50	0,45	0,05
Önemsiz	ÖNS	0,35	0,60	0,05
Çok Önemsiz	ÇÖS	0,10	0,90	0,05

Tablo 2: İkili Karşılaştırma için kullanılan Dilsel Terimler (Abdullah ve Najib, 2016)

Dilsel İfadeler	Ölçek	Sezgisel Bulanık Değerler			Karşıt Değerler			
		μ	ν	π	μ	ν	π	
Eşit Derecede Önemli	EDÖ 1	0,02	0,18	0,80	1/1	0,02	0,18	0,80
Orta Önemde	OÖ 2	0,06	0,23	0,70	1/2	0,06	0,23	0,70
Kısmen Daha Önemli	KÖ 3	0,13	0,27	0,60	1/3	0,13	0,27	0,60
Orta Önemde 2	OÖ2 4	0,22	0,28	0,50	1/4	0,22	0,28	0,50
Kesinlikle Daha Önemli	KDÖ 5	0,33	0,27	0,40	1/5	0,33	0,27	0,40
Orta Önemde 3	OÖ3 6	0,47	0,23	0,30	1/6	0,47	0,23	0,30
Çok Güçlü Önemde	ÇGÖ 7	0,62	0,18	0,20	1/7	0,62	0,18	0,20
Orta Önemde 4	OÖ4 8	0,80	0,10	0,10	1/8	0,80	0,10	0,10
Son Derece Güçlü Önemde	SDG 9	1,00	0,00	0,00	1/9	1,00	0,00	0,00

Tablo 3: Rassel Endeks

n	1-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,57	1,59

5. Adım: Tutarlılık Kontrolünü (C.R.) Yapma

Tutarlılık kontrolü, ikili karşılaştırma matrisi kararlarının ne rasgele ne de mantıksız olmalarını sağlamak için uygulanır. Bir ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı (CR) Denk. (8) kullanılarak hesaplanır. Sezgisel bulanık AHP ağırlıkları için C.R., Tablo 3'te sunulan rasgele endeks (RI) (Saaty 1977) değeri kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$C.R. = \frac{RI - \frac{\sum \pi_{ij}(x)}{n}}{n - 1} \quad (8)$$

n, matris elemanının sayısıdır ve $\pi_{ij}(x)$ tereddüt değeridir. C.R, küçük veya 0,10'a eşitse kabul edilebilir. Aksi takdirde, kararlar tutarlı değildir ve karar vericilerden bir kez daha değerlendirme toplanır.

6. Adım: Çok Seviyeli Ağırlıkları Birleştirme

Hiyerarşideki en düşük seviyeden en yüksek seviyeye kadar, genel ölçüt ağırlıklarını bulmak için Sezgisel Bulanık AHP ölçüt ağırlıkları ve Sezgisel Bulanık AHP alt ölçüt ağırlıkları ile çarpılır. Genel ölçüt ağırlıkları (\tilde{w}_j) ve her bir alternatifin alt ölçütler üzerindeki toplam ağırlığı (\tilde{w}_{ij}) kullanılarak, her bir alternatifin objektif üzerindeki toplam ağırlığı (\tilde{W}_i) Denk. (9) ile hesaplanır.

$$\tilde{W}_i = \bigoplus_{j=1}^n \left(\tilde{w}_j \otimes \tilde{w}_{ij} \right) \quad (9)$$

7. Adım: Kriter ve Alternatiflerin Sıralama

Genel ağırlıklar Denk. (10) da tanımlanan Entropi ağırlıkları (Abdullah ve Najib, 2016) kullanılarak sıralanmıştır. \bar{w}_i değeri ne kadar küçük olursa, sıralama o kadar büyük olur.

$$\bar{w}_i = - \frac{1}{n \ln 2} [\mu_j \ln \mu_j + \nu_j \ln \nu_j - (1 - \pi_j) \ln (1 - \pi_j) - \pi_j \ln 2] \quad (10)$$

4. UYGULAMA

TL, pek çok insanın günlük yaşamında önemli rol oynar. Örneğin, bir ürün arızalı bulunursa, ürünün test edilmesi, onarımı, sökülmesi, geri dönüşü-

mü veya uygun şekilde imha edilmesi için üreticiye geri gönderilir. TL, e-ticaretin ortaya çıkması ile birlikte daha önemli bir operasyonel faaliyet haline gelmiştir. E-ticaret satışlarına, alıcının ürünü sevmemesi durumunda satıcıya iade politikası dâhildir. Belirli sektörlerde iade edilen malların oranı %50'den fazla olabilir (Lamba ve diğ., 2019). TL bir ürünün çıkış noktasına doğru geriye ya da atılan malzemelerin nihai varış noktasına doğru geriye akmasını sağlar ama birçok şirket, TL'in potansiyel faydalarından istifade etmeye yeni yeni başlamıştı. Sonuç olarak, yeni TL stratejileri belirlemek ve bunları uygulamak sıradan günlük hayatta bile birçok şeyin iyi yönde değişmesine yol açabilir.

4.1. TL Stratejilerinin Belirlenmesi

Şirketler, üretim ve nihai satış dışındaki ürünleri yönetmek için stratejiler planlamalı ve uygulamalıdır. TL stratejisi oluşturmak, giden lojistik ve TL işlemlerinin olabildiğince verimli çalışmasını sağlar. Geri dönüşüm lojistiğini geleneksel tedarik zinciri çerçevesinde tersine çevirmeye çalışmak, darboğazlara ve müşteri memnuniyetsizliğine yol açabilir. TL stratejilerinin temel amacı, geliri artırmak ve giderleri azaltmak için varlıklardan değer elde etmektir. Aşağıda belirlenen TL stratejilerini uygulamak, işlemleri ayırarak geleneksel bir tedarik zincirinin verimliliğini de artırabilir. Bu doğrultuda dokuz TL stratejisi belirlenmiştir.

Sürdürülebilir işbirliği politikası (S₁): TL'de işbirliği; güç, kontrol veya bağımlılık yerine güven ve bağlılığa dayanmaktadır. TL işbirliğine yönelik farklı yaklaşımlar işbirliğinin derinliğine ve kapsamına göre ayırt edilebilir. TL'de işbirliği; materyallerin, bilgilerin, sermayenin, risklerin, teknolojinin ve diğer kaynakların paylaşımını belirtir. TL'de işbirliğinin derinliği, malzeme ve bilgi alışverişinin hacmi ve sıklığı ve kullanılan koordinasyon mekanizmalarıyla artar (Prajapati ve diğ., 2019).

Sürdürülebilir mal hareketliliği kontrolü politikası (S₂): Bir ürünün dönüş yolculuğunu kontrol etmek, ilk giden ürünün çıkışını kontrol etmek kadar önemlidir. Ürünleri kimin ne zaman geri verebileceği konusunda bir politika oluşturmak, gerçekte TL stratejisinin temelidir. Ancak başarılı bir stratejik yaklaşım aynı zamanda hangi ürünlerin geri gönderilmesi gerekti-

ğine ilişkin kuralları da içerir. Bazı şirketler, her bir ürünün iade edilmesinden ziyade, bir ürünün tüketici, perakendeci veya hatta taşıyıcı tarafından elden çıkarılması veya bağışlanması için uygun olduğu durumlar olabileceğine karar verebilir. Kontrollü TL stratejisi, bu tür kararların akıllıca ve uygun zamanda alınmasını sağlar (Prajapati ve diğ., 2019).

Sürdürülebilir faaliyet görünürlüğü politikası (S_3): Reddedilen bir üründeki velayet zincirini takip ediyor, süresi dolmuş malların elden çıkarılmasını onaylıyor veya geri çağrılan ürünler için benzersiz yetkilendirme numaraları yaratıyor olsanız da, doğru veriler şirketinizi riskten koruyabilir ve sürekli iyileştirme çabalarına yol açabilir. Bu sadece bir defalık olayları yürütmekten daha fazlasıdır; zaman içinde TL verilerinin izlenmesi, tedarik zincirinde sürekli olarak nerede sorun yaşandığını gösterebilir (Hanafi ve diğ., 2008).

Sürdürülebilir öngörü politikası (S_4): Gelişmiş tahmin ve planlama metodolojilerinin uygulanması, kritik, yüksek hacimli bir sürdürülebilir TL hizmeti yönetimini iyileştirerek, müşteri memnuniyetini artırırken maliyetleri ve iade karşılama döngülerini önemli ölçüde azaltır (Agrawal ve diğ., 2016).

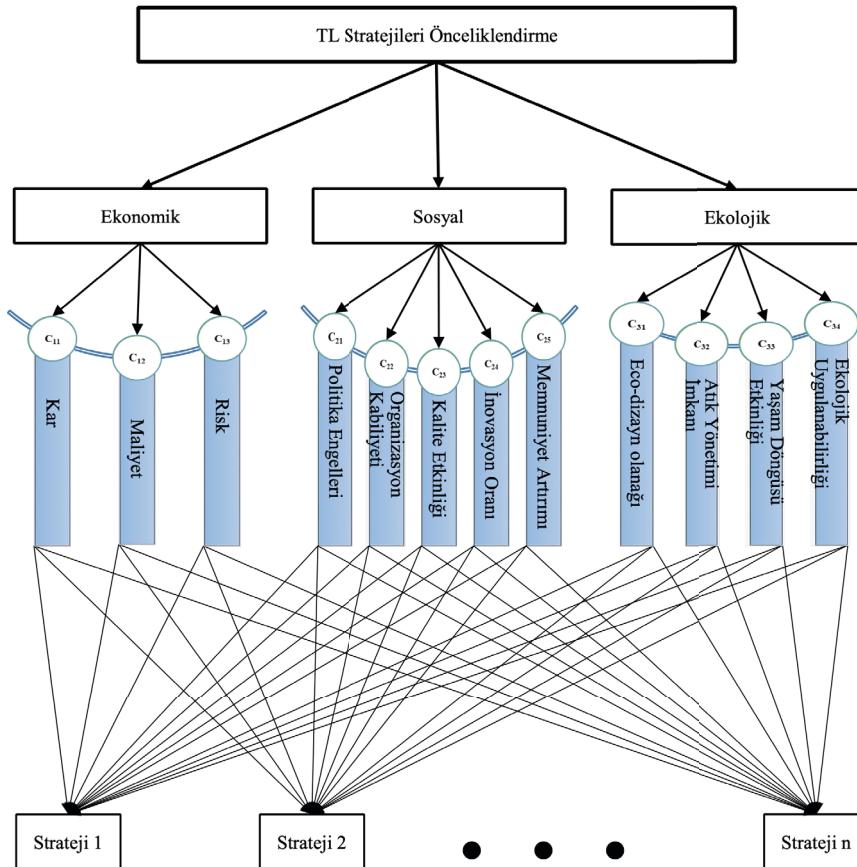
Sürdürülebilir iade politikası (S_5): İade politikaları, sürdürülebilir TL hizmeti elde etme, iş büyümesi için gerekli olan uzun vadeli bir ilişki oluşturma ve geliştirme yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte, geri dönüş politikalarının sürdürülebilir TL üzerindeki etkisine odaklanan çok az çalışma mevcuttur. Liberal iade politikaları, müşterilerin elde tutulmasında tüm TL performansına katkı sağlayabilir (Agrawal ve diğ., 2016).

Sürdürülebilir onarım politikası (S_6): Sürdürülebilirlik açısından TL hizmetlerinin her zaman hazır ve güvenilir durumda olmasını ve aynı zamanda talepteki ani değişikliklere cevap verebilmesini sağlar. Onarım politikası, TL hizmetlerin her zaman kaliteli ürünler ve rekabet avantajı sağlamak için kalibre edilmesini; ani ve sık hizmet bozulmalarının olmamasını ve hatalı ürünlerin üretiminin azaltılmasını sağlar (Hanafi ve diğ., 2008).

Sürdürülebilir geri dönüşüm politikası (S_7): Yeniden kullanım ve kullanılan malzemelerin miktarının azaltılması yoluyla çevre açısından daha verimli olabilecek bir sürdürülebilir geri dönüşüm politikası oluşturmak TL için önemlidir. TL'in daha bütünsel bir görünümü, ileri sistemlerden daha az malzemenin geri akması, malzemelerin yeniden kullanılmasının mümkün olduğunu göstermesi ve geri dönüşümün kolaylaştırılmasını sağlayan bir politikadır (Skinner ve diğ., 2008).

Sürdürülebilir imha politikası (S_8): Bu strateji, TL maliyetlerindeki azalma, hizmetlerin artırılması, ürünlerin yeniden kullanımı ve yeniden üretimi veya yenilenmesi ile ilgilidir (Sirisawat ve Kiatcharoenpol, 2018).

Sürdürülebilir yeniden dağıtım politikası (S_9): Etkili bir tersine dağıtım yapısı, pazarda önemli bir şekilde artmış rekabet gücünün yanı sıra önemli bir yatırım getirisine de yol açabilir. Bu nedenle, geriye doğru dağıtım bağlamında ortaya çıkan sürdürülebilir yeniden dağıtım politikası konularının sistematik olarak gözden geçirilmesi gerekir (Sirisawat ve Kiatcharoenpol, 2018).



Şekil 3: TL strateji önceliklendirmesi hiyerarşik yapısı

4.2. TL Stratejilerinin Değerlendirme Ölçütlerinin Belirlenmesi

Tersine bir lojistik stratejisi olmadan, bir şirket potansiyel varlık geri kazanım gelirini ve müşteri memnuniyetini kaybeder çünkü geri gönderilen ürünlerin geri dönüşümü, yeniden kullanımı veya güvenli bir şekilde elden çıkarılması için bir sistemi yoktur. Başarılı bir TL çözümü, müşteri memnuniyetini ve sadakatini artırır, çünkü müşteriler makul bir sürede geri dönüş yapabilmekte veya değiştirilen bir ürünü alabilmektedirler. Bu açıdan bakıldığında ekonomik, sosyal ve ekolojik kriterler TL stratejilerini değerlendirmede büyük önem arz ederler. Kapsamlı bir literatür taraması sonucunda, TL'nin benzersiz özelliklerinin sürdürülebilirlik altında tanımlanmasına yol açan bu kriterler şöyle nitelendirilmiştir.

Ekonomik (C₁) açısından bakıldığında Kar (C₁₁), Maliyet (C₁₂), ve Risk (C₁₃) faktörleri kullanılarak sürdürülebilir TL stratejileri önceliklendirilebilir (Li ve diğ., 2018). Günümüzün yükselen ekonomik gelirleri, tüketici ihtiyaçlarında değişiklik ve karşılaşılan problemler, TL için sürdürülebilirlik açısından önemli performans kriterleri olarak kullanılmaktadır. Ekonomi, hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik faydaların alındığı tüm geri kazanım seçenekleriyle ilgili olarak TL stratejileri için itici güçlerden biri olarak görülmektedir. Yeniden üretim, onarım, yeniden yapılandırma ve geri dönüşüm için ürünlerin geri kazanımı karlı iş fırsatlarına yol açabilir. Sosyal (C₂) açıdan Politika Engelleri (C₂₁), Organizasyon Kabiliyeti (C₂₂), Kalite Etkinliği (C₂₃), İnovasyon Oranı (C₂₄), Memnuniyet Artırımı (C₂₅) faktörleri kullanılarak sürdürülebilir TL stratejileri önceliklendirilebilir (Prakash ve Barua, 2016). Zararlı emisyonların ve enerji kullanımının azaltılmasına yardımcı olan TL, çevresel sürdürülebilirlik ile iç içedir. Bazı şirketler sıfır depolama hedeflerine sahiptir ve iade edilen ürünlerin uygun şekilde geri dönüştürülmesini ve bertaraf edilmesini sağlayabilecek bir lojistik ortağıyla çalışmak için çaba göstermektedir. Çevresel kaygılar, ekonomiyi şekillendiren ve aynı zamanda işletmelerin karşılaştığı en önemli konulardan biri olan önemli bir güçtür. Birçok şirket çevresel nedenlerden dolayı TL operasyonlarına odaklanır. Ekolojik (C₃) açıdan

Eco-dizayn olanağı (C₃₁), Atık Yönetimi İmkânı (C₃₂), Yaşam Döngüsü Etkinliği (C₃₃), ve Ekolojik Uygulanabilirlik (C₃₄) faktörleri kullanılarak sürdürülebilir TL stratejileri önceliklendirilebilir (Tajik ve diğ., 2013). Şekil 3 bu önceliklendirmede kullanılan kriterler için hiyerarşik yapıyı göstermektedir. Karar probleminin amacı olan "TL stratejilerinin önceliklendirilmesi" en üst düzeye yerleştirilir. Bir alt seviyede, ana kriterler ve ardından alt kriterler listelenir. En alt seviye, strateji alternatiflerine aittir.

4.3. TL Stratejilerinin Önceliklendirilmesi

Üç karar verici (KV) den oluşan bir uzmanlar grubu, TL stratejilerinden dokuz farklı alternatifi değerlendirmek üzere bir araya gelmiş ve Tablo 4'te her bir KV için bireysel ağırlıklarının dilsel ifadesi, o ifadeler karşılık gelen değerleri gösterilmiştir. Mevcut yazın taramasının yanı sıra KV'lerin deneyimleri ile belirlenen alternatifleri değerlendirmek ve sıralamak için Bölüm 4.2'de özetlenen özgün değerlendirme kriterleri oluşturulmuştur. Her KV, dilsel terimler biçiminde her ölçüte ilişkin değerlendirmelerini verir. Tablo 5, Tablo 2'deki dilsel ölçüğe dayalı olarak her KV için ikili karşılaştırma matrisinin küçük bir örneğini göstermektedir. Sayfa düzenini bozmamak adına verilen değerler ölçeklendirilerek örnek oluşturacak şekilde sunulmuştur. Kriter değerlendirmeleri için her bir KV'nin dilsel ifadeleri, Denklem (7)'deki operatör tarafından birleştirilmiş ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak için kullanılmıştır. Tablo 6, birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisinin sonucunda elde edilen sezgisel bulanık değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sonuçları göstermektedir. Önerilen metottaki 5. Adım kullanılarak birleştirilmiş sezgisel matrisi için tutarlılık oranı kontrol edilir. Tüm matrisler için hesaplanan CR değerleri 0,10 a eşit veya daha küçük olduğundan, değerlendirme matrisi tutarlı olarak görülür böylece Tablo 6'da gösterilen AHP kriter ağırlıkları, tüm uzman görüşlerine dayanarak oluşturulmuştur. Tablo 7'de gösterilen TL stratejilerinin öncelikleri önerilen metodolojinin adımları kullanılarak

Tablo 4: Her KV için bireysel etki seviyesi

KV	Tercih	[$\mu(x)$, $\nu(x)$]	λ_k
KV ₁	ÇÖL	ÖNL	0,654
KV ₂	EÖ	ÖNL	0,397
KV ₃	ÖNL	-	0,450

Tablo 5: KV'lerin alt kriterler konusundaki bireysel değerlendirmeleri

KV	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	
KV ₁	EDÖ	1/0Ö4	0Ö4	0Ö4	0Ö	1/KÖ	KÖ	KDÖ	1/0Ö4	0Ö4	KDÖ	0Ö	
C ₁₁	KV ₂	EDÖ	1/KDÖ	0Ö4	KDÖ	0Ö3	KDÖ	0Ö2	0Ö	1/0Ö4	1/ÇGÖ	KÖ	KDÖ
	KV ₃	EDÖ	1/0Ö4	0Ö4	0Ö4	0Ö	0Ö3	ÇGÖ	0Ö2	1/0Ö4	1/0Ö3	0Ö4	0Ö2
	KV ₁	0Ö	ÇGÖ	0Ö	0Ö3	0Ö	1/KÖ	KDÖ	0Ö	0Ö3	1/0Ö2	KÖ	EDÖ
C ₃₄	KV ₂	KDÖ	1/0Ö4	KDÖ	ÇGÖ	1/ÇGÖ	0Ö	0Ö3	1/ÇGÖ	KÖ	KDÖ	0Ö4	EDÖ
	KV ₃	0Ö	0Ö2	1/KÖ	1/0Ö2	1/0Ö2	KDÖ	0Ö3	KDÖ	ÇGÖ	1/ÇGÖ	1/0Ö2	EDÖ

Tablo 6: Sezgisel bulanık değerlerin kriter ağırlıkları ve net kriterlerin ağırlıkları

Ana	\tilde{w}_j		Alt	\tilde{w}_{jj}		$\tilde{w}_j \tilde{w}_{jj}$		w_j	Sıra
	$[\mu, \nu]$			$[\mu, \nu]$		$[\mu, \nu]$			
C ₁	0,597	0,507	C ₁₁	0,084	0,432	0,003	0,680	0,078	8
			C ₁₂	0,171	0,321	0,005	0,617	0,090	3
			C ₁₃	0,101	0,315	0,003	0,614	0,088	5
			C ₂₁	0,090	0,444	0,003	0,686	0,077	9
			C ₂₂	0,181	0,324	0,007	0,618	0,093	2
C ₂	0,567	0,514	C ₂₃	0,126	0,382	0,005	0,651	0,085	6
			C ₂₄	0,085	0,489	0,003	0,699	0,075	11
			C ₂₅	0,172	0,372	0,006	0,629	0,090	4
			C ₃₁	0,179	0,296	0,006	0,585	0,096	1
			C ₃	0,647	0,474	C ₃₂	0,081	0,427	0,001
C ₃	0,647	0,474	C ₃₃	0,114	0,352	0,002	0,679	0,077	10
			C ₃₄	0,178	0,304	0,003	0,655	0,082	7

Tablo 7: Önceliklendirilmiş TL Stratejileri

\tilde{W}_i	$[\mu, \nu]$	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
		\bar{w}_i	0,311	0,304	0,319	0,323	0,308	0,302	0,276	0,272
Sıra		3	5	2	1	4	6	8	9	7

hesaplanmıştır. Bu tablodan da anlaşılacağı gibi en uygun alternatif dördüncü seçenek olan Sürdürülebilir öngörü politikası (S₄) olmuştur. Sekizinci alternatif Sürdürülebilir imha politikası (S₈) ise sıralamada sonuncu gelmiştir. Bu TL stratejileri arasında diğer alternatiflere kıyasla en büyük önceliğin ilk olarak sürdürülebilir öngörü politikası oluşturmaya verilmesi gerektiği anlamına gelir. İkinci sırada sürdürülebilir faaliyet görünürlüğü politikası, üçüncü sırada ise sürdürülebilir iş birliği politikası vardır. Elde edilen sıralamalar KV'ler ile müzakere edildiğinde çıkan sonucun anlamlı olduğu kanısına varılmış ve önerilen yöntemin sonuçlarının güvenilir olduğu ifade edilmiştir.

5. YÖNETİSEL ÇIKARIMLAR VE TARTIŞMA

Dünyada TL uygulamalarının üç boyutu vardır. En baskın olan ekonomik boyuttur. TL uygulamalarına uzun vadede bakıldığı zaman ekonomik açıdan önemli kazanımlar getirdiği görülmektedir. Diğer çok önemli bir

boyutu ise yasal zorunluluktur ki şirketlerin TL uygulamalarındaki asıl en önemli itici güç de budur. Ekolojik dengeyi bozmama adına ortaya konan zorunluluklar ürünlerin kullanım ömürlerinin sonrasını ilgilendirir. Sürdürülebilir kalkınma ise diğer üçüncü boyutu oluşturur. Sosyal sorumluluk kavramı bu boyutu anlatmada daha doğru bir ifade olur. Bir şirketin neden TL uygulamalarına başlamak istediği veya neden bireylerden son kullanıcı tarafında kendi ürününü geri topladığı aslında o şirketin kendi imajını ve itibarını yükseltmek istemesiyle açıklanabilir. Bunun yanı sıra son kullanıcı konumundaki bireylerin de, kullanım ömürleri biten ürünleri ekonomiye tekrar kazandırma konusunda bilinçlendirilmesi ve bilinçlenmesinin önemini de vurgulamak gerekir. TL yönetimini dikkatlice incelediğimizde çeşitli alt başlıklarımızın olduğu görülür. Bunlardan ilki henüz kullanım ömrünü tamamlamamış durumda olan ürünlerin tekrardan kullanımı. Buna örnek olarak araba lastikleri verilebilir. Aslında ikinci el araba lastiklerinin hala ekonomik bir değeri olduğu görülebilir. Bu ürünlerin hala bir başka biçimde de olsa hizmetlerinden faydalanabilme ve

ürün olarak devam etme şansları vardır. Yapılması gereken aslında sadece bu ürünlerin geri toplanabilmesi, gerektiği yerde bakım yapılabilmesi ve tekrardan satışa sunulmasıdır. Diğer önemli boyutu bir ürünün sadece birkaç parçasında gereken değişimler ya da revizeler gerektiği aşamadır. Bir diğer boyutta ise, eğer bir ürünün mevcut haliyle kullanılması önünde ciddi engeller varsa, yeniden üretim dediğimiz durum oluşur. Yeniden üretim aslında bu saydığımız aşamalardan sadece bir tanesidir. Ama TL konusunda bilgi eksikliği nedeniyle, pek çok şirket TL piyasasına girme konusunda isteksizdir. Ancak şirketler TL'de yer alan strateji yönetimini ihmal edemezler. Bu çalışma, TL ile ilgili stratejileri değerlendirmek için bir metodoloji önermektedir. Yöneticiler bu stratejileri anlayabilir ve karşılıklı bağımlılıklarının yanı sıra göreceli önemini kavrayabilirler. Önerilen metodoloji, TL projelerinde stratejileri öncelik sırasına koymak için üst yönetime kılavuzluk edebilir. Bu yaklaşım aynı zamanda karar vericilere karar vermedeki ilgili özelliklerin ilişkilerini daha iyi anlamalarını sağlar ve bu da kararın güvenilirliğini geliştirebilir.

5.1. Duyarlılık Analizi

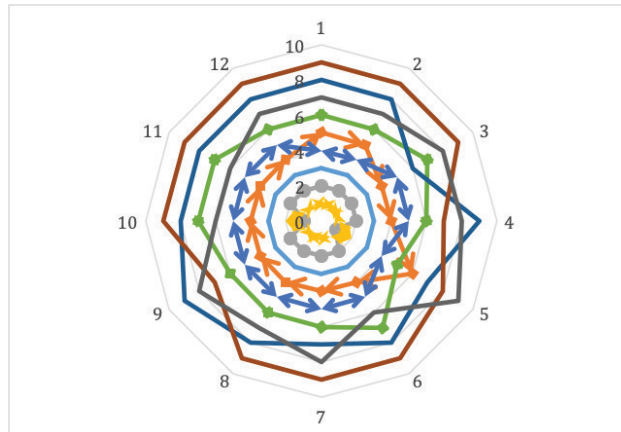
Duyarlılık analizinin temel amacı, karar alma sürecini etkilemede hangi kriterlerin daha önemli olduğunu görmektir. Analizde, alternatiflerin önceliğini değiştirebilecek farklı senaryolar yaratılır. Alternatiflerin sıralama sırası kriterlerin önemini artırarak veya azaltarak değişiyorsa sonucun hassas olduğu ifade edilir. Bu nedenle, bu çalışmada her bir kriterin ağırlığı diğer kriter ağırlıklarıyla değiştirilerek duyarlılık (hassasiyet) analizi yapılmıştır. Böylece, ağırlıkların önceliklendirme üzerindeki etkisini bulmak için 12 farklı analiz uygulanmıştır. Ağırlıklardan biri değiştiğinde, diğer ağırlıklar $\sum_{j=1}^n \tilde{w}_j = 1$ eşitliği nedeniyle değişecektir. Bu yüzden, bu çalışmada her analiz için en yüksek kriter ağırlığı sırasıyla diğer kriterlere uygulanır ve o kriterin ağırlığı da en yüksek kriter için kriter ağırlığı olarak kullanılır. Örneğin, hesaplamalar sonucunda en yüksek kriter ağırlığına C_{31} kriterinin sahip olduğu görülmüştür. C_{31} kriterinin ağırlığı, 1. analiz için C_{11} kriter ağırlığı ile değiştirilir, 2. analiz için C_{12} kriter ağırlığı ile değiştirilir ve böyle devam edilerek 12 farklı analiz gerçekleştirilir. Deneylerin detayları, Şekil 4'te sunulmaktadır. 10 analiz sonucunda S_4 stratejisinin yani uygulama sonucunda belirlenen "Sürdürülebilir öngörü politikası" stratejisinin en yüksek sıralamaya sahip olduğu görülebilir. 2 analiz sonucunda ise S_3 stratejisinin en yüksek sıralamaya sahip olduğu görülmüştür. Bu analizlerin sonucu olarak karar verme sürecinin ölçüt ağırlıklarına nadiren duyarlı (hassas) olduğu çıkarımına varılabilir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

TL yönetiminin önemi ancak 1990'ların başı itibarı akademisyenler tarafından yeni yeni anlaşılmaya başlanmıştır. TL, satış noktalarından üreticiye ürün iadelerinin düzenlenmesi, ürünlerin en az maliyet ile onarılması, geri dönüştürülmesi veya elden çıkarılması için hazırlanan uygulamalar ve süreçler olarak tanımlanır. Yapılan literatür araştırması kapsamında, bu çalışma, TL'deki stratejilere dikkat çeken ilk çalışmadır. Bu stratejilerin etkisi TL yönetiminde hangi alanlara daha fazla önem verilmesi gerektiğini gösteren bir yol haritası olarak kullanılabilir. Kârlılığı en üst düzeye çıkarmak için, TL ile ilgili stratejilerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, stratejiler TL'de yer alan çeşitli işlevler arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Önerilen metodolojinin gücü, karar vericilere yalnızca ekonomik fayda sağlaması değil, aynı zamanda uzmanların görüşlerinin belirsizliğini dikkate alarak ekolojik ve toplumsal faydaları göz önünde bulundurması ve önemli kararlar vermelerine yardımcı olması için de kullanılabilir. Bu çalışma, yazında TL'de yer alan stratejiler ile ilgili öngörü sağlayan araştırma eksikliğini kapatmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, bu araştırmanın bulgularını yeniden değerlendirmek veya olası farklılıkları karşılaştırmak için önerilen yapıya yeni kaynaklar veya yeni değişkenler eklemelidir. TL yönetimi çeşitli düzeylerde birçok farklı katmandan oluşan bir yapıyı içerebilir. Gelecekteki araştırmalar birden fazla katman içerebilir veya TL yönetimindeki farklı bir katmana odaklanabilir. Tedarik zincirinin farklı kademelerinde araştırma yapmak endüstrideki TL uygulamaları için itici güç olabilir ve stratejiler hakkında daha bütünsel bir bakış açısı sağlayabilir. Ayrıca, gelecekteki araştırmalarda modele farklı stratejiler eklenebilir ve bunlar analiz edilebilir. Son olarak, bu çalışmada değerlendirme kriterlerinin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayımı altında AHP tekniği uygulanmıştır. Kriterlerin arasındaki ilişkilerin de değerlendirmeye katılması ve analitik ağ süreci (ANP) yaklaşımının uygulanması da gelecekte yapılabilecek çalışmalardandır.

TEŞEKKÜR

Yazar, metni önemli ölçüde geliştiren değerli yorumları ve düzeltmeleri için editöre ve hakemlere teşekkür eder.



Şekil 4: Duyarlılık Analizi

KAYNAKLAR

- [1] Abdullah, L., Najib, L. (2016), "Sustainable energy planning decision using the intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process: choosing energy technology in Malaysia", *International Journal of Sustainable Energy*, 35(4), pp. 360-377.
- [2] Agrawal, S., Singh, R. K., Murtaza, Q. (2016), "Prioritizing critical success factors for reverse logistics implementation using fuzzy-TOPSIS methodology", *Journal of Industrial Engineering International*, 12(1), pp. 15-27.
- [3] Asees Awan, M., Ali, Y. (2019), "Sustainable modeling in reverse logistics strategies using fuzzy MCDM", *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 30(5), pp. 1132-1151.
- [4] Atabaki, M. S., Khamseh, A. A., Mohammadi, M. (2019), "A priority-based firefly algorithm for network design of a closed-loop supply chain with price-sensitive demand", *Computers & Industrial Engineering*, 135, pp. 814-837.
- [5] Atanassov, K. (1986), "Intuitionistic fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), pp. 87-96.
- [6] Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., Akay, D. (2009), "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method", *Expert Systems with Applications*, 36(8), pp. 11363-11368.
- [7] Büyükoçkan, G., Göçer, F. (2018), "Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research", *Computers in Industry*, 97, pp. 157-177.
- [8] Dowlatshahi, S. (2000), "Developing a Theory of Reverse Logistics", *Interfaces*, 30(3), pp. 143-155.
- [9] Erol, İ., Velioğlu, M. N., Şerifoğlu, F. S., Büyükoçkan, G., Aras, N., Çakar, N. D., Korugan, A. (2010), "Exploring reverse supply chain management practices in Turkey", *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(1), pp. 43-54.
- [10] Gardas, B. B., Raut, R. D., Narkhede, B. (2019), "Determinants of sustainable supply chain management: A case study from the oil and gas supply chain", *Sustainable Production and Consumption*, 17, pp. 241-253.
- [11] Geisendorf, S., Pietrulla, F. (2018), "The circular economy and circular economic concepts-a literature analysis and redefinition", *Thunderbird International Business Review*, 60(5), pp. 771-782.
- [12] Hanafi, J., Kara, S., Kaebernick, H. (2008), "Reverse logistics strategies for end-of-life products", *The International Journal of Logistics Management*, 19(3), pp. 367-388.
- [13] Krumwiede, D. W., Sheu, C. (2002), "A model for reverse logistics entry by third-party providers". *Omega*, 30(5), pp. 325-333.
- [14] Kumar, S., Putnam, V. (2008), "Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors", *International Journal of Production Economics*, 115(2), pp. 305-315.
- [15] Lamba, D., Yadav, D. K., Barve, A., Panda, G. (2019), "Prioritizing barriers in reverse logistics of E-commerce supply chain using fuzzy-analytic hierarchy process", *Electronic Commerce Research*, <https://doi.org/10.1007/s10660-019-09333-y>.
- [16] Li, Y.-L., Ying, C.-S., Chin, K.-S., Yang, H.-T., Xu, J. (2018), "Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory", *Journal of Cleaner Production*, 195, pp. 573-584.
- [17] Prajapati, H., Kant, R., Shankar, R. (2019), "Prioritizing the solutions of reverse logistics implementation to mitigate its barriers: A hybrid modified SWARA and WASPAS approach", *Journal of Cleaner Production*, 240, 118219.
- [18] Prakash, C., Barua, M. K. (2016), "A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry", *Sustainable Production and Consumption*, 7, pp. 66-78.
- [19] Prakash, C., Barua, M. K. (2017), "Flexible modelling approach for evaluating reverse logistics adoption barriers using fuzzy AHP and IRP framework", *International Journal of Operational Research*, 30(2), pp. 151-171.
- [20] Sirisawat, P., Kiatcharoenpol, T. (2018), "Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers", *Computers & Industrial Engineering*, 117, pp. 303-318.
- [21] Skinner, L. R., Bryant, P. T., Glenn Richey, R. (2008), "Examining the impact of reverse logistics disposition strategies", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(7), pp. 518-539.
- [22] Tajik, G., Azadnia, A. H., Ma'aram, A. B., Hassan, S. A. H. S. (2013), "A Hybrid Fuzzy MCDM Approach for Sustainable Third-Party Reverse Logistics Provider Selection", *Advanced Materials Research*, 845, pp. 521-526.
- [23] Tian, G., Liu, X., Zhang, M., Yang, Y., Zhang, H., Lin, Y., Ma, F., Wang, X., Ou, T., Li, Z. (2019), "Selection of take-back pattern of vehicle reverse logistics in China via Grey-DEMATEL and Fuzzy-VIKOR combined method", *Journal of Cleaner Production*, 220, pp. 1088-1100.
- [24] Toledo Hernandez, C., Silva Marins, F. A., Rodriguez Duran, J. A. (2016), "Selection of Reverse Logistics activities using an ANP-BOCR model", *IEEE Latin America Transactions*, 14(8), pp. 3886-3891.
- [25] Xu, Z. (2011), *Intuitionistic Preference Modeling and Interactive Decision Making*, Springer.

Dr. Öğretim Üyesi Fethullah GÖÇER



1984 yılında Elbistan'da doğdu. 2010 yılında Girne Amerikan Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini Endüstri Mühendisliği alanında sırasıyla 2014 ve 2018'de yıllarında Galatasaray Üniversitesi'nden aldı. 2012-2018 yılları arasında, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Fethullah GÖÇER'in bilimsel endeksli dergilerde yayınlanan başyazarlık veya ortak yazarlık yaptığı birçok makale ve mühendislik alanında ulusal ve uluslararası konferanslarda yayınlanan pek çok bildirisi mevcuttur. 2019 yılından beri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi ve Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır.

