

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

ENDÜSTRİ 4.0'IN LOJİSTİKTE YANSIMALARI: LOJİSTİK 4.0 UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ*

Esra ÇİMEN ATLI¹ , Filiz EROĞLU², Zümrüt Hatice ŞEKKELİ³

Öz

Endüstri 4.0, sanayi sektöründe önemli kırılma noktalarından birini oluşturan büyük bir dönüşüm sürecidir ve otomasyon sistemleri, veri yönetimi ile üretim teknolojilerini kapsayan bir platform, sistemler seti veya toplu bir terim olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0, diğer bir deyişle Dördüncü Sanayi Devrimi, üretim süreçlerini, iş modellerini, çeşitli sektörleri etkilediği gibi yaşanan dönüşümün lojistik sektöründeki yansımaları sonucu ortaya çıkan anlayış, Lojistik 4.0 olarak adlandırılmıştır. Lojistik 4.0'ın gelişmesinin nedenleri sadece teknolojik gelişmeler değil aynı zamanda e-lojistikte öngörülemeyen artış, uluslararası ticaretin inanılmaz gelişimi ve e-ticaretin yaygınlaşmasıdır. Bu çalışmada Türkiye'deki lojistik firmaları arasında Lojistik 4.0 algısını, hangi aşamada olduğunu, konuyla ilgili farkındalık düzeyini, bu konudaki önemli hususları ve başarı faktörlerini ortaya koymak amacıyla Lojistik 4.0 yaklaşımı ile iş süreçlerini yöneten bir lojistik şirketine keşifsel ve tanımsal yöntemle bir örnek olay incelemesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan derinlemesine görüşme kayıtları MAXQDA 2020 programı ile analiz edilerek veriler, arşiv kayıtları ve literatür ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bulguları, lojistik şirketlerinin Lojistik 4.0 konusunda bilinçlenmeye başladığını, bu anlamda müşteri odağında teknolojik dönüşüm için çalışmalar yapıldığını, Ar-Ge merkezleri kurmaya başladıklarını ve teknolojik adaptasyon eğitimlerinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Sonuçların ilgili literatüre katkı sağlamasının yanı sıra lojistik firmalarına, Lojistik 4.0'a geçiş için fikir vermesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Lojistik 4.0 Bileşenleri.

JEL Kodları: L91, L86, O33, M15, R41

Başvuru: 15.07.2024 **Kabul:** 25.09.2024

* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalında 2022 yılında Era ÇİMEN ATLI tarafından savunulan "Lojistik 4.0 Konusunun Türkiye'deki Lojistik Sektöründe Keşifsel Olarak İncelenmesine Yönelik Vaka Çalışması" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

¹ Öğretim Görevlisi, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi, e.atli@iku.edu.tr, 0000-0003-4545-4324

² Doç.Dr., Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, filizeroglu@comu.edu.tr, 0000-0002-3223-953X

³ Doç.Dr., Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, zhkipper@yahoo.com, 0000-0001-5090-4372

THE REFLECTIONS OF INDUSTRY 4.0 IN LOGISTICS: A CASE STUDY ON LOGISTICS 4.0 APPLICATIONS

Abstract

Industry 4.0 is expressed as a major transformation process, which constitutes one of the important breaking points in the industrial sector; and it is defined as a platform, set of systems, or a collective term covering automation systems, data management, and production technologies. Industry 4.0, or in other words, the Fourth Industrial Revolution, has affected today's markets, production processes, business models, various sectors as well as the logistics sector. The new logistics understanding that emerged as a result of the reflections of the transformation experienced in Industry 4.0 is also called Logistics 4.0. The reasons for logistics 4.0 to develop, are not only technological developments but also an unforeseen increase in e-logistics, the incredible development of international trade, and the spread of e-commerce. In this research, an exploratory and descriptive case study was conducted at one of the leading logistics companies in Turkey, in order to reveal the perception of Logistics 4.0, at what stage it is, the level of awareness on the subject, the important issues and the critical factors about that. In-depth interview records made within the framework of the case study were analyzed with the MAXQDA 2020 program, and the findings were compared with archival records and literature. The findings of the study are shown that logistics companies started to become conscious of Logistics 4.0, that studies were carried out for technological transformation in this sense, and they have begun to establish customer-focused R&D centers, and training for technological adaptation how important is. It is aimed that the results will contribute to the relevant literature as well as offer the steps for the transition to Logistics 4.0 for logistics companies in practice.

Keywords: Industry 4.0, Logistics 4.0, Components of Logistics 4.0.

JEL Codes: *Code1, Code2.*

“Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.”

1. GİRİŞ

Bilinen tarih boyunca dünya ve uygarlık, gelişmelere ve ilerlemelere maruz kalmışsa da farklı kaynaklara göre son birkaç on yılda yaşanan değişikliklerin ve ilerlemelerin baş döndürücü hızda gerçekleştiği üzerinde fikir birliği bulunmaktadır. Buhar ve su gücünün de etkisiyle makineleşmenin endüstride açtığı yeni yol, elektriğin kullanımıyla daha aktif hale gelen montaj hatlarının beslediği kitle üretimi ile endüstride ikinci dönemi başlatmıştır. Elektronikte, bilişim sistemlerinde ve otomasyonda yaşanan gelişmeler üçüncü endüstri dönemine girişi tetiklerken, nesnelerin interneti, yapay zeka gibi teknolojiler Endüstri 4.0'a dönüşümü başlatmış ve iş hayatından sosyal hayata uygarlığı birçok anlamda değiştiren paradigmatik bir değişim yaşanmasına neden olmuştur.

Dijital endüstri devrimi biçiminde de tanımlanan Endüstri 4.0 bilişim teknolojileri ve endüstrinin birleşimi şeklinde aktarılmıştır (Ertuğrul ve Deniz, 2018: 168). İnternetin yaygınlaşması ve makinelerin birbiri ile internet yoluyla entegre hale getirilmesi, yapay zeka yoluyla robotların daha aktif şekilde kullanılması otomasyon sistemlerini geliştirerek endüstride iş yapış şekillerinde büyük değişim yaşanmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra dijitalleşme ile ortaya çıkan büyük verinin nasıl yönetileceği de önem kazanmış, bulut bilişim sistemi gibi konuların önemini arttırmıştır. Tüm bu gelişmelerin beraberinde getirdiği daha farklı değişim ve dönüşümler, öte yandan, sadece üretim departmanlarını etkilemeyip bir 4.0 dünyası oluşturmuş, işletmelerin farklı fonksiyonlarında da çeşitli sektörlerde de köklü değişimler meydana getirmiştir. Söz konusu değişikliklerin işletme fonksiyonlarındaki yansımaları ile oluşan yeni yapılar da Endüstri 4.0'a atfen Pazarlama 4.0, İK 4.0, Finans 4.0, Lojistik 4.0 gibi adlarla anılmaya başlanmıştır.

Bireyselleştirilmiş ürünlere olan ilgi ve talebin artması (Barreto vd., 2017:1246) ve uluslararası ticaret hacminin yanı sıra e-ticarete olan ilginin hızla yükselmesi, lojistik sektörünün önemini daha da artırmaktadır. Bu dinamikler, dördüncü sanayi devriminin getirdiği teknolojik yeniliklerle birleşerek, tedarik zincirinde görünürlüğün sağlanması ve sistemlerin entegre çalışmasını mümkün kılacak bütünlüklü kontrol sistemlerine olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu nedenle, lojistik sektöründe büyük ölçekli dönüşümler kaçınılmaz hale gelmiştir.

Dördüncü Sanayi Devrimi, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda lojistik süreçleri de kökten değiştirmiştir. Lojistik 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm, sektöre yenilik, katma değer ve sürdürülebilirlik konularında ciddi avantajlar sağlamaktadır. Lojistik 4.0, lojistik faaliyetlerin ana hedeflerini; doğru ürünün doğru şekilde, doğru zamanda, doğru yerde ve doğru kişiye teslimi ilkesi etrafında şekillendirmektedir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde dijitalleşme, birbirine entegre edilmiş bilgisayarlar, cihazlar ve yazılım programları gibi teknolojilerin bütünleştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bu teknolojik entegrasyon, sektörün iyileştirilmesi ve verimliliğinin artırılması yönünde önemli bir rol oynamaktadır (Özdemir ve Özgüner, 2018: 42). Türkiye'deki lojistik sektörünün Endüstri 4.0 ve özelinde Lojistik 4.0 konusundaki farkındalık düzeyi, bu teknolojilerin benimsenmesi ve uygulanması açısından büyük önem arz etmektedir. Ülkemizdeki lojistik sektörünün bu konudaki ilgisi, algısı ve uygulamalarla ilgili bilgi seviyesi, yapılan çalışmalar ve genel farkındalık düzeyi, Lojistik 4.0'ın geliştirilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Endüstri 4.0'ın sağladığı olanaklar sayesinde lojistik sektöründe daha verimli, sürdürülebilir ve rekabetçi bir yapı oluşturulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, lojistik firmalarının teknolojik dönüşüme adaptasyon süreçleri, Ar-Ge merkezlerinin kurulması, teknolojik adaptasyon eğitimlerinin düzenlenmesi ve dijitalleşme süreçlerinin entegrasyonu gibi konular üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, sektörün genel yapısını ve işleyişini olumlu yönde etkileyerek, Lojistik 4.0'a geçiş sürecinde önemli bir rehberlik sağlayacaktır.

Özetle, Türkiye lojistik sektörünün Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 konusundaki bilgi seviyesi ve farkındalık düzeyi, sektörün gelecekteki rekabet gücünü ve verimliliğini belirleyen ana faktörler arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda, lojistik firmalarının teknolojik dönüşüm süreçlerini hızlandırmaları ve bu alandaki yenilikleri yakından takip etmeleri büyük önem taşımaktadır.

1.1. Endüstri Devrimleri ve Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 konusu 2011 yılından itibaren büyük ilgi görmeye başlamıştır (Winkelhaus ve Grosse, 2020: 19). Farklı enerji sağlayıcılarının kullanımı ile üretim girdilerinin mamül haline gelebilmesi için gerçekleşen operasyonel ve finansal işler ile bu işlerin gerçekleşmesi için gereken araçların bütünü (Özüdoğru, 2010: 2) olarak tanımlanan endüstri kavramı, insanların ihtiyaçları ve teknoloji ile doğru orantılı olarak sürekli gelişmektedir (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 423). 1750-1890 seneleri arasında buhar makinesinin icat edilmesiyle başlayan Birinci Endüstri Devrimi (Ayvaz vd, 2010: 2), imalatı fiziksel insan gücünden makine gücüne doğru bir geçişe götüren süreçtir. Zaman içinde makineler buhar gücüyle çalışmaya başlamış, sayıları artmış ve özellik yönünden gelişmiştir. Odun ve bio yakıtın yerini kömürün alması makinelerin kullanımının artmasını sağlamış, daha yaygın bir hale gelmiştir (Erçağ, 2017: 3). 20.yüzyılın ilk yıllarına gelindiğinde Henry Ford'un iş bölümü ve hareketli montaj hattından faydalanarak seri üretimi gerçekleştirmesi ve Taylor'un imalatla ekonomikliği ve verimliliği odak noktasına alan "Bilimsel Yönetim" anlayışı da bu süreçte imalat yöntemlerinde değişimler meydana gelmesine sebep olmuştur. Fordizm ve Taylorizm anlayışları ile başlayan İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0), özellikle çeliğin kullanıldığı imalat yöntemlerinin geliştirildiği; elektriğin imalatla kullanımının başladığı, içten patlamalı motorlar, telgraf, radyo vs. gibi icatların ortaya çıktığı bir süreçtir (Şekkel ve Bakan, 2018a: 19). Bu devrim yenilenebilir enerji ile internetin ortaklığının sonucudur (Rifkin, 2014: 57-60). Bu süreçte bilgi teknolojileri ve elektroninin birlikte kullanılması ile beraber imalat süreçlerinde ilk defa programlanabilir makineler kullanılmış, otomasyon devri başlamış ve 2000'li yıllara kadar devam etmiştir (Aksoy, 2017: 37). Yeni yazılımların geliştirilmesi ve kullanıma başlanması amacıyla bu yazılımlara uygun donanımların üretimine başlanmış, yazılımlar içerisinde bilinirlik sağlanarak verimlilik elde edilmiştir (Naboni ve Paoletti, 2015; Özdoğan, 2017). Endüstri 4.0 kavramı 2011'de, Hannover Fuarı'nda, üretim sanayinin rekabet performansını artırmak amacıyla tüm dünyaya tanıtılmıştır. Bu kavramla, Üçüncü Endüstri Devrimi'ndeki mevcut sistemlerin daha akıllı hale getirilmesi, iş süreçlerine ileri teknoloji ve siber sistemlerin entegrasyonu ile imalat oranlarının artırılması hedeflenmiştir. Fiziksel sistemlerin akıllı hale gelmesi, uzaktan izlenebilmesi ve yeni nesil robotların fabrikalarda kullanılması, bu robotların hem birbirleriyle hem de insanlarla iletişim kurabilmesi, bu süreçlerin yapay zeka ile desteklenerek öğrenen algoritmaları kullanması gibi yenilikler, Dördüncü Endüstri Devrimi'nin temel unsurlarını oluşturmaktadır (Özdoğan, 2017).

Endüstri 4.0, geleneksel üretim iş modellerini köklü şekilde değiştirerek, bu süreçlere dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerini entegre etmeyi amaçlamaktadır. Bu

dönüşümün merkezinde, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, üç boyutlu yazıcılar, yapay zeka, bulut bilişim gibi ileri teknolojiler yer almaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018b: 24). Bu teknolojiler sayesinde, üretim süreçleri daha esnek, verimli ve müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilir hale gelmiştir. Örneğin, fiziksel sistemlerin akıllı hale gelmesi ve uzaktan izlenebilmesi, üretim süreçlerinin her aşamasında gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yapma olanağı sağlamaktadır. Bu da, üretim süreçlerinde verimlilik artışı, arıza ve aksaklıkların önceden tespit edilmesi ve bakım maliyetlerinin azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır.

Bu unsurlar ile beraber üretimin hızı yükselişe geçecek, makineler arasında aynı zaman diliminde gerçekleşen iletişim ve bunun takip edilebilmesi; üretimdeki aşamalarda oluşabilecek sorunları önceden saptayabilecek ve bununla ilgili tedbirlerin alınabilmesini sağlayacaktır. Bu durum beraberinde daha az insan gücünün kullanılmasına yol açacaktır. Tüm bu süreçler kişiye özgü mamül ve hizmetler, kullanım ömrü arttırılmış ürünler gibi, tüketiciler için de önemli faydalar sağlayacaktır (TUBİTAK, 2016).

1.2. Lojistik Evrim Süreçleri

Lojistik; müşterilerin gereksinimleri gidermek amacıyla mamüllerin üretiminin yapıldığı yerden, nihai kullanımın tüketim yerine doğru tedarik zinciri içinde bulunan hammaddelerin, hizmetlerin ve bilgi akışının etkili ve verimli bir biçimde çift taraflı olarak gerçekleşmesini sağlayan, konsolidasyon, depolama, elleçleme, paketleme veya dağıtım işlerini kapsadığı gibi, ek işlemler ve danışmanlık ile birlikte bütün hizmetler ile ürünün gümrük beyanının yapılması, sigortalanması, kıymetli evrakın hazır hale getirilmesi ve ödemelerin alınması gibi faaliyetleri de içeren tedarik zinciri prosesinin önemli kısımlarından biridir (Keskin, 2011: 28; FIATA, 2014).

Lojistikte inovasyon süreci uzun zaman önce başlamıştır. İlk aşamada (Lojistik 1.0) karayolu, demiryolu ve deniz taşımacılığının mekanizasyonu gerçekleşmiştir. Lojistik devrimlerinin global çaptaki taşıma çağının ilk adımı olarak kabul edilen (Çiçekli, 2017) Birinci Lojistik Devrimi, küreselleşmedeki artış ve teknolojik gelişmeler neticesinde talep tahmini, envanter yönetimi, malzemelerin taşınması, teslimi, paketleme, doğru konumlandırma ve sipariş alma işlemlerini de kapsayan bir duruma gelmiştir (Bowersox ve Closs, 1996).

Lojistik 2.0 olarak adlandırılan ikinci aşamada, taşımacılıkta elektrik, petrol gibi güç kaynakları kullanılmaya başlanmış, yaşanan gelişmeler 1960'lara gelindiğinde "*kargo elleçleme otomasyonu*" olarak adlandırılmıştır. Depolarda otomatik sıralama işine yarayan ekipmanların kullanılması (Galindo, 2016: 26) otomatik depoya atılan ilk adım olmuştur (Görçün, 2018).

İnternetin kullanılmasıyla beraber imalat sanayiinde otomasyona geçilmesiyle kullanılan yazılımlar ile Lojistik 3.0 olarak adlandırılan yeni bir dönem başlamıştır. Bu dönemde lojistik sektöründe, Taşımacılık Yönetim Sistemi (TMS), Depo Yönetim Sistemi (WMS) vs. yazılımlar ile stok durumları ve depolama faaliyetleri takip edilebilir; filo araçlarının planlanması ve rotalarının oluşturulması önceden planlanabilir hale gelmiştir (Belu, 2021; Şekkeli ve Bakan(a), 2018: 26). Aynı zamanda iletişim ve sensör teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ile de bilgilere erişim kolaylaşmış; ileri teknolojiye sahip rotaları belirlenmiş robotlar aracılığıyla otomatik hatlar faaliyete geçmiştir (Çiçekli, 2018; Galindo, 2016: 29-31).

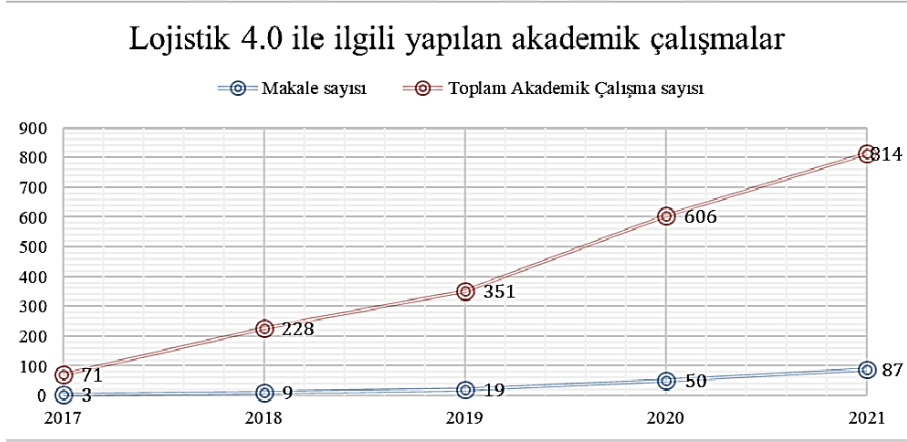
Endüstri 4.0 ile birlikte yaşanan dijital dönüşüm, birçok sektörde köklü değişikliklere yol açmış ve bu değişimlere uyum sağlamak için çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu süreçte, lojistik sektörü de önemli ölçüde etkilenmiş ve dönüşüm ihtiyacı ortaya çıkmıştır. “Lojistik 4.0” veya “Akıllı Lojistik” olarak adlandırılan bu yeni dönemde, insanlarla makineler arasında eş zamanlı iletişim kurulabilmektedir (Issaoui, vd., 2019: 267). Bu dönemde elde edilen veriler, büyük veri havuzlarında depolanmakta ve gelişmiş yazılımlar aracılığıyla işlenmektedir (Galindo, 2016). Lojistik 4.0, lojistik operasyon süreçlerinin verimliliğini artırmak için çeşitli teknolojik yenilikler sunmaktadır. İnsan-makine etkileşiminin artması, otomasyon ve dijitalleşme ile birlikte maliyetlerde azalma, teslim sürelerinde iyileşme, kaza veya risk oranlarında düşüş, hasar, fire veya ürün kayıplarında azalma gibi faydalar sağlamaktadır (Barretto vd., 2017: 1248). Ayrıca, bu dönüşüm süreci, lojistik operasyonlarda şeffaflık ve izlenebilirlik gibi önemli avantajlar sunmakta ve bu sayede lojistik hizmetlerin kalitesi ve güvenilirliği artırılmaktadır (Oleśków-Szłapka vd., 2019; Çiçekli, 2018).

Sonuç olarak, Endüstri 4.0’ın lojistik sektörüne getirdiği dijital dönüşüm, sektörde önemli yapısal değişikliklere yol açmış ve lojistik operasyonların daha verimli, şeffaf ve güvenilir hale gelmesini sağlamıştır. Bu dönüşüm süreci, lojistik sektörünün gelecekteki rekabet gücünü artırmakta ve sektördeki işletmelerin müşteri beklentilerine daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt vermesine olanak tanımaktadır.

1.3. Lojistik 4.0 Konusuna Yönelik Literatür Taraması

Endüstri 4.0’a ve onun farklı alanlardaki etkilerine yönelik araştırmalara başlanan 2011 yılından itibaren, Endüstri 4.0 bileşenlerinin farklı sektörlerdeki yansımalarını da inceleyen çalışmalara rastlanmakta olup konuyla ilgili çalışmalar 2017’den sonra artmaya başlamıştır. 2018 yılı itibariyle Lojistik 4.0 konusu yeni araştırılmaya başlanmış, genellikle kavramsal çerçevesinin çizilerek tanımların ve sınıflandırmaların geliştirilmesine önem verilmiştir. Çalışmalar, 2023 yılına kadar artarak devam etmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. 2017-2021 arası Lojistik 4.0 ile ilgili akademik çalışmaların sayısı



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmalar, literatür taraması kapsamında belirli yıllar çerçevesinde gruplanarak incelenmiştir. Bu bağlamda ilk olarak 2012-2018 yılları arası çalışmalar ele alınmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. 2012-2018 Arası Lojistik 4.0 Literatür Taraması Yabancı Kaynak

Yıl	Yazar	Başlık	Özet
2012	Resch ve Blecker	Smart Logistics - A Literature Review	<i>Teknolojinin lojistik süreçlerine uygulanmasını ifade eden akıllı lojistik hakkında tanımsal bir yaklaşım geliştirmekte, lojistikte uygulanan teknoloji ile ilgili literatür taraması yapmaktadır.</i>
2015	Timm ve Lorig	Logistics 4.0 - A Challenge for Simulation	<i>Lojistik 4.0 bağlamında karar vericileri ve lojistik süreçleri simüle etmek için iki bütünleştirici yaklaşımı tartışmayı amaçlamaktadır.</i>
2016	Wang	Logistics 4.0 Solution-New Challenges and Opportunities	<i>Lojistik 4.0 tanımı, bazı temel teknik bileşenleri, fırsatları ve olası zorlukları ile ilgili bilgi verilmektedir.</i>
2016	Domingo Galindo vd.	The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology	<i>İnsanoğlunu rutin faaliyetlerden kurtarmada temel bir rol oynayan siber fiziksel sistem ve teknolojilerle donatılmış yeni endüstri devriminin lojistik süreçlere uygulanması ile ilgili bir çerçeve çizilmekte, Lojistik 4.0 bileşenlerini açıklayarak şirketlerden örnekler verilmektedir.</i>

2016	Brzozowska	Industry 4.0– Impact on Logistics Processes Management	<i>Endüstri 4.0'ın özellikle de lojistik alanına etkileri hakkında genel bilgi verilmiştir. Ayrıca yeni teknolojinin lojistik süreçlerine nasıl uygulanacağı ile ilgili bazı öneriler öne sürülmektedir.</i>
2017	Strandhagen vd.	Logistics 4.0 and Emerging Sustainable Business Models	<i>Anlık bilgi paylaşımı, otomatikleştirilmiş çözümler ve gerçek zamanlı büyük veri analizleri gibi özellikleri ile Lojistik 4.0'ın yeni iş modelleri fırsatı yarattığı fikrinden yola çıkılarak bu noktada karşılaşılan zorluklar, fırsatlar, güncel trendler gösterilerek ve bir model önerisi verilmektedir.</i>
2017	Bamberger vd.	Logistics 4.0 - Facing Digitalization-Driven Disruption	<i>Eski lojistik oyuncular (LLPs) sınırlı kaynak ve zamanla dijital şampiyonlar haline gelebilmek için gelecek stratejilerini nasıl kuracaklar ve doğru alanlara odaklandıklarından nasıl emin olacaklar sorusuna cevaben bir çerçeve çizilmektedir.</i>
2017	Kirsch vd.	RFID in Logistics and Production– Applications, Research and Visions for Smart Logistics Zones	<i>Akıllı Lojistik Bölgelerini tanımlamaya yönelik bir yaklaşımı açıklamaktadır. Bu bölge uygulamaları için verilen örneklerde, iki RFID tabanlı kullanım durumu açıklanmaktadır.</i>
2017	Barreto vd.	Industry 4.0 Implications In Logistics: An Overview	<i>Lojistik 4.0 bağlamında organizasyonların etkin ve tümüyle operasyonel olmasını sağlayacak yeterli gereksinim ve konulara dair bazı düşünceler sunulmuştur.</i>
2017	Hoffman ve Rüsçh	Industry 4.0 and the Current Status as well as Future Prospects On Logistics	<i>Lojistik bağlamında Endüstri 4.0'ın fırsatlarını tartışmayı amaçlayan çalışmada merkeziyetçilik, kendi kendini düzenleme ve verimlilik açısından fırsatlar ortaya konulmuştur.</i>
2017	Witkowski	Internet of Things, Big Data, Industry 4.0–Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management	<i>Hem teknoloji hem organizasyon alanlarında yenilikçi çözümler olarak kabul edilebilecek bazı 'akıllı' çözümler sunulmuştur. Çalışma, "BT çözümleri lojistiğinin uygulanması sorunu" araştırmasının bir parçasıdır.</i>
2017	Pesti vd.	Industry 4.0 from the Aspect of Logistics Innovations	<i>Endüstri 4.0'ın inovasyon, özellikle lojistik inovasyonları bakış açısıyla tanıtıldığı çalışmada şirketlerin kendilerini benchmarking yoluyla geliştirme fırsatı bulabildikleri iç operasyonları ele alınmıştır.</i>
2017	Müller vd.	Industry 4.0 - Perspectives And Challenges For Project Logistics	<i>Endüstri 4.0 bağlamında lojistik projelerin incelendiği çalışmada bir Alman sanayi kuruluşu ve onun beş lojistik ortağı ile kurulan proje lojistiği değer zincirinde Endüstri 4.0'ı entegre etmek için zorluklar, fırsatlar ve öneriler geliştirilmiştir.</i>

2017	Solvay vd.	Is Logistics Ready For 4.0? – Key Findings Of An Extensive Market Research	<i>Lojistik 4.0 ile uyumlaşabilmek için dijitalleşme, ağ işbirliği, çevreci ve sürdürülebilir lojistik, müşteri ilişkileri ve hizmet seviyesinin genişletilmesinin yanı sıra tedarik zincirinden oluşan beş ana alan tanımlanmıştır. Mevcut lojistik performansı nicel olarak ölçmek için bir kıyaslama aracı geliştirilmiştir. 300'den fazla farklı kaynaktan gelen bilgiler analiz edilmektedir</i>
2017	Merenkov	Industry 4.0: German Experience of Development of Digital Transport and Logistics	<i>Çeşitli iş ve toplum alanlarını etkileyen endüstri paradigması 4.0 aracılığıyla ulaşım kompleksinin dijitalleşmesi ele alınmaktadır.</i>
2018	Schmidtke vd.	Technical Potentials and Challenges within Internal Logistics 4.0	<i>Dijitalleşme yoluyla endüstrinin dönüşümü ele alınmakta ve yeni katma değerli kavramlar için geleceğin "akıllı çözümleri" anlatılmaktadır. Odak noktası, Endüstri 4.0 dahilindeki lojistik sektörü üzerindeki değişikliklerin etkilerinin yanı sıra dahili lojistik için teknik fırsatlardır.</i>
2018	Cho	A Study on Establishment of Smart Logistics Center Based on Logistics 4.0	<i>Kore'nin bir numaralı ticaret limanı Busan'da akıllı bir soğutma lojistik merkezi önerisi yapılan çalışmada Endüstri 4.0'la ilgili süreçlerin doğrultusunda yürütülecek operasyonlardan bahsedilmektedir</i>
2018	Glistau ve Coello-Machado	Logistics Concepts and Logistics 4.0	<i>Lojistik 4.0'ın çözümleri, lojistiği optimize eden başarılı gerçekleştirilmiş çözümler, lojistik yönetimine ilişkin gereksinimler, Endüstri 4.0/Lojistik 4.0 kriterlerine göre klasik lojistik stratejilerinin durumu soruları bağlamında Lojistik 4.0 incelenmektedir.</i>
2018	Şekkeli ve Bakan	Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0	<i>Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0'a ait temel özellikler ortaya konarak etkileri araştırılmaktadır.</i>
2018	Delfmann vd.	Logistics as a Science – Central Research Questions in the Era of the Fourth Industrial Revolution	<i>4. Endüstri Devriminin algılanan ve organize edilen üretim ve işletmeler üzerinde yaptığı büyük etki üzerinden çalışmada lojistiğin bu değişimdeki rolü ve gelecekte oynayacağı daha merkezi rol tartışılmaktadır.</i>
2018	Tsonkova	Digitalization in Transport and Logistics — Modern Challenges and Opportunities	<i>Taşımacılık ve lojistikte dijitalleşmenin anlatıldığı çalışmada firmaları bekleyen fırsatlar ve zorluklardan bahsedilmektedir.</i>

2018	Oleśków-Szłapka ve Stachowia k	The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model	<i>Şirketlere Lojistik 4.0 ile ilgili mevcut durumu değerlendirme ve iyileştirme sürecine yönelik bir yol haritası oluşturma fırsatı sağlamak için geliştirilen Lojistik 4.0 Olgunluk Modeli'nin çerçevesini sunulmaktadır.</i>
2018	Poli	Logistics 4.0: A Systematic Review	<i>Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0'ın özellikleri araştırılarak farklı konulardaki etkileri incelenmektedir.</i>

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 3'te, çalışma konusu ile ilgili olarak 2018-2021 yılları arasında Türkiye'de yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Tablo 3. 2018-2021 Yılları Arasında Lojistik 4.0 ile İlgili Literatür Taraması – Türkçe Kaynak

Yıl	Yazar	Başlık	Özet
2018	Şekkel ve Bakan	Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0	<i>Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0'ın özellikleri ortaya konarak etkileri araştırılmaktadır.</i>
2018	Keskinlikli ç vd.	Lojistik ve Kargo Kurumlarının Lojistik 4.0 Açısından Değerlendirilmesi: Erzurum İlinde Nitel Bir Uygulama	<i>Farklı ulusal ve uluslararası lojistik firmalarının Erzurum bölgesindeki müdürlükler ve acentelerde çalışan yönetici ve IT sorumluları ile görüşmelerin sonucu, dış ticaret, lojistik ve IT departmanları arasındaki iletişimin ne kadar önemli olduğu sonucuna varılmıştır.</i>
2018	Özdemir ve Özgüner	Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0	<i>Bu kavramsal çalışmanın, Dördüncü Endüstri Devriminin lojistik sektöründeki rolü hakkında farkındalık yaratacağı, kuram ve pratik anlamında farklı bir yaklaşım sağlayacağı düşünülmektedir.</i>
2019	Yılmaz ve Duman	Lojistik 4.0 Kavramına Genel Bir Bakış: Geçmişten Bugüne Gelişim ve Değişimi	<i>Kavramsal çalışmada Lojistik 4.0'ın gelişimi ve mevcut durumu incelenerek temel hatları çizilmiş ve Lojistik 4.0'ın daha ortaya konmamış ve geliştirilebilir yanlarına ışık tutulmuştur.</i>
2019	Büyüközk an ve Güler	Lojistik 4.0 Teknolojilerinin Analizi için Metodolojik Yaklaşım	<i>Lojistik 4.0 kapsamındaki teknolojiler ile ilgili bilgi sağlamak, şirketlerin bu teknolojilerden ne beklediğini sıralamak ve teknoloji analizi için etkin bir yöntem sunmak amaçlanmıştır. Firma beklentileri bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile derecelendirilmiş, mevcut</i>

			<i>teknolojilerin seçimi bulanık etki matrisi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.</i>
2020	Karagöz ve Bumin Doyduk	Lojistik 4.0 Uygulamaları ve Lojistik Firmalarının Bakış Açısı	<i>Türkiye’de lojistik hizmet sunan işletmelerin Lojistik 4.0’a bakışları ve uygulama düzeyleri belirlenmiştir. Bu amaçla on adet lojistik hizmet sunan işletmeye derinlemesine mülakat yöntemi ile Lojistik 4.0 kavramı ve uygulamaları sorulmuş, uygulamaların işletmeleri nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır.</i>
2020	Çelik	Lojistik Sektöründe Kullanılan Yeni Bilişim Sistemleri: Lojistik 4.0 Örneği	<i>Endüstri 4.0 ile lojistik sektöründe yaşanan değişimler yeni bilişim sistemleri temelinde ele alınmıştır. Lojistik sektörünü şekillendiren şirketlerin gelişen internet sistemlerini ve diğer etkenleri nasıl kullanabilecekleri, ayrıca bu yenilikler ile Lojistik 4.0’ın nasıl sürdürülebileceği çalışmanın temelini oluşturmuş, sistemler Covid-19 özelinde değerlendirilmiştir.</i>
2020	Güngör ve Öz	Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik 4.0’ın İncelenmesine Yönelik Teorik Bir Çalışma	<i>Literatür incelenerek Lojistik 4.0’ın ortaya çıkışı, gelişimi ve gelecekte nasıl bir rolü olacağı kavramsal çerçevede anlatılmıştır. Endüstri 4.0’ın etkisi ile ortaya çıkan Lojistik 4.0 kavramı arasındaki ilişki açıklanmış ve potansiyel etkileri tartışılmıştır.</i>
2020	Karlı ve Tanyaş	Lojistik Yönetiminin Dijital Dönüşümü: Akıllı Lojistik Üzerine Sistematik Literatür Haritalaması	<i>Akıllı lojistikle ilgili yapılan çalışmaların sistematik bir derlemesi sunulmaktadır. Yöntem olarak sistematik haritalama kullanılmış, belirlenen veri tabanları dahil edilerek yapılan araştırmada 67 makale incelenmiştir. İnceleme sonucunda akıllı lojistik üzerine yapılan araştırmalara yönelik bulgular, Lojistik 4.0’ın avantajları ve ortaya çıkan sorunlar sunulmuştur.</i>
2021	Gönçer Demiral	Endüstri 4.0’ın Lojistik Boyutu: Lojistik 4.0	<i>Endüstri 4.0 uygulamaları ile etki altında kalan Lojistik 4.0’ın önemine vurgu yapılmakta, tarihsel gelişimleri ile birlikte bu kavramlar detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Lojistik alanındaki teknolojiler ve bu teknolojileri kullanan sektörlerden örnekler verilmektedir.</i>
2021	Mercimek ve Geçkil	Endüstri 4.0’ın Lojistik Sektörüne Uygulanması: Lojistik 4.0	<i>Derleme niteliğindeki araştırma, lojistik sektörünün dijitalleşmesine yönelik farklı bir çerçevede çizmek için çeşitli yaklaşımları Lojistik 4.0 kapsamında birleştirmektedir.</i>
2022	Ceran vd.	Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları ve Lojistik 4.0 Bağlamında Lojistik Maliyetler ile Karlılık İlişkisi	<i>Uluslararası stratejik pazarlama kararlarında ve Lojistik 4.0 uygulamalarında lojistik maliyetleri tanımlayan ve lojistik maliyetlerin karlılıktaki rolünü analitik olarak ölçen araştırmada, uluslararası stratejik pazarlama kararları özelinde lojistik maliyetler</i>

			<i>tanımlanmış, ekonometrik ve istatistiksel bir analiz gerçekleştirilmiştir.</i>
--	--	--	---

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 3'te verilen çalışmalar, daha önce bahsedilen, pandemi nedeniyle konunun kavramsal boyutta kaldığı ve uygulama yönlü sahada araştırmaların söz konusu olmadığı görüşünü destekler niteliktedir. İsmail İyigün ve Ömer Faruk Görçün'ün editörlüğünü yaptığı 2022 basımı "Logistics 4.0 and Future of Supply Chains - Lojistik 4.0 ve Tedarik Zincirinin Geleceği" başlıklı kitapta Lojistik 4.0'ın farklı açılardan ele alındığı çalışmalar görülmekle birlikte bu çalışmaların da kavramsal boyutta olduğu görülmektedir (İyigün ve Görçün, 2022).

Tablo 4'te yabancı kaynaklardaki Lojistik 4.0 çalışmaları yer almaktadır.

Tablo 4. 2019-2022 Yılları Arasında Lojistik 4.0 ile İlgili Literatür Taraması - Yabancı Kaynak

2019	Winkelhaus ve Grosse	Logistics 4.0: A Systematic Review Towards A New Logistics System	<i>Lojistik araştırmasının durumuna dair yeni bir resim oluşturmak için araştırmadaki farklı yaklaşımları bir Lojistik 4.0 çerçevesinde birleştirmeyi amaçlamaktadır</i>
2019	Evtodieva vd.	Logistics 4.0. In Sustainable Growth and Development of Economic Systems	<i>Endüstri 4.0'daki etkileşim ortamında ticari faaliyetin karakteristik özelliklerinin tahsisini ve lojistik üzerindeki etkilerinin analizini, dönüşümünün ve gelişiminin yönlerinin belirlenmesini içermektedir.</i>
2019	Amr vd.	Logistics 4.0: Definition And Historical Background	<i>Sistematik bir literatür taraması, önceki sanayi devrimleri ve bunlarla ilişkili lojistik değişiklikler arasındaki ilişkinin tarihsel arka planı aracılığıyla, Endüstri 4.0 ışığında yeni bir kavram ve dolayısıyla mevcut lojistik ve tedarik zinciri dünyasına bir tanım önermektedir.</i>
2019	Cimini vd.	Exploring Human Factors in Logistics 4.0: Empirical Evidence from a Case Study	<i>Bir literatür analizinden yola çıkarak, iki olası senaryoyu betimleyip Endüstri 4.0 döneminde lojistik operatörleri için meydana gelecek değişiklikleri ele almayı amaçlamaktadır. Lojistik 4.0 için bir vaka çalışması yapılmaktadır.</i>
2020	Bag vd.	Examining the Role of Logistics 4.0 Enabled Dynamic Capabilities on Firm Performance.	<i>Önerilen teorik çerçevede, Güney Afrika'daki otomotiv bileşeni ve mürettebat üreticilerinden seçilen örneklerle anket uygulaması yapılmış ve verilere yapısal eşitlik analizi uygulanmıştır.</i>

2020	Jagtap vd.	Food Logistics 4.0: Opportunities and Challenges	<i>Gıda lojistiği 4.0 konusundaki kritik teknolojileri ve bu konudaki fırsatları ve zorlukları tartışmaktadır. Öncelikle kaynak planlaması, depo yönetimi, nakliye yönetimi, kestirimci bakım ve veri güvenliği dahil olmak üzere gıda lojistiğine odaklanılmıştır.</i>
2020	El Hamdi vd.	Scheduling Optimization in Logistics 4.0.	<i>Yeni bilgi-iletişim teknolojilerinin sektöre entegrasyonunu içeren Endüstri 4.0 bağlamında, kurumsal kaynak planlama, taşıma yönetim sistemleri ve depo yönetim sistemleri gibi uygulamaların son on yılda yaygınlaşması, lojistik yoluyla teknolojik yeniliğin benimsenmesi gibi konular irdelenmiştir.</i>
2020	Barleta vd.	Industry 4.0 and the Emergence of Logistics 4.0.	<i>4. Sanayi Devrimi, iş modellerinde ve onları destekleyen üretim zincirlerinde yıkıcı değişiklik getirmektedir. Bu süreçlerin temel unsuru olan lojistik de bundan etkilenmektedir. Bunun için, geleceğin lojistik sistemi, rekabet gücünü korumak için yenilik ve geliştirmeye önemli yatırımlarla birlikte, birbirine bağlı bilgileri ve optimize edilmiş zaman ve kaynaklarının neler olduğu vurgulanmıştır.</i>
2020	Munsamy vd.	Logistics 4.0 Energy Modelling	<i>Endüstri 4.0'a dayalı bir iş süreci merkezli bir lojistik tasarım modeli önerilmektedir. Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 tasarım bileşenleri, Endüstri 4.0 ve lojistik üzerine sistematik bir literatür incelemesi yoluyla kurgulanmış ve kapsamlı bir simülasyon geliştirilmiştir.</i>
2020	Kodym vd.	Risks Associated with Logistics 4.0 and Their Minimization Using Blockchain.	<i>Endüstri 4.0 bileşenleri kavramları lojistik faaliyetleri açısından da olası teknik çözüm gibi görünmekte ancak kısıtlar ve engeller yeterince bilinmemektedir. Lojistik 4.0 bağlamında olası risklere dair bir çerçeve oluşturulmuştur.</i>
2020	Trushkina vd.	Development of the Logistics 4.0 Concept in the Digital Economy.	<i>Örgütlenmenin özellikleri ve eğilimleri analiz edilmektedir. İş süreçlerinin dijital dönüşümü bağlamında lojistik faaliyetler; Lojistik 4.0 kavramının oluşumu için ön koşullar araştırılmıştır.</i>
2020	Corrêa vd.	An Exploratory Study on Emerging Technologies Applied To Logistics 4.0.	<i>Literatür incelenerek, gelişmekte olan altı teknolojiye yapılan yatırıma ilginin derecesi belirlenmiş, bu şirketlerin veri kalitesine olan algısı araştırılmıştır. Hedeflere ulaşmak için Brezilya'da çevrimiçi bir anket yapılmış ve şirketlerin en çok ilgisini çeken teknolojilerin, neler olduğu ortaya konmuştur.</i>

2020	Cimini vd.	Smart Logistics and the Logistics Operator 4.0.	<i>Endüstri 4.0 teknolojilerinin ana lojistik alanı ve bu alanlarda çalışan lojistik operatörlerin farklı rolleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.</i>
2020	Barcik.	Logistics 4.0–The Current State and Future Challenges.	<i>Lojistik 4.0'ın güncel durumu sunulmuş, gelecekteki zorlukları tanımlanmıştır. Vaka çalışması yöntemi uygulanmıştır.</i>
2021	Gumzej	Logistics 4.0. In Intelligent Logistics Systems For Smart Cities and Communities	<i>Çalışma günümüzde esas olarak maliyet düşürmeye odaklanan çağdaş tedarik zinciri yönetiminin dijital dönüşüm sürecine odaklanmıştır.</i>
2021	Krstić vd.	Technological Solutions in Logistics 4.0.	<i>Alandaki ilgili literatür gözden geçirilerek, Endüstri 4.0 teknolojileri ve bunların lojistik sistem ve süreçlerdeki uygulama olanakları ayrıntılı olarak tanımlanarak açıklanmaktadır.</i>
2021	Moldabek ova vd.	Technological Readiness And Innovation As Drivers For Logistics 4.0.	<i>Teknolojik hazırlık ve yeniliğin lojistik performans üzerindeki etkileri ampirik olarak incelenmektedir. Küresel rekabet edebilirlik endeksi'nin (GCI) karşılık gelen sütunlarının lojistik performans endeksi (IPI) ve boyutları için önemli olup olmadığı analiz edilmektedir. Etkileri belirlemek için havuzlanmış regresyon yaklaşımı uygulanmıştır.</i>
2021	Elke vd.	Logistics 4.0: Smart Infrastructure	<i>Altyapı planlamasının bazı önemli temelleri, güncel eğilimler, araştırılmaktadır. Hedefler, altyapıyı bütünsel olarak karakterize etmek, yeni gelişmeleri tanımlamak ve altyapı ile ilgili güncel araştırma sorularını ortaya koymaktır.</i>
2021	Abd Elkader, ve Morales	Logistics 4.0, Innovation & Intellectual Property Evaluation: The Moderating Effects of Its Adoption.	<i>Lojistik teknolojilerinde meydana gelen değişiklikler incelemekte ve analiz etmektedir.</i>
2021	Bianchi vd.	Logistics 4.0 in Organizations: A Theoretical Approach.	<i>Lojistik 4.0'ın hizmet sağlayıcılara sağladığı değişimlerin etkileri ve sağladığı faydalar analiz edilmektedir. Lojistik 4.0'ı tartışan bilimsel makalelerde bibliyografik arama yoluyla toplanan veriler, keşfedici nitelikte nitel yöntemle yapılandırılmıştır.</i>
2022	Khan vd.	Exploration of Critical Success Factors of Logistics 4.0: A Dematel Approach	<i>Lojistik 4.0'ın kritik başarı faktörlerinin tanımlanması için uzmanların girdileriyle kapsamlı bir literatür taraması yapılmış, bu kritik başarı faktörleri arasındaki karşılıklı ilişki dematel yaklaşımıyla araştırılmıştır.</i>

2022	Kucukaltan vd.	Gaining Strategic Insights into Logistics 4.0: Expectations and Impacts	<i>Lojistikte Endüstri 4.0 projeksiyonları, bunların ISP'lere yansımaları kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Endüstri 4.0 gelişmelerinden etkilenen ana temalar, Türk lojistik sektöründe gerçekleştirilen bir anket yoluyla belirlenmiştir. Lojistik sektöründe olası değişiklikleri operasyonel, finansal ve insan kaynakları açılarından göstermek için akademik çıkarımlar sunulmaktadır.</i>
------	----------------	---	--

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

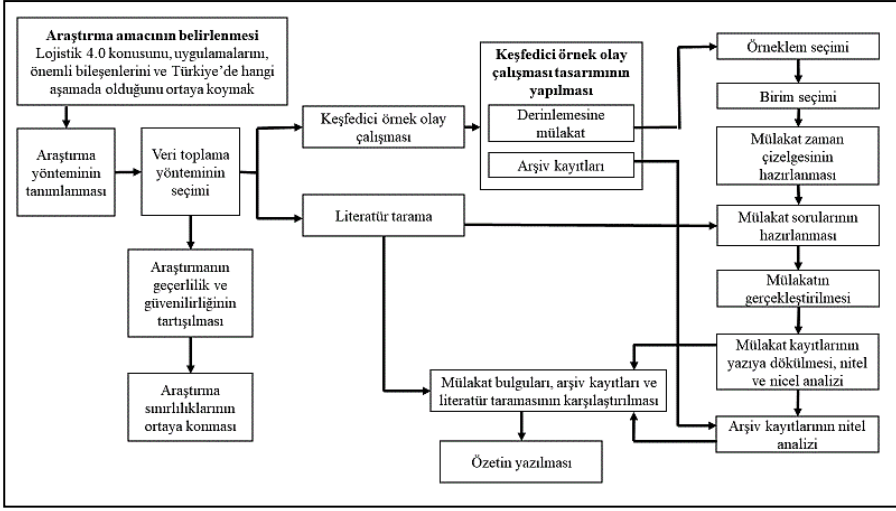
Lojistik 4.0 üzerine 2018'den sonra yapılan yabancı kaynaklı çalışmalarda da ağırlıklı olarak literatür taraması, sınıflandırma çalışmaları, bir aşama ötesinde simülasyon çalışmaları görülmekte, sahada uygulamaların söz konusu olduğu çalışmalara rastlanmamaktadır. Lojistik 4.0'ın yönetimin İK, pazarlama gibi farklı fonksiyonları ile etkileşimi, sistemin sunduğu fırsatlar, işletmelerin gereksinimleri, kritik başarı faktörleri, Endüstri 4.0 bileşenlerinin sektörde uygulanmasına yönelik konular ve buradan hareketle gelecekle ilgili projeksiyonlar, sıklıkla çalışılan konular arasında yer almaktadır. Bunun dışında, geliştirilen Lojistik 4.0 ölçme kiti, işletmelerin kendilerini Lojistik 4.0'ın hangi aşamasında olduklarını görmeleri ve genel olarak sektörün durumunun değerlendirilmesi açısından önemli bir gelişme olarak aktarılabilir.

2. YÖNTEM

2.1. Veri Toplama Yöntemi

Türkiyedeki lojistik firmaları arasında Lojistik 4.0 algısını, hangi aşamada olduğunu, konuyla ilgili farkındalık düzeyini ve bu konudaki önemli hususlar ile başarı faktörlerini ortaya koymayı amaçlayan keşfedici ve tanımlayıcı nitelikteki bu çalışmada nitel araştırma yönteminden yararlanılmış, planlanan örnek olay çalışmasında mülakat ve arşiv notlarına ek olarak içsel geçerliliğin sağlanması amacıyla literatürde benzer çalışma sonuçları da araştırılarak üçgenleme (çeşitleme) gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de yapılan araştırmanın tasarımı sunulmuştur.

Şekil1. Araştırma Tasarımı



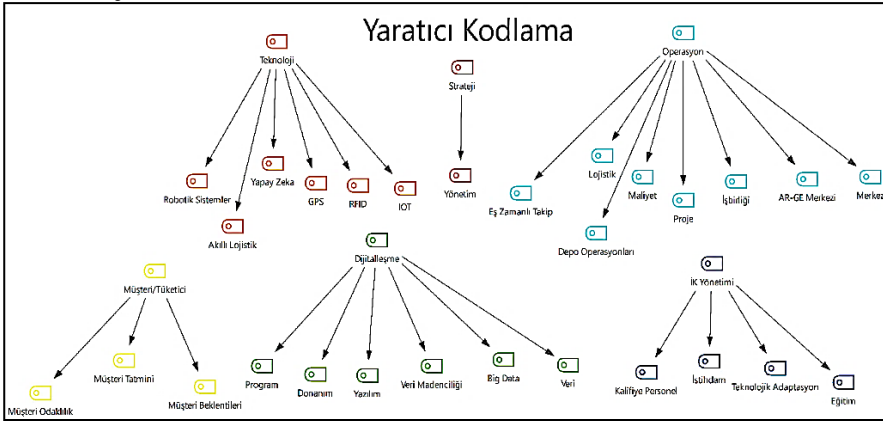
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmanın birinci aşaması literatür taraması olup, literatür taramasında dikkate alınacak kriterler ve sınırlılıklar belirlendikten sonra Lojistik 4.0’ın dinamiklerini, özelliklerini, bileşenlerini, sunduğu fırsatları ve zorlukları ifade eden, kavramın teorisine katkı sağlayan ve araştırmanın amaçlarına uygun 23 çalışma seçilerek incelenmiştir. İkinci aşamada keşfedici örnek olay çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunun için Türkiye’de Lojistik 4.0 uygulamalarını hayata geçiren firmalar arasında bunları en yoğun şekilde kullanan ve ismi ile bütünleştiren lojistik firması, örnek olay incelemesi için seçilmiştir. Firmanın yönlendirmesi ile konuya dair süreçleri bilen firma yetkilisi ile görüşülmüştür. Mülakatta kullanılan anket, çalışma amaçları doğrultusunda literatürde yer alan benzer çalışmalarda mülakat sorularından, literatürde Lojistik 4.0’a dair çalışmalarda yer verilen alt bileşenlerinden yararlanılarak, konu ile ilgili çalışan bir akademisyenin düzeltmeleri ışığında yarı yapılandırılmış soru formu şeklinde hazırlanmıştır. Sorulan 15 soruya verilen cevaplar, MAXQDA 2020 programı ile analiz edilmiştir. Nitel araştırmalarda geçerliliği sağlamanın ve doğruluğu arttırmanın bir yolu olarak görülen üçgenlemenin (triangulation) (Işık ve Semerci, 2019: 56) sağlanması amacıyla üçüncü aşamada arşiv kayıtları incelenmiş, ilgili firmanın Lojistik 4.0 hakkında beyanlarına yönelik Yönetim Kurulu Başkanı ve bir diğer yöneticisinin verdiği röportajlar ile firmanın web sitesi içeriği taranmıştır. Görüşmede elde edilen mülakat notları, farklı firma yetkililerin konu ile ilgili verdikleri röportaj notları, web sitesinde paylaşılan doküman ve bilgiler, literatür ile desteklenerek çalışma geçerliliği sağlanmıştır. Çalışmanın güvenilirliği için tüm süreçlerin ve aşamaların gösterildiği ve Şekil 1’de gösterilen taslak hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

Mülakatta verilen cevaplar Word belgesine aktarılmış, elde edilen 11 sayfalık veri, içerik analizine tabi tutulmuştur. MAXQDA programında uygulanan yaratıcı kodlama sonucunda teknoloji başlığı altında akıllı lojistik, robotik sistemler, yapay zeka, GPS, RFID, IOT; müşteri/tüketici başlığı altında müşteri odaklılık, müşteri tatmini, müşteri beklentileri; dijitalleşme başlığı altında yazılım, program, donanım, veri madenciliği, büyük veri, veri; operasyon başlığı altında depo operasyonları, proje, eş zamanlı takip, lojistik, maliyet, işbirliği, AR-GE merkezi, merkez; İK yönetimi başlığı altında istihdam, kalifiye personel, teknolojik adaptasyon, eğitim; strateji başlığı altında yönetim alt konuları oluşmuştur. Yaratıcı kodlamaya dair kavram haritası Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil2. Lojistik 4.0 Dönüşümünün Nitel Verilerine Ait Kavram Haritası



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Oluşan ana kodların, mevcut Lojistik 4.0 literatürü ile benzerlik gösterdiği; teknoloji, dijitalleşme, operasyon, strateji, müşteri/tüketici ve İK yönetiminin, Lojistik 4.0 ile ilgili literatürde temel konular olduğu görülmektedir. Ardından, belirlenen kodların birbirleriyle olan yakınlıkları ve hangi faktörlerin Lojistik 4.0 dönüşümünde diğer faktörlere göre daha fazla önem arz ettiği, kodların konu üzerindeki ağırlığı ve birbiri ile ilişkisinin tespiti için Kod Haritası çıkarılmıştır (Şekil 3).

Kod haritasında maliyet, müşteri beklentileri, müşteri tatmini ve eş zamanlı takip kodları birbirine yakın çıkarken müşteri beklentileri ve maliyet, müşteri tatmini ve eş zamanlı takip birbirine yakın bulunmuştur. Maliyet ve eş zamanlı takip diğer ikisine göre daha yoğunluklu bulunmuştur. Öte yandan akıllı lojistik, yazılım ve proje birbirine yakın kodlar olarak belirlemiştir. Tüm kodlar arasında en yoğun çıkan kodlar bu üçü olmakla birlikte akıllı lojistik ve proje yazılıma göre daha yoğunluktadır. Teknolojik adaptasyon ve eğitim birbirine yakın kodlar olarak ortaya çıkmıştır. Yoğunlukları maliyetin yoğunluğu gibidir. AR-GE merkezi, veri, müşteri odaklılık, müşteri/tüketici, IOT birbirine yakın kodlar olarak belirlenmiştir. Program, GPS, strateji ve yönetim birbirine yakın bulunmuştur. Kalifiye personel ve depo

operasyonları birbirine yakın bulunurken robotik sistemler, istihdam, donanım, yapay zeka, büyük veri ve iş birliği birbirine yakın kodlardır.

Şekil3. Lojistik 4.0 Kod Haritası



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Son olarak gerçekleştirilen kod birlikte oluşma modelinde ise alınan cevaplara göre hazırlanan kodlar analiz edilmiştir. Oluşan modele göre müşteri/tüketici ana kodu ile strateji ana kodunun diğer bütün kodların merkezinde yer aldığı görülmektedir. Strateji faktörünün özellikle İK yönetimi ve ilgili alt faktörleri için, teknoloji ve ilgili alt faktörleri için, AR-GE merkezi alt kodu için diğer ana kodlara göre daha fazla önem arz ettiği ortaya çıkmıştır (Şekil 4).

Şekil4. Lojistik 4.0 Kodlarının Birlikte Oluşum Modeli

Çalışmada, Türkiye'deki lojistik firmaları arasında Lojistik 4.0 algısı, hangi aşamada olduğunu, konuyla ilgili farkındalık düzeyi ve bu konudaki önemli hususlar ile başarı faktörleri bir lojistik firması üzerinden derinlemesine incelenmiştir. Araştırma sonuçları, Lojistik 4.0'ın sektördeki verimliliği artırma, maliyetleri düşürme ve operasyon süreçlerini optimize etme potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır.

Öncelikle, lojistik sektöründe dijital dönüşümün gerekliliği ve önemi vurgulanmalıdır. Küreselleşme ve teknolojik gelişmeler, lojistik süreçlerin daha karmaşık ve entegre hale gelmesine yol açmıştır. Bu bağlamda, Lojistik 4.0 kavramı, sektördeki bu ihtiyaçlara yanıt verebilmek için ortaya çıkmıştır. İnsan-makine etkileşiminin artması, veri analitiği ve yapay zeka uygulamalarının lojistik süreçlere entegrasyonu, operasyonel verimliliği önemli ölçüde artırmaktadır (Issaoui vd., 2019; Barretto vd., 2017).

Araştırma bulguları, Lojistik 4.0'ın sunduğu teknolojik yeniliklerin sektördeki şeffaflık ve izlenebilirlik gibi kritik unsurları geliştirdiğini göstermektedir. Özellikle akıllı sensörler ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri, tedarik zincirinin her aşamasında gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yapma imkanı sunarak, lojistik operasyonların daha etkili yönetilmesine olanak tanımaktadır (Galindo, 2016). Bu durum, lojistik süreçlerin her aşamasında iyileştirmeler yaparak, müşteri memnuniyetini artırmakta ve sektördeki rekabet gücünü güçlendirmektedir (Oleśków-Szłapka vd., 2019; Çilekli, 2018).

Ancak, Lojistik 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için sektörde bazı zorlukların aşılması gerekmektedir. Özellikle teknolojik adaptasyon sürecinde karşılaşılan maliyetler, nitelikli iş gücü eksikliği ve teknolojik altyapının yetersizliği gibi sorunlar, lojistik firmalarının bu dönüşüme uyum sağlamasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların, teknolojik adaptasyonu hızlandırmak için gerekli yatırımları yapmaları ve çalışanlarını bu yeni teknolojilere uyum sağlayacak şekilde eğitmeleri büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kavramlarının lojistik sektörü üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, bu teknolojik dönüşümün sektördeki verimlilik, maliyet ve müşteri memnuniyeti gibi kritik unsurları olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Ancak, bu dönüşüm sürecinin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için sektördeki firmaların gerekli adımları atmaları ve teknolojik yeniliklere hızlı bir şekilde adapte olmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, Lojistik 4.0'ın lojistik sektöründe daha geniş bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması, sektörün gelecekteki rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini artırmak adına büyük bir potansiyele sahiptir.

SONUÇ

Dördüncü Sanayi Devrimi, küresel rekabetin önemli ölçütlerinden biri haline gelmiştir. Endüstri 4.0 olarak da bilinen bu devrim, dijital dönüşüm ile karakterize

edilmekte olup, sistemlerin otomatikleştirilmesi, nesnelerin teknolojik entegrasyonu, bilgi havuzlarının oluşturulması, eş zamanlı bilgi erişim ağları ve simülasyon gibi birçok yeni teknolojiyi içermektedir. Bu dönüşüm, Üçüncü Sanayi Devrimi'ni gerçekleştirmiş ülkeler tarafından daha hızlı benimsenmektedir. İşletmelerin ulusal ve uluslararası alanda rekabette öne çıkabilmeleri için Endüstri 4.0'a geçiş zorunlu hale gelmiştir. Tüketici alışkanlıklarının değişmesi ve internetin yaygınlaşması ile teknolojik adaptasyon gösteren işletmelerin rakiplerine kıyasla öne çıktıkları ve tercih edildikleri gözlemlenmiştir. Özellikle 2020 yılından itibaren dünya genelinde etkisini gösteren Covid-19 salgını, teknolojik dönüşümün önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Lojistik sektörü, dijital dönüşümü yakından takip eden ve benimseyen sektörlerin başında gelmektedir. Sektörde istihdam edilen insan sayısı, küresel ticarete ülkelerin konumlarına etkisi ve yüzyıllardır insan yaşamının her alanında var olan yapısı ile ülkeler için en önemli sektörlerden biri olmuştur. Bu nedenle, lojistik sektörünün teknolojik adaptasyonu büyük önem arz etmektedir.

Sektörün Endüstri 4.0 bağlamında dijital dönüşümü, Lojistik 4.0 veya Akıllı Lojistik olarak adlandırılmaktadır. Lojistik 4.0 devriminin sektöre önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir. Lojistik süreçlerde şeffaflık, kompleks durumlarda otomatik karar verebilme, eş zamanlı takip ve bilgi paylaşımı, büyük veri analizleri ile uygun stok yönetimi, otonom robotlarla hata oranlarının azaltılması ve zamandan tasarruf gibi olanaklar bu katkılardan bazılarıdır. Ayrıca, yeni donanım ve yazılımlarla maliyetlerin azaltılması ve teknolojik olarak dönüştürülmüş çalışma ortamları ile çalışan verimliliğinin artırılması da bu dönüşümün sağladığı diğer önemli avantajlardır.

Bu çalışma, Türkiye'de Lojistik 4.0'ın nasıl algılandığı, uygulama aşamaları, avantajları ve problemleri ile sektöre olan etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Örneklem olarak, 600 milyon euroya ulaşan cirosu, 8000'e yakın çalışanı, 7500 araçlık filosu ve 13 ülkede tesisleri bulunan, ülkenin lider lojistik firmalarından biri seçilmiştir. Sektörün ilk Ar-Ge merkezi olan bu firma, Lojistik 4.0 bağlamında ulusal ve uluslararası projeler üretmekte, pilot uygulamalarda bulunmakta ve lojistik sektörüne uygun teknolojik çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir. Ar-Ge ekibinin %90'ı araştırmacılar tarafından oluşmakta olup, gümrükleme, depo operasyonları, optimum rotalama, dağıtım ağı tasarımları, süreç iyileştirme ve kapasite planlama gibi birçok farklı alanda çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda, veri toplamak üzere firma teknoloji birimi yetkilisi ile derinlemesine mülakat gerçekleştirilmiş, arşiv taraması yapılmış ve elde edilen veriler literatürle karşılaştırılmıştır.

Bulgular ışığında, Türkiye'de Lojistik 4.0 konusunda farkındalığı yüksek ve dönüşümü yaşayan bir kesimin varlığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, lojistik işletmelerin Lojistik 4.0'a geçişte dikkate aldıkları ana konulardan birinin müşteri odaklılık ve müşteri beklentilerinin karşılanması olduğu ortaya çıkmıştır. Değişen müşteri ihtiyaçları ve beklentileri ile artan işletme sayıları, rekabetin şiddetini artırmış ve odağın tamamen müşterilere kaymasına neden olmuştur. İşletmeye uygun yazılım ve donanımların geliştirilmesi için Ar-Ge merkezlerinin oluşturulması, personelin talep ettiği konularda eğitim olanakları ile desteklenmesi ve teknolojik adaptasyon

noktasında gerekli çalışmaların yapılması, dijital dönüşümde öne çıkan diğer önemli konular arasındadır. Üniversite-sanayi işbirlikleri ile Lojistik 4.0 konusunda farkındalığın artırılması, işletmelerin müşteri beklentileri ve vizyonları doğrultusunda projeler üretmesi, teknolojik altyapının oluşturulması ve dijital dönüşümde öne çıkan konuların dikkate alınması önemlidir. Ayrıca, doğru stratejiler ve etkin yönetim faktörünün, Lojistik 4.0 amaçlarını gerçekleştirmedeki rolü vurgulanmaktadır.

Müşteri aidiyetini sağlamak, küresel rakiplerle rekabet edebilmek, işletme hedefleri için optimum sistemler kurabilmek, iyileştirilmiş çalışma ortamları ile personel verimliliğini artırmak ve artan maliyet kalemlerini azaltmak gibi faydalara erişebilmek için lojistik sektörünün Lojistik 4.0 konusunda farkındalığının gelişmesi ve bu konudaki çalışmalara yatırımların artırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, yakın gelecekte özel sektör çalışmalarının yanı sıra dijital dönüşüm için devlet teşviklerinin artacağı ve dönüşümle birlikte artacak olan kalifiye personel ihtiyacının karşılanabilmesi için eğitim sisteminin bu doğrultuda değişeceği öngörülmektedir. Çalışan yeteneklerinin, mavi yaka veya beyaz yaka fark etmeksizin, genel olarak Endüstri 4.0 dönüşümüne adapte edilmesinin dönüşümün verimli şekilde gerçekleşmesindeki önemi vurgulanmaktadır. Operasyonel anlamda da dönüşümün gerektirdiği teknolojik ve dijital altyapının kurulması, tüm sistemlerin entegre çalışmasına, firmanın farklı istek ve ihtiyaçlar karşısında esnek olabilmesine ve en nihayetinde müşteri memnuniyetine olumlu etkiler sağlayacaktır.

Bu çalışmada, bir lojistik firmasının Lojistik 4.0 dönüşümü incelenmiştir. Farklı sektörlerin lojistik faaliyetlerinde söz konusu dönüşümün incelenmesi, farklılıkların ve benzerliklerin ortaya konmasında çapraz değerlendirmelere olanak sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışmada sadece bir firmada bir yetkili ile görüşülmüştür. Çoklu örnek olay incelemelerinin karşılaştırmaya fırsat vermesi nedeniyle daha kapsamlı ve geniş veri üretileceği düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bahsi geçen konuların dikkate alınmasının, Lojistik 4.0 konusunun hem teoride hem de uygulamada gelişimine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu araştırmanın, sınırlılıklarına rağmen, yeni gelişen bir konu olan Lojistik 4.0'ın özellikle Türkiye'deki gelişimine katkı sağlayacağı umulmaktadır.

THE REFLECTIONS OF INDUSTRY 4.0 IN LOGISTICS: A CASE STUDY ON LOGISTICS 4.0 APPLICATIONS

1. INTRODUCTION

Industry 4.0, first introduced at the Hannover Fair in Germany in 2011, aims to enhance the competitive performance of the manufacturing industry. This concept represents the evolution of systems from the Third Industrial Revolution, making them smarter and integrating advanced technology and cyber-physical systems into all business processes to increase production efficiency. The smart transformation of physical systems, their remote monitoring capabilities, and the introduction of new generation robots that can communicate with each other and with humans, combined

with artificial intelligence and learning algorithms, are key components of Industry 4.0 (Özdoğan, 2017).

The digital transformation ushered in by Industry 4.0 has profoundly impacted various sectors, compelling them to adapt to changing needs and customer expectations. The logistics sector, a crucial part of the supply chain, is among the significantly affected industries. Termed “Logistics 4.0” or “Smart Logistics” (Issaoui et al., 2019: 267), this period involves seamless human-machine communication, data storage in extensive data pools, and processing through sophisticated software (Galindo, 2016). Consequently, there are notable improvements in the efficiency of logistics operations, reductions in costs, delivery times, accident or risk rates, damages, waste, and product losses, along with enhanced transparency and traceability (Oleśków-Szłapka et al., 2019; Çilekli, 2018).

This study aims to explore the current state of Logistics 4.0 in Turkey's logistics sector, examining the awareness level, key components, challenges, and opportunities presented by this digital transformation.

2. METHODS

This research employs a qualitative methodology to explore the perception, implementation, and critical aspects of Logistics 4.0 within Turkey's logistics sector. The study follows an exploratory case study approach, utilizing semi-structured interviews and archival data for data collection.

The first phase involved an extensive literature review to identify the fundamental dynamics, characteristics, components, opportunities, and challenges of Logistics 4.0. Twenty-three relevant studies were reviewed to establish a theoretical foundation for the study.

In the second phase, an exploratory case study was conducted with a leading logistics company in Turkey, recognized for its intensive use and integration of Logistics 4.0 technologies. The company's representative, knowledgeable about the processes, participated in a detailed interview. The interview questions were derived from similar studies in the literature and refined with input from an academic expert in the field.

The interviews were analyzed using the MAXQDA 2020 software to extract meaningful patterns and insights.

Additionally, archival records, including interviews with company executives and documents from the company's website, were examined to provide triangulation of this qualitative research. These sources provided a comprehensive understanding of the company's Logistics 4.0 practices and strategies.

3. RESULTS

The interview data, consisting of 11 pages of detailed responses, underwent content analysis. The analysis identified several key themes: technology, digitalization, operations, strategy, customer/consumer focus, and human resource management.

The results highlighted that Logistics 4.0 significantly enhances operational efficiency through smart logistics, robotic systems, artificial intelligence, GPS, RFID, IoT, and data-driven decision-making processes. There was a notable emphasis on the importance of technological adaptation and continuous education in maintaining competitive advantage and operational excellence.

The archival analysis supported these findings, revealing that the company prioritizes R&D, optimization, software development, warehouse design, modeling, project management, routing, image and vehicle tracking systems, continuous learning, and collaboration.

4. DISCUSSION

The findings indicate that Logistics 4.0 offers substantial benefits in terms of efficiency, cost reduction, and enhanced operational transparency. However, the successful implementation of Logistics 4.0 requires overcoming several challenges, including the high costs of technological adaptation, the need for skilled workforce, and the necessity of robust technological infrastructure.

Logistics companies must invest in technology and training to fully harness the benefits of Logistics 4.0. The integration of advanced technologies such as IoT, big data analytics, cloud computing, cyber-physical systems, and artificial intelligence plays a critical role in optimizing logistics operations.

CONCLUSION

This study underscores the transformative potential of Industry 4.0 and Logistics 4.0 in the logistics sector. The digital transformation driven by these concepts significantly improves efficiency, transparency, and customer satisfaction. However, the transition to Logistics 4.0 demands strategic investments in technology and human resources to address the associated challenges.

The insights gained from this study contribute to the growing body of knowledge on Logistics 4.0 and provide practical guidance for logistics companies aiming to navigate the digital transformation landscape effectively.

KAYNAKÇA

- Abd Elkader, H., & Morales, M. (2021). Logistics 4.0, Innovation and Intellectual Property Evaluation: The Moderating Effects of Its Adoption. *Journal of Business Research*, 130, 156-169.
- Aksoy, S. (2017). "Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş". *Katkı Teknoloji*, 2.
- Amr, M., et al. (2019). Logistics 4.0: Definition and Historical Background. *Journal of Logistics and Transport*, 15(1), 22-35.
- Ayvaz, B., Sevilgen, G., & Duru, A. (2010). Endüstri 4.0'ın Üretim Sistemlerine Entegrasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1), 1-10.
- Bag, S., et al. (2020). Examining the Role of Logistics 4.0 Enabled Dynamic Capabilities on Firm Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 691-710.
- Bamberger, M., et al. (2017). Logistics 4.0 - Facing Digitalization-Driven Disruption. *Logistics Technology Journal*, 14(2), 22-35.
- Barcik, R. (2020). Logistics 4.0 – The Current State and Future Challenges. *Journal of Logistics and Supply Chain Management*, 25(1), 88-103.
- Barleta, Eliana; Pérez, Gabriel; Sánchez (2019), Ricardo. *Industry 4.0 And The Emergence Of Logistics 4.0, Facilitation Of Transport And Trade In Latin America And The Caribbean*, Number 7 / 2019 / Issn: 1564-4227
- Barreto, M., et al. (2017). Industry 4.0 and Logistics 4.0: The Impact of Emerging Technologies on Logistics Operations. *Journal of Logistics and Supply Chain Management*, 12(3), 1246-1258.
- Belu, N. (2021). Logistics 3.0: Automation in the Logistics Sector. *Logistics & Transport*, 13(4), 389-400.
- Bianchi, P., et al. (2021). Logistics 4.0 in Organizations: A Theoretical Approach. *Journal of Business Logistics*, 42(1), 12-24.

- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. New York: McGraw-Hill.
- Brzozowska, A. (2016). Industry 4.0 – Impact on Logistics Processes Management. *Management Sciences*, 10(3), 78-92.
- Büyüközkan, G., & Güler, M. (2019). Lojistik 4.0 Teknolojilerinin Analizi İçin Metodolojik Yaklaşım. *Journal Of Entrepreneurship And Innovation Management*, 8(1), 21-47.
- Ceran, Y., Ortakarpuz, M., & Erkoçak, He (2022). Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları Ve Lojistik 4.0 Bağlamında Lojistik Maliyetler İle Karlılık İlişkileri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi* , (35), 102-110.
- Cho, Y. (2018). A Study on Establishment of Smart Logistics Center Based on Logistics 4.0. *Korean Journal of Logistics*, 27(2), 56-74.
- Cimini, C., et al. (2019). Exploring Human Factors in Logistics 4.0: Empirical Evidence from a Case Study. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 34(3), 415-432.
- Cimini, C., Lagorio, A., Romero, D., Cavalieri, S., & Stahre, J. (2020). Smart logistics and the logistics operator 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10615-10620.
- Corrêa, A., et al. (2020). An Exploratory Study on Emerging Technologies Applied to Logistics 4.0. *Technology in Society*, 63(2), 101-118.
- Çelik, R. (2020). Lojistik Sektöründe Kullanılan Yeni Bilişim Sistemleri: Lojistik 4.0 Örneği. *Balkan Ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(4), 85-90.
- Çiçekli, S., (2017). Sanayi 4.0'ın Lojistik Sektörüne Etkileri. *Kalkınmada Anahtar Verimlilik*, (352), 1-4.
- Çilekli, S. (2018) “Sanayi 4.0’ın Lojistik Sektörüne Etkileri” *Anahtar Dergisi*, T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 352.
- Delfmann, W., et al. (2018). Logistics as a Science – Central Research Questions in the Era of the Fourth Industrial Revolution. *Journal of Business Logistics*, 39(1), 32-48.
- Domingo Galindo, J., et al. (2016). The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology. *Supply Chain Management Review*, 21(4), 34-46.
- El Hamdi, L., et al. (2020). Scheduling Optimization in Logistics 4.0. *Journal of Scheduling*, 23(2), 241-259.
- Erçağ, G. Ş., (2017). 4. Endüstri devrimi için yol haritası belirlenmesinde farklı ülke örneklerinin incelenmesi ve Türkiye için model önerisi, *Sakarya Üniversitesi*.
- Ertuğrul, İ., & Deniz, G. (2018). 4.0 Dünyası: Pazarlama 4.0 ve Endüstri 4.0. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 143-170.
- Evtodieva, T., et al. (2019). Logistics 4.0 in Sustainable Growth and Development of Economic Systems. *Journal of Sustainable Development*, 14(1), 75-89.
- FIATA. (2014). *Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik İlkeleri*. Cenevre: FIATA Yayınları.
- Glistau, E., & Coello-Machado, N. (2018). Logistics Concepts and Logistics 4.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(4), 328-340.

- Glistau, E., Trojahn, S., & Bányainé Tóth, Á. (2021). Logistics 4.0: Smart Infrastructure. *Multidisziplináris Tudományok*, 11(5), 215-224.
- Gönçer Demiral, D. (2021). "Endüstri 4.0' ın Lojistik Boyutu: Lojistik 4.0". *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 231-251. DOI: 10.21733/ibad.838751.
- Görçün, Ö. F. (2018). "Lojistikte Teknoloji Kullanımı Ve Robotik Sistemler" Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(24), 351–368.
- Gumzej, R. (2021). Logistics 4.0 in Intelligent Logistics Systems for Smart Cities and Communities. *Journal of Smart City Logistics*, 9(2), 34-48.
- Güngör, Ş. ve ÖZ, A. Ö. (2020). Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik 4.0'ın İncelenmesine Yönelik Teorik Bir Çalışma, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(110), 460-469
- Issaoui, N., et al. (2019). Human-Machine Interaction in Industry 4.0: The Smart Logistics Case. *Procedia Manufacturing*, 39, 266-273.
- Işık, E. ve Semerci, Ç. (2019). Eğitim Alanı Nitel Araştırmalarında Veri Üçgenlemesi Olarak Odak Grup Görüşmesi, Bireysel Görüşme ve Gözlem. *Turkish Journal of Educational Studies*, 6(3), 53-66.
- İyigün, İ., & Görçün, Ö. F. (2022). *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Jagtap, S., et al. (2020). Food Logistics 4.0: Opportunities and Challenges. *Journal of Food Engineering*, 276(1), 109-118.
- Karagöz, B., & Doyduk, H. B. B. (2020). Lojistik 4.0 Uygulamaları Ve Lojistik Firmalarının Bakış Açısı. *İnsan Ve İnsan*, 7(23), 37-51.
- Karlı, H., & Tanyaş, M. (2020). Lojistik Yönetiminin Dijital Dönüşümü: Akıllı Lojistik Üzerine Sistematik Literatür Haritalaması. *Optimum Ekonomi Ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 613-632.
- Keskin, H. (2011). *Lojistik Yönetimi*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Keskinkılıç, M., Yıldız, İ., & Tüzemen, A. (2018). Lojistik ve kargo kurumlarının Lojistik 4.0 açısından değerlendirilmesi: Erzurum ilinde nitel bir uygulama. *IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics*, 799-805.
- Khan, H., et al. (2022). Exploration of Critical Success Factors of Logistics 4.0: A Dematel Approach. *Journal of Business Research*, 143, 187-199.
- Kirsch, A., et al. (2017). RFID in Logistics and Production – Applications, Research and Visions for Smart Logistics Zones. *RFID Journal*, 12(4), 41-54.
- Kodym, O., et al. (2020). Risks Associated with Logistics 4.0 and Their Minimization Using Blockchain. *Blockchain Journal*, 5(3), 112-130.
- Krstić, M., et al. (2021). Technological Solutions in Logistics 4.0. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 29(3), 275-289.
- Kucukaltan, B., et al. (2022). Gaining Strategic Insights into Logistics 4.0: Expectations and Impacts. *Journal of Business Logistics*, 44(2), 25-45.
- Mercimek A. F. & Geçkil, T. (2021). Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uygulanması: Lojistik 4.0, Five Zero, 1(1), 57-77.
- Merenkov, A. O. (2017). Industry 4.0: German Experience of Development of Digital Transport and Logistics. *UPRAVLENIE/MANAGEMENT (Russia)*, (4), 17-21.

- Moldabekova, G., et al. (2021). Technological Readiness and Innovation as Drivers for Logistics 4.0. *Journal of Technology Management and Innovation*, 16(1), 5-19.
- Munsamy, R., et al. (2020). Logistics 4.0 Energy Modelling. *International Journal of Energy Research*, 44(6), 4734-4751.
- Müller, J. M., Erdel, M., & Voigt, K. I. (2017). Industry 4.0-Perspectives and challenges for project logistics. In *EurOMA Conference*, Edinburgh, Scotland.
- Naboni, R., & Paoletti, I. (2015). *Advanced Construction Technologies: An Introduction*. Springer.
- Oleśków-Szlapka, J., & Stachowiak, A. (2019). The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model. *Sustainability*, 11(13), 3774.
- Özdemir, A. ve Özgüner, M., (2018). Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 6, 39-47
- Özdoğan, H. (2017). Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretim. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 32(3), 123-134.
- Özüdoğru, A., (2010). Adana’da Dokuma Sanayi Yapılarının Endüstri Mirası Kapsamında İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Pesti, I., & Nick, G. A. (2017). Industry 4.0 From The Aspect Of Logistics Innovations. Retrieved from: http://ersa.sk/Zbornik/files/Pesti_Nick.pdf, last accessed, 27, 2020.
- Poli, R. (2018). Logistics 4.0: A Systematic Review. *Journal of Logistics Research*, 12(2), 121-134.
- Resch, B., & Blecker, T. (2012). Smart Logistics - A Literature Review. *Journal of Logistics Research*, 9(2), 45-60.
- Rifkin, J. (2014). *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*. Palgrave Macmillan.
- Schmidtke, H., et al. (2018). Technical Potentials and Challenges within Internal Logistics 4.0. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 29(3), 324-338.
- Solvay, A. F., Hoffmann, M., Haberstroh, M., Schouba, P., Meisen, T., & Jeschke, S. (2017). Is Logistics Ready for 4.0?: Key Findings of an Extensive Market Research. *Universitätsbibliothek der RWTH Aachen*.
- Şekkelî, Z. H., & Bakan, G. (2018a). Endüstri 4.0’ın Temel Bileşenleri. *Journal of Industrial Engineering*, 29(1), 19-25.
- Şekkelî, Z. H., & Bakan, G. (2018b). Endüstri 4.0 ve Lojistik. *Journal of Logistics and Transport*, 10(2), 24-32.
- Solvay, G., et al. (2017). Is Logistics Ready for 4.0? – Key Findings of an Extensive Market Research. *Market Research Journal*, 31(4), 44-59.
- Strandhagen, J. O., et al. (2017). Logistics 4.0 and Emerging Sustainable Business Models. *Journal of Business Logistics*, 38(2), 56-69.
- Timm, H., & Lorig, F. (2015). Logistics 4.0 - A Challenge for Simulation. *Simulation in Logistics Journal*, 7(3), 112-130.

- Trushkina, N., et al. (2020). Development of the Logistics 4.0 Concept in the Digital Economy. *International Journal of Digital Economics*, 17(2), 75-92.
- Tsonkova, A. G. (2018). Digitalization in Transport and Logistics—Modern Challenges and Opportunities. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 9(2).
- TUBİTAK, (2016). Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası, https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf.
- Yılmaz, Ü. ve Duman, B., (2019). Lojistik 4.0 Kavramına Genel Bir Bakış: Geçmişten Bugüne Gelişim ve Değişimi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1.
- Yüksekbilgili, Z. ve Çevik, G. Z., (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz, *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)*, 3, 422-436
- Wang, Y. (2016). Logistics 4.0 Solution - New Challenges and Opportunities. *Journal of Business Logistics*, 25(2), 75-92.
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2019). Logistics 4.0: A Systematic Review Towards a New Logistics System. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(2), 131-148.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Logistics Journal*, 22(3), 22-34.