

Citation: Alkış, G. & Pirtini, S. & Ertemel, A.V. (2020), Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Operasyonel Verimliliğe Etkisi, BMIJ, (2020), 8(1): 371-395 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v8i1.1341>

LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ OPERASYONEL VERİMLİLİĞE ETKİSİ

Gamze ALKIŞ¹

Serdar PİRİTİNİ²

Adnan Veysel ERTEMEL³

Received Date (Başvuru Tarihi): 18/11/2019

Accepted Date (Kabul Tarihi): 16/01/2020

Published Date (Yayın Tarihi): 25/03/2020

ÖZ

Endüstri 4.0 tüm dünyada hemen her sektör için yıkıcı etkisi olan bir kavramdır. Akıllı üretim sistemlerinin değer zincirinin her aşamasında yıkıcı etki yapmasının öngörüldüğü Endüstri 4.0 vizyonunda lojistik en fazla etkilenecek sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Alan yazında Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörüne etkisi incelenmekle birlikte operasyonel verimlilik üzerine etkisi yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırmada Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektöründe operasyonel verimliliğe etkisi incelenmektedir. Araştırmada operasyonel verimlilik; taşıma yönetimi, depo ve envanter yönetimi, sipariş yönetimi, müşteri hizmetleri ve maliyet verimliliği yönlerinden ele alınarak ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Veriler Endüstri 4.0'ı etkin olarak kullanan lojistik firmalarının bu konuda yetkin üst ve orta düzey yöneticileri ile derinlemesine mülakat, gözlem ve doküman incelemeleri yapılarak toplanmıştır. Verilerin güvenilirliğini sağlamak için Kappa Analizi kullanılmıştır. Veri çözümlemesi yaparken, açık, ekstenel ve seçici kodlamalar yapılarak gömülü teori oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Operasyonel Verimlilik

Jel Kodları: L86, L91, M11, M31

THE EFFECT OF INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS ON OPERATIONAL EFFICIENCY IN THE LOGISTICS SECTOR

ABSTRACT

Industry 4.0 is a disruptive concept for almost every industry in the world. In Industry 4.0 vision, smart manufacturing systems are expected to have a disruptive effect at every stage of the value chain. Logistics sector is one of the few sectors which will be most affected. Although the impact of Industry 4.0 applications on the logistics sector is examined in the existing literature, not enough work exists on the impact of Industry 4.0 on operational efficiency in logistics. In this research, the effect of Industry 4.0 applications on operational efficiency is examined. Operational efficiency is discussed with regard to transportation management, warehouse and inventory management, order management, customer service and cost efficiency perspectives. The research is conducted by undertaking in-depth interviews, with the top and middle level executives of some of the most competent companies of the sector. In order to ensure data reliability Kappa Analysis were used. While performing data analysis, embedded, axial and selective codes were created and an embedded theory was developed.

Keywords: Industry 4.0, Logistics 4.0, Operational Efficiency

Jel Codes: L86, L91, M11, M31

¹Marmara Üniversitesi, gamze9307@gmail.com,

² Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, serdarpirtini@marmara.edu.tr,

³ Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, avertemel@ticaret.edu.tr,

<https://orcid.org/0000-0002-3784-419X>

<https://orcid.org/0000-0002-9858-060X>

<https://orcid.org/0000-0002-5028-1096>

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 kavramı, yeni nesil teknolojilerin gelişimini ve entegrasyonunu kapsamaktadır. Endüstri 4.0'la birlikte gelen sensör teknolojisindeki gelişmeler ve nesnelere arasındaki internete bağlı iletişim ile; veri yaratmada çeşitlilik, hacim ve hızda artış sağlanmakta ve böylece veri akışı sürekli hale getirilmektedir (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.2; Barreto, Amaral, Pereira, 2017, s.1246). Endüstri 4.0'ın ana temasını; siber-fiziksel sistemler (CPS), nesnelere interneti, büyük veri, artırılmış gerçeklik, 3D yazıcılar ve siber güvenlik teknolojileri oluşturmaktadır (Lee, Bagheri ve Kao, 2014, s. 18).

Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş yaşamına girmesiyle birlikte yeni yönetim anlayışlarının gelişmesi lojistik yönetimini günümüzde gittikçe önemli bir noktaya getirmiştir. Tedarik zincirinde nesnelere interneti kullanımı; tedarik zinciri yönetimini optimize etme, şeffaf bir şekilde görünür kılma, gerçek zamanlı olarak yönetebilme ve tam entegrasyon haline getirme gibi işlevleri sağlamaktadır (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.219).

Süreç iyileştirme ve maliyet verimliliği aşamasında pazar lideri lojistik işletmeleri lojistikte taşıma, depo ve envanter yönetimini Endüstri 4.0 uygulamaları ile entegre ederek yerel ve global ticaretteki rekabet avantajını sürdürebilmektedirler.

Müşteri taleplerini daha kısa bir zaman içerisinde ve esnek bir şekilde yerine getirebilmek önemli amaçlarından biri olsa da asıl olarak iş yapış şekillerini dönüştürmeyi hedeflemektedirler (Başkol, 2008, s. 50). Lojistik sektörü dünya genelinde 7 trilyon dolar hacme sahiptir. Türkiye'de ise lojistik GSYİH'da Türkiye'nin %12'lik kısmını oluşturmaktadır. İşletmeler içindeki lojistik maliyetler %8-15 arasında yer tutmaktadır (Cobutoğlu, 2017, s.1). Bu nedenlerle lojistikte operasyonel verimliliği sağlayarak maliyetleri düşürebilmek oldukça önemli bir konudur. Lojistik süreçlerde gerçekleştirilen tüm aktivitelerin eş zamanlı olarak izlenebilmesi, anlık performans ölçümleri, müdahalelerin otonom bir şekilde yapılabilmesi ve işlemlerin insan elinden sıyrılması, süreçleri daha hızlı ve mükemmel hale getirerek maliyetleri azaltan faktörlerdir (Görçün, 2016, s.160). Endüstri 4.0 aracılığıyla söz konusu maliyetlerin farklı şekillerde azaltılması ve dolayısıyla operasyonel verimlilikte ciddi artışlar öngörülmektedir. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı; taşıma, depolama, sipariş yönetimi ve müşteri hizmetlerinden oluşan operasyonel faaliyetleri tek tek ele alarak Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının operasyonel verimliliğe etkisini incelemektir.

Yapılan bu araştırma, lojistik sektöründe operasyonel verimliliği Endüstri 4.0 süreciyle anlamlandırması bakımından özgün bir araştırmadır. Araştırmada, lojistik sektöründe Endüstri 4.0 sistemlerine geçiş yapan lider konumda üç işletmenin, Endüstri 4.0 uygulamalarını kullanımı ile elde edilen operasyonel verimlilik düzeyleri incelenmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi ve Endüstri 4.0 Kavramı

Endüstri Devrimi, toplumumuzu ve ekonomimizi temelden değiştiren bir devrimdir. (Sogeti, 2014, s. 11). Endüstriyel devrimler tek bir teknoloji ile değil, yeni üretim biçimleri yaratan teknolojik ilerlemelerin etkileşimi ile başlamıştır.

Bugüne kadar sınıai üretimde dört keskin değişiklik olmuştur (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.1). Mekanik tezgahlarda buhar makinesinin kullanılmasıyla başlayan birinci endüstri devrimini; elektrikli araçlar, yanmalı motor ve seri üretim hattı gelişmeleriyle ikinci endüstri devrimi takip etmiştir. Üçüncü endüstri devrimini; otomasyon, robotlar ve yazılımların devreye girmesiyle sağlanan dijitalleşme oluşturmuştur. Tüm bu süreçlerin etkileşimiyle siber ve fiziksel sistemlerin bir araya gelmesi, dördüncü endüstri devrimini başlatmıştır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.32).

Dördüncü endüstri devriminin başlangıcını simgeleyen Endüstri 4.0 kavramı, ilk olarak 2011 yılında Almanlar tarafından tanıtılmıştır. Endüstri 4.0 kapsamında üretimin, özerk bir şekilde birlikte çalışabilen, bilgi alışverişi ve kontrolü sağlayabilen makineler ve üretim birimlerinden oluşacağı öngörülmektedir (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016, s.2; MacDougall, 2014, s.13). Thoben, Wiesner vd. (2017), Endüstri 4.0'daki kritik unsurun otonom üretimden akıllı üretime geçmek olduğunu belirtip akıllı üretimi bilgi teknolojilerinin veri-yoğun biçimde üretim bandı seviyesinde uygulanmasıyla akıllı, verimli ve etkileşimli operasyonu mümkün kılması olarak ifade etmektedir. Bu kapsayıcı şekliyle Hofmann ve Rüsç (2017), Endüstri 4.0'ı geleceğin üretim ihtiyaçlarını karşılamak için CPS, IoT, IoS, akıllı fabrika, bulut bilişim ve 3D yazıcı gibi teknolojilerin kullanılmasıyla merkeziyetsiz, kendi kendini düzenleyebilen değer zincirine doğru değişen üretim zihniyeti olarak tanımlamaktadır.

Siber-fiziksel sistemler olarak adlandırılan sistemler hesaplama ve depolama kapasitesini, mekaniği ve elektroniği içermekte ve bir iletişim aracı olarak internete dayanmaktadır (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.2). Hermann vd. (2016) Endüstri 4.0'ın kilit unsurları içerisinde CPS, nesnelerin interneti ve akıllı fabrika kavramlarının yanı sıra

hizmetlerin interneti (Internet of services) kavramını da saymaktadır. Bu yaklaşıma göre içinde bulunduğumuz ve hizmet-egemen olarak karakterize edilen toplumlarda yeni gelişen Servis-merkezli mimari (SOA), hizmet platformları (Saas), BPA(business process outsourcing) benzeri teknolojiler birçok hizmetin karmaşık senaryolarda birlikte kullanımını mümkün kılmaktadır (Hermann vd. 2016; Barros ve Oberle 2012)

Nesnelerin birbirleriyle iletişimini sağlayan ve siber fiziksel sistemlere dayalı akıllı ağlar olarak tanımlanan kavram ise nesnelerin internetidir. Witkowski (2017), nesnelerin interneti kavramının zamanla gelişerek sadece nesnelere değil süreçler, veri ve insanların da eklendiği bağlantılı (çevrimiçi) bulut sistemlerinin olduğu ‘her şeyin interneti’ (internet of everything)’e doğru evrileceğini öngörmektedir.

Lasi, Fettke vd. (2014) Endüstri 4.0 kavramını daha geniş anlamda değerlendirerek satıcıların olduğu pazarların yerini alıcıların olduğu pazarların alması, gittikçe kısalan ürün geliştirme süreleri, teknolojiye minyatürleşme gibi unsurların Endüstri 4.0 vizyonunu mümkün kıldığını ifade etmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte dağıtım ve satın alma süreçlerinin tümüyle işletmeye özgü olarak bireyselleştirilebileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle üretimde, lojistikte ve kaynak planlamasında daha etkin ve düşük maliyetli bir şekilde devrim yaratan bu süreç ve sistemlerin farklı teknolojilerle entegrasyonunu kolaylaştırmakta ve daha iyi iletişim ve iş birliğine katkıda bulunmaktadır (Barreto, Amaral, Pereira, 2017, s.1247). Dolayısıyla Endüstri 4.0’ın lojistik sektöründe köklü değişikliklere yol açması beklenmektedir.

2.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi ve Lojistik 4.0 Kavramı

Günümüzde maliyeti düşürücü, üretimi arttırıcı, kaliteyi yükseltici ve müşteri memnuniyetine direkt etki etme özelliğinden dolayı kilit rol üstlenen lojistik, rekabette üstünlük sağlamak için son derece önemli bir unsur olmaktadır (Keskin, 2009, s.5).

Lojistik, ilgili bölümlerin arasında bilgi paylaşımı ve koordinasyon gerektiren çeşitli faaliyetler bütünüdür. Tedarik zinciri içinde yer alan lojistik fonksiyonları; hammadde, malzeme ve ürünlerin kaynağından tüketim noktasına kadar stoklanması, ileri-geri hareketini ve taşınmasını sağlayarak, tedarik zincirinin etkili, verimli ve ekonomik bir biçimde çalışmasını amaçlamaktadır (Nebol, Uslu ve Uzel, 2014, s.11). Ayrıca lojistik, satışların arttırılması, hizmet seviyesinin iyileştirilmesi ve verimliliğin arttırılmasına büyük destek olmaktadır (Çancı ve Erdal, 2003, s.35). Endüstri devrimlerinin kronolojik bir şekilde ayrılmasına paralel olarak

lojistik gelişim süreci de dört aşamadan oluşmaktadır. “Taşımacılığın mekanizasyonu”nu ifade eden Lojistik 1.0’da depolardan çıkan ürünler insanlar tarafından yönlendirilen el arabasıyla manuel olarak taşınmaktadır. Taşımacılıkta konteyner gemisinin yayılması liman kargolarının mekanizasyonu ise Lojistik 2.0’ı başlatan önemli bir yeniliktir. Lojistikte önemli bir inovasyon olan kargo elleçleme otomasyonunun gelişmesiyle otomatik sıralama ve otomatik depolar gibi lojistik ekipman kullanımı başlamıştır (Galindo, 2016, s.27).

Üçüncü endüstri devriminde, otomatik üretim teknolojileri kullanılmaktadır. Lojistik yönetiminde, WMS (Warehouse Management System), TMS (Transport Management System) gibi bilişim teknolojilerinin kullanılması Lojistik 3.0 kavramını oluşturmuştur. Kullanılan yazılımlar lojistikte süreç planlaması için, tedarikçilere verilen siparişlerin anında erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, filo araçlarının plan ve rotaları önceden yapılabılır düzeye gelmiştir (Şekkeli ve Bakan, 2018, s.26). Bu kapsamda tüm lojistik süreçlerini birbirine bağlayabilen sistemler geliştirilmiştir (Ehrhardt, 2016, s.1). Gelişen iletişim ve sensör teknolojileri, verilerin elde edilmesi ve analizi ile daha uyarlanabilir lojistik sistemlerinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur (Frazzon, Dutra ve Vianna, 2015, s.330; Ertemel ve Gürdal, 2016, s.12).

Siber-fiziksel sistemlerin getirdiği yenilikler ve uygulamaların lojistik sektörüne entegre edilmesi ile Lojistik 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Makineler ve insanlar arasında gerçek zamanlı iletişimi sağlayan ve ileri düzeyde internet kullanımıyla akıllı hizmetler ve akıllı ürünleri bir araya getiren Lojistik 4.0, “akıllı lojistik” olarak da kullanılmaktadır. Lojistik 4.0 ile müşteri memnuniyet düzeyini artırmak, üretimi optimize etmek, depolama ve üretim maliyetlerini minimize etmek ve taşıma, antrepo ve depo işlemlerinde verimlilik artışı mümkün hale gelmektedir (Uckelmann, 2008, s.1; Resch ve Blecker, 2012, s.94). Lojistik 4.0 donanım odaklı lojistikten yazılım odaklı lojistik, yani akıllı hizmet dünyasına dönüşümü açıklamaktadır (Timm ve Lorig,2015, s.3118).

Lojistik 4.0; Endüstri 4.0 ile arasındaki kavramsal benzerliklerden dolayı, öncelikli olarak dijitalleşme, otomasyon, ağ çalışması ve mobilite gibi tipik özelliklere, ikincil olarak ise dronelar, sürücüsüz araçlar, sensörler, büyük veri analitiği, GPS, RFID ve M2M kullanımına dayanmaktadır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.43; Ertemel, 2015, s.47).

3. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Lojistik sektörünün tüm sektörlerle etkileşim halinde bir sektör olması nedeniyle, bu sektörde gerçekleşecek tüm yeniliklerin diğer sektörleri etkileme potansiyeli bulunmaktadır. Yapılan bu araştırma, lojistik sektöründe operasyonel verimliliği Endüstri 4.0 süreciyle anlamlandırması bakımından özgün bir araştırmadır. Konunun çok yeni olması ve yeterince yaygınlaşmaması nedeniyle literatürde bu konuyla ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunmakla birlikte, Endüstri 4.0'ın lojistikte operasyonel verimliliğe etkisi daha önce incelenmemiştir. Bu çalışma literatürdeki bu açığı kapatmaya yardımcı olarak teori oluşturmak ve lojistikte operasyonel verimliliğin artırılması için işletmelere katkı sağlamak bakımından önem taşımaktadır.

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının, lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin operasyonel verimliliğini ne düzeyde etkilediğini belirlemektir. Araştırmada lojistik işletmelerinin operasyonel verimliliği; taşımacılık, depolama, sipariş yönetimi ve müşteri hizmetleri boyutlarında incelenerek, maliyet verimliliğine olan etkisi incelenmiştir.

3.2. Araştırmanın Kapsamı ve Örnekleme

Endüstri 4.0 sürecinin, nispeten yeni ve gelişme aşamasında bir kavram olması nedeniyle, lojistiğe etkisi henüz tam olarak bilinmemektedir. Endüstri 4.0 ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, artan bir trend izlemektedir. Bu çalışma, Türkiye'de lojistik alanında faaliyet gösteren ve Endüstri 4.0 uygulamalarını etkin olarak kullandığını beyan eden üç lojistik işletmesi üzerinde yapılmıştır.

Bu işletmelerin biri Alman işletmesi olup diğer ikisi tamamen Türk sermayeli işletmedir. Görüşülen kişiler, Endüstri 4.0 sürecinden sorumlu olan ve konu hakkında derinlemesine bilgiye sahip üst ve orta düzey yöneticilerden oluşmaktadır. Çalışmanın amacına uygun şekilde veriler elde edebilmek ve doğru kişilerden doğru verileri alabilmek için amaçlı örnekleme metotlarından ölçüt durum örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Ölçüt olarak; AR-GE departmanına sahip, Endüstri 4.0 alanında çalışmalar yapan 3PL(Üçüncü Parti Lojistik) firmaları baz alınmıştır. Araştırmanın 3PL firmalarına yönelik yapılmasının sebebi; araştırmayı lojistiğin tüm kapsamını ele alan bir biçimde; taşıma, depolama ve sipariş yönetimi

perspektiflerinden gerçekleştirebilmektir. Amaçlı örnekleme tekniği, temel teorilere ya da belirli sayıda katılımcıya ihtiyaç duymayan, rastgele olmayan bir tekniktir. Bu tekniğin arkasındaki fikir, ilgili araştırmaya daha iyi yardımcı olabilecek belirli özelliklere sahip insanlara odaklanmaktır. Bu teknikte, araştırmacı neyin bilinmesi gerektiğine karar vererek, bilgiyi sağlayabilecek alanında uzman ve bilgi vermeye istekli insanlara sorularını yöneltmektedir (Etikan, Musa ve Alkassim, 2016, s.2). Amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme; araştırma yapılacak kişi ve kurumların belli kriterlere göre seçilmesidir (Patton, 2002, s. 238).

3.3. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi

Bu çalışmanın veri toplama sürecinde kalitatif araştırma kapsamında yarı-yapılandırılmış derinlemesine mülakat ve gözlem yöntemleri kullanılmıştır. Derinlemesine mülakat tekniği, görüşmeciye, soru sorulan kimselerin yanıt verme istekliliğini ve gücünü arttırarak, motivasyonel bir destek ya da başka özendiricilerden yararlanma olanağı tanımakta ve böylelikle de daha içtenlikli ve derinlemesine bilgiler sağlamaktadır. Mülakat tekniği, anket tekniğinin taşıdığı yöntemsel sakıncaları gideren, daha derin bilgiler toplayabilen ve geniş sondajlama sorularıyla yanıtların güvenilirliğini sağlayan esnek bir gözlem tekniği olarak günümüzde sosyal bilimler araştırmalarında çok sık kullanılmaktadır. (Güven, 2001, s.169). Veri toplama süreci; firma içi dokümanlar, firmaların sitelerinde ve yayınladıkları raporlarda yer alan bilgiler ve konuyla ilgili çeşitli videolarla desteklenmiştir. Görüşmeler her üç firmanın merkezlerinde yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Ses kaydı ve not alma yöntemleriyle kaydedilen görüşmeler, her firmada 90-180 dakika sürmüştür. Çalışmada kullanılan mülakat soruları literatürden yararlanılarak geliştirilmiş ve kapsamlı bir görüşme formu oluşturulmuştur. Görüşme formunun oluşturulmasında yararlanılan kaynaklar ve lojistik yönetiminde operasyonel verimlilik değişkenleri Şekil 1’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

TAŞIMA YÖNETİMİ	DEPO YÖNETİMİ	ENVANTER YÖNETİMİ	SİPARİŞ YÖNETİMİ	MÜŞTERİ HİZMETLERİ
<p>Taşıma ve teslimat hızı (Morash, 2001) Araç doluluk oranı (Van Hoek, 2001) Etkin rota ve güzergah planlama (Hazen ve Byrd, 2012) Taşıma maliyetleri (Hazen ve Byrd, 2012;) Taşıma işçiliği verimliliği (Morash,2001)</p>	<p>Depo kapasitesinin etkin kullanımı (Frazelle, 2002) Toplam işgücü verimliliği (Frazelle,2002; Morash 2001) Operasyonların standardizasyonu (Morash, 2001) Katma değerli hizmetlerin artması (Morash, 2001) İşgücü maliyetleri (Morash,2001) Fazla mesai ihtiyacının azalması (Krauth vd., 2005) İşgücü tasarrufu (Krauth vd.,2005)</p>	<p>Doğru envanter yönetimi (Mentzer ve Konrad, 1991) Envanter seviyesinin azalması (Hugos 2003) Envanter bulundurma maliyetinin azalması (Tyworth ve Zeng,1996)</p>	<p>Müşteri siparişlerinin sayısı (kişi-saat başına) (Frazelle,2002; Morash,2001) Etkin sipariş toplama oranı (Morash, 2001) Siparişlerin doğru alınması (Krauth vd.,2005) Siparişlere etkin cevap verebilme (Krauth vd.,2005) İşlem hatası olmadan aktarılan ürün oranı (Krauth vd.,2005)</p>	<p>Müşterilerin bireyselleşmiş ihtiyaçlarının karşılanma oranı (Hazen ve Byrd, 2012) Müşteri portföyünde artış yaşanması (Green vd., 2008) Hizmet düzeyinin ve müşteri memnuniyetinin artması (Stainer, 1997)</p>

Şekil 1. Lojistik Yönetiminde Operasyonel Verimlilik Değişkenleri (Yazar Tarafından Oluşturulmuştur)

3.4 Araştırmanın Güvenilirlik ve Geçerlilik Analitiği

Görüşme formunun oluşturulmasında, lojistiğin operasyonel verimlilik ölçeğini oluşturabilmek için literatürde yer alan birçok kaynaktan yararlanılmıştır.

Soruların geçerlilik ve güvenilirliğini test etmek amacıyla; konuyla ilgili akademisyenler, lojistik müdürleri ve lojistik çalışanları olmak üzere toplam 8 kişiye görüşme formları iletilerek formların açıklayıcılığı, sadeliği ve yeterliliği hakkında sorular yöneltilmiştir. Yapılan görüşme ve analizler sonucunda görüşme formu nihai hale getirilerek ölçeğin güvenilirliği sağlanmıştır. Veri bulgularının güvenilirliğini ölçmek amacıyla, görüşme sonrasında, işletmelere mülakat verileri ve kodlar iletilerek alınan bilgilerin doğruluğu teyit edilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin güvenilirliği, Kappa istatistiği ile analiz edilerek sağlanmıştır. Bu istatistik yöntemi, verileri sınıflayarak puanlama yapan iki puanlayıcı arasındaki uyumun derecesini belirlemek amacıyla, gözlenen uyumluluk oranından tesadüfi uyumluluk oranının çıkarılarak, gerçek uyumluluk orana bölünmesiyle hesaplanmaktadır. İstatistik, puanlama sürecinde kategorilenen nesnelere bağımsız olduğu, puanlayıcıların puanlamalarının birbirinden bağımsız olduğu varsayımlarına dayanmaktadır. Değer aralıklarında 0.61-0.80 arası sonuç alınması yüksek düzeyde uyum sağlandığını göstermektedir (Landis ve Koch, 1977, s.370).

Çalışmada, görüşme verilerinin alanda uzman iki kişiye kodlatılmasıyla oluşturulan kappa analizi sonucunda 0.77 değeri elde edilmiştir. Elde edilen değer, sonuçlar arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Kappa Analizi Ölçüm Tablosu

KAPPA ANALİZİ ÖLÇÜM TABLOSU			
	Değer	Hata Oranı	Approx Sig
Anlaşma Ölçüsü/ Kappa	,778	,090	,000
Geçerli Olguların Sayısı	37		

3.4. Kullanılan Analiz Teknikleri

Veri toplama ve analiz sürecinde, strateji oluşturma ve verilerin çözümlenmesi amacıyla gömülü teori yaklaşımı kullanılarak veriler kodlanmıştır. Kodlama aşamasında Nvivo 12 programından yararlanılmıştır.

Glaser ve Strauss tarafından geliştirilen gömülü teori; elde edilen karmaşık verilerin sistematik bir şekilde bir araya getirilerek analiz edilmesi ile kavramsal zenginliğe sahip yeni olguların keşfedilmesi yöntemidir (Glaser ve Strauss, 1967, s.2). Veri toplama aşamasında; mülakatlar, yazılı dökümanlar, fotoğraflar, videolar ve ses kayıtlarını içeren çeşitli iletişim şekillerinden faydalanılarak, veriler ayrıntılı ve sistematik bir biçimde incelenebilmekte ve kodlanarak kavramsallaştırılabilmektedir (Berg ve Lune, 2015, s.380). Bu yaklaşımın en önemli özelliği, araştırma sonucunda elde edilen teoriye tümevarım yöntemiyle oluşturulmuş verilerden ulaşılmasıdır. Araştırmacı veri toplama ve analiz süreci sırasında verilerin içine gömülü olan yeni kavramları ve teoriyi ortaya çıkarmaktadır (Strauss ve Corbin, 1990). Gömülü teori; var olan kuramları doğrulamak yerine kuram geliştirmeyi sağlayan bir araştırma stratejisidir. Kavramsal kategoriler arasındaki ilişkiyi göstermek ve bunların hangi kuramsal ilişkiler bağlamında oluştuğunu ortaya koymak amacıyla veri analizinde açık kodlama, eksenel kodlama ve seçici kodlama yapılmaktadır. Açık kodlama; verilerin kavramsallaştırılması ve kategorileştirilmesi amacıyla, araştırmacının verileri parçalara ayırarak açmasıdır. Eksenel kodlama; açık kodlamayla oluşturulan ana kategorilerin birbirleriyle bağlantılandırıldığı ikinci aşamadır. Seçici kodlama ise; eksenel kodlamayla elde edilen çözümlenmeyi bütünleştirme ve bir araya getirme işlemidir (Punch, 2011, s.203).

3.4.1. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler

Araştırma İstanbul’da lojistik sektöründe faaliyet gösteren, Endüstri 4.0 uygulamalarını aktif olarak kullanan, Ar-Ge merkezine sahip üç işletme üzerinde yapılmıştır. Tablo 2’de araştırmaya konu işletmeler hakkında genel bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler

	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
FAALİYET SÜRESİ	30 yıl	18 yıl	46 yıl
TEMEL FAALİYET ALANLARI	Taşımacılık Depolama Katma değerli hizmetler Gümrükleme Uluslararası Taşımacılık	Taşımacılık Depolama Katma değerli hizmetler Gümrükleme Uluslararası Taşımacılık	Taşımacılık Depolama Katma değerli hizmetler Gümrükleme Uluslararası Taşımacılık
ORTAKLIK YAPISI	% 100 Yerli	%100 Yabancı	% 100 Yerli
ÇALIŞAN SAYISI	7620	1600	3500
AR-GE MERKEZİ FAALİYET SÜRESİ	7 yıl	1,5 yıl	8 yıl
AR-GE ÇALIŞAN SAYISI	120	39	20
CİRO	600 Milyon €	13.000 Milyar €	1.500 Milyon TL
SON 1 YILLIK BÜYÜME ORANI	% 6,44	% 5,4	% 15

3.5. Araştırma Bulguları ve Veri Analizi

Bu araştırma ile literatürde yer alan bilgilerin uygulamada ne düzeyde kullanıldığı ve operasyonel verimlilik kıstaslarını ne düzeyde yerine getirdiği, lojistik sektöründe lider firmalar perspektifinden incelenmektedir. İşletme verilerini ve gizliliğini korumak amacıyla firmalar X, Y, Z İşletmeleri şeklinde isimlendirilmiştir. Her firmanın mülakat, gözlem ve dokümanlardan yararlanarak elde edilmiş bulguları, karşılaştırmalı bir şekilde aktarıldıktan sonra tabloya dökülmüştür.

3.5.1. Endüstri 4.0’ın Taşıma Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının taşıma yönetiminde operasyonel verimliliğe etkisi; filo yönetimi, araç doluluk oranı, rota ve güzergâh planlama, araç ve sürücü performansı, yakıt tüketimi, taşıma ve teslimat hızı yönlerinden ele alınmıştır. Tablo 3’te kullanılan Endüstri 4.0 uygulamaları ve operasyonel verimliliğe etkileri gösterilmektedir. Tabloda görülen bulgular; dünyada önemli düzeyde etki sağlayan ve Endüstri 4.0 konusunda öncü roller üstlenen

bir lojistik şirketi olan DHL'in, 2015 yılında yayınladığı bir raporla desteklenmektedir. DHL, yayınladığı bu raporda; değer zinciri boyunca tüm süreçlerin gerçek zamanlı izlenmesi ve ölçülebilmesinin; şeffaflık ve bütünlük kontrolü sağlayacağını belirtmektedir. Bu durum, anlık sorunlara otonom bir şekilde müdahale edebilmeyi ve kritik süreçleri daha etkin bir şekilde yönetebilmeyi sağlamaktadır. Ayrıca Qin, Lui ve Grosvenor (2016) ve Barreto vd. (2017) Endüstri 4.0 üzerine yaptıkları çalışmalarında tabloda görülen bulguları destekler ifadelerle yer vermiştir. Barreto vd. (2017) çalışmalarında, bir şirketin, kendi araçlarını doğru bir şekilde konumlandırmak, nakliye hareketini izlemek, taşıyıcılarla pazarlık etmek, gönderileri birleştirmek gibi süreçler için GPS teknolojisini kullanmasının, etkin rota ve güzergâh planlamaya ve teslimatın zamanında gerçekleşmesine etki edeceğini belirtmektedir. Qin, Liu ve Grosvenor (2016) ise çalışmalarında, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının yakıt tüketiminde; maliyetleri, kirliliği ve CO2 emisyonlarını azaltacağına yönelik bilgilere yer vermektedir.

Tablo 3. Endüstri 4.0'ın Taşıma Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

DEĞİŞKENLER	UYGULAMALAR	ETKİLER
FİLO YÖNETİMİ	Freight Management Dinamik Rotalama Algoritması Figo Yazılımı	Zamanında teslimat Anlık sorunlara anlık müdahale Kritik süreçleri yönetebilme Karbon ayak izini düşürme Maliyet ve zaman tasarrufu Boş araç dönüşü ile yakıt tasarrufu
ARAÇ DOLULUK ORANI	Tır simülasyonu	Otomatik ürün yerleştirme önerileri Doluluk ve sipariş yeterliliği kontrolü Doluluk oranı artışı Yasal prosedür ve izin kısıtları nedeniyle anlık siparişle ürün yükleme yapılamamaktadır.
ROTA VE GÜZERGAH PLANLAMA	Treyler Takip Ünitesi Dinamik Rotalama Algoritması ETA	360 derece izleme ve takip Rota planlama ve optimizasyonu Süreç analizi Zamanında teslimat Verimlilik artışı Yakıt ve maliyet tasarrufu Risk minimizasyonu
ARAÇ VE SÜRÜCÜ PERFORMANSI	Sürücü performans yönetim sistemi Performans karnesi VR Platformu ETA	Eş zamanlı veri takibi Hata oranlarının azalması Şikayetlerin azalması Araç emniyeti Ani fren ölçümü Araç içi karbon seviyesi ölçümü Maliyet ve zaman tasarrufu Daha fazla sürücüye aynı anda ulaşma Anlık sürücü performans yönetimi VR gözlükleriyle ileri sürüş ve iş sağlığı eğitimleri Canlı kaza yönetimi İş yükünü azaltma
YAKIT TÜKETİMİ	Entegre Yazılımlar	Yakıt ve km tasarrufu Yakıt tüketim hızı kontrolü Sefer sayılarının artması Karbon ayak izinin azaltılması Motor devrinin azalması Verimli araç yönetimi Risk minimizasyonu
TAŞIMA VE TESLİMAT HIZI	Entegre Yazılımlar	Rota ve güzergah hatalarının minimizasyonu Zaman ve km tasarrufu Rampaların dolu olma riskine karşı önlemler Mobil uygulama kullanımı Hizmet hızı ve kalitesi artışı Müşteri memnuniyeti

3.5.2. Endüstri 4.0'ın Depo ve Envanter Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının depo ve envanter yönetiminde operasyonel verimliliğe etkisi; işgücü verimliliği, işgücü tasarrufu, işgücü maliyetleri, fazla mesai ihtiyacı, elleçleme, depo kapasitesi, operasyonların standardizasyonu ve yalınlığı yönlerinden ele alınmıştır. Tablo 4 ve Tablo 5'te kullanılan Endüstri 4.0 uygulamaları ve operasyonel verimliliğe etkileri gösterilmektedir.

Tablo 4'te görülen işgücü verimliliği, tasarrufu ve maliyetleri hakkındaki lojistik sektöründe yer alan veriler literatürdeki çalışmalarla desteklenmektedir. Resch ve Blecker 2012 yılında yayımlandıkları çalışmalarında; akıllı lojistik sistemlerin, çalışanların tekrarlı ve otomatize edilebilen işlemlerden, daha fazla uzmanlık gerektiren işlere odaklanabilmeleri için faaliyetleri robotlara ve otonom araçlara devretme olanağı sağlamasının işgücü verimliliği, depolama ve üretim maliyetlerini minimize etme, taşıma, antrepo ve depo işlemlerinde verimlilik artışı gibi etkileri olacağını belirtmektedir. Sogeti (2014, s.13), Endüstri 4.0'la birlikte günümüzde endüstride çok sayıda bulunan robotların gelişimini incelediği çalışmasında, yeni nesil akıllı endüstriyel robotların, gerekli eylemleri basitçe gösteren insan meslektaşlarından öğreneceklerini, kirli, tehlikeli ve sıkıcı işlerin tümünü yaparak işgücü tasarrufu sağlanacağını vurgulamaktadır. Endüstri 4.0'la birlikte gelen teknolojik gelişmelerin, lojistik sektöründeki mevcut işleri ve iş yapış süreçlerini büyük oranda değiştireceği, lojistiğin operasyonel alanlarında personel ihtiyacını azaltacağı, işgücü verimliliği, işgücü tasarrufu ve maliyet minimizasyonu yaratacağı Galindo (2016) ve Rutkowsky vd. (2015) çalışmalarında belirtilmiştir. Timm ve Lorig (2015) ise Lojistik 4.0 bağlamında, karar vericileri ve lojistik süreçleri simüle etmek için iki bütünleştirici yaklaşımı incelemiştir. Lojistik senaryoları analiz etmek için siber-fiziksel sistemlerle hem malzeme akışını hem de özerk yazılım sistemlerini ve insan aktörleri temsil edebilen karmaşık simülasyon yaklaşımlarını oluşturmuştur. Bu sayede depolarda ürün yerleşimi, planlaması ve etkin bir şekilde yönetimi sağlanarak depo kapasitesi artırılabilir.

Tablo 4. Endüstri 4.0'ın Depo ve Envanter Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

DEĞİŞKENLER	UYGULAMALAR	ETKİLER
İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ	IOT ve sensörler VR gözlüklerle eğitim Eş zamanlı performans ölçümü 360° yetkinlik değerlendirme modeli	İş yapış şekillerinin dönüşümü Çalışanların niteliklerinin artması İşlemlerin hızlanması Hata oranlarının azalması İki elin aynı anda kullanılabilmesi Çalışanların kendi performansını izleyebilmesi
İŞGÜCÜ TASARRUFU	Gömülü sistemler ve entegre yazılımlar Robotik Sistemler Robotik Süreç Otomasyonu Karar Destek Sistemleri Optimizasyon algoritmaları	Tekrarlı işlerin bot ve robotlara devri Hata oranlarının düşmesi İş süreçlerinin kayıt altına alınması İşgücü tasarrufu ve rotasyon
İŞGÜCÜ MALİYETLERİ		Çalışan sayılarının düşmesi İşgücü maliyetlerinin düşmesi Nitelikli çalışan ihtiyacı Mavi yakanın dönüşümü
FAZLA MESAİ İHTİYACI	Makine öğrenmesi Mobil onay ve yönetim sistemleri	Fazla mesai ihtiyacının azalması İşgücü maliyetlerinin düşmesi Çalışma sürelerinin azalması Esneklik
ELLEÇLEME		Yatırım maliyetlerinden dolayı henüz otonom araç ve akıllı robotlar elleçlemede kullanılmamaktadır.
DEPO KAPASİTESİ	Büyük veri analitiği Depo simülasyonu	Ürün yerleşimi, planlaması ve yönetimi Depo kapasitesinin artması Daha yüksek hacimlerde ürün depolayabilme Ticari karlılık Etkin verimlilik ölçümü ve yönetimi Zaman tasarrufu
OPERASYONLARIN STANDARDİZASYONU VE YALINLIĞI	Entegre yazılımlar Karar Destek Sistemleri Optimizasyon çalışmaları Standardizasyon	Verilerin dijitalleşmesi Katma değersiz işleri ortadan kaldırma Daha az kaynak tüketimi Hata oranları ve maliyetlerinin azalması Sürdürülebilir Lojistik Operasyonların iyileştirilmesi Şeffaflık

Tablo 5. Endüstri 4.0'ın Depo ve Envanter Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi 2

DEĞİŞKENLER	UYGULAMALAR	ETKİLER
KATMA DEĞERLİ HİZMETLER	Mobil ve otonom streçleme Robotik süreç yazılımları Ambalajlama cihazları 3B ölçüm cihazları	Kalite ve hız artışı İşgücü tasarrufu Hata oranlarının azalması Operasyonel verimlilik İşgücü tasarrufu Hata oranlarının azalması Verimlilik
SİPARİŞ TOPLAMA	Pick to Light Pick to Voice RFID ve yazılım entegrasyonu	Toplama hatalarının azalması Gezinme ve arama sürelerinin kısalması İşlem kolaylığı ve hız artışı İş yükünün azalması Operasyonel verimlilik Maliyet verimliliği
	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar	Kas gücü kullanımını en aza indirme Performans kaybını önleme Yüksek toplama hızı Hata minimizasyonu Tehlikeli madde taşınmasında ve soğuk hava depolarında kullanılabilme İş sağlığı ve güvenliği risklerini minimuma indirme Düşük ürün hasar oranı
ENVANTER YÖNETİMİ	Entegre Yazılımlar Eş Zamanlı Envanter Görünürlüğü	Fizibilitenin artması Müşterilere taleplerine yönelik çözümler Müşteri memnuniyeti
	Dronelarla stok sayımı	Envanter doğruluğu Sayım süresinin azalması İş yükünün azalması Daha hızlı bilgi girişi İş kazalarını engelleme Sıfır hata ve Verimlilik artışı

3.5.3. Endüstri 4.0'ın Sipariş Yönetimi ve Müşteri Hizmetlerinde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

Sipariş yönetiminde üç işletme de etkin yazılımlar kullanarak verimliliklerini arttırmışlardır. Bu yazılımlar ile, aracın nerede olduğu ve ne zaman yola çıktığı, depodaki ürünlerin durumu gibi veriler eş zamanlı olarak sunulmaktadır. Teknoloji altyapısı ile akıllı raporlar ve gösterge tabloları çıkarılabilmekte ve siparişler otomatik bir şekilde sisteme alınabilmektedir. Ayrıca siparişlerin bu sistemlerle yönetimi, siparişlere etkin cevap verebilmeyi, sipariş doğruluğu ve sipariş prosedürü kolaylığı da sağlamaktadır. Ancak, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının her üç işletmede de sipariş

sayısının arttırılmasına yönelik bir etkisi yoktur. Talep tahminleme için işletmeler, büyük veri analizlerini kullanmaktadır. Bu analizler ile geleceğe dair öngörülerde bulunarak ve kaynak planlamaları yapabilmektedirler. Endüstri 4.0'ın sipariş yönetiminde operasyonel verimliliğe etkisi Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Endüstri 4.0'ın Sipariş Yönetiminde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

DEĞİŞKENLER	UYGULAMALAR	ETKİLER
SİPARİŞ YÖNETİMİ	Rainbow Yazılımı Quadro Yazılımı One Order Depo Yönetim Sistemi Yazılımı Figo yazılımı	Sipariş prosedürü kolaylığı Siparişlerin doğru alınması Siparişlere etkin cevap verebilme Anlık veri ve sipariş takibi Şeffaflık Akıllı raporlar ve gösterge tabloları Zaman tasarrufu Km ve yakıt tasarrufu Sipariş sayısına etkisi yoktur.
TALEP TAHMİNİ	Büyük Veri Analitiği Karar Destek Sistemleri Tahminleme ve Modelleme Analizi	Kaynak planlaması Verimlilik %96 oranında doğru talep tahmini

Günümüzde entegre ağ kullanımı ve ürünlerin internet verilerine entegrasyonu, veri toplamak için geniş kapsamlı olanaklar sağlamaktadır. Schmidt vd (2015)'ye göre, mevcut olan sürekli veri akışı ve bu verilerin analiz ve optimizasyonları için tahmine dayalı analitik teşvik edilmektedir. Bu sayede büyük veri analitiği kullanılarak bulunan talep tahminlerine göre, kaynak planlaması yapılabilmekte ve verimlilik elde edilmektedir. Hofmann ve Rüsç (2017)'ye göre; tam zamanında üretim sistemlerinde malzeme akışlarının gerçek zamanlı izlenebilmesi, daha otomatik, merkezi olmayan ve daha doğru bir talep planlama ve tahminini mümkün kılmaktadır.

Endüstri 4.0 uygulamaları her üç işletmede de hizmet kalitesini ve buna bağlı olarak müşteri memnuniyetini arttırmaktadır. İşletmelerin teknolojik konularda bilinçlilik düzeyinin yüksek olduğunun görülmesi; müşterilere, kaliteli ve yenilikleri takip eden bir işletme algısı yaratarak işletmelerin tercih edilme oranlarını arttırmaktadır. Müşterilerin bireyselleştirilmiş isteklerini karşılama oranları, her üç işletmede de müşteriye özel hizmetler verilerek arttırılmaktadır. Ancak, müşterinin durumuna göre yapılan anlık düzenlemeler ve değişiklikler işletmeyi standardizasyondan uzaklaştırarak optimizasyonun arttırılmasına engel bir durumdur. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı, genel anlamda işletmelerin tercih edilme ve rekabette

öne çıkma oranlarını arttırarak müşteri portföylerini arttırmaktadır. Tablo 7’de Müşteri Hizmetleri İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi gösterilmektedir.

Tablo 7. Endüstri 4.0’ın Müşteri Hizmetlerinde Operasyonel Verimliliğe Etkisi

DEĞİŞKENLER	ETKİLER
MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ	Müşteri memnuniyetinin artması Hizmet kalitesinin artması Müdahale hızının artması Müdahale maliyetinin azalması Kazan-kazan ilişkisi Yenilikçi firma algısı Tercih edilme oranının artması Müşteri sadakati Müşterilere anlık ve özel çözümler
MÜŞTERİNİN BİREYSELLEŞTİRİLMİŞ İSTEKLERİNİ KARŞILAMA ORANI	Artmaktadır. Müşteriye özel ürün takip uygulamaları Müşteri taleplerine göre proje tasarımı Şeffaflık Dijitalleşme Standardizasyondan uzaklaşma Optimizasyonu arttırmama
MÜŞTERİ PORTFÖYÜ	Artmaktadır. Dünya Liderleriyle Çalışma Rekabette öne çıkma Tercih edilme Tedarikçi artışı Tedarik performansı artışı

Endüstri 4.0, çeşitli şirketler, fabrikalar, tedarikçiler, lojistik, kaynaklar ve müşteriler arasında eksiksiz bir iletişim ağı olacağı anlamına gelmektedir. Tüm işlemlerin birbirine bağlı olduğu katma değer zinciri yaratan bu sistemde; müşteriyle etkileşim, müşterinin sevkiyat durumunu istediği zaman görüntüleyebildiği ve gerektiğinde sipariş verdikten sonra bile işlem zincirine müdahale edebileceği yeni ve şeffaf bir lojistik ağı kurmak ve yönetebilmek için, tüm lojistik süreçlerini birbirine bağlayabilen bir sistem gereklidir (Ehrhardt, 2016, s.1). DHL (2015) raporunda, lojistik sağlayıcılarının müşterileri için özelleştirilmiş, dinamik ve otomatik hizmetler oluştururken daha yüksek operasyonel verimlilik seviyelerinin kilidini açmasını sağlayacağı belirtilmektedir. Araştırmada da bu durumu destekler şekilde Endüstri 4.0’la birlikte müşterilerin bireyselleşmiş isteklerini karşılama oranlarının arttığı görülmektedir.

3.5.4. Endüstri 4.0'ın Maliyet Verimliliğine Etkisi

Endüstri 4.0 kullanımıyla hata maliyetleri, işgücü maliyetleri ve yakıt maliyetleri azalmaktadır. İşletmelerde, Endüstri 4.0 uygulamaları, fiyatlandırma ve işletmenin pazardaki yerini ölçmek için yapılan maliyet analizlerinde kullanılabilir. Tablo 8'de Lojistik İşletmelerinde Endüstri 4.0 kullanımının maliyet verimliliğine etkisi gösterilmektedir.

Tablo 8. Endüstri 4.0'ın Maliyet Verimliliğine Etkisi

DEĞİŞKENLER	ETKİLER
MALİYET VERİMLİLİĞİ	Etkin maliyet analizleri Firmanın pazardaki yerini belirleme Hata maliyetlerinin azalması İşgücü maliyetlerinin azalması Yakıt maliyetlerinin azalması Navlun giderlerinin azalması Yüksek yatırım maliyetleri (Olumsuz etkisi) Uzun amortisman süreleri (Olumsuz etkisi)
BÜYÜME ORANI	%6 büyüme (X İşletmesi) %5.4 büyüme (Y İşletmesi) %15 büyüme (Z İşletmesi)
YATIRIM GETİRİLERİ	Yüksek düzeyde (X İşletmesi) Henüz getiri düzeyine gelmemiştir. (Y İşletmesi) Yüksek düzeyde (Z İşletmesi)
TOPLAM MALİYETLER	Toplam maliyet yatırım ve amortisman maliyetleri nedeniyle azalmamıştır. (X İşletmesi) Endüstri 4.0'la ilişkilendirilecek düzeye henüz gelinmemiştir. (Y İşletmesi) Toplam maliyetlerde %5 verimlilik artışı sağlanırken Endüstri 4.0'ın toplam maliyetlerdeki etkisi net olarak ölçülmemiştir. (Z İşletmesi)

3.6. Gömülü Teori

Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik işletmelerinde kullanımının getirdiği etkileri ölçen veriler, açık kodlama ve aksel kodlama yöntemleriyle kodlandıktan sonra seçici kodlama yapılarak gömülü teori oluşturulmuştur. Dijitalleşmeyle birlikte lojistik süreçler şeffaflaşmakta ve gerçek zamanlı izleme ve kontroller yapılarak etkin bir şekilde rota ve güzergahlar planlanabilmektedir. Ayrıca, eş zamanlı olarak sürücü performansı, araç emniyeti ve teslimatın zamanında yapılıp yapılmadığının kontrolleri sağlanabilmektedir. Siparişlerin, müşterilerin de takip edebileceği şekilde yönetilebilmesi ve kritik süreçlere anlık müdahaleler sağlanabilmesi şeffaflığın artmasıyla mümkün olmaktadır. Sipariş toplama ve diğer süreçlerde otonom araçların kullanımı, stok sayımlarının dronelarla gerçekleşmesi, yerleşimde depo ve tır

simülasyonlarına göre planlamalar yapılması ve büyük veri analitiği, karar destek sistemleri gibi verileri düzenleyen sistemlerin kullanımı; hataları minimuma indirmekte, zaman tasarrufu sağlamakta ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunarak etkin planlamalar yapılabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerle araçların doluluk oranları belirlenebilmekte ve depo kapasitesi artırılarak kaynak optimizasyonu sağlanabilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle çalışanların daha nitelikli işlere yönlendirilmesi, anlık performans ölçümleri ve akıllı gözlüklerle verilen eğitimler, işgücü verimliliğini arttırmaktadır. İş yapış şekillerinin dönüşümü değer üretmeyi sağlayarak, hizmet kalitesi, müşteri memnuniyeti, işletmenin marka değeri ve işletmeye karşı olumlu algıyı arttırmakta, bunların sonucunda ise müşteri sadakati oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri aynı zamanda tüm sistemleri standardize etmekte ve karbon salınımını azaltarak sürdürülebilirliği sağlamaktadır. Tüm bunlar lojistikte operasyonel verimliliği artırılarak lojistik işletmelerinin rekabette öne çıkmasını sağlamaktadır. Şekil 2’de Lojistik 4.0 ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi gösterilmektedir.



Şekil 2. Lojistik 4.0 ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi (Yazar Tarafından Üretilmiştir)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyadaki çoğu sektör Endüstri 4.0’a geçiş yaparken, tüm sektörlerle iç içe bir yapıda bulunan lojistik sektörünün evrimleşmesi kaçınılmazdır. İşletmelerin Endüstri 4.0’a geçiş yapabilmelerinde en önemli etken işletme yönetiminin bu faaliyetleri destekler biçimde vizyon oluşturmasıdır. Ar-ge ve teknoloji yatırımlarına öncelik veren işletmeler, trendlere ve yeni dünya yapısına uygun olarak sürdürülebilirlik elde etmekte ve rekabette öne çıkmaktadırlar.

Endüstri 4.0 uygulamalarına yatırım yapmak işletmelerin, iş yapış şekillerini dönüştürerek değer üretmelerini ve marka değerlerini arttırmalarını sağlamaktadır.

Lojistikte en önemli faaliyet, en yüksek maliyetleri barındırmasından dolayı, taşıma yönetimidir. Araştırmada, Endüstri 4.0 kullanımının taşıma yönetiminde operasyonel verimliliğe etkisi; filo yönetimi, araç doluluk oranı, rota ve güzergah planlama, araç ve sürücü performansı, yakıt tüketimi ve teslimat hızı değişkenleri baz alınarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile, işletmelerin taşıma yönetiminde operasyonel verimlilik artışı sağlandığı gözlenmiştir. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile işletmeler; araç, şoför, yük ve rota planlamalarını etkin bir şekilde yaparak tüm süreçlere anlık müdahale olanağı sağlamıştır. İşletmelerde kullanılan eş zamanlı izleme sistemlerinin sensörlerle entegrasyonu; şoförlerin emniyetli araç kullanıp kullanmadığı (frene basma hızı, yakıt tüketim hızı vb.), seyir esnasında olması gereken saatte ve olması gereken rotada olup olmadığı, müşteriye randevu saatinde ulaşip ulaşmadıkları gibi noktaların eş zamanlı olarak kontrol edilebilmesini sağlamıştır. Bu bulgular, DHL (2015) raporunda desteklenmektedir. Rota ve güzergâh planlanabilmesi, hata minimizasyonu sağlayarak taşıma ve teslimat hızını, hizmet kalitesini ve bununla birlikte müşteri memnuniyetini arttırmıştır. Morash (2001), Hazen ve Byrd (2012) ve Barreto vd. (2017) çalışmalarında lojistikte taşıma ve teslimat hızının artması, rota ve güzergahın etkin bir şekilde planlanmasının operasyonel verimliliği arttıracığı belirtilmiştir. Ayrıca kat edilen mesafelerin azalması, yakıt tüketimini de azaltarak karbon ayak izini düşürmektedir. Karbon salınımının azaltılması işletmelere katkı sağlamanın yanında ekonomi, çevre ve toplum ekseninde lojistiğin sürdürülebilirliğini arttırmaktadır.

Depo yönetiminde operasyonel verimliliği etkileyen en önemli faktörler, işgücü verimliliği ve tasarrufudur. Bu nedenle işletmeler, toplam depo işletim giderlerinin %55'ini oluşturan ve depo yönetiminde işgücü ve kaynak açısından en yüksek değere sahip olan sipariş toplama sürecini optimize etmeye odaklanmışlardır. Sipariş toplama süreci, insanın içgüdülerine bırakıldığında zaman kayıplarının en yüksek olduğu süreçtir. Araştırmaya konu firmaların tümü, sipariş toplamada sesli ve ışıklı komut sistemleri kullanarak ürünleri arama ve gezinme sırasında boşa harcanan zamanı minimuma indirmişlerdir. Ayrıca toplamada kas gücü gerektiren işler yerine otonom araçların kullanımı ile, yorulma ve performans kaybı gibi problemler ortadan kaldırılmıştır. İnsanların çalışmasına uygun olmayan koşullarda çalışabilen bu araçlar, insan kaynaklı hataları önleyebilmekte ve iş sağlığı ve güvenliği risklerini minimuma indirmektedir. Manuel toplama listeleri yerine kullanılan akıllı gözlükler ise, işletmelerde çalışanların iki elini rahatça kullanarak işlemleri daha hızlı bir şekilde

gerçekleştirmelerini sağlamıştır. Ayrıca, yapılan tekrarlı işlerin makine ve yazılımlara devredilmesi, çalışanların katma değerli işlere yoğunlaşmasını sağlayarak işgücü verimliliğini arttırmaktadır. İşletmeler, akıllı gözlükler vasıtasıyla artırılmış gerçeklik görüntüleri kullanarak çalışanları iş kazaları gibi durumlara karşı eğiterek hataları minimize edebilmektedir. Eş zamanlı izleme yöntemleri ile, çalışanların performansları arttırabilmektedir. Çalışanların nitelikli işlere yönelmesi ve niteliksiz işlemlerin yeni teknolojilere devredilmesi, işgücü tasarrufu ve buna bağlı olarak maliyet minimizasyonu sağlamaktadır.

Depo yönetiminde karar destek sistemleri, depo simülasyonu ve büyük veri analitiği yazılımlarının kullanımı, daha yüksek hacimlerde ürün depolama imkanı sağlayarak depo kapasitesini ve buna bağlı olarak operasyonel verimliliği arttırmaktadır. Yeni nesil teknolojilerle işlemlerin standardize edilmesi, operasyonların iyileştirilmesi ve yeni süreçlerin adaptasyonunu sağlayarak müşterilere sade, yalın ve en az kaynakla sürdürülebilir lojistik hizmeti verilebilmektedir. Envanter yönetiminde ise, stok sayımları için drone kullanılması, zaman tasarrufunun yanında, iş kazalarını engelleme, operasyonel kalite ve stok doğruluğunu sağlama, hata oranlarını sıfırına indirme, sayım süresinin azalması ve verimlilik artışı gibi faydalar sağlamaktadır.

Araştırma sonuçları mevcut alan yazınla uyumlu olarak depo yönetiminde, toplam işgücü verimliliğinin artması (Frazelle, 2002), işgücü tasarrufu sağlanması (Krauth vd., 2005), işgücü maliyetlerinin azalması (Morash, 2001) ve depo kapasitesinin etkin kullanımı (Frazelle, 2002) operasyonel verimliliği arttırdığını göstermektedir. Aynı şekilde Endüstri 4.0 uygulamalarının depo yönetiminde kullanımı; çalışanları tekrarlı işler yerine nitelikli işlere yönlendirerek işgücü verimliliği (Resch ve Blecker, 2012), işgücü tasarrufu (Galindo, 2016; Rutkowsky vd. 2015) ve maliyet minimizasyonu (Sogeti, 2014) yaratmaktadır. Ayrıca, özerk yazılım sistemlerinin kullanımı ile depolarda yerleşim planlaması ve yönetimi sağlanarak depo kapasitesi arttırılabilmektedir (Timm ve Lorig 2015). İşletmelerden elde edilen bulgulara ve literatürdeki bu çalışmalara göre Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik depo yönetiminde kullanımı operasyonel verimliliği arttırmaktadır.

Sipariş yönetiminde Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile, siparişlerin gerçek zamanlı olarak takip edilebilir duruma gelmesi; müşteri-işletme arasındaki şeffaflığı artırmanın yanında, sipariş doğruluğu, sipariş prosedürü kolaylığı, siparişlere etkin cevap verebilme oranının artması gibi faydalar sağlayarak operasyonel verimliliği arttırmaktadır. Ancak bu

uygulamaların sipariş sayısını arttırmaya bir etkisi yoktur. Talep tahminlemelerinde büyük veri analitiği kullanılması, geleceğe dair öngörülerde bulunarak ve kaynak planlamaları yapabilmeyi sağlamaktadır. Bu sistemlerle işletmeler herhangi bir problemi oluşmadan önce algılayabilmekte, müdahale hızını artırarak müdahale maliyetlerini düşürebilmekte, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakatini arttırabilmektedir. Böylece, işletmelerin tercih edilme ve rekabette öne çıkma oranları artarak müşteri portföylerinin de artışı sağlanabilmektedir.

Endüstri 4.0 kullanımıyla hata maliyetleri, işgücü maliyetleri ve yakıt maliyetleri azalmaktadır. Ancak bu teknolojilerin yatırım maliyetlerinin yüksek olması amortisman sürelerinin uzun olmasına neden olmakta ve bu nedenle toplam maliyetlerin azaltılıp karlılık düzeyine geçilebilmesi zaman almaktadır. Endüstri 4.0'a geçişte en önemli engeller, yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve nitelikli işgücünün yeterli düzeyde bulunmamasıdır. Türkiye'de sürücüsüz araçlar ve drone gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı için altyapılar yetersizdir. Bununla birlikte, AR-GE yatırımlarında devlet teşvikleri ve bu teşviklerin bilinirlik oranları da oldukça azdır. İşletmelerin müşterilerle yaptıkları sözleşmelerin kısa süreli olması ve teknoloji maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, işletmelerin kendi bütçelerinden AR-GE yatırımları yapmaları zorlaşmaktadır. Bu noktada Endüstri 4.0'a geçiş yapacak işletmelerin devlet teşviklerini çok iyi bir biçimde araştırması ve işletmesinde bu teşviklerden yararlanması önem arz etmektedir.

Yapılan çalışma bulgularına ve alan yazındaki diğer sonuçlara göre, Endüstri 4.0 teknolojilerini daha çok yüksek bütçeli firmaların uygulayabildiği görülmektedir. Ancak günümüz itibariyle ülkemizde orta ölçekli işletmelerin sayısı oldukça fazladır. Dünyanın Toplum 5.0 projesiyle, Endüstri 4.0'ın da ötesine geçerek, süper akıllı toplumlar yaratma sürecine odaklandığı mevcut durumda, ülke olarak bu koşullara ayak uydurabilmemiz öncelikle KOBİ'lerin gelişmesiyle sağlanabilecektir. Bundan sonraki araştırmalarda ve yapılacak geliştirme çalışmalarında, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecini tamamlayabilmeleri ve işletmelerinde etkin olarak kullanabilmeleri adına çalışmalar yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

- Barros, A., Oberle D., Handbook of Service Description, Springer, New York, 2012.
- Barreto, L., A. Amaral ve T. Pereira. (2017). Industry 4.0 Implications In Logistics an Overview. *Procedia Manufacturing*. 13, 1245-1252.
- Başkol, M. (2008). Lojistik ve Lojistik Yönetimi. *Bartın Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*.
- Berg B.L. ve H. Lune. (2015). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. H. Aydın (çev.). 8. Baskı. Konya: Eğitim.
- Cobutoğlu, Ö. (2017). Teknoloji Lojistik Sektörünü Nasıl Geliştiriyor? <https://blog.quicksigorta.com/is-dunyasi/teknoloji-lojistik-sektorunu-nasil-gelistiriyor-397> (22 Mart 2019).
- Çancı, M ve M. Erdal. (2003). *Lojistik Yönetimi*. 2. Baskı. İstanbul: UTİKAD .
- DHL. (2015). *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry DHL Trend Research and Cisco Consulting Services*. <http://www.dhl.com/en/about-us/logistics-insights/dhl-trend-research/internet-of-things.html#.VxUkfHonqbQ> (10 Eylül 2019).
- DHL. (2018). *Logistics Trend Radar*. Almanya: DHL Trend Research
- Ehrhardt Partner. (2016). *Logistics 4.0 Smart, Connected, Digital*. https://www.epg.com/fileadmin/user_upload/EUP/PDF/Fachbeitr%C3%A4ge/ENU/Smart_Logistics_FA_ENU_Endversion.pdf. (21 Mart 2019).
- Ertemel, A. V. (2015). Consumer insight as competitive advantage using big data and analytics. *International Journal of Commerce and Finance*, 1(1), 45-51.
- Ertemel, A. V., & Gürdal, S. (2016). Crm'in Geleceği: Yaygın Bilişim ve Ortam Duyarlı Mobil Pazarlama Kavramlarının İncelenmesi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*. Cilt, 7.
- Etikan, İ., S.A. Musa, R.S. Alkassim. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 5.1, 1 <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajtas> (15 Mayıs 2019).
- Frazelle, E.H. (2002). *Supply Chain Strategy*. The Logistics of Supply Chain Management. New York:McGraw-Hill.
- Frazzon, E.M., M.L. Dutra ve W.B. Vianna. (2015). Big Data Applied To Cyber-Physical Logistic Systems: Conceptual Model And Perspectives. *Brazilian Journal Of Operations & Production Management*. 12.2, 330-337.
- Galindo, L.D. (2016). The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology. *Yüksek Lisans Tezi*. Norveç: Norwegian University of Science and Technology.
- Glaser, B.G. ve A.L. Strauss. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Adline Publishing Company.
- Green, K.W., Whitten, D. ve Inman, R. A. (2008). The Impact of Logistics Performance on Organizational Performance in A Supply Chain Context, *Supply Chain Management:An International Journal*, 13/4, s.317-327.
- Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. 1. Baskı. İstanbul: Beta .
- Güven, S. (2001). *Toplumbiliminde Araştırma Yöntemleri*. 2. Baskı. Bursa: Ezgi .
- Hazen, B. T. ve Byrd, T. A. (2012). Toward Creating Competitive Advantage With Logistics Information Technology, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42.1, s.8-35.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *In 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.
- Hugos, M. (2003). *Essentials of Supply Chain Management*. New Jersey:John Wiley & Sons Inc.
- Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). *Industry 4.0 and The Current Status As Well As Future Prospects on Logistics*. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Keskin, M.H. (2009). *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi Geçmişi, Arka Planı, Gelişimi ve Güncel Uygulamaları*. Ankara: Nobel Akademik .

- Krauth, E., Moonen, H., Popova, V., & Schut, M. C. (2005). Performance Measurement and Control in Logistics Service Providing. In C-S. Chen, J. Filipe, I. Seruca, & J. Cordeiro (Eds.), *Proceedings of the 13th European Conference on Information Systems ICEIS* (pp. 239-247). INSTICC.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). *An Application of Hierarchical Kappa-Type Statistics in The Assessment of Majority Agreement Among Multiple Observers*. *Biometrics*, 363-374.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Lee, J., B. Bagheri ve H. Kao. (2014). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0 based manufacturing systems. *ScienceDirect*. 3.2015, 18-23.
- Maccougall, W. (2014). *Industrie 4.0 Smart Manufacturing for The Future*.
- Mentzer, J. T. ve Konrad, B. P. (1991). 'An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis, *Journal of Business Logistics*, 12.1, s.33-61.
- Morash, E.A. (2001). Supply chain strategies, capabilities and performance, *International Journal of Operations&Production Management* , 41(1), pp 37-53.
- Nebol, E., T. Uslu Ve E. Uzel. (2014). *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi*. 3. Baskı. İstanbul: Beta .
- Obitko M. ve V. Jirkovsky. (2015). Big Data Semantics in Industry 4.0. *Springer International Publishing Switzerland*. 9266, 217-229.
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. 3. Baskı. Londra: Sage Publications.
- Pfohl, H.C., B. Yahsi ve T. Kurnaz. (2015). The İmpact of Industry 4.0 on The Supply Chain. *Pro-ceedings of the Hamburg International Conference of Logistics*. Hamburg, 31–58.
- Punch, K.F. (2011). *Sosyal Araştırmalara Giriş Nicel ve Nitel Yaklaşımlar*. Z. Etöz (der.). 2. Baskı. Ankara: Siyasal .
- Resch, A ve T. Blecker. (2012). Smart Logistics a Literature Review. *Pioneering Supply Chain Design a Comprehensive Insight Into Emerging Trends, Technologies and Applications*, 91-102.
- Rutkowsky, S., Petersen, I., Klötzke, F. (2015). *Digital Supply Chains: Increasingly Ritical For Competitive Edge*. European A.T. Kearney/WHU Logistics Study, (Erişim Tarihi: 18.12.2019). <https://www.atkearney.com.tr/operations/ideas-insights/article/>
- Qin, J., Y. Liu ve R. Grosvenor. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Science Direct*. 1-6.
- Schmidt, R., M. Möhring, R.C. Harting, C. Reichstein, P. Neumaier ve P. Jozinovic. (2015). Industry 4.0-Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. *International Conference on Business Information Systems*. Cham, Springer. 16-27.
- Sogeti. (2014). The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Between IT and OT. *2014 Vint Sempozyumu*. Hollanda: Vint Sogeti.
- Stainer, A. (1997). Logistics- A Productivity and Performance Perspective, *Supply Chain Management*, 2(2), 53-62
- Strauss, A. ve J. Corbin. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. New Delhi: SAGE Publications.
- Şekkeli Z.H. ve İ. Bakan. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle: Lojistik 4.0. *Journal of Life Economics*. 5(2), 17-36.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0" and Smart Manufacturing A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-16.
- Timm I.J. ve F. Lorig. (2015). Logistics 4.0-A Challenge for Simulation, *Winter Simulation Conference (WSC)*. Almanya: IEEE, 3118-3119.
- Tyworth, J.E., Zeng, A.Z., Estimating the effects of carrier transit-time performance on logistics cost and service, *Transportation Research Part A*, Vol.32,No.2, pp.89-97,1998.
- Uckelmann, D. (2008). A Definition Approach to Smart Logistics. *Almanya: Universitat Bremen*. <https://rusmart.e-werest.org/2008/uckelmann.pdf> (20 Eylül 2019).

Van Hoek, R.I. (2001). The Contribution of performance measurement to the expansion of third party logistics alliances in the supply chain, *International Journal of Operations&Production Management*, Vol. 21 No ½, pp.15-29.

Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.