

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI İŞLETMECİLİK BİLİM DALI

**ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE
OPERASYONEL VERİMLİLİKLE İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Yüksek Lisans Tezi

GAMZE ULUSOY

İstanbul, 2019

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI İŞLETMECİLİK BİLİM DALI

**ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE
OPERASYONEL VERİMLİLİKLE İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Yüksek Lisans Tezi

GAMZE ULUSOY

Danışman: PROF. DR. SERDAR PİRTİNİ

İstanbul, 2019



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

İŞLETME Anabilim Dalı ULUSLARARASI İŞLETMECİLİK Bilim Dalı TEZLİ
YÜKSEK LİSANS öğrencisi GAMZE ULUSOY'nın ENDÜSTRİ 4.0
UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE OPERASYONEL VERİMLİLİKLE
İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun
19.07.2019 tarih ve 2019-22/7 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu
ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi 05.08.2019

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

1. Tez Danışmanı	Prof. Dr. SERDAR PİRTİNİ	
2. Jüri Üyesi	Prof. Dr. MEHMET MELEMEN	
3. Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi ADNAN VEYSEL ERTEMEL	

ÖNSÖZ

Günümüzde oldukça önemli bir yer tutan ve gelecekte tüm sektörleri fazlasıyla etkileyeceği öngörülen Endüstri 4.0 kavramının, lojistik yönetiminde operasyonel verimlilikle ilişkisini incelediğim bu tez çalışmamda, çok değerli katkıları ve bilgi paylaşımıyla her zaman yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez hocam ve danışmanım Prof. Dr. Serdar PİRTİNİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca aktardıkları bilgi birikimleri ve emekleri dolayısıyla tüm hocalarıma teşekkürlerimi iletirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca her adımında arkamda olan annem, babam, kardeşlerim ve eşime bugüne kadarki tüm emekleri ve destekleri için teşekkürü bir borç bilirim. İyi ki varsınız.

İstanbul, 2019

Gamze ULUSOY

GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı	:Gamze Ulusoy
Anabilim Dalı ve Programı	: İşletme – Uluslararası İşletmecilik
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Serdar Pirtini
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans – 2019
Anahtar Kelimeler	:Endüstri 4.0, Lojistik Yönetimi, Lojistik 4.0, Operasyonel verimlilik, Akıllı Uygulamalar

ÖZET

Endüstriyel devrimler birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sanayi devrimi olarak dört bölümde incelenmektedir. Toplumunu dönüştüren ve yeni üretim biçimleri yaratan endüstriyel devrimler, teknolojik ilerlemelerin etkileşimi ile başlamıştır. Birinci endüstri devrimi, mekanik tezgahlarda buhar makinesinin kullanmasıyla başlamış; ardından elektrikli araçlar, yanmalı motor ve inovatif seri üretim hattı gelişmeleriyle ikinci endüstri devrimi yaşanmıştır. Üçüncü endüstri devrimi otomasyon, robotlar ve yazılımların devreye girmesiyle dijitalleşmeyi sağlayarak dördüncü endüstri devrimine gerekçe oluşturmuştur. Endüstri 4.0 terimi; nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri, akıllı robotlar, akıllı fabrikalar gibi iş yapış şekillerini köklü bir şekilde değiştiren teknolojilerin birleşmesiyle meydana gelmiştir. Endüstri 4.0 tüm sektörleri etkileyen ve dünyadaki yankısı gittikçe artan bir kavramdır. Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektöründe operasyonel verimlilikle ilişkisini incelemektir. Araştırma, bu amaç doğrultusunda, İstanbul'da faaliyet gösteren üç lojistik firması ile yapılmıştır. Veriler; şirketlerin bu konuda en yetkin üst ve orta düzey yöneticileri ile derinlemesine görüşme, gözlem ve doküman incelemeleri yapılarak toplanmıştır. Görüşme formu, lojistik işletmelerinin Endüstri 4.0 uygulamalarını kullanım düzeyleri, taşımacılık, depo ve envanter yönetimi, sipariş yönetimi ve müşteri

hizmetleri konularında sağladıkları operasyonel verimlilik, bu uygulamaların kullanımıyla elde edilen maliyet verimliliği arasındaki ilişkileri saptamak üzerine kurgulanmıştır. Ayrıca firmaların Endüstri 4.0'ı uygularken karşılaştıkları engeller ve gelecek projelerine de yer verilmiştir. Verilerin güvenilirliğini sağlamak için işletmelerden gelen geri bildirimler ve Kappa Analizi kullanılmıştır. Veri çözümlemesi yaparken, açık, aksenel ve seçici kodlamalar yapılarak gömülü teori oluşturulmuş ve oluşturulan kuram ile araştırmanın bilimselliği sağlanmıştır.



GENERAL INFORMATION

Name and Surname	: Gamze Ulusoy
Field and Programme	: International Business - Business Administration
Supervisor	: Prof. Dr. Serdar Pirtini
Degree Awarded and Date	: Master – 2019
Keywords	: Industry 4.0, Logistics Management, Logistics 4.0, Operational efficiency, Smart Applications

ABSTRACT

Industrial revolutions are examined in four chapters as the first, second, third and fourth industrial revolution. Industrial revolutions that transform society and create new forms of production began with the interaction of technological advances. The first industrial revolution, started with the use of steam engines on mechanical looms; and then the second industrial revolution occurred with the development of electric vehicles, combustion engine and innovative mass production line. The third industrial revolution has been a reason for the fourth industrial revolution by enabling digitalization with getting involved of automation, robots and softwares. The term Industry 4.0; is a combination of technologies that radically change way things work. These include technologies such as the internet of things, cyber physical systems, big data, smart robots, smart factories. Industry 4.0 is a concept that affects all sectors and whose echo is increasing in the world.. The aim of this study is to investigate the relationship between Industry 4.0 applications and operational efficiency in logistics sector. For this purpose, the research is carried out with three logistics companies operating in Istanbul. The data were collected by conducting in-depth interviews, observations and document analyzes with the top and middle level executives of the most competent companies. The interview form was designed to determine the relationship between the operational efficiency

provided by logistics companies in the areas of usage of Industry 4.0 applications, such as transportation, warehouse and inventory management, order management and customer service, and the cost efficiency obtained by using these applications. In addition, the obstacles faced by companies in implementing Industry 4.0 and future projects were also included. In order to ensure the reliability of the data, feedback from the enterprises and Kappa Analysis were used. While performing data analysis, open, axial and selective codes were created and grounded theory was established and the scientific theory of the research was provided.



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Kappa Analizi Ölçüm Tablosu	54
Tablo 2. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler	58
Tablo 3. Kullanılan Endüstri 4.0 Uygulamaları	62
Tablo 4. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi.....	63
Tablo 5. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2.....	64
Tablo 6. Taşıma Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi.....	69
Tablo 7. Taşıma Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2.....	70
Tablo 8. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi.....	77
Tablo 9. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2.....	78
Tablo 10. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 3.....	79
Tablo 11. Sipariş Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi	82
Tablo 12. Müşteri Hizmetleri İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi	83
Tablo 13. Maliyet Verimliliği İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi	84
Tablo 14. Endüstri 4.0 ile İşletmelerin Geleceğe Bakışı.....	87

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi	5
Şekil 2. Karakteristik Özelliklerin Analiz Sonuçları	10
Şekil 3. Endüstri 4.0 Uygulamaları	13
Şekil 4. Üç Boyutlu Baskı Aşamaları	17
Şekil 5. 2016 Siber Saldırıların Yüzdesel Dağılımı	21
Şekil 6. Dünya’da Sektörlere Göre Sanayi 4.0 Yatırım Oranları	22
Şekil 7. Dünya’da Sektörlere Göre Gelecekte Sanayi 4.0 Yatırım Miktarları	23
Şekil 8. BCG Üretim Maliyeti Endeksi, 2014 (ABD = 100).....	24
Şekil 9. Endüstri 4.0’ın Türkiye Açısından Rolü	24
Şekil 10. İSO 500’de teknoloji yoğunluklarına göre yaratılan katma değer dağılımı	25
Şekil 11. Yeni Sanayi Devriminin Firma Seviyesinde Sağlayacağı Öngörülen Kazanımlar.....	26
Şekil 12. İşletme Lojistiğinin Kapsamı	29
Şekil 13. Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Öncesi ve Sonrası	30
Şekil 14. Lojistik Yönetiminin Bileşenleri	31
Şekil 15. Lojistik Yönetimi	34
Şekil 16. Sipariş döngüsü	37
Şekil 17. Lojistiğin Evrimsel Süreci	41
Şekil 18. Lojistik 4.0: Nesnelerin İnterneti.....	43
Şekil 19. Sipariş toplama süresi yüzde dağılımları.....	74
Şekil 20. Lojistik 4.0 ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi.....	89

KISALTMALAR

3PL.	Üçüncü Parti Lojistik
4PL.	Dördüncü Parti Lojistik
EBSO.	Ege Bölgesi Sanayi Odası
ETA.	E-Taşımacılık
FMCG.	Hızlı Tüketim Ürünleri
IOS.	Servislerin İnterneti
IOT.	Nesnelerin İnterneti
JIT.	Tam Zamanında Üretim
KDS.	Karar Destek Sistemleri
LLP.	Lider Lojistik Sağlayıcısı
LODER.	Lojistik Derneği
M2M.	Makine-makine arası iletişim
M2X.	Makine-makine, makine-insan, makine-altyapı arası iletişim
OYA.	Otomatik Yönlendirmeli Araç
RFID.	Radyo Frekansı ile Tanımlama
s.	Sayfa
SOLE.	Lojistik Mühendisleri Birliği
TMS.	Taşımacılık Yönetim Sistemi
vb.	Ve Benzeri
WMS.	Depo Yönetim Sistemi

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
GİRİŞ	1

BÖLÜM I ENDÜSTRİNİN GELİŞİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

1.1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi.....	4
1.2. Endüstri 4.0 Kavramı	7
1.3. Endüstri 4.0'ın Karakteristik Özellikleri.....	9
1.4. Endüstri 4.0 Uygulamaları	13
1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler (CPS)	14
1.4.2. Nesnelerin İnterneti (IOT)	15
1.4.3. Büyük Veri Analitiği	16
1.4.4. Akıllı Fabrikalar	16
1.4.5. Üç Boyutlu Yazıcılar	17
1.4.6. Akıllı Robotlar	18
1.4.7. Simülasyon ve Arttırılmış Gerçeklik	20
1.4.8. Siber Güvenlik.....	20
1.5. Endüstri 4.0'ın Türkiye ve Dünyadaki Etkileri.....	21

BÖLÜM II LOJİSTİK KAVRAMI VE LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ KULLANIMI

2.1. Lojistik Kavramı	27
2.2. Lojistik Yönetimi.....	30
2.3. Lojistiğin Önemi.....	32
2.4. Lojistik Faaliyetler	32

2.4.1. Taşımacılık.....	35
2.4.2. Depolama	35
2.4.3. Elleçleme	36
2.4.4. Sipariş Yönetimi.....	37
2.4.5. Envanter Yönetimi	38
2.4.6. Müşteri Hizmetleri.....	39
2.4.7. Ambalajlama	39
2.4.8. Satın Alma	40
2.5. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi.....	40
2.6. Endüstri 4.0'ın Lojistiğe Etkisi: Lojistik 4.0.....	44
2.7. Lojistik 4.0'ın Teknik Bileşenleri.....	46
BÖLÜM III	
ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE KULLANIMININ	
OPERASYONEL VERİMLİLİK İLE İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	
3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	50
3.2. Araştırmanın Örneklemi	51
3.3. Araştırmanın Yöntemi.....	52
3.4. Güvenilirlik ve Geçerlilik Analizi	53
3.5. Araştırma Bulguları ve Veri Analizi	55
3.5.1. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler	56
3.5.2. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi	59
3.5.3. Taşıma Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi	65
3.5.4. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi	71
3.5.5. Sipariş Yönetimi ve Müşteri Hizmetleri ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi	80
3.5.6. Maliyet Verimliliğinin Endüstri 4.0 ve Operasyonel Verimlilik ile İlişkisi..	84
3.5.7. İşletmelerin Geleceğe Bakışı ve Stratejileri	85
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90
KAYNAKÇA	94
EKLER.....	104

GİRİŞ

Endüstri 4.0 kavramı, yeni nesil teknolojilerin gelişimini ve entegrasyonunu kapsamaktadır. Akıllı ürünler; dijital ve fiziksel süreçlere gömülerek, değer zinciri boyunca ürün ve süreçleri akıllı bir şekilde yönetmek ve analiz etmek amaçlarıyla kullanılmaktadır. Bu amaçlar; akıllı ağ oluşturma, mobilite, endüstriyel işlemlerin esnekliği ve birlikte çalışabilirlik, müşteriler ve tedarikçilerle entegrasyon anlamına gelen dijital üretimin ortaya çıkışını sağlayan yenilikçi iş modelleri ile desteklenmektedir. Endüstri 4.0'la birlikte gelen sensör teknolojisindeki gelişmeler ve nesnelere arasındaki iletişime bağlı iletişim ile; veri yaratmada çeşitlilik, hacim ve hızda artış sağlanmakta ve böylece veri akışı sürekli hale getirilmektedir. Bu süreklilik aynı zamanda veri türünü de değiştirmekte büyük hacimli görüntüler, gerçek zamanlı videolar gibi daha büyük veri türlerinin depolanabilmesi için çözümler gerektirmektedir. Tüm ürün yaşam döngüsü boyunca iç içe dijital ve fiziksel işlemlerin verilerinin depolanması ve analizi büyük veri ve bulut bilişim sistemleriyle sağlanmaktadır (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, sanal gerçeklik ve simülasyon, üç boyutlu yazıcılar, akıllı fabrikalar, akıllı robotlar ve siber güvenlik teknolojileri oluşturmaktadır. Siber Fiziksel Sistemler (CPS), fiziksel varlıkları ve sayısal yetenekleri arasında birbirine bağlı sistemleri yönetmek için dönüştürücü teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Sensörlerin, toplama sistemlerinin ve bilgisayar ağlarının daha yüksek kullanılabilirliği ve satın alınabilirliği ile sonuçlanan son gelişmelerle birlikte günümüz endüstrisinin rekabetçi doğası, daha fazla fabrikayı yüksek teknoloji yöntemlerini uygulamaya yöneltmektedir. Sonuç olarak, sensörlerin ve ağa bağlı makinelerin giderek artan kullanımı, büyük veri olarak bilinen sürekli yüksek hacimli veri üretimi ile sonuçlanmıştır. Böyle bir ortamda büyük verileri yönetmek ve akıllı, esnek ve kendiliğinden uyarlanabilir makinelerin birbirine bağlanabilirliğini arttırmak için nesnelere internetinin sağladığı ağ bağlantıları daha da geliştirilmelidir (Lee, Bagheri ve Kao, 2014, s. 18)

Mevcut endüstriyel uygulamalarda kullanılan siber fiziksel sistemlerin; üretim, lojistik ve hizmetlerle bütünleştirilmesi, önemli derecede ekonomik potansiyele sahip

olan akıllı fabrikaları oluşturmaktadır. Akıllı fabrikaları oluşturmadan önce simülasyon ve sanal gerçeklik yöntemleriyle uygunluğunun tespit edilmesi, oluşabilecek hatalara ve problemlere karşı önlemlerin alınması sağlanabilmektedir. Birbirleri arasında iletişim kurabilen akıllı robotlar, fabrikayı ve kendi kendilerini yöneterek kontrol altına alabilmektedirler. Ancak, tüm sistemlerin dijitalleşmesi; bir fabrikanın üretimini tamamen durdurma, ülkelere karşı savaşlar açabilme ve onları kontrol altına alabilme gibi siber anlamda çok büyük riskler yaratabilmektedir. Bu nedenle, şirketlerin ve ülkelerin çok sıkı siber güvenlik tedbirleri almaları gerekmektedir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş yaşamına girmesiyle birlikte yeni yönetim anlayışlarının gelişmesi lojistik yönetimini günümüzde gittikçe önemli bir noktaya getirmiştir. Keskin bir şekilde artan rekabet koşulları altında şirketlerin girişim stratejilerini yeni nesil teknolojilerle bütünleşmesi gerekmektedir. Şirketlerin ürün, süreç ya da hizmet yönlü inovatif gelişmeleri takip etmeden rekabet anlamında bir avantaj oluşturması beklenemez. Süreç iyileştirme ve maliyet verimliliği aşamasında pazar lideri lojistik işletmeleri yatay ve dikey entegrasyon ile optimizasyon çalışmalarını hızlandırarak liderliklerini sürdürmeyi hedeflemektedir. Bu işletmeler 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 verimlilik elde etmek ve 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). Bu bağlamda araştırmanın amacı; taşıma, depolama, sipariş yönetimi ve müşteri hizmetlerinden oluşan

operasyonel faaliyetleri tek tek ele alarak Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile operasyonel verimlilik ilişkisini 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. Araştırmada, yarı-yapılandırılmış derinlemesine mülakat, gözlem ve doküman yöntemleri kullanılmaktadır. Araştırma ölçeği, 7 bölümden oluşan 37 soruluk görüşme formudur. Elde edilen bulgular gömülü teori yöntemiyle çeşitli kodlamalar yapılarak çözümlenmekte ve kavramsal kategoriler oluşturulmaktadır. Burada amaç gömülü teori kullanılarak kuram oluşturmak ve daha sonraki araştırmalar için literatüre katkı sağlamaktır.

BÖLÜM I

ENDÜSTRİNİN GELİŞİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

Tezin birinci bölümünde, yeni nesil teknolojilerle birlikte tüm sektörlerde iş yapış şekillerini değiştiren Endüstri 4.0 kavramı, tarihsel perspektiften incelenecektir. Bu kavramın ortaya çıkmasını sağlayan nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri, akıllı fabrika, simülasyon gibi teknolojiler açıklanarak, Türkiye ve dünyadaki etkileri araştırılacaktır.

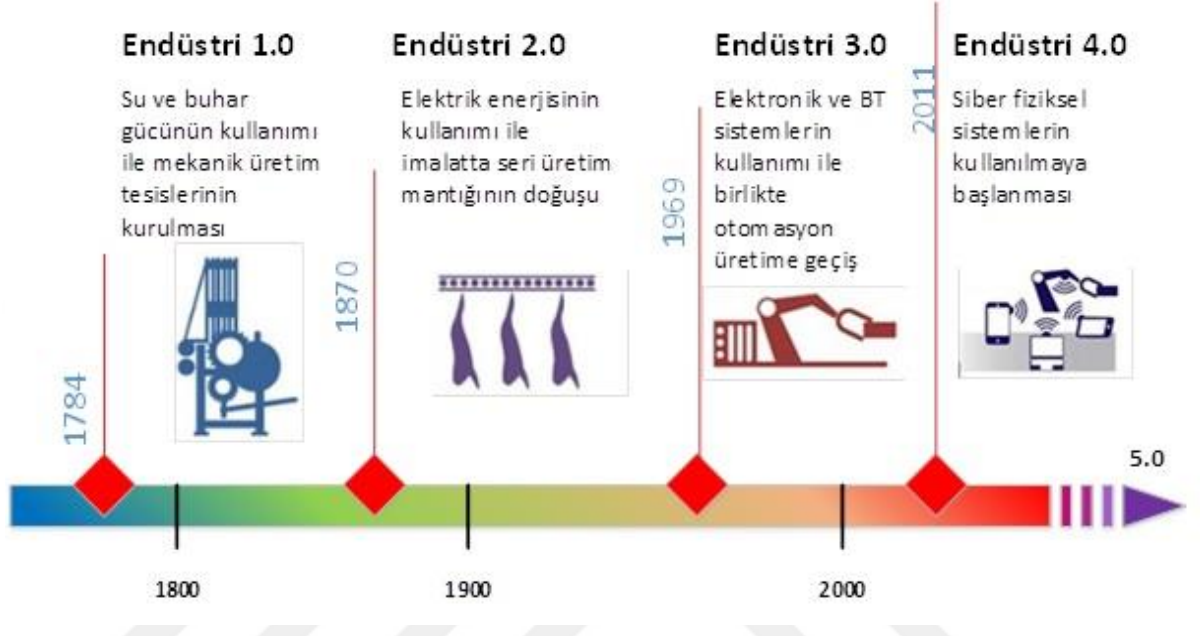
1.1.ENDÜSTRİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Endüstri Devrimi, toplumumuzu ve ekonomimizi temelden değiştiren bir kavram ve gelişmedir. Gelişme terimi, gerçekten hızlı ve temel bir değişimi işaret eden devrim bağlamında büyük değişikliklerin nispeten kısa bir süre içinde gerçekleşmesidir. Küçük çaplı atölyelerle oluşan tekstil ve seramik fabrikaları ile başlayan endüstriyel süreç, yeni kanal ve demiryolu hatları altyapısı ile gelişerek verimli dağıtımı sağlamıştır (Sogeti, 2014, s. 11).

İlk endüstri devriminden bu yana, sonraki devrimler su ve buharla çalışan makinelerden elektrikli ve dijital otomatik üretime kadar üretimde köklü değişikliklerle sonuçlanmıştır. Üretim süreçleri gittikçe daha karmaşık, otomatik ve sürdürülebilir hale gelerek insanların makineleri daha basit ve verimli bir şekilde kullanabilmesi sağlanmıştır (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016, s.2).

Endüstriyel devrimler tek bir teknoloji ile değil, niceliksel etkileri 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 inovatif seri üretim hattı gelişmeleriyle ikinci endüstri devrimi takip etmiştir. Üçüncü endüstri devrimi otomasyon,robotlar ve yazılımların devreye girmesiyle dijitalleşmeyi sağlayarak dördüncü endüstri devrimine gerekece oluşturmuştur. Tüm bu süreçlerin etkileşimiyle siber ve fiziksel sistemlerin bir araya gelmesi, nesnelerin birbiriyle iletişime geçebilmesi, büyük verilerin depolanarak

bireyselleştirilmiş isteklere cevap verebilir hale gelmesi ile dördüncü endüstri devriminin temelleri atılmıştır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.32). Endüstriyel devrimlerin tarihsel gelişimi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi

Kaynak: Tunçel, Candan ve Satır, 2018.

➤ *Birinci Endüstri Devrimi (1784-1870)*

Birinci endüstri devrimi, buhar makinesinin icadıyla makineleşme ve fabrika sanayini başlatmıştır. 18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de başlayarak Batı Avrupa ülkelerine yayılan devrim, sosyoekonomik yaşamı derin bir biçimde etkilemiştir. Bu devrimle birlikte yeni yaşama ve çalışma koşulları gelişerek işçi sınıfı ortaya çıkmış ve kentlerin nüfusu hızla artmaya başlamıştır (Özkiraz ve Talu, 2008, s.109). Üretim gücü, tekstil, demir ve çelik endüstrileri ile taşımacılık sistemlerinin değişmesiyle köklü bir değişim yaşanmıştır.

Su ve buhar makinesiyle mekanik üretim yaparak kurulan kontrol sistemleriyle birleştirilmiş mekanik enerjinin yaygınlığı, tekstil endüstrisinde büyük verimlilik artışı sağlamıştır (Sogeti, 2014, s. 11).

➤ *İkinci Endüstri Devrimi (1870-1969)*

İkinci sanayi devrimi 1900 yılında içten yanmalı motorun icadıyla başlamıştır. Bu, seri üretime güç sağlamak için petrol ve elektrik kullanarak sanayileşme dönemini hızlandırmıştır (Xu, David ve Kim, 2018, s.90). İlk olarak Henry Ford'un otomobil fabrikasında uygulanan düşük maliyet ve standart ürüne dayalı kitlesel üretim, Keynesyen harcamacı politikalarla da desteklenmiştir. Krizlerin eksik tüketimden kaynaklı olduğunu savunan bu politikalar, tüketicilerin alım gücünü arttırarak tüketimi arttırmanın krizden çıkış için tek yol olduğunu savunmuşlardır (Altıok, 2009, s.100). Artan taleple birlikte üretimi arttırmak ve tam istihdama ulaşma konusunda yetersiz kalan kapitalizmin aksaklıklarını giderebilmek için Fordizm olarak da anılan üretim stratejisiyle iş bölümü temelinde iş yapış şekilleri değişikliğe uğramıştır. Tüketicilerin tercihlerinin değişmesi ve artan rekabet, fordizmin tek kalıp üretim sistemini sekteye uğratarak 1973 petrol kriziyle tamamen çökertmiştir (Alçın, 2016, s.21).

➤ *Üçüncü Endüstri Devrimi (1969-2011)*

Üretim otomasyonu için elektronik ve bilgi teknolojisinin uygulanması, 1968 yılında başlayan üçüncü endüstri devriminin simgesi olmuştur (Xu, David ve Kim, 2018, s.90). Bu dönemde üretim sistemlerinde fordizm yerini post-fordizme bırakırken, tüketicilerin değişken tercihlerine esnek bir şekilde cevap verebilen firma ve ülkeler öne çıkmaya başlamıştır (Alçın, 2016, s.21). Günlük hayata da yansıyan bilgisayar, cep telefonu ve internet gibi makineler, yalnızca el emeğinin önemli bir kısmını değil, aynı zamanda akılla yapılan işleri de önemli bir oranda ele geçirerek gelişimi hızlandırmıştır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013, s.14).

Programlanabilir mantıksal denetleyicilerin (Programmable Logic Controller) gelişimi ileri otomasyon düzeyine geçmeyi sağlayarak mikro elektrik, fiber optik, lazer ve bilişim gibi teknolojileri de geliştirmiştir. Programlanabilir makinelerin gelişerek endüstriyel robotlara dönüşmesi, kas gücüne duyulan ihtiyacı azaltmıştır. Ulaşım ve iletişimin gelişmesi küreselleşmeyi hızlandırırken, dünya kaynaklarının hızla tükenmesi gündeme sürdürülebilirlik kavramını getirmiştir. Güneş ve rüzgar enerjileri gibi yenilenebilir enerji kaynakları bu dönemde ön plana çıkartılmıştır (Taş, 2018, 1822).

➤ *Dördüncü Endüstri Devrimi (2011-...)*

Dördüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0), internetin yaygınlaşmasıyla birlikte artan verileri depolama ve analiz etme ihtiyacıyla, sistemlerin akıllı hale dönüşmesini kapsayan önemli bir devrimdir. Almanya'nın öncülüğünü üstlendiği bu devrimde, Siber Fiziksel Sistemler (CPS) temelli endüstriyel ürünlerle, yazılım ve gömülü sistemlerin entegre çalışması ve özerk bir şekilde iletişim kurarak kendini yönetebilmesi amaçlanmaktadır (Lee, Bagheri ve Kao, 2014, s. 18). Günümüzdeki dönüşümlerin Üçüncü Sanayi Devrimi'nin uzantısı olarak değil de dördüncü ve yeni bir devrimi temsil etmesinin; hız, kapsam ve sistemler etkisi olarak üç temel nedeni vardır. Mevcut atılımların hızının tarihsel bir emsali yoktur. Önceki sanayi devrimleri ile karşılaştırıldığında, Endüstri 4.0, doğrusal bir hızda değil, üstel bir şekilde gelişmektedir. Bu değişikliklerin genişliği ve derinliği, tüm üretim, yönetim ve yönetişim sistemlerini dönüştürmektedir (Schwab, 2017, s.11).

Teknolojik yenilikleri sosyo-kültürel bağlamları içinde değerlendirmek çok önemlidir. Çünkü kültürel ve sosyal değişimler de kendi başlarına yeniliğin başlıca itici güçleridir. Örneğin, demografik değişim, öğrenmenin örgütlenme şekli, insanlar daha uzun yaşadıkça iş ve sağlığın doğası ve yerel toplulukların altyapısı gibi toplumumuzun tüm kilit alanlarını dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bunun da endüstrinin verimliliği için önemli etkileri olacaktır. Teknolojik ve sosyal inovasyon süreçleri arasındaki ilişkiyi optimize ederek, ülke ekonomilerinin rekabet edebilirliğine ve verimliliğine önemli katkılar sağlanacaktır. Endüstri 4.0'ı piyasaya sürmek yalnızca ülkelerin rekabetçi konumunu güçlendirmekle kalmayacak, aynı zamanda hem kaynak ve enerji verimliliği gibi küresel zorluklara hem de demografik değişimi yönetme gibi ulusal zorluklara çözüm getirecektir (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013, s.14).

1.2. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

Dördüncü endüstri devriminin başlangıcını simgeleyen Endüstri 4.0 kavramı, ilk olarak 2011 yılında gerçekleşen Hannover Fuarı etkinliğinde, Almanlar tarafından tanıtılmıştır. İlk yayınından bu yana, birçok Avrupa imalat araştırma kuruluşu ve şirketi bu konuda çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda; Endüstri 4.0 kapsamında üretimin,

özerk ve akıllı bir şekilde birlikte çalışabilen, bilgi alışverişi ve kontrolü sağlayabilen makineler ve üretim birimlerinden oluşacağı vurgulanmıştır (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016, s.2). Endüstri 4.0'ın kavram ve sistem anlayışına dair stratejiler, "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020'nin Gelecek Projeleri" girişimi Almanya tarafından uygulamaya konulmuş, ardından ABD ve Kore gibi bir çok ülkede yayılım göstermeye başlamıştır. Bu projeler, genel olarak akıllı teknolojileri kullanarak enerji kaynaklarının ve yapılan işlerin sürdürülebilirliğini arttırmaya yönelik uygulamaları içermektedir (MacDougall, 2014, s.13).

Dünyanın küreselleşmesiyle birlikte dünyada rekabetin, üretimin ve çeşitliliğin artması, tüketicilerin bireyselleştirilmiş talepleri ve yeni ürünlere hızla ve kolay bir şekilde ulaşma isteklerini arttırmış, bu da; işletmelerin yeni ürünleri daha hızlı, daha esnek ve daha uygun fiyatlı bir şekilde piyasaya sürme ihtiyacını körükleyerek Endüstri 4.0'ın işletmeler için önemini arttırmıştır (Soysal ve , 2017, s.5).

Endüstri 4.0, hem ürünleri hem de süreçleri içine alan çeşitli teknolojik gelişmelerin bir araya getirilmesidir. Diğer bir deyişle, Endüstri 4.0 akıllı ürünlerin dijital ve fiziksel süreçlere gömülmesi olarak tanımlanmaktadır. Dijitalin fiziksel iş akışlarıyla birleşmesini sağlayan siber-fiziksel sistemler (CPS), Endüstri 4.0'ın ana temasını oluşturmaktadır. Üretimde CPS kullanımı, fiziksel üretim adımlarına bilgisayar tabanlı işlemlerin eşlik ettiği anlamına gelmektedir. Siber-fiziksel sistemler, hesaplama ve depolama kapasitesini, mekaniği ve elektroniği içermekte ve bir iletişim aracı olarak internete dayanmaktadır. Endüstri 4.0 'ın bir diğer önemli teknolojisi ise, nesnelerin birbirleriyle iletişimini sağlayan ve internetteki varlıklara her zaman ulaşılabilir erişim olarak tanımlanan nesnelerin internetidir (IoT). İnternet hizmetleri fiziksel varlıklar yerine hizmetler ile benzer bir yaklaşım izlemektedir (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.2).

Genel olarak Endüstri 4.0, yenilikçi bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimini ve entegrasyonunu kapsamaktadır. Temel amaç, değer zinciri boyunca ürün ve süreçlerin akıllı ağını güçlendirmek ve böylece mal ve hizmetlerin yaratılmasında örgütsel süreçlerin daha verimli bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamaktır. Bu amaçlar; akıllı ağ oluşturma, mobilite, endüstriyel işlemlerin esnekliği ve birlikte çalışabilirlik, müşteriler

ve tedarikçilerle entegrasyon anlamına gelen dijital üretimin ortaya çıkışını sağlayan yenilikçi iş modelleri ile desteklenmektedir (Barreto, Amaral, Pereira, 2017, s.1246).

Endüstri 4.0, veri yaratmada çeşitlilik, hacim ve hızda büyük bir artışa işaret eder. Toplanan verilerin türü ve miktarı, sensör teknolojisindeki gelişmeler ve bilgisayar kapasiteleri içeren ürünler nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Günümüzde veriler sürekli toplanmakta ve sürekli bir veri akışı oluşturulmaktadır. Ayrıca veri türü gelişerek sadece sıcaklık ölçümü gibi basit ölçümler yerine görüntüler ve gerçek zamanlı videolar gibi daha büyük veri türleri kullanılmaktadır. Oldukça yüksek işlem kapasitesi nedeniyle görüntüler, sesler ve video dosyaları toplanabilir ve bakım işlemlerini tetiklemek için kullanılabilir. Tüm ürün yaşam döngüsü boyunca iç içe dijital ve fiziksel işlemlerin verilerinin depolanması ve analizi büyük veri ve bulut bilişim sistemleriyle sağlanmaktadır (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.3).

Siber teknolojilerin evrimi ve bunların dijital endüstriyel katma değer zincirine entegrasyonu "Endüstri 4.0" olarak adlandırılmaktadır. Siber-fiziksel sistemler (CPS), bir bilgisayar ve iletişim sistemi tarafından izlenebilen, koordine edilebilen, kontrol edilebilen ve entegre edilebilen fiziksel ve mühendislik sistemlerdir. CPS, fiziksel dünya ile etkileşimi içerir ve bir dizi ağ aracı tarafından oluşmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ile ilgili bir diğer tanımlayıcı özellik olan "Nesnelerin İnterneti" (IoT) ise, siber fiziksel sistemlere dayalı akıllı ağlardır. Bu ağlar CPS'nin etkileşime girme, izlenme, kontrol ve yönetilme şeklini de etkilemektedir. Bu nedenle üretimde, hizmet sunumunda, lojistik 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 işbirliğine katkıda bulunmaktadır (Barreto, Amaral, Pereira, 2017, s.1247).

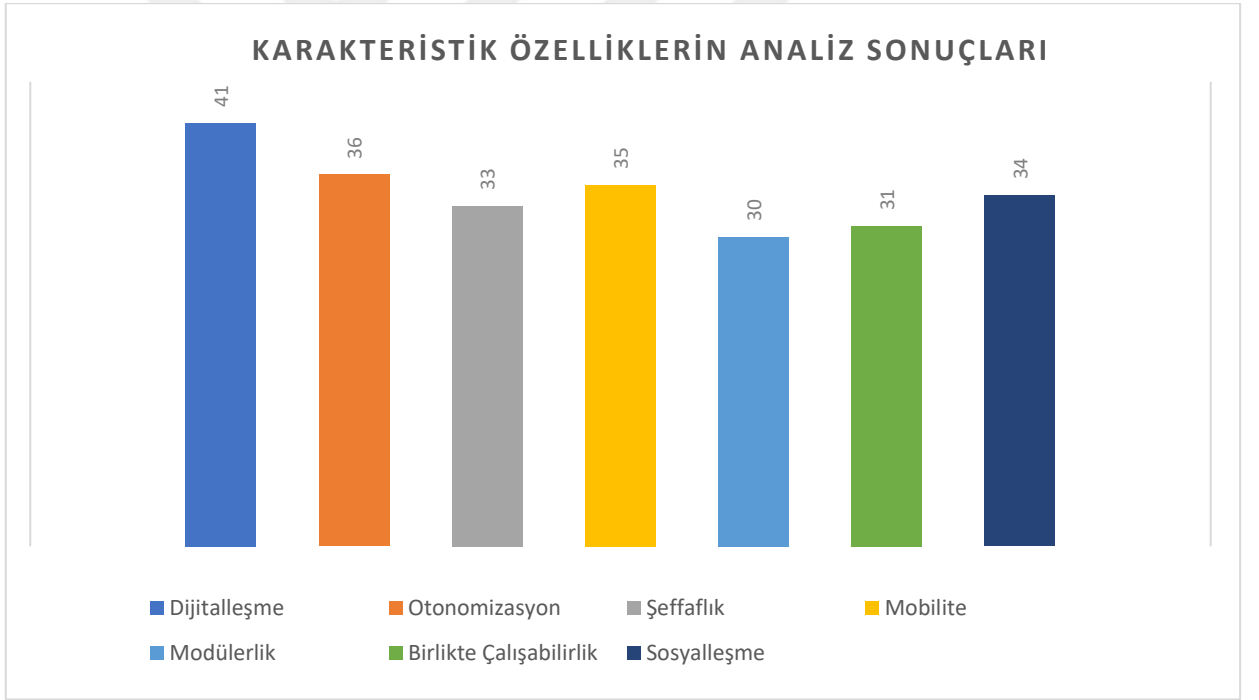
1.3. ENDÜSTRİ 4.0'IN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Endüstri 4.0'ı değer zinciri içinde tanımlayan yedi ifade vardır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.38).

- Dijitaleşme/Sanallaşma
- Otonomizasyon/Özerkleştirme
- Şeffaflık

- Mobilite /Taşınabilirlik
- Modülerlik/Birimlere ayrıştırma
- Birlikte çalışabilirlik
- Sosyalleşme

Şekil 2, Endüstri 4.0 terimini tanımlamak için kullanılan kavramları, 45 üzerinden puanlanılarak Endüstri 4.0 kavramıyla ne derecede ilişkileri olduğunu gösteren analiz sonuçlarını özetlemektedir. Analiz sonuçlarına göre Endüstri 4.0; dijitalleşme, özerklik, şeffaflık, mobilite, modülerleştirme, birlikte çalışabilirlik ile ürün ve süreçlerin sosyalleşmesi trendlerini ele almak için bir değer zincirinde türetilen ve uygulanan tüm yıkıcı yeniliklerin toplamıdır. Aşağıda, yedi karakterizasyon özelliği yansıtılmakta ve ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 2. Karakteristik Özelliklerin Analiz Sonuçları

Kaynak: Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.38.

Dijitalleşme

Şirketlerin iç süreçleri, ürün bileşenleri, iletişim kanalları ve tedarik zincirinin tüm diğer kilit noktaları süregelen hızlandırılmış dijitalleşme süreçleridir. Kavramsal

analizlere göre Şekil 2’de görselleştirilen işlemlerden en önemli tanımlanan özellikler dijitalleşme işlemleridir. Bu, tüm diğer karakteristik özelliklere olanak vermektedir.

Endüstri 4.0’ın ön şartlarından biri dijital dönüşümdür. Dijitalleşme, değer zinciri boyunca önemli bir değişiklik faktörü olmuştur ve şirketlerin, yeni çevrede başarılı olmak için işlerinin dijital dönüşümünü yönlendirmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm için şirketlerin dijital yetenekleri geliştirme kabiliyeti, verileri değerli bir işletme varlığı olarak yönetmek ve hızlı sistemler / veri mimarisi uygulaması kritik öneme sahiptir. Bu sayede şirketler, kontrol noktalarını güvence altına alarak siber güvenliği yönetecek ve daha uzun geri dönüş süreleri olan kritik görev uygulamalarını birbirinden ayıracaktır (Maslaric, Nikolicic ve Mircetic, 2016, s.513).

Özerkleştirme/Otonomizasyon

Endüstri 4.0 teknolojileri ve kavramları, makinalar ve gelecek şirketlerin algoritmalarını için karar verme ve otonom öğrenme faaliyetleri gerçekleştirmeye olanak sağlamaktadır. Bu otonom karar verme ve öğrenme faaliyetleri insan yapımı algoritmalarından kaynağını almakta ve tüm fabrikalar ve üretim tesislerinin minimum düzeyde insan makine etkileşimi ile çalışmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, şu anda var olan özellikler gerçek zamanlı olarak analiz edilebilmektedir. Bu nedenle lojistikte özerklik/otonomizasyon, özerk karar alma, lojistik faaliyetlerinin kontrol edilmesi, planlanması ve başlatılması anlamına gelmektedir (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.39).

Şeffaflık

Küresel tedarik zinciri bir hayli karmaşık yapılar tarafından nitelendirilirken, mevcut endüstri 4.0 teknolojileri tüm değer oluşum süreçlerinin şeffaflığı artmaktadır. Şeffaflığın artmasıyla şirketlerde karar verme daha işbirlikçi ve verimli olacaktır. Sadece tedarik zinciri süreçlerinde değil şirket ortaklarının ve müşterilerin davranışları şirkete karşı daha açık olacaktır.

Mobilite/Taşınabilirlik

Mobil cihazların yaygınlaşması; tüm dünyada iletişim, veri paylaşımı ve değer üretimine olanak sağlamaktadır. Mobil cihazlar üretim süreçlerinde müşterilerin şirketlerle etkileşim yolunu, iletişimini ve makinelerin etkileşimini değiştirmektedir.

Modülerlik

Modüler üretim tesislerinin ürün süreçlerinin esnekliğini arttıran nicelikleri, birimlere ayrıştırılarak otonom bir şekilde ayarlanabilmektedir. Modüler yapı, üretimin her bileşeninin tanımlanmış bir işlev görmesine izin veren sistem içinde kabul edilmektedir (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016, s.3).

Birlikte çalışabilirlik

Tıpkı toplumumuzda insanoğlunu etkileyen sosyal ağlar gibi, şirketlerin süreçleri de, şirketlerin içerde ve dışardaki organizasyonel sınırları içindeki ağlar ve makine etkileşimleriyle tanımlanarak, yapılacak faaliyetler kararlaştırılmaktadır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.39). Birlikte çalışabilirlik, farklı mimari ve teknolojik yapılara sahip nesnelerin, ağlar aracılığıyla aynı platformda çalışabilmesidir.

Birlikte çalışabilirliğin temel fikri, aynı zamanda IoT ve CPS'nin kilit noktası olan entegrasyondur. Endüstri 4.0'ın, yatay entegrasyon, uçtan uca entegrasyon ve dikey entegrasyon olarak üç çeşit entegrasyonu vardır. Bu üç tür entegrasyon, eşler arası üç boyut, işletme değeri ağları üzerinden; yatay entegrasyon, ürünler zincirinde; uçtan uca entegrasyon, üretim sistemi boyunca; dikey entegrasyon anlamına gelmektedir. Şirketlerin evrensel veri entegrasyon ağlarının gelişmesi ile şirketler, birimler ve yetkinliklerin birbirleriyle uyumu artmaktadır (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016, s.3).

Sosyalleşme

Ağlar içinde birlikte çalışmak makinelerin diğer makinelerle veya insanla iletişim ve etkileşim göstermesi için olanak tanımaktadır. M2X olarak adlandırılan makine-makine, makine-insan ve makine-altyapı arasındaki iletişim, nesnelerin internetiyle

sağlanmaktadır. Böylece yapılan işbirlikleri toplumsallaşarak tüm süreçlerin adaptasyonu sağlanmaktadır.

1.4.ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI

Endüstri 4.0, “akıllı” nesnelere (makinelere ve ürünler) alanında, internet teknolojilerinin geleceğe yönelik teknolojilerle birleşimi şeklinde, endüstriyel fabrikalarda gelişmiş bir dijitalleşmeyi ifade etmektedir. Bu, endüstriyel üretim sistemlerinde, ürünlerin kendi üretim süreçlerini kontrol etmesini mümkün kılarak iş yapış şekillerini dönüştürmektedir. Dijitalleşmenin ve internetin yüksek önemi, nesnelere interneti kavramıyla açıklanırken, verilerin düzenlenmesi ve kontrolü büyük veri analizi ile sağlanmaktadır (Glas ve Kleeman, 2016, s. 57). Nesnelere interneti, büyük veri analitiği, siber fiziksel sistemler, üç boyutlu yazıcılar, artırılmış gerçeklik, akıllı fabrikalar ve siber güvenlik gibi Endüstri 4.0’ın temellerini oluşturan teknolojik uygulamalar Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Endüstri 4.0 Uygulamaları

Kaynak: EBSO, 2015, s.9

1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler (CPS)

Siber Fiziksel Sistemler (CPS), fiziksel gerçeklik işlemlerinin bilgi işlem ve iletişim yapılarına bağlanmasını sağlayan otomatik sistemlerdir. Bu sistemler, çevre ile etkileşime giren ve işlem verilerinin alındığı sensörleri ve uyarıcıları kontrol eden genellikle bir veya daha fazla mikrodenetleyiciler bulunduran bir kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Bu sistemlerin, bir iletişim arayüzü gerektiren diğer CPS'lerle veri alışverişinde bulunmaları gerekir. Bu nedenle CPS, bir ağ üzerinden veri alıp gönderebilen gömülü bir sistemdir (Lee, Bagheri ve Kao, 2014, s.18). Gömülü sistemler ve ağlar, fiziksel işlemlerin hesaplamaları etkilediği ve bunun tersi yönde geri besleme döngüleri ile fiziksel süreçleri izlemekte ve kontrol etmektedir.

Sanal ve fiziksel dünyanın bir entegrasyonu olan CPS, süreçlerin bağımsız ve modüler sistemlerde paylaşılmasını, iletişim kurabilmelerini, yaşadıkları bağlamı tanımalarını ve kararlar vermelerini sağlamaktadır. Siber-fiziksel sistemlerin genel yapısı; gömülü sistemler, insan-makine arayüzü ve diğer sistemlere bağlantılardan oluşmaktadır. Gömülü sistemler ise, sensörler, okuyucular, elektronik donanım ve yazılımları içermektedir. CPS, işleme ve iletişimin siber yönlerini dinamik yönlerle ve fiziksel sistemlerle birleştirmektedir (Frazzon, Dutra ve Vianna, 2015, s.331). Bu, hem merkezi hem de merkezi olmayan depolama ve analitik gibi benzersiz bir bir ağ üzerinden iletişim kuran birçok sensör ve okuyucu ile gerçekleştirilebilmektedir. Tanımlama fonksiyonu olarak adlandırılan bu işlem RFID etiketleriyle sağlanmaktadır (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.218).

CPS, öğeyi tanımlamak, algılamak ve bulmak ve verileri bu ilgili bilgileri toplayıp analiz edebilecek bir bilgisayara göndermek için RFID teknolojisini kullanmaktadır. Bu sistemler, interneti bir iletişim aracı olarak kullanan diğer sistemlerle veya insanlarla iletişim kurabilmekte, böylece gerçek zamanlı olarak veri paylaşılabilen ve süreçler koordine edilebilmektedir (Herman, Pentek ve Otto, 2016, s.3934).

1.4.2. Nesnelerin İnterneti (IOT)

RFID teknolojisinin kullanılmasıyla ortaya çıkan “Nesnelerin İnterneti” (Internet of Things) kavramı ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter & Gamble şirketi için hazırlanan ve tedarik zinciri yönetimini konu alan bir sunumda kullanılmıştır (Witkowski, 2017, s.766).

Nesnelerin interneti; nesneler ve objelerin, benzersiz adresleme şemaları yoluyla, etrafındaki akıllı bileşenlerle ortak hedeflere ulaşmak için, birbirleriyle etkileşime girmelerini ve birlikte çalışmalarını sağlayan ağlardır. RFID, sensörler, aktüatörler, mobil telefonlar gibi fiziksel nesnelere eklenen nesne ve objeler arasındaki iletişimi sağlamaktadır. Bu nedenle, IoT, siber-fiziksel sistemlerin, iletişim kurarak birbirleriyle işbirliği yaptığı bir ağ olarak tanımlanabilmektedir (Herman, Pentek ve Otto, 2016, s.3934).

Nesnelerin interneti giderek artan sayıda fiziksel ürün, verileri yakalayabilen ve işleyebilen ve daha sonra bu verileri insanlara ve diğer ürünlere iletebilen sensörler ile donatılmıştır (Strange ve Zuchella, 2017, s.175). Fiziksel ürünler içinde gömülü olarak bulunan sensörler nesnelerin interneti ağında veri toplama cihazlarıdır. Bu yapıda nesnelerin birbirleriyle iletişim halinde olmaları ve işleri kendileri yönetmeleri söz konusudur. Bu terim farklı, tanımlanmış nesneler ve onların internet benzeri ağları için uygulanmaktadır. Aslında IoT, bir ağ bağlantısı ve nesnelerin, ekipmanların, araçların, binaların veya diğer entegre elektronik cihazların veri alışverişidir. Nesnelerin İnterneti sayesinde, nesneler sadece çevrelerini algılamakla kalmayıp aynı zamanda düzenlemelerine de izin vermektedir. Böylece cihazlar daha verimli ve ekonomik şekilde kullanılabilir (Guban ve Kovacs, 2017, s.113).

Birebir bağlantılardan ağ sistemine kadar uzanan aynı veya benzer tipteki cihazlar arasındaki haberleşme makineden makineye iletişim (M2M) olarak adlandırılır. M2M, Nesnelerin İnterneti olarak isimlendirilen bir bilgi kanalının varlığını gerektirir (Guban ve Kovacs, 2017, s.113).

Akıllı fabrikalar, akıllı evler ve akıllı ağlar nesnelerin interneti kullanımında önde gelen örneklerdir. Akıllı evler; çeşitli çevre sensörleri, ısıtma ve havalandırma sistemi

bileşenler ile mobil cihazların daha fazla konfor sağlamak için birbirine bağlandığı ve anlık takip edilebilmeyi sağladığı sistemlerdir. Akıllı evlerin vizyonu; sıcaklık ve nem gibi kullanıcı dostu otomasyondan mutfak ekipmanı cihazları gibi daha fazla cihazı birbirine bağlamaya kadar genişlemektedir (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.219). Sanayi bağlamında bakıldığında nesnelerin interneti, üretim süreçlerini dönüştürerek robot ve makinelerin internet ağları aracılığıyla iletişim kurabilmesini ve bu sayede akıllı fabrikalarda üretim gerçekleştirilmesini olanaklı kalmaktadır. Akıllı fabrikalardaki akıllı ağlar yoluyla sağlanan insan-makine-üretim kaynağı etkileşimi, üretilen ürünlerin sorunsuz, uzun ömürlü ve daha hızlı bir şekilde üretilmesini sağlamaktadır (Bulut, 2017, s.56). Ayrıca bu teknolojiler tedarik zincirinde taşıma süreçleri içinde verileri bir araya getirme, yönetme ve analiz etme işlemlerine de yardım etmektedirler.

1.4.3. Büyük Veri Analitiği

Günümüzde internetin yaygınlaşması, benzer teknolojilerle karşılaştırıldığında çok daha büyük bir hızla gerçekleşmiştir. Radyo teknolojisi 38 yılda, televizyon 13 yılda 50 milyon kişiye ulaşırken, internetin aynı sayıda kişiye ulaşması sadece 4 yıl sürmüştür. 2012 yılında yayınlanan McKinsey raporunda ise Facebook ve Twitter gibi sosyal medya araçlarının bu sayıyı 1 yıldan daha az sürede yakaladığı belirtilmiştir. 2013 yılında IBM'in yayınladığı açıklamaya göre ise dünyadaki toplam verinin neredeyse tamamına yakını (%90) sadece son iki yılda ortaya çıkmıştır (Akal, 2016, s.201) .

İnternet ağları üzerinden çok fazla sayıda cihazın birbirine bağlanmasıyla birlikte paylaşılan veri miktarının da büyük oranda artması, toplanan verilerin geleneksel yöntemlerle incelenmesini zorlaştırmıştır. Verilerin toplanıp yığın haline dönüşmesini engellemek için bu verilerin birbirleriyle ilişkili şekilde ele alınması önemli bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle kurumların sayısallaştırılmış veri işleme ve yönetme konusundaki ihtiyaçları, verilere gerçek zamanlı erişim ve karar verme olanağı sağlayan büyük veriye erişim ihtiyacını arttırmıştır (Karasulu, 2016, s.1).

1.4.4. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrikalar genellikle Endüstri 4.0'ın kilit bir özelliği olarak belirtilmektedir. Endüstri 4.0'ı oluşturan diğer bileşenlerin üretimde kullanılarak fabrika ortamında

gerçekleştirilmesi akıllı fabrika olarak adlandırılmaktadır. Bir akıllı fabrikanın çalışması müşteri talepleri tarafından yönlendirmekte ve siparişleri karşılamak için CPS, IoT ve IoS kullanılmaktadır. Temel ilke, fiziksel ve sanal dünyadan gelen bilgilerin, insanların ve makinelerin görevlerini yerine getirmeleri için bağlam ve yardım sağlamak için kullanılmasıdır (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.220)

Makinelerin, robotların ve internet ağlarının üretim süreçlerine hakim olduğu akıllı fabrika sistemi; gelişmiş yazılım ve bilgisayar programlarının makinelere entegre edilmesi sonucunda akıllı üretimi oluşturmaktadır. Böylece karmaşık üretim süreçleri hızlı ve sorunsuz şekilde yönetilebilmekte ve her birim birbiri arasında etkileşim sağlayabilmektedir (Önday, 2017, s.62). Aynı zamanda, klasik üretim sistemlerine göre zaman, kaynak, kalite ve maliyet gibi avantajlar sağlanabilmektedir.

1.4.5. Üç Boyutlu Yazıcılar

Başlangıçta prototip üretmek için otomatik bir yöntem olarak geliştirilen üç boyutlu yazıcılar; günümüzde mekanik parçalar, ayakkabılar, moda ürünleri, aksesuarlar ve diğer tüketim malları üretme noktasına gelmiştir. Bilgisayar destekli bir tasarımla malzeme katmanları oluşturarak çalışması nedeniyle katmanlı imalat olarak da adlandırılmaktadır. Yazıcıda plastik, seramik veya metal tozları kullanılarak oluşturulan her katman, üç boyutlu bir ürün oluşturuluncaya kadar yazdırılmaktadır (Manners-Bell ve Lyon, 2012, s.1). Şekil 4’te üç boyutlu baskı aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.Üç Boyutlu Baskı Aşamaları

Kaynak: TÜSİAD, 2016, s.29

Üç boyutlu yazıcı kullanımının işçilik maliyetlerini azaltma, alet kullanmadan hızlıca prototip oluşturma, farklı parçaların vidalanması ve kaynaklanması ihtiyacını ortadan kaldırma, yeni, daha hafif, daha güçlü ve daha dayanıklı malzemelerle ürün tasarlama, verimliliği artırma, geleneksel imalatta ortaya çıkan atıkları ortadan kaldırma, ürün geliştirme süresinin kısalması, üretimde esneklik gibi avantajlarının yanında; uygun hammaddelerin ve 3B yazıcıların pahalı olması, baskı hızının düşük olması, mevcut 3B yazıcıların boyutunun her nesneyi üretmeye yetmemesi, seri üretim yapılamaması ile telif ve fikri mülkiyet haklarının korunamaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (AEB, 2015, s.4).

Üç boyutlu yazıcılar, üretimde montaj aşamasını ortadan kaldırarak, imalatçı için işçilik maliyetleri açısından büyük tasarruflar yaratmaktadır. Lojistik anlamında ele alındığında, potansiyel olarak ilgili bileşenlerin bir araya getirilmesinde yer alan depolama, taşıma ve dağıtım maliyetlerinin kaldırılması konusunda da büyük tasarruflar meydana gelmektedir. Ürünlerin toplu kişiselleştirilmesi, mal siparişi verildikçe stok seviyelerinin düşmesini ve böylece depolama gereksinimlerini azaltmayı sağlamaktadır. Ayrıca ürünü satış noktasında üreterek nakliye maliyetlerini düşürme, karbondioksit salınımını azaltma, ürünleri talep üzerine yaptığı için yedek parça gibi küçük maddelerin stok tutma ve depolama maliyetlerini ortadan kaldırma, gümrük vergilerini ortadan kaldırma gibi bir çok etkisi bulunmaktadır.

Gelecekte ise üç boyutlu yazıcıların; siparişe göre üretim stratejileri, üretici-toptancı-perakendeci ilişkisini temelde etkileyerek alışveriş deneyimlerini oldukça değiştireceği öngörülmektedir. Bazı sektörlerde, perakendeciler ya kendileri stoklarını koruyarak üreticiler için var olmayacak ya da vitrinler haline gelecektir. Siparişler doğrudan üretici tarafından yerine getirilerek tüketicinin evine teslim edilebilir konuma gelecektir (Manners-Bell ve Lyon, 2012, s.1).

1.4.6. Akıllı Robotlar

Robotların endüstriyel faaliyetlerde kullanımı ilk olarak 1961 yılında başlamıştır. Ultimate adı verilen ilk robot, baskı gibi basit işlemleri gerçekleştirmek amacıyla General Motors tarafından kullanılmıştır. Bu süreçte kullanılan tüm robotlar insan faktörüne

dayanan ve operatörler olmadan işlevsiz robotlar olmalarına rağmen, üretim faaliyetlerinde verim artışı ve performans sağlamışlardır. İlerleyen süreçte yüksek kalifikasyona sahip insanlar vasıf gerektirmeyen işleri robotlara devretmişlerdir. Günümüzde ise robotlar insana ilişkin faaliyetlerle donatılarak; algılama, analiz ve veri depolama konusunda daha yetenekli hale getirilmiştir.. Akıllı robotların kullanımı ile endüstriler, insan faktörü kaynaklı problemlerden arınarak subjektif hataları önleyebilir ve maliyetleri minimuma indirebilir hale gelmişlerdir (Görçün, 2016, s.187).

Sensörlerdeki ilerlemeler robotlara çevrelerini daha iyi anlama, tepkide bulunma ve ev işleri gibi çok çeşitli görevlerde rol alma yeteneği kazandırmaktadır. Özel bir birim tarafından programlanmaların gerekli olduğu geçmişten farklı olarak robotlar şimdi bulut aracılığıyla uzaktan enformasyona erişebilmekte ve böylece başka robotlardan oluşan ağlara bağlanabilmektedirler. Birbirleriyle ve insanlarla etkileşim kurabilen, kendi kendini yöneterek otonom kararlar alabilen yapılar akıllı robot olarak tanımlanmaktadır (Schwab, 2017, s.25).

Akıllı robotlar yapay zeka ile insan-makine işbirliğini daha büyük vurguyla yansıtmaktadırlar. Yapay zeka; makinelere, insanların sahip olduğu zekayı aktararak, onların yapabildiği işleri yapabilmesini sağlamak olarak tanımlanmaktadır. Yapay zekanın ana hedeflerinden biri makine öğrenmesi olarak adlandırılan öğrenme ve öğrenerek elde edilen bilgileri simüle edebilmedir. Ayrıca problem çözme, muhakeme, algı, dil işleme gibi insana özgü diğer becerilerin makinelere aktarımı da yapay zekanın gerçekleştirebildiği beceriler arasında yer almaktadır (Özdoğan, 2017, s.91).

Robotlar, endüstriyel faaliyetlerin yanında, daha verimli ve öngörülebilir iş sonuçları elde edecek şekilde tedarik zincirlerini de rasyonelleştirmektedir (Schwab, 2017, s.25). Nesnelerin interneti vasıtasıyla robotlara iletilen siparişler, herhangi bir müdahale olmadan otomatik olarak robotlar tarafından üretilmeye başlanabilmektedir. Benzer şekilde müşteri raftan ürün aldığı anda, rafa konumlu sensörler, ürünün asgari düzeyin altına düştüğü bilgisini eş zamanlı olarak sisteme düşmekte ve depoda yeterli miktarda ürün kalmamışsa üretimin başlamasına ilişkin komutlar sistem üzerinden robotlara gönderilebilmektedir (Görçün, 2016, s.189).

1.4.7. Simülasyon ve Arttırılmış Gerçeklik

Simülasyon, teknik anlamda gerçek bir dünya süreci veya sisteminin işletilmesinin zaman üzerinden taklit edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda simülasyon, sistem nesnelere arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modelidir (Önday, 2017, s.66). Simülasyon, bilgisayar vb. araçlarla deney yapma imkanı sağlayan, sistemlerin gerçek yapısı ve davranışını çözümleyebilmek için mantıksal ve matematiksel ilişkiler içeren bir yöntemdir. Fabrika operasyonlarında yaygınlaşması öngörülen bu yöntem, eş zamanlı verilerden faydalanılarak hazırlanan sanal modellerle fiziksel dünyanın sanal gerçekliğini oluşturacaktır. Bu sayede üretimde kullanılan makine parametreleri reel dünyaya geçmeden önce sanal dünyada test edilebilecektir. Ayrıca kaliteyi artırma ve kurulum sürelerini kısaltma gibi avantajlar sağlayacaktır (Soylu, 2018, s.48).

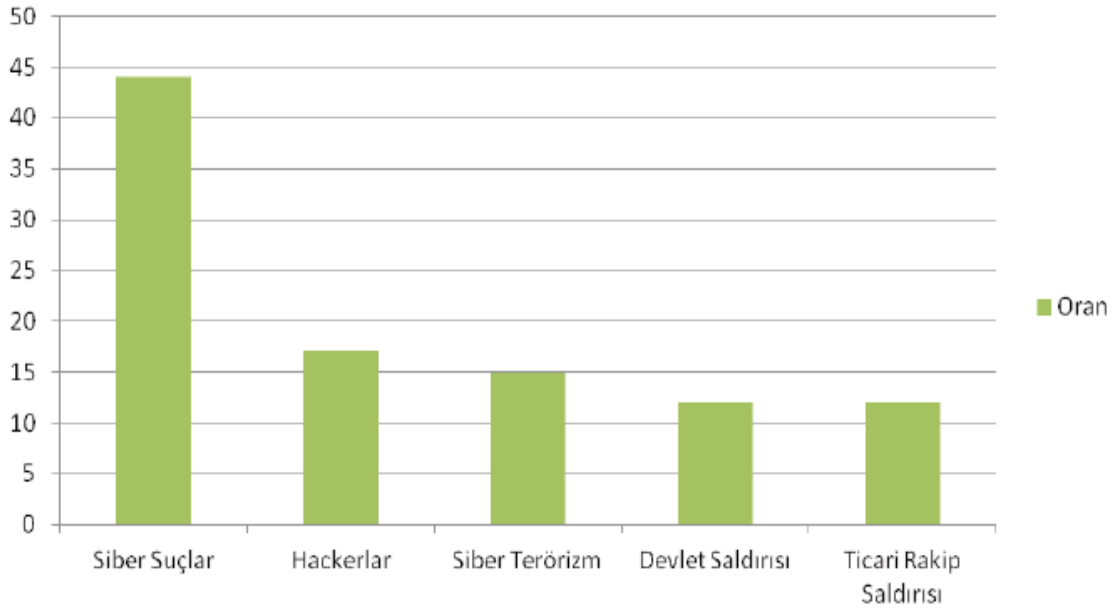
Arttırılmış gerçeklik olarak da adlandırılan sanal gerçeklik, gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayar tarafından üretilen ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümüdür. Bu kavram kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve arttırılmasıdır. Kullanıcı, gelişen arttırılmış gerçeklik teknolojisinin de yardımıyla etrafındaki bilgi ile etkileşime girebilmektedir. Bulunulan çevreyle ilgili yapay bilgi ve öğeler gerçek dünyayla bağdaşabilmektedir (Önday, 2017, s.66). Arttırılmış gerçeklik ile tüketici ve üreticilere üç boyutlu yapılar üzerinde etkin kararlar alabilme ve optimizasyonlar yapabilme gibi imkanlar sağlanmaktadır (Yıldız, 2017, s.7). Örneğin, bir fabrikanın veriminin ölçümleyebilmek için, fiziksel kurulumu beklemeden sanal ortamda analizleri yapılabilmekte ve üretim süreçleri ve makinelerin etkinliği değerlendirilebilmektedir (Soylu, 2018, s.48).

1.4.8. Siber Güvenlik

Teknolojinin gelişmesi ve bilgi alışverişinin sıklaşmasıyla iş yerlerinde kullanılan bilgisayarlar, tabletler, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, internet hatları gibi birbirlerine siber olarak bağlanabilen makineler arasında güvenlik açıkları oluşmaktadır.

Siber güvenlik tüm bu ağların bağlı olduğu ve kontrol ettiği sistemleri kapsamaktadır (Clarke ve Knake, 2011, s.44).

Endüstri 4.0'ın değer zincirindeki cihazların birbirleriyle özerk iletişimi üzerine kurulu olması, otomatikleşmiş büyük verileri arttırarak siber saldırıya açık hale getirmektedir. Siber saldırının en büyük tehlikesi küçük bir alana değil şirketin tüm birimlerine çok hızlı bir şekilde etki edebiliyor olmasıdır. Bu nedenle, güvenlik standartlarının yüksekliği Endüstri 4.0'ın uygulanabilirliğini belirlemektedir. Siber saldırılar; veri çalma gibi siber suçlar, hackerlar tarafından yapılan saldırılar, Terör grupları tarafından yapılan saldırılar, Devletler tarafından organize edilen saldırılar ve rakipler tarafından organize edilen saldırılardan oluşmaktadır. Şekil 5'te siber saldırıların yüzdelerle dağılımları verilmiştir.



Şekil 5.2016 Siber Saldırıların Yüzdelerle Dağılımı

Kaynak: MÜSİAD, 2017, s.57

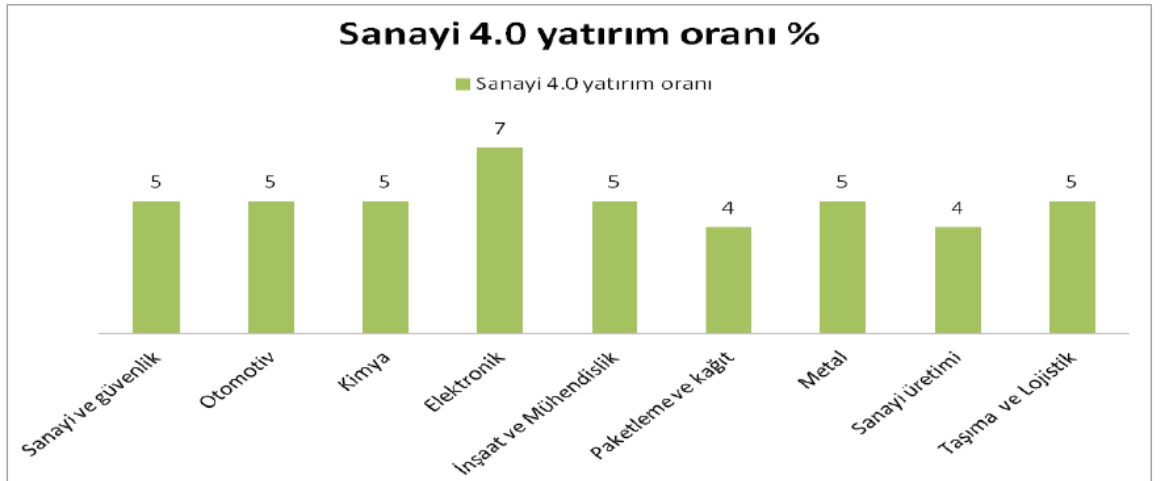
1.5. ENDÜSTRİ 4.0'IN TÜRKİYE VE DÜNYADAKİ ETKİLERİ

Tüm dünyada Endüstri 4.0, akıllı fabrika sistemlerine geçişi hızlandırarak endüstriyel üretim yaklaşımını kökten değiştiren yeni bir dönem başlatmıştır. Kendi kendini yönetebilen dijital zekaya sahip fabrikalarda, büyük veri analitiğiyle işlenen

veriler optimizasyonu, verimlilik ve kalite sağlarken, nesnelerin internetinin kullanımı; makineler, insanlar ve altyapılar arasındaki iletişimi sağlamaktadır. (KPMG, 2018, s.3)

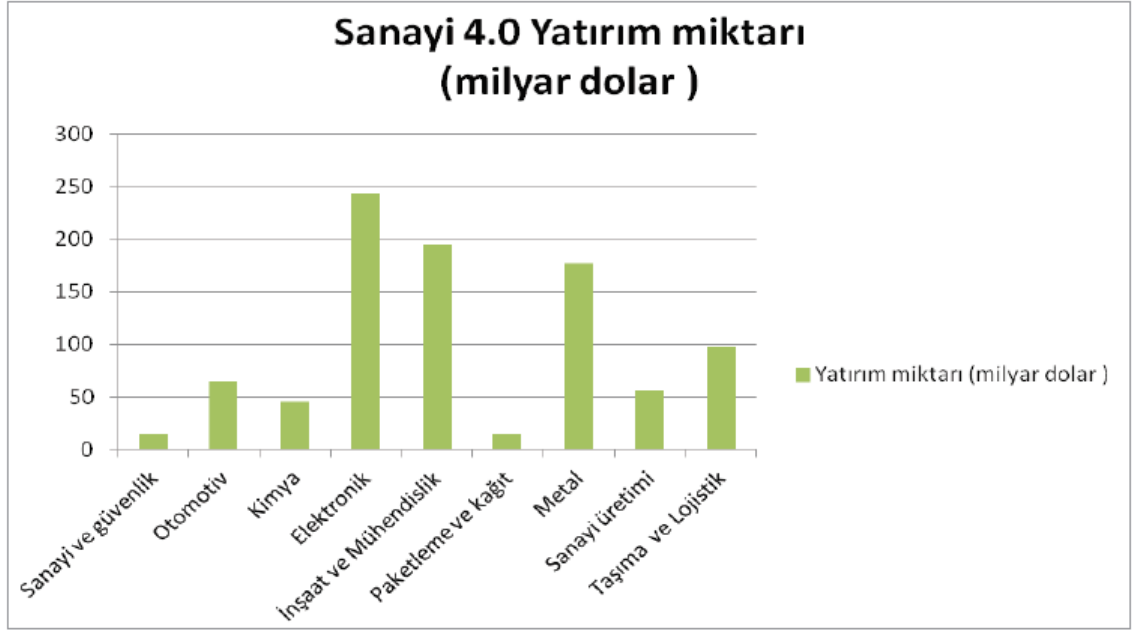
Dünyadaki bütün uluslara hitap eden bir ağ şirketi olan Cisco, nesnelerin İnterneti ile dünyada yenilik alanında 2,1 trilyon dolar, kaynak kullanımından 2,1 trilyon dolar, tedarik zinciri ve lojistik alanında 1,9 trilyon dolar, çalışan verimliliği artırımından 1.2 trilyon dolar ve artan tüketici deneyiminden 700 milyon dolar kar edileceğini belirtmiştir. Aynı şekilde Mc Kinsey 2025 yılına kadar her sene 11,1 trilyon dolarlık bir ekonomik etki tahmin etmektedir. IDC (International Data Corporation) nesnelerin internetinin özellikle üretim, tüketim, taşımacılık ve perakendenin alanında büyüyeceğini savunmaktadır (Doyduk ve Tiftik, 2017, s.43).

PWC şirketi tarafından yapılan Endüstri 4.0 için yapılan uluslararası bir araştırmada, sektörlerin yeni nesil teknolojilere mevcut durumda yaptıkları ve yapacakları yatırım oran ve miktarları Şekil 6’da belirtilmektedir. Mevcut durumda en fazla yatırım elektronik sektöründe görülürken gelecekteki yatırımların da en fazla elektronik ve inşaat sektörlerinde olacağı tespit edilmiştir. Şekil 7’de ise gelecekte hangi sektörlerle ne kadar teknolojik yatırım yapılacağı gösterilmektedir (MÜSİAD, 2017, s.90).



Şekil 6. Dünya’da Sektörlere Göre Sanayi 4.0 Yatırım Oranları

Kaynak: MÜSİAD, 2017, s.90.



Şekil 7.Dünya’da Sektörlere Göre Gelecekte Sanayi 4.0 Yatırım Miktarları

Kaynak: MÜSİAD, 2017, s.91.

Küresel marka niteliğindeki şirketlerin, üretim faaliyetlerini üretim maliyet endeksi düşük olan ülkelerde sürdürdüğü görülmektedir. Endüstri 4.0 ‘ın üretim şekillerini yapay zeka, akıllı robot ve akıllı fabrika gibi sistemlere dönüştürmesi, işgücü maliyetleri düşük olan ülkelere duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin küresel rekabet avantajlarını sürdürebilmeleri için yeni nesil teknolojilere yatırım yapması gerekmektedir. Şekil 8’de BCG’nin yayınladığı Üretim Maliyeti Endeksine göre hangi ülkelerde işgücü maliyetlerinin daha uygun olduğu görülmektedir (TÜSİAD, 2016, s.37).



Şekil 8.BCG Üretim Maliyeti Endeksi, 2014 (ABD = 100)

Kaynak: TÜSİAD, 2017, s.33

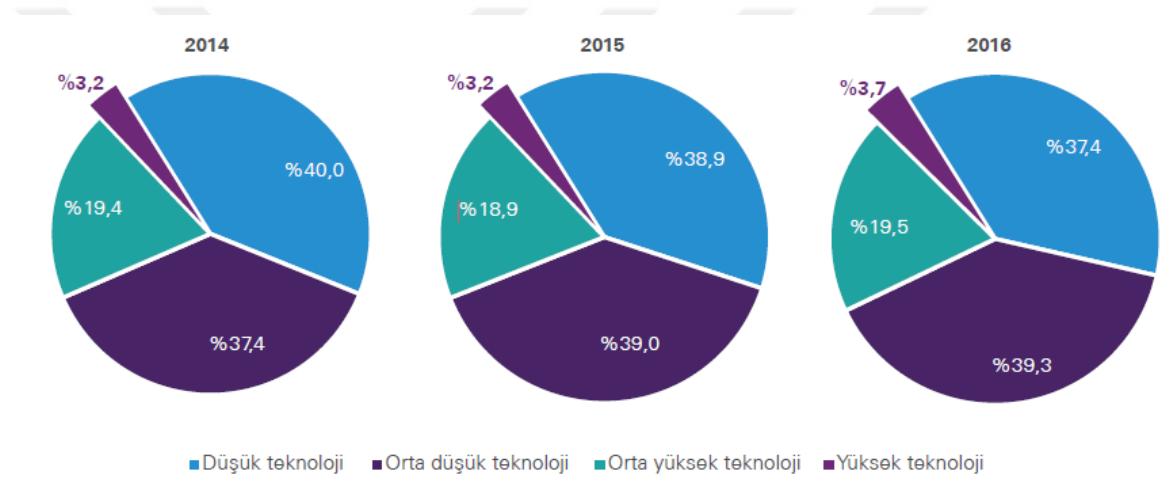
Endüstri 4.0 teknolojilerinin Türkiye’de kullanımı katma değerli üretim sağlayarak kaliteli işgücü, istihdam alanları, küresel koşullarda rekabet gibi önemli olanakları attırmaktadır. Küresel rekabet gücünün artması üretimde; yüksek maliyet verimliliği ,yüksek üretim hızı ve esneklik, yüksek kalite ve düşük fire oranı, ileri teknoloji platformları, ve nitelikli insan kaynağı sağlamaktadır. Endüstriyel devrimde önemli rol almayan ülkeler düşük katma değerli üretim kısır döngüsüyle karşı karşıya gelmektedir. Şekil 9’da Endüstri 4.0’ın Türkiye açısından rolü gösterilmektedir (TÜSİAD, 2016, s.37).



Şekil 9.Endüstri 4.0’ın Türkiye Açısından Rolü

Kaynak: TÜSİAD, 2016, s.37

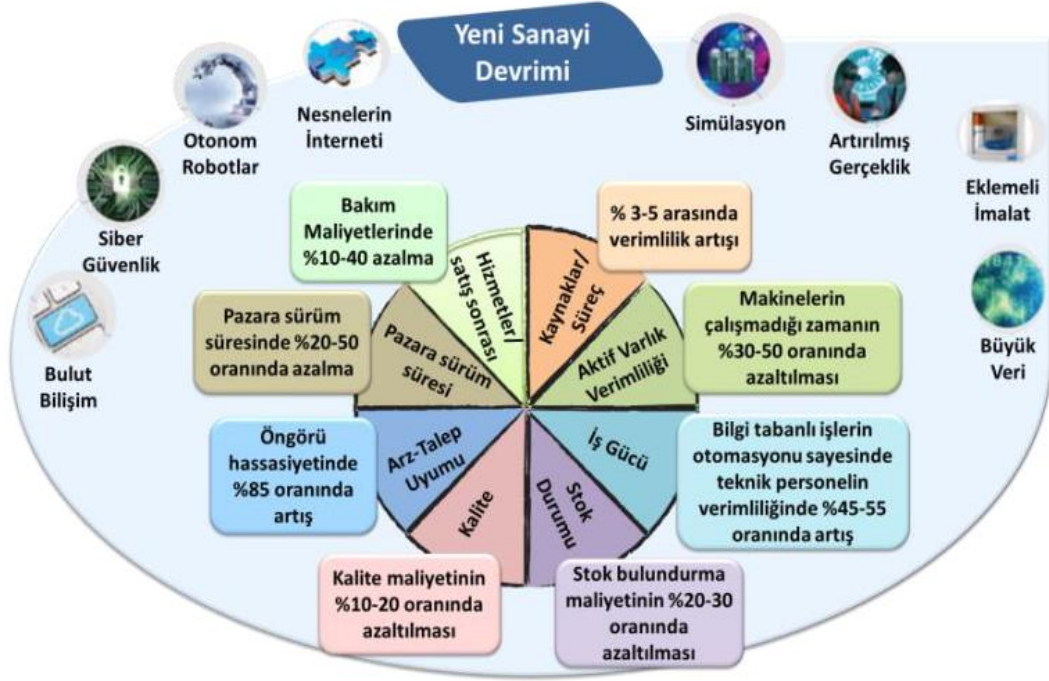
Endüstride teknoloji kullanımı arttıkça işletmelerin katma değerli üretimleri de artmaktadır. İstanbul Sanayi Odasının yaptığı araştırmaya göre İSO 500’de yer alan şirketlerin teknoloji yoğunlukları ve ürettikleri katma değer dağılımları Şekil 10’da verilmiştir. 2016 yılı itibariyle 474 üretim işletmesinden 192’si düşük-teknoloji yoğunluklu, 149’u orta-düşük, 121’i orta-yüksek teknoloji yoğunluklu ve 12’si yüksek teknoloji yoğunluklu olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Sadece 12 yüksek teknoloji yoğunluklu işletmenin yarattığı katma değer toplamı %39.3 iken, 192 düşük-teknoloji yoğunluklu işletmelerin yarattığı katma değer toplamı %37.4’tür.



Şekil 10.İSO 500’de teknoloji yoğunluklarına göre yaratılan katma değer dağılımı

Kaynak: KPMG, 2018, s.8

Endüstri 4.0’ın firmalar düzeyinde; kalite, bakım ve stok maliyetlerini düşürme, ürünleri daha kısa sürede pazara sürebilme, makinaların çalışmadığı sürelerin azalması ve çalışan verimliliğinde artışlar gibi birçok kazanımı bulunmaktadır. Bu kazanımlar ile toplam verimlilik artışı sağlanarak rekabet gücü elde edilmektedir. Endüstri 4.0’ın firmalar düzeyinde getireceği kazançlar Şekil 11’de gösterilmektedir (TÜBİTAK, 2016, s.1).



Şekil 11.Yeni Sanayi Devriminin Firma Seviyesinde Sağlayacağı Öngörülen Kazanımlar

Kaynak: TÜBİTAK, 2016, s.1

Yeni Sanayi Devrimi bir çok teknolojinin firmalarla entegrasyonunu sağlarken, firmaların ciddi oranlarda verimlilik artışı, maliyet minimizasyonu ve zaman tasarrufu elde etmelerini sağlamaktadır.

BÖLÜM II

LOJİSTİK KAVRAMI VE LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİ

4.0 UYGULAMALARININ KULLANIMI

Tezin ikinci bölümünde, lojistik kavramı, önemi ve faaliyetleri açıklanmaktadır. Endüstri 4.0'a paralel olarak gelişen lojistik kavramı tarihsel perspektifte incelenerek, Lojistik 4.0 olarak da adlandırılan akıllı lojistik sistemlerinden bahsedilmektedir.

2.1. LOJİSTİK KAVRAMI

Lojistiğin ilk kullanıldığı yerlere ve gelişim sürecine bakıldığında, temelde hesaplama ve mantığa dayalı sonuçlara yönelik bir düşünce sisteminin merkezini oluşturduğu görülmektedir. Lojistik kelimesi, Yunanca sonuç, kelime veya söylev anlamlarına gelen “logos” kelimesinden ve “logistikos” sıfatından kökenini almaktadır. Yunan dilinde sonuçla ilgili veya aritmetiğe ilişkin yetenek anlamlarına gelen “logistikos”, logic(mantık) ve statistics(istatistik) kelimelerinden türemiştir. Bu kelime, temel Avrupa dillerine Fransızca'da “logistique” olan Latince “logistikus” aracılığı ile girmiştir. Logistique, Fransızca'da “arz etmek ve konak yeri” anlamına gelmektedir (Erdoğan, 2007, s.1).

1611 yılında cebirle ilgili olarak kullanılan “logistique” kelimesi, 1765 yılında Napolyon'un ordusunda görev alan Tuğgenereal Baron Jomini ve Henry Amtoine'ye atfedilerek “bir askeri kampanya boyunca hesaplanma nezdinde düşünülen, birliklerin tedarik ve taşıma anlamında desteklenmesine yönelik olan parçaların koordine edilmesi ve birleştirilmesi” olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama 1840 yılında Fransız Akademi tarafından kabul edilmiştir (Kayabaşı, 2010, s.83). Böylece; hesaplama, mantık ve askeri faaliyetlerin birleşimi ile lojistik kavramı elde edilmiştir.

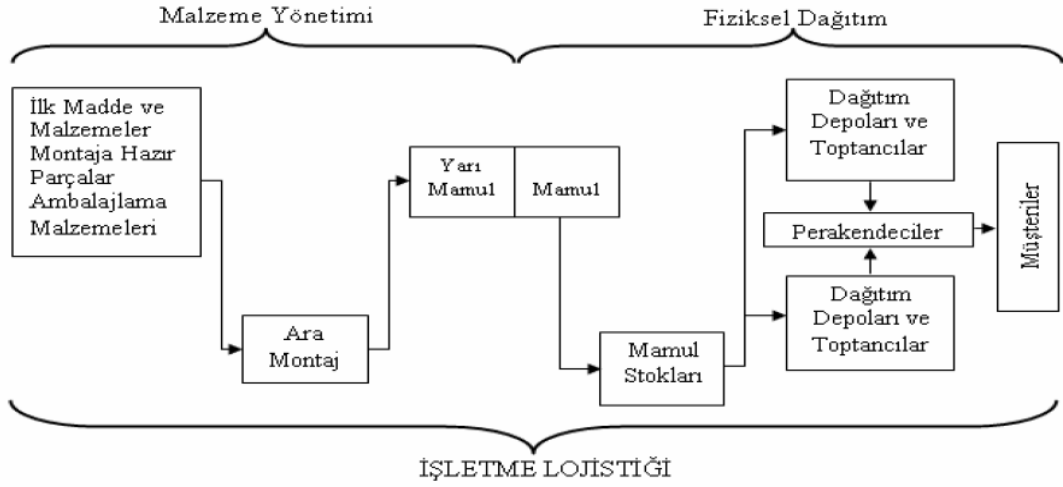
Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi(CSCMP) tanımına göre tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olan lojistik yönetimi, “müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki

hareketinin, etkin ve verimli bir şekilde akış ve depolanmasının sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması sürecidir.” (<https://cscmp.org/>)

Türk Dil Kurumu tarafından lojistik; insanların gereksinimlerini karşılamaya yönelik ürün, hizmet ve bilgi akışının etkili ve verimli bir biçimde planlanması, örgütlenmesi ve yönetimi olarak tanımlanmıştır (<http://www.tdk.gov.tr>). LODER (Lojistik Derneği) ise lojistiği; depolama, envanter yönetimi, sipariş yönetimi, taşımacılık, paketleme ve katma değerli hizmetleri muayene, gözetim ve denetim, gümrük ve sigorta faaliyetlerinin bütünü olarak tanımlamaktadır. Lojistik faaliyetlerin yönetimi en düşük lojistik maliyetle, müşteri hizmet düzeyini en iyi düzeyde karşılayacak şekilde yapılmalıdır (<http://www.loder.org.tr/>).

1966’da Lojistik Mühendisleri Birliği (SOLE) olarak kurulan ve günümüzde Uluslararası Lojistik Derneği olarak varlığını devam ettiren kuruluşa göre lojistik; planlama, satınalma, tedarik, sürdürme ve düzenleme gibi lojistik fonksiyonlarla birlikte, ürün yaşam çevriminin tüm evreleri süresince kaynakların etkin bir şekilde ve zamanında kullanılmasını sağlaya yönetim bilimi ve sanatıdır (<http://www.sole.org>).

İşletme yönetim literatüründen lojistik, hammadde temininden üretim ortamına, nihai ürünün tamamlanmasından dağıtım kanalları ve müşteriye kadar tedarik zinciri dahilindeki tüm yönetim ve sevk faaliyetlerini sağlamayı amaçlayan bir süreçtir. Modern anlamda lojistik denildiğinde akış, pazar ve zaman yönelimli düşünülmektedir. Bununla birlikte hedef pazarı, tedarik süreçlerini, imalat operasyonlarını ve dağıtım kanallarını rekabet avantajı yaratacak ve sürdüreceği biçimde bağlantılı hale getirmek alt hedefler arasındadır. Ayrıca lojistik, satışların artırılması, hizmet seviyesinin iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılmasına büyük destek olmaktadır (Çancı ve Erdal, 2003, s.35).



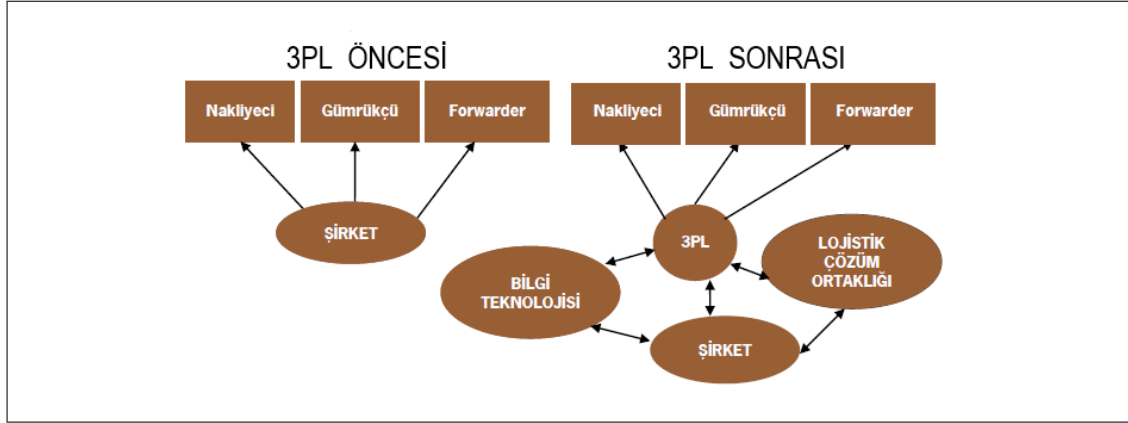
Şekil 12. İşletme Lojistiğinin Kapsamı

Kaynak: Gümüş, 2009, s.102

İşletme lojistiğinin kapsamı, Şekil 12’den görüldüğü üzere malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım olarak iki bölümde incelenmektedir. Malzeme yönetimi; hammadde, montaj parçaları, ambalaj malzemeleri gibi ilk maddelerin yarı mamul ve mamullere dönüştürülmek üzere tedarik kaynaklarından alınarak işletmeye getirilmesidir. Fiziksel dağıtım ise; ürünlerin nihai tüketiciye ulaşmak üzere, stoklarda tutularak dağıtım depoları, toptancılar ve perakendecilere dağıtımının yapılmasıdır. Fiziksel dağıtım ve malzeme yönetimi, kendi içlerinde benzer olarak taşıma, depolama ve stok yönetimi faaliyetlerini kapsamaktadır (Gümüş, 2009, s.102).

İşletmeler; kendi faaliyetlerine daha fazla odaklanabilmek ve sabit maliyetleri değişken maliyetlere dönüştürerek maliyet avantajı sağlamak gibi nedenlerle lojistik faaliyetlerini lojistik işletmelerine devrederek dış kaynak kullanabilmektedirler. İşletmelerin depolama, taşımacılık vb. hizmetleri veren, alanında uzmanlaşmış lojistik firmalarına devretmesi, lojistik işletmelerinin türlerine göre 3PL (Üçüncü Parti Lojistik), 4PL (Dördüncü Parti Lojistik) ve LLP (Lider Lojistik Hizmet Sağlayıcı) olarak adlandırılmaktadır. 3PL şirketlerde birinci parti satıcı şirket, ikinci parti müşteri, üçüncü parti ise satıcı ve alıcı arasındaki lojistik faaliyetleri yerine getirme işlemlerini üstlenen şirkettir. Ancak, lojistik işletmesinin 3PL olarak isimlendirilmesi, satıcı veya alıcı şirketin taşımacılık, depolama ve gümrükleme gibi aynı anda birden çok faaliyetini yürütmesiyle

mümkün olmaktadır (MÜSİAD, 2015, s.24). Şekil 13'te 3PL lojistik firmalarının işleyişi gösterilmektedir.



Şekil 13. Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Öncesi ve Sonrası

Kaynak: MÜSİAD, 2015, s.24.

Lojistikte dış kaynak kullanımında 4PL şirketleri, tek bir müşteri şirketin lojistiğine değil bu şirketin iştirakinde bulunduğu tüm tedarik zincirinin lojistik faaliyetlerini yerine getirerek tedarik zinciri boyunca ürün, hizmet ve finans akışını yöneterek tedarik zinciri çözümleri sunmaktadırlar. Dış kaynak kullanımında bir diğer kavram ise LLP kavramıdır. LLP şirketler, işletme lojistiğine odaklanarak orta vadeli planlar yapan ve müşterilerinin sadece siparişlerine değil talep tahminlerine göre planlamalar yaparak faaliyetlerini sürdürmektedirler.

2.2. LOJİSTİK YÖNETİMİ

Lojistik yönetim süreci tedarik, üretim ve dağıtım lojistiği olmak üzere üç aşamalı ve birbiriyle bağlantılı olarak gelişen süreçlerden oluşmaktadır (Çancı ve Erdal, 2003, s.51).

Tedarik lojistiği; tedarikçileri işletme sürecine bağlayan girdi hareketinden sorumludur. Hammaddede yarı mamul ve hazır parçaların nereden, ne miktarda ve ne zaman sipariş edilmesi gerektiğini ve hangi taşıma türüyle taşınacağını belirleyerek, gelen malzemelerin depolanacağı yerleri ve depolanma özelliklerini açıklamaktadır. Ayrıca gümrükleme ve sigortalama gibi işlemler de yapılabilmektedir.

Üretim Lojistiği; işletmenin içinde gerçekleşen faaliyetlerin yer aldığı, giriş ambarında bulunan malzemelerin imalat ortamındaki iş istasyonuna aktarımı ve bölümler arasındaki dolaşımının sağlanarak tamamlanmış ürün haline dönüştürülmesiyle birlikte çıkış ambarına sevki bu aşamadaki temel süreçlerdir. Depolama, barkodlama, paketlenme, istifleme, elleçleme, envanter yönetimi, stok takibi, satın alma vb. operasyonel faaliyetlerle yakından ilgilidir. Tesis içi lojistik hizmetleri ham maddelerin, bileşenlerin ve kısmi montaj malzemelerinin, mamul mallara dönüştürülmek üzere üretim tesisi içinde stok alanlarından veya hat tarafından üretim alanlarına taşınmasını ve aynı zamanda mamul malların fabrika kapısında teslimatını da içerir.

Dağıtım Lojistiği; çıktı hareketinden sorumlu olup , bitmiş ürünün müşterilere (toptancı, aracı, perakendeci, bayii vb.) dağıtılması faaliyetlerinin yürütüldüğü lojistik süreçleridir. Taşımacılık türü seçiminin yanında bilgi akışını da koordine eder. Bütün bu tanımlamaların yanında; doğru ürünün, doğru miktarda, doğru şartlarda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru maliyetle, doğru müşteriye ulaşmasını ifade eden lojistiğin yedi doğrusu vardır. Bu tanım lojistiğin temel faaliyetlerini vurgulamaktadır (Çancı ve Erdal, 2003, s.51).



Şekil 14. Lojistik Yönetiminin Bileşenleri

Kaynak: Lambert, Stock ve Ellram, 1998, s.5.

Şekil 14’te görüldüğü üzere üretim, depolama, dağıtım ve müşteri eksenindeki bir çok faaliyet, lojistik çatısı altında bulunarak planlama, uygulama ve kontrol süreçleriyle yönetilmektedir. Lojistik girdileri; ekipman, insan kaynakları, bilgi teknolojileri ve finansal kaynaklardan oluşmaktadır. Lojistik çıktıları ise; ürünlerin doğru yer, zaman ve miktarda hasarsız bir şekilde minimum maliyetle ulaştırılmasıdır. Bu çıktılar, lojistik faaliyetlerinin doğru yönetilmesiyle rekabet gücü elde edilmesi ve verimlilik sağlamaktadır (Lambert, Stock ve Ellram, 1998, s.5).

2.3. LOJİSTİĞİN ÖNEMİ

İşletmeler dağıtım faaliyetleri kapsamında ürünlerinin noktalar arasında taşınmasının yanında depolama, elleçleme, ambalajlama ve paketleme gibi ihtiyaçlarının da karşılanmasını talep etmektedir (Demir, 2006, s.10).

Tüketicilerin gelişen teknolojilerle birlikte daha bilinçli hale gelmesi, işletmelerin sürekli değişen rekabet ortamında ayakta kalabilmelerini zorlaştırmıştır. Şirketler rekabet güçlerini geliştirebilmek için mal ve hizmetleri daha yüksek kalitede, düşük maliyetli ve hızlı bir şekilde üretmek zorunda bırakılmaktadır. Bu süreçte maliyeti düşürücü, üretimi arttırıcı, kaliteyi yükseltici ve müşteri memnuniyetine direk etki etme özelliğinden dolayı kilit roller üstlenen lojistik, rekabette üstünlük sağlamak için son derece önemli bir unsur olmaktadır (Keskin, 2009, s.5).

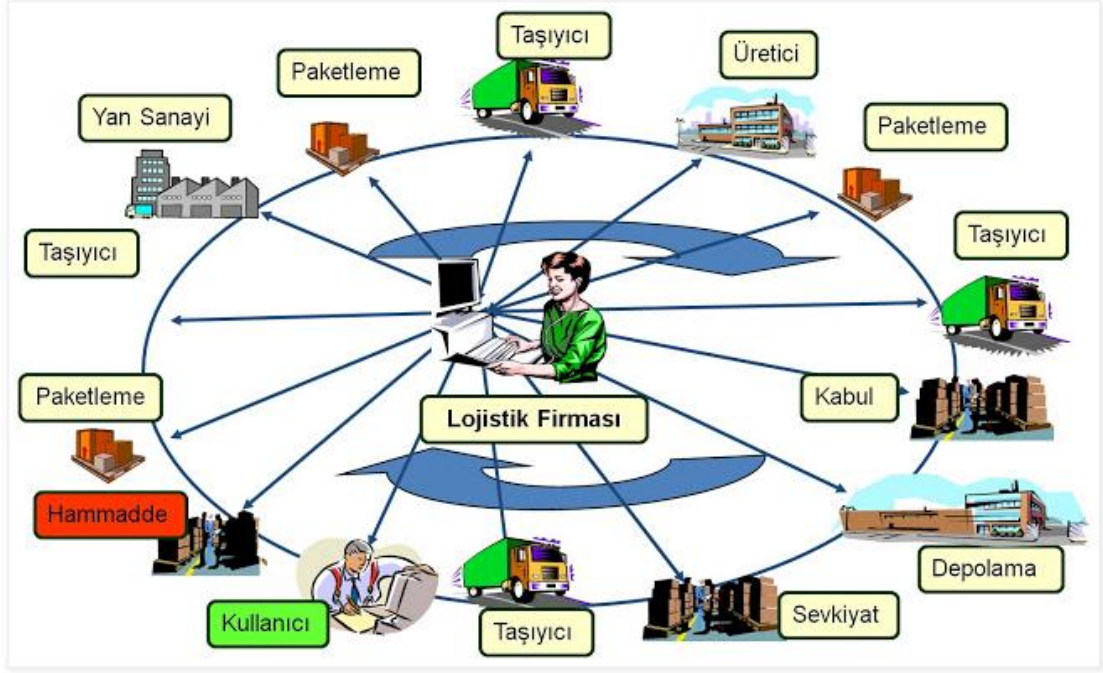
Lojistik faaliyetlerin amaçlarına ulaşabilmesi için; en uygun ulaşım yöntemini seçerek nakliye sürelerinin kısaltılması, tam zamanında üretim (JIT) gibi faaliyetlerin ihtiyaç duyulduğu ya da talep edildiği anda gerçekleştirilmesi temeline dayanan stok kontrol sistemleriyle envanter düzeyinin sıfıra indirilmesi, verimlilik için maliyetlerinin minimuma indirilmesi, müşteri memnuniyeti rekabette ayakta kalabilmek için kaliteli hizmet anlayışı ve sürdürülebilirlik gibi unsurlar gereklidir (Orhan, 2003, s.110).

2.4. LOJİSTİK FAALİYETLER

Küreselleşme ve teknolojinin artmasıyla birlikte ürün yaşam dönemlerini kısaltılması, son yıllarda görülen rekabet koşullarını güçleştirerek, işletmelerin lojistik faaliyetleri yönetimlerini yeniden gözden geçirmelerini zorunlu hale getirmiştir.

İşletmelerin bu koşullara uygun şekilde rekabet edebilmesi için, kaliteli ve ekonomik ürünler üretmesi, hizmet etkinliğini arttırarak ve müşterinin istediği yer ve zamanda ürünleri teslim etmeleri gerekmektedir. İşletme başarısında lojistik faaliyetler esas rol oynamakta ve rekabet avantajı oluşturacak bir performans boyutu haline gelmektedir.

Lojistik, ilgili bölümlerin arasında bilgi paylaşımı ve koordinasyon gerektiren çeşitli faaliyetler bütünüdür. Tedarik zinciri içinde yer alan lojistik fonksiyonları, esas olarak, kaynağından tüketim noktasına kadar, hammadde, malzeme ve ürünlerin stoklanmasını ve ileri-geri hareketini ve taşınmasını sağlamaktadır. Tedarik zincirinin etkili, verimli ve ekonomik bir biçimde çalışmasını amaçlamaktadır (Nebol, Uslu ve Uzel, 2014, s.11). Son zamanlarda ise daha çok dışa dönük stratejik bir işleve dönüşmeye başlamıştır. Buna göre stratejik lojistik, “işletmeler arası ilişkileri lojistik teknikleri ile düzenleyerek rekabet avantajı elde etmek” şeklinde tanımlanmaktadır. Başlangıçta taşımacılık ve depolamayla faaliyet alanı sınırlı olan lojistik; Şekil 15’te gösterildiği gibi, dağıtım, stok yönetimi, satın alma, sipariş yönetimi, paketleme, malzeme elleçleme, tahmin, üretim planlama, iletişim, müşteri hizmetleri, parça ve hizmet desteği, iade, atıkların geri kazanılması ve imha edilmesi, depoların kuruluş yerlerinin belirlenmesi gibi faaliyetlerle genişlemiştir (Karacan ve Kaya, 2011, s.14).



Şekil 15. Lojistik Yönetimi

Kaynak: <http://lojistikci.blogspot.com>

Literatürde temel lojistik faaliyetlerinin neler olduğu konusunda tam bir fikir birliği sağlanamamış olsa da tüm lojistik süreçlerinde yürütülen bazı temel lojistik faaliyetleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Lambert, Stock ve Ellram, 1998, s.7):

- i. Taşımacılık
- ii. Depolama
- iii. Elleçleme
- iv. Sipariş İşleme ve Bilgi Yönetimi
- v. Envanter Yönetimi
- vi. Müşteri Hizmetleri
- vii. Talep Tahmini/Planlaması
- viii. Paketleme (Ambalajlama)
- ix. Satın Alma

2.4.1. Taşımacılık

Taşımacılık, ekonomik ve sosyal alanda belli yer ve zamanda ihtiyaç duyulan canlı cansız her nevi varlığın arz talep ekseninde ya da üretimden tüketime giden süreçte müşteri taleplerine uygun olarak bir yerden bir yere taşınmasının sağlanmasına yönelik hizmetler bütünüdür (Demir, 2006, s.12). Kısaca; yüklerin belirli sevk noktalarından alınıp belirli teslim noktalarına götürülmesine taşımacılık denmektedir. Lojistik ise, sistem yaklaşımı ile müşteri beklentilerine en uygun taşımacılık modları seçmektir. (Tanyaş ve Hazır, 2011, s.1).

Taşıma, lojistiğin en önemli bileşeni olmakla birlikte taşıma şekli, dağıtım operasyonunun tipi, yükleme planlaması, rota planlaması bu grubun en önemli faktörleridir. Sistemde üretimden tüketim noktasına kadar akış sağlayan taşımacılık hizmeti kapsamında işletmeler; karayolu, denizyolu, havayolu ve çok modlu olmak üzere müşterilere farklı yollardan taşımacılık hizmetini sunmaktadırlar (Koban, 2017, s.56). Toplam lojistik maliyeti içinde, taşıma büyük ve önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle taşıma maliyetlerini düşürmek ve aynı zamanda müşteriye sunulan hizmeti iyileştirmek için taşıma modlarının doğru seçimi ve optimal rota belirleme yapılması gerekmektedir (Emel, Taşkın ve Deniz, 2004, s.60).

2.4.2. Depolama

Depolar üretim noktasından itibaren hammaddelerin, yarı mamul ve mamul maddelerin tedarik noktalarından alındıktan sonra ayrımının yapıldığı, kayıtlarının tutulduğu ve muhafaza edilerek talepte bulunan işletmelere veya nihai tüketicilere doğru dağıtımın sağlandığı tesislerdir (Acar ve Çakmak, 2017, s.21). Bu tanımdan yola çıkarak depo yönetimindeki temel süreçler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Tanyaş ve Hazır, 2011, s.4):

- Mal kabul
- Yerleştirme
- Rezervasyon
- Toplama
- İkmal/Tamamlama

- Katma Değerli İşler
- Çapraz Sevkiyat
- Sevk
- İade İşleme ve İmha
- Faturalama
- Alan Yönetimi
- Güvenlik Yönetimi
- Açık Saha yönetimi
- Sayım
- Raporlama

Depolama fonksiyonu, malzemeleri depolayarak üretimin kesintisiz olmasına ve mamul depolayarak müşteri memnuniyetinin sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bu grupta önemli olan faktörler; depoların yeri, dağıtım depolarının büyüklüğü, faaliyet tipi vb. olarak ifade edilebilir (Emel, Taşkın ve Deniz, 2004, s.60). Depolar kullanım amaçlarına bağlı olarak klasik depo, dağıtım merkezi, toplama/konsolidasyon merkezi, aktarma merkezi ve sipariş işleme merkezi olarak sınıflandırılmaktadır.

Klasik depo; üretim veya satış noktası içinde ya da yanında bulunan, ürünlerin genelde uzun süre kaldığı, dağıtım merkezi; müşterilere daha yakın noktalarda müşterilere karma, az miktarda ve hızlı ürün teslimatını, göndericiden ise büyük hacimli sevkiyatı sağlamaya yönelik, toplama merkezi; tedarikçilere daha yakın noktalarda, üretim yerlerine, hammadde çeşidi bazında az ama karma ve büyük hacimli sevkiyatı sağlamaya yönelik, aktarma merkezi; farklı taşıma modları veya aynı taşıma modunda farklı taşıma araçları arasında ürünlerin aktarıldığı, ürünlerin çok kısa süreli kaldığı, sipariş işleme merkezi ise; genelde internet üzerinden adet bazında satış yapılan sistemlerde siparişlerin alındığı ve sevk edilmek üzere hazırlandığı depolardır.

2.4.3. Elleçleme

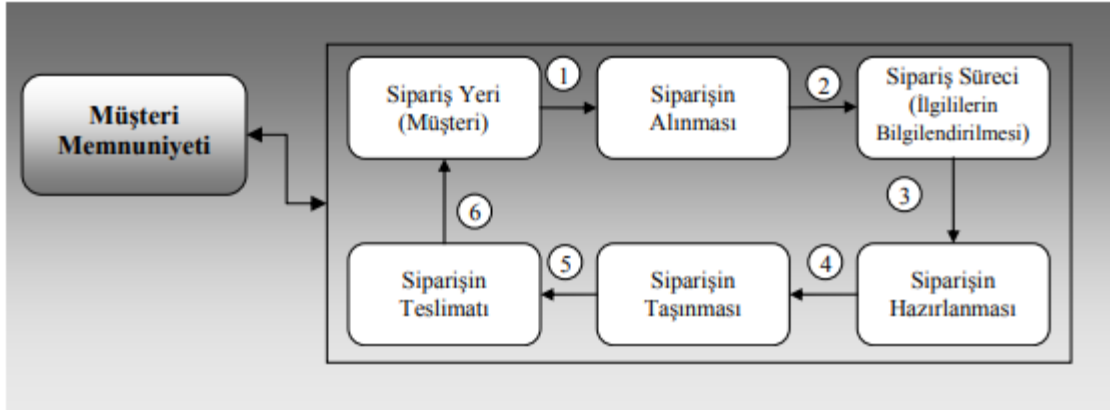
Malzeme elleçleme, ürünlerin antrepo veya depolarda insan eliyle ve mekanik olarak taşınması, kaldırılması, havalandırılması, yüklenmesi ve boşaltılması ile ilgili faaliyetleri ifade etmektedir (Lambert, Stock ve Ellram, 1998, s.18). Amerika Malzeme Elleçleme

Enstitüsü 'ne göre ise elleçleme: mal ya da hammaddenin lojistik süreç kapsamında depolanması, korunması işlemlerini sürdürebilmek için kullanılan yöntemler, mekanik ekipman, sistem ve ilgili denetimlerdir (<http://www.mhia.org>)

2.4.4. Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetimi, siparişin alınması ile başlayıp, sipariş edilen ürünlerin sipariş edene teslim edilmesi ile son bulan süreçtir. Müşterilere satış yapılmak üzere alınan siparişler müşteri siparişi işlemleri, işletme için ihtiyaç duyulan mal ve hizmetlerin satın alınmasıyla ilgili siparişler satınalma siparişi işlemleri ve müşterilere teslim edilmek üzere ürünlerin stokta hazır tutulmasını hedefleyen üretim siparişleri olmak üzere üç bölümde incelenmektedir. Her üç sipariş şekli için de yer alan lojistik operasyonlar benzerdir (Nebol, Uslu ve Uzel, 2014, s.15).

Sipariş döngüsü; planlama, sipariş iletimi, sipariş süreçleme, sipariş toplama ve siparişlerin teslimi aşamalarından oluşmaktadır. Sipariş yönetiminin temel amacı; alınan siparişlerin en kısa sürede ve doğru bir şekilde müşteriye ulaştırılmasıdır (Kayabaşı, 2010, s.99). Bir siparişe ilişkin döngü, müşteri bakış açısı ile Şekil 16'da verilmiştir:



Şekil 16. Sipariş döngüsü

Kaynak: Fröderberg, 2006, s.16

Sipariş işleme faaliyeti ile ilgili olarak ortaya çıkan maliyetler; siparişin alınması, siparişe ilişkin bilgilerin ilgili birimlere verilmesi, sipariş süreci ve diğer ilgili işlemlere ilişkin maliyetlerden oluşur. Bu nedenle işletmenin optimal sipariş büyüklüğünü tespit

etmesi ve verilecek siparişlerin en ekonomik şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Sipariş sürecine yönelik olarak kurulmuş olan bilgi sistemine ilişkin maliyetler de sipariş maliyetleri içinde yer almaktadır.

2.4.5. Envanter Yönetimi

Envanter, işletmenin ihtiyaçlarını karşılamak üzere bulundurduğu bitmiş ürün veya çeşitli düzeylerden tamamlanmamış parçalar, yarı mamuller ya da hammaddeleri ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. Bir üretim sisteminde üretilen mamule dolaylı ya da dolaysız olarak katılan mamulün kendisi dahil bütün fiziksel varlıklar envanter kavramı içinde düşünülmektedir (Küçük, 2009, s.19). Envanter, ileride doğabilecek ihtiyaçları karşılamak amacıyla malların ya da eşyaların depolanmasıdır (Karadoğan, 2008, s.1).

Envanter yönetimi, üretim sürecinde kullanılacak hammadde, yarı mamul parça ve çeşitli diğer malzemenin tedariki veya satın alma işlerinin, süreç içerisindeki akışlarının sağlanması faaliyetlerinin yönetimidir (Kayabaşı, 2010, s.97).

Bir başka tanıma göre ise envanter yönetimi; fiili müşteri siparişleri veya talep tahminlerinden yola çıkarak hangi mamulün, ne zaman ve ne miktarda müşterilere sevk edilmek üzere stoklara alınması gerektiğinin planlanması, koordine edilmesi, yürütülmesi ve kontrol edilmesi işlemidir (Nebol, Uslu ve Uzel, 2014, s.14).

Talebin bilinmemesi ve sistemdeki verimsizlikler nedeniyle şirketler, stok tutma faaliyeti göstermektedir. İşletme maliyetlerinin içinde önemli bir paya sahip olmasının yanında, değişken talebi karşılama üretim dalgalanmalarından kaynaklanabilecek olumsuzlukları en aza indirme ve tedarik problemlerini elimine etme gibi fonksiyonlar da stok kontrolünü önemli kılmaktadır (Küçük, 2009, s.21).

Envanter yönetimiyle pazara doğru mal akışında, hangi noktalarda, hangi miktarda ürünün bulundurulacağı önemli bir sorun olmaktadır. Envanterin fazla olmasının yanında, azlığı ya da gereken koşullarda saklanamaması da ek maliyet unsuru olmaktadır. Özellikle işletmelerin üretim sistemlerinin büyümesi ile ürün çeşidinin artması, tedarik, talep ve ürüne ilişkin faktörlerdeki belirsizlikler ve aralarındaki ilişkinin

karmaşıklığı envanteri yeterli düzeyde tutma yönündeki uygulamaları önemli kılmıştır. Hatalı envanter yönetimi politikalarına bağlı olarak, işletme maliyetleri yükselebilmektedir (Keskin, 2009, s.65).

2.4.6. Müşteri Hizmetleri

Tedarik zincirinde müşteri hizmetleri, nihai tüketici ve tedarik zinciri üyeleri arasında değer yaratılmasını sağlayarak maliyet etkinliği yaratan önemli bir süreçtir (Korpela, Lehmusvaara ve Tuominen, 2001, s.193). Bu nedenle tedarik zincirinin devamlılığını sağlamak ve rekabette üstünlük elde edebilmek için kaliteli hizmet anlayışıyla müşteri sadakati yaratmak ve tedarikçi-müşteri ilişkisini geliştirmek gereklidir.

Lojistik hizmet sağlayıcı işletmeler müşteri hizmetleri kapsamında operasyon öncesi, operasyon sırası ve operasyon sonrasında çeşitli hizmetler verebilmektedir. Ürün montajı, değişimi, iade işlemleri ve zamanında bilgi ve evrak akışıyla birlikte müşteri beklenti, öneri ve şikayetlerinin değerlendirilmesi müşteri hizmetlerinin işlevleri arasında yer almaktadır (Koban, 2017, s.59).

2.4.7. Ambalajlama

Ambalajlama, ürünlerin tüketici ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayabilecek en uygun malzeme ile ve etkin maliyetle korunmasını sağlamak anlamını taşımaktadır. Başka bir ifadeyle ambalajlama; ürünlerin taşınma ve depolanma esnasında korunması gibi amaçlarla ürünleri kaplama işlemidir (Şen, 2014, s.90).

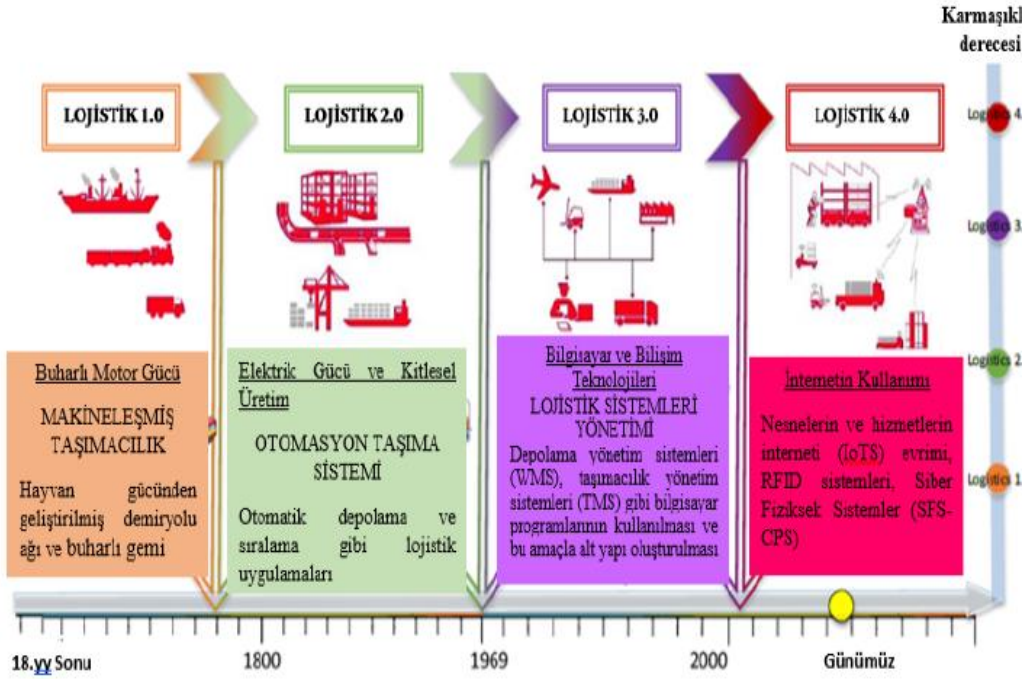
Ambalajlamanın lojistikle ilgili olarak koruma, satış ve taşıma/kullanım kolaylığı olmak üzere üç fonksiyonu vardır. Koruma fonksiyonu, ürün hareketi sırasında bozulma, yanlış yere gönderme ve üründe oluşabilecek zararları önlemek gibi işlemlere sahiptir. Satış fonksiyonu, ürün imajı ve görüntüsü ile ilişkili olup, üçüncü fonksiyon malzemenin taşınma ve depolanmasında kolaylık sağlamak üzerinedir (Kayabaşı, 2010, s. 97).

2.4.8. Satın Alma

Gereksinimleri karşılamak için gerekli hammadde, yardımcı madde ve ekipmanların en uygun koşullarda bulunması, üretimin aksamadan yapılması ve kaliteli ürünlerin üretilmesi için tedarik kaynakları ile gerekli ilişkilerin kurulması tedarik kaynaklarının seçimi, satın alma zamanlarının, miktarlarının belirlenerek verimli bir şekilde yerine getirilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Düşük maliyetle, kaliteli ürünleri etkin teknoloji ve zaman yönetimi kullanılarak, tedarikteki sürekliliğin üretimi aksatmayacak derecede sağlanabilmesi için satın alma faaliyetleri önemlidir (İlter, 2002, s.28).

2.5. LOJİSTİĞİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Lojistik, insanın bir işi yapmayı planlamasıyla birlikte başlamış ve tarihte ilk uygulamaları askeri alanda olmuştur. Askerin beslenmesi ve diğer ihtiyaçların karşılanması için kullanılan sistematik bir süreçten bilimsel bir olguya dönüşen lojistik, yeni süreçlerin eklenmesiyle evrilerek bir çok faaliyeti kapsar duruma gelmiştir (Karacan ve Kaya, 2011, s.2). Teknolojik yeniliklerle birlikte endüstrinin gelişmesi ve küreselleşme tüketici ihtiyaç ve taleplerinin değişmesini sağlayarak lojistik süreçlerin gelişimini de etkilemiştir. Endüstri devrimlerinin kronolojik bir şekilde ayrılmasına paralel olarak lojistik gelişim süreci de Şekil 17’de belirtildiği üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018, s. 25).



Şekil 17. Lojistiğin Evrimsel Süreci

Kaynak: Galindo, 2016, s.25

Endüstrinin zaman içinde ani ve çalışma şekli olarak geçirdiği evrimler lojistik faaliyetlerinin de gelişmesini sağlamıştır. Bu faaliyetleri endüstriyel devrimler gibi Lojistik 1.0, Lojistik 2.0, Lojistik 3.0 ve Lojistik 4.0 şeklinde bölümlendirerek açıklamak mümkündür.

Lojistik 1.0

Endüstride algılayabileceğimiz ilk değişiklik, İngiltere’de 1782’de James Watt tarafından icat edilen buhar makinesiyle başlayıp Batı ve Kuzey Avrupa’ya yayılmıştır. Buhar makinesi, herhangi bir yerde tedarik edilen enerjiyi kullanarak kapasite üretiminde önemli bir artış elde etmeyi mümkün kılarak, insan gücü ile yapılan işlerden endüstriyel imalat makineleri ile mal ve insanların taşınması ile çalışmaya kadar giden bir sanayileşmeye kadar bir dönüşüm getirmiştir. Toplu geçiş döneminin başlangıcı olarak, 19. yüzyılın ikinci yarısında buharlı tren ve gemilerin yayılmasıyla birlikte lojistik rotalarla ,demiryolları ağlarının gelişimi ve taşıma kapasitesini önemli ölçüde artırması sayılabilir. Dolayısıyla bu dönem lojistik için “taşımacılığın mekanizasyonu” anlamına

gelmektedir. Depolar sadece malzemeleri veya bitmiş ürünleri bırakmak için kullanılan odalar şeklinde tasarlanmıştır. Depolara giden ya da depolardan çıkan ürünler insanlar tarafından yönlendirilen el arabasıyla manuel taşınmaktadır (Galindo, 2016, s.25)

Lojistik 2.0

Kimya endüstrisinin gelişmesi ve elektrik ve petrol gibi güç kaynaklarının keşfedilmesi, endüstrinin küreselleşmesiyle birlikte artan kitlesel üretime duyulan ihtiyaca yönelik makineler geliştirilmesini sağlamıştır. Taşımacılıkta konteyner gemisinin yayılması liman kargolarının mekanizasyonunu önemli bir yenilik haline getirmiştir. Lojistikte önemli bir inovasyon olan kargo elleçleme otomasyonunun gelişmesiyle otomatik sıralama ve otomatik depolar gibi lojistik ekipman kullanımı başlamıştır. Manuel olarak kullanılan forkliftler yerini, insanlar tarafından yönlendirilen elektrikli motorlu forkliftlere bırakmıştır. Böylece ürünler raflara otomatik bir biçimde yerleştirilip çıkarılabilir hale gelmiştir (Galindo, 2016, s.27)

Lojistik 3.0

Üçüncü endüstri devriminde, hafızasında barındırdığı program aracılığıyla bir makine veya süreci denetleyen programlanabilir mantıksal denetleyicilerin üretime gereken esnekliği sağlaması ve endüstriyel robotların icadı ile otomatik üretim yapılma imkanı olmak üzere iki esas teknolojik gelişme olmuştur. Lojistik sektöründe ise, WMS (Warehouse Management System- Depo yönetim sistemi), TMS (Transport Management System- Taşımacılık yönetim sistemi) gibi bilişim teknolojileri kullanılmıştır. Bu yazılımlar tedarik lojistiğinin süreç planlaması için, tedarikçilere verilen siparişlerin anında erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, filo araçlarının plan ve rotaları önceden yapılabilir düzeye gelmiştir. Üretim lojistiğinde ürünler, otomatik bantlı konveyörler ve insan faktörüyle çalışan forkliftler veya robotlar aracılığıyla, işletme içine taşınmaktadır. Teslimat lojistiği ise, üretim öncesi yapılan plan ve çizelgeler çerçevesinde yönetilmektedir (Şekkeli ve Bakan, 2018, s.26).

Lojistik 4.0

Endüstri 4.0'a paralel olarak değişen lojistik süreçleri, donanım tabanlı uygulamalardan yazılım tabanlı uygulamalara dönüşmektedir. Cihazların belirli ve sınırlı alanlar yerine kullanıcı ihtiyaçlarına göre esnek bir şekilde yeni işlevler kazanabilir duruma gelmesi, cihazların performansını ve kullanım ömrünü artırmaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018, s.26). Üretim ve lojistik süreçlerinin yeni teknolojilerle birlikte entegre hale gelmesi, insan-makine-parça-ürün arasında gerçek zamanlı iletişim kurulmasını sağlamakta ve müşteri ve tedarikçilerin bilgi alışverişi yapabilmesini kolaylaştırmaktadır. Böylece ağ standardizasyonu ve bilgilere erişimde şeffaflıkla birlikte hata minimizasyonu ve esneklik sağlanmaktadır (Rüssman ve diğerleri, 2015, s.10).

Lojistik 4.0, aktörlerin davranışlarının diğer aktörlerin davranışlarını etkilediği otonom alt sistemlerden oluşmaktadır. Bu alt sistemlerde aktörler bireysel ve toplu hedeflere ulaşma noktasında Şekil 18'de belirtildiği gibi birlikte çalışma prensibine göre etkileşim halinde bulunmaktadır (Timm ve Lorig, 2015, s.3118).



Şekil 18. Lojistik 4.0: Nesnelerin İnterneti

Kaynak: Hülsmann, 2015, s.7

2.6. ENDÜSTRİ 4.0'IN LOJİSTİĞE ETKİSİ: LOJİSTİK 4.0

Uluslararası pazardaki güçlü rekabet ve artan müşteri gereksinimleri, tüm dünyadaki lojistik faaliyetlerin işlevini arttırmaktadır. Şirketler müşterilerin karmaşık gereksinimlerini karşılayabilmek ve ürünlerini ise daha hızlı, daha esnek ve daha dakik bir şekilde temin edebilmek amacıyla endüstriyel gelişmeleri yakından takip etmektedir. 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).

Teknolojik gelişmeler, her dönemde üretim süreçlerini, üretim tekniklerini ve üretim anlayışını etkilemiş, lojistik süreçlerin de dönüşümünü sağlamıştır (Şekkel ve Bakan, 2018, s.31). Yeni bilgilerin uygulanması, iletişim ve sensör teknolojileri, verilerin yakalanması ve analizi ile elde edilen bilgilerin uygun şekilde kullanılması, daha uyarlanabilir lojistik sistemlerinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Bu potansiyeli pekiştirmek için ilgili teknolojilerle planlama ve kontrol yöntemlerini ve insan-makine etkileşimini birleştirmek için gereklidir (Frazzon, Dutra ve Vianna, 2015, s.330).

Son yıllarda, yüksek teknolojik yenilikler nedeniyle lojistik alanı önemli ölçüde değişmiştir. Üretim mühendisliğinde, yürütme ve karar sistemleri arasındaki çift yönlü bilgi akışını geliştirmek için bütünleştirici kavram olarak siber-fiziksel sistemler (CPS) tanıtılmıştır. Özellikle fiziksel lojistik süreçleri destekleyen teknolojik yenilik, artan bilgi işlem ve iletişim yeteneklerine sahip sistemlere yol açar. Çünkü bir ürünün tüm kaynakları ve ilgili bileşenleri gerekli bilgi alış verişi için birbirleriyle iletişim kurabilir (Timm ve Lorig, 2015, s.3118).

Siber ve fizyolojik 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. Akıllı ürünler ve hizmetler; normalde insanlar tarafından gerçekleştirilen görevleri yerine getirebilecek işlevlere sahiptir. Ancak asıl amaç, çalışanların otomatik işlemlerden veya basit bir akıllı ürün veya akıllı hizmetin sağlayabileceği akıllılıktan daha fazla uzmanlık gerektiren işlere odaklanabilmeleri için faaliyetleri devretme olanağı sağlamasıdır. Akıllı lojistik; işletmelerin esnekliklerini artıracak, bununla birlikte işletmeleri pazardaki ve müşteri beklentilerindeki değişime daha yakın hale getirebilecek bir lojistik sistemdir. Bu sayede 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. Lojistik 4.0 kapsamında, lojistik sistemler, bireysel aktörlerin davranışlarının çevredeki diğer aktörlere veya alt sistemlere bağlı olduğu özerk alt sistemlerden oluşmaktadır. Özerk sistemler, bireysel hedeflerine ve ilgili paydaşların hedeflerine ulaşmak için birbirleriyle etkileşime girmektedirler (Timm ve Lorig,2015, s.3118).

Jeschke'ye göre (2016, s.1); akıllı lojistik büyük miktarlarda veri kullanımı ile bağımsız üyeler arasında sıkı ve karşılıklı ilişkili süreçler olarak tanımlanır. Gittikçe artan oranda karmaşıklaşarak gelen verileri bir araya getirmeye, yönetmeye ve analiz etmeye yardım eden sistem ise büyük veri olarak adlandırılır. Verileri gerçek zamanlı olarak çok büyük oranda biriktirme ve depolama anlamına gelen büyük veri, hedefe uygun şekilde kullanıldığında akıllı veri haline gelir (Barreto, Amaral, Pereira, 2017, s.1247).

Lojistik 4.0 teknolojileri, tıpkı insanlar gibi özerk bir şekilde karar verebilen akıllı sistemlerdir. Lojistik 4.0, tedarik zinciri üyelerinin etkinliğini ve performansını arttırmayı hedeflemektedir (Dussmann Group, 2016, s.53). Sistemdeki amaçlara; kuruluştaki hiyerarşik alt sistemler ile ilgili üyelerin dikey entegrasyonu yapılarak veya dış tüzel kişiler arasındaki işbirliğine ilişkin yatay bütünleşme ile ulaşılmaktadır (Wang ve diğerleri, 2016, s.2).

Lojistik 4.0; Endüstri 4.0 ile arasındaki kavramsal benzerliklerden dolayı, öncelikli olarak dijitalleşme, otomasyon, ağ çalışması ve mobilite gibi tipik özelliklere dayanmaktadır. İkincil olarak ise dronelar, sürücüsüz araçlar, sensörler, büyük veri analitiği, GPS, RFID ve M2M kullanımına dayanmaktadır (Pfohl, Yahsi ve Kurnaz, 2015, s.43). Lojistik süreçlerin dijital platformlara taşınması, geniş bilgi kullanılabilirliği ve üstün işbirliği sağlamıştır. Lojistik süreçlerin güvenilirliği, çevikliği ve etkinliğinde artışlar meydana gelerek işletmelerin verimlilikleri ve karlılıkları artmaktadır (Akben ve Avşar, 2017, s.108).

Lojistik 4.0'ın konsept olarak insan işlerinde tasarruf, lojistik fonksiyonlarını bilgi parçalarına bağlamanın yüksek standardizasyonu ve lojistik işletmelerin en yeni teknolojilerle donatılmasının kullanılması gibi avantajları olmasına rağmen, yüksek yatırım maliyetleri ve BT tedarik ağına sahip olmak gereksinimi gibi dezavantajları vardır.

Akıllı lojistik uygulamaları, lojistiğin yedi doğrusu olarak bilinen doğru ürünün, doğru miktarda, doğru biçimde, doğru zamanda, doğru kaynaktan, doğru yolla, doğru fiyatta sağlanması üzerinde büyük etkiler yaratacaktır. Endüstri 4.0'a ait nesnelere interneti, üç boyutlu yazıcılar , büyük veri analizi gibi kavramlar lojistik sektöründeki mevcut işleri ve iş yapış süreçlerini büyük oranda değiştirerek lojistiğin operasyonel alanlarında personel ihtiyacını azaltacağı düşünülmektedir (Özdemir, 2017, s.1). Buna karşın lojistik süreçlerin taktik ve strateji yoğun alanlarında ise kalifiye personel ihtiyacını artıracığı tahmin edilmektedir. Bu durum veri lojistikçileri, veri madenciliği, otonom sistem kontrolörleri gibi farklı bir çok iş birimlerini açığa çıkaracaktır (Öztemel,2018, s.148).

2.7. LOJİSTİK 4.0'IN TEKNİK BİLEŞENLERİ

Lojistik 4.0 kavramı; tanımlama, konumlandırma, algılama, ağ oluşturma, veri toplama ve analizi ve ticari hizmetler olmak üzere altı teknik bileşenden oluşmaktadır.

Tanımlama

RFID, tedarik zinciri yönetimi de dahil olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesinde devrim yaratan önemli bir teknolojidir. Nesneye eklenmiş bir RFID etiketi ve okuyucu objeyi tanımlamakta ve etrafından geçtiği anda bilgilerini almaktadır. Etiket ürün bilgilerini radyo dalgalarıyla gönderdiğinde, okuyucu bu bilgiyi bu verileri işleyen bilgisayara göndermektedir. RFID etiketi tarafından sağlanan kimlik numarası ile bir objenin kimliği, genellikle doğru ürün, doğru zaman ve doğru yer şeklinde tasdik edilmektedir. RFID teknolojisini kullanmanın faydaları arasında işgücü maliyetlerinin azaltılması, iş süreçlerinin basitleştirilmesi ve envanter yanlışlıklarının azaltılması ve ayrıca lojistik süreçlerinde daha fazla şeffaflık sayılabilir (Galindo, 2016, s.37).

Konumlandırma

Konumlandırma sistemleri iç mekan ve dış mekan olarak iki şekilde incelenmektedir. GPS gibi fiziksel konum sağlayan sistemler dış mekan konumlandırma sistemlerini oluştururken, mal çıkışı gibi sembolik bir konuma işaret eden RFID, kızılötesi, ultrason, manyetik veya optik teknolojiler iç mekan konumlandırma sistemlerini oluşturmaktadır. Lojistik depolarında RFID sistemleri, gerçek zamanlı konumlandırma ve sinyal gücü ölçmeyi sağlamaktadır (Galindo, 2016, s.38).

Algılama

Lojistik 4.0'ın bir diğer bileşeni olan algılama, siber fiziksel sistemlere gömülü şekilde duran sensörler ve mikrodenetleyiciler ile sağlanmaktadır. Malzemelerin durumunu ölçen sensörler soğuk zincir ve taze gıda lojistiği gibi birçok alanda kullanılabilir (Lee, Bagheri ve Kao, 2014, s.18).

Ağ Oluşturma

Sistemler arasında ağ oluşturma nesnelerin interneti ile sağlanmaktadır. Nesnelerin interneti, tüm tedarik zinciri süreçlerini içeren bir akıllı lojistik ağı oluşturmayı mümkün kılmaktadır. IoT'deki nesnelere; sensörler, CPS'yi oluşturan uyarıcılar, iletişim modülleri, bu işbirliği olmadan gerçekleştirilemeyen hedeflere ulaşmak için akıllı bileşenlerle birlikte çalışabilen aygıtlardır.

Tedarik zincirinde nesnelere interneti kullanımı; tedarik zinciri yönetimini optimize etme, kaynakların etkin şekilde kullanılması, tedarik zincirinin şeffaflık bilgisini geliştirebilmesi için bütün tedarik zincirini görünür kılma, tedarik zincirini gerçek zamanlı olarak yönetebilme ve tedarik zincirini yüksek beceri ve tam entegrasyon haline getirme gibi işlevleri sağlamaktadır. Ayrıca IoT, üretim, depolama, nakliye ve satış bağlantılarını etkileyerek tüm tedarik zinciri reaksiyonlarının birbiriyle uyumluluğunun geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.219).

Veri Toplama ve Analizi

Lojistik 4.0, veri yaratmada çeşitlilik, hacim ve hızda büyük bir artış anlamına gelmektedir. Toplanan verilerin türü ve miktarı, sensör teknolojisindeki gelişmeler ve hesaplanan kapasitelerdeki ürünler nedeniyle artmıştır. Önceden, yalnızca sıcaklık ölçümü gibi basit veri türleri toplanmasına rağmen, günümüzde görüntüler veya gerçek zamanlı videolar gibi büyük veriler kullanılmaktadır. Büyük Veri, mevcut veritabanı ve araçlarla büyüyen ve yönetilmesi zorlaşan veri kümeleri için kullanılan terimdir. Zorluklar hacim, hız ve veri çeşitliliğinin değişmesinden kaynaklanmaktadır (Schmidt ve diğerleri, 2015, s.2).

Ticari Hizmetler

IoS (Servislerin İnterneti), çeşitli tedarikçilerin katma değerli servislerle birleştirilebilmesi için İnternet üzerinden hizmet sunma kavramını adlandırmak için kullanılan bir terimdir. IoS, hizmetleri veren servis sağlayıcılara, servisler için altyapıya ve iş modellerine dayanmaktadır. Bu sayede oluşturulan hizmetlere müşteriler tarafından erişilir. Bunun bir örneği, farklı becerileri birleştirirken ve zaman veya finansal kısıtlamayı gözlemlerken karmaşık bir iş yürütmek için gerektiğinde bireysel hizmetleri bir araya getirerek sanal üretim teknolojileri ve yetenekleri oluşturmak olabilir (Obitko ve Jirkovsky, 2015, s.219). IoS fikri, Alman Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı tarafından başlatılan “Endüstri 4.0 için Autonomics 4.0” programı kapsamında daha önce Smart Face adlı bir projede uygulanmıştır. Bu proje hizmet odaklı bir mimariye dayanmaktadır. Esnek, değiştirilmiş ve genişletilmiş modüler montaj istasyonlarının kullanımına izin verir. İstasyonlar arasındaki nakliye gerçekleştiren otomatik güdümlü

araçlar,servislerini IoS aracılığıyla sunmaktadır. Bu araçlar araçlar müşteriye özel durumları bilerek hangi çalışma adımlarının gerekli olduğuna özerk bir şekilde karar verebilir. Bu nedenle, IoS aracılığıyla gerekli süreçleri bireysel olarak oluşturabilirler (Herman, Pentek ve Otto, 2016, s.3934).

Sonuç olarak, yukarıda açıklanan teknolojik bileşenler Lojistik 4.0 kavramını mümkün kılar. RFID etiketleriyle akıllı tanımlama ve malın akıllı algısı ve konumlandırılması, etiketinde toplanan bilgileri büyük veri analitiğiyle ağ olarak çalışan bir veri tabanına göndermektedir. Bu sistem, bir ağ oluşturarak, birbiriyle ve diğer CPS ile iletişim kurarak, maddenin insan müdahalesi olmadan kendisini izleyebilmesini mümkün kılan özerk bir sistem oluşturmaktadır.

BÖLÜM III

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE KULLANIMININ OPERASYONEL VERİMLİLİK İLE İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

3.1.ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

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 açılarından incelenerek, bunların maliyet verimliliğine olan etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma soruları, İstanbul'da lojistik sektöründe faaliyet gösteren ve Endüstri 4.0 uygulamalarını aktif olarak kullanan işletmeler aracılığı ile sorgulanmıştır. Verilerin toplanma sürecinde yarı-yapılandırılmış derinlemesine mülakat, doküman ve gözlem yöntemleri kullanılmıştır.

Bu araştırma ile aşağıdaki soruların yanıtlanması amaçlanmıştır:

- Lojistik işletmelerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile taşıma yönetiminde operasyonel verimlilik arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
- Lojistik işletmelerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile depo ve envanter yönetiminde operasyonel verimlilik arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
- Lojistik işletmelerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile sipariş yönetimi ve müşteri hizmetlerinde operasyonel verimlilik arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
- Lojistik işletmelerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ve operasyonel verimlilik ile maliyet verimliliği arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

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 verimlilikle ilişkisi daha önce incelenmemiştir. Bu keşif çalışması, literatürdeki bu açığı kapatmaya yardımcı olmak ve lojistikte operasyonel verimliliğin artırılması için işletmelere katkı sağlamak bakımından önemli bir çalışmadır.

3.2.ARAŞTIRMANIN ÖRNEKLEMİ

Endüstri 4.0 sürecinin, nispeten yeni ve gelişme aşamasında bir kavram olması nedeniyle, lojistiğe etkileri 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 aracılığıyla yapılmıştır. 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, katılımcının sahip olduğu nitelikleri nedeniyle, araştırmacının bilinçli bir şekilde yaptığı seçimdir. Temel teorilere ya da belirli sayıda katılımcıya ihtiyaç duymayan, rastgele olmayan bir tekniktir. Bu teknikte, araştırmacı neyin bilinmesi gerektiğine karar vererek, bilgiyi sağlayabilecek alanında uzman ve bilgi vermeye istekli insanlara sorularını yöneltmektedir. Bu yöntem tipik araştırmalarda, mevcut kaynakların en doğru kullanımı için bilgi yönünden zengin vakaları belirlemek ve seçmek için kullanılır. Bu, ilgilenilen bir olgu ile birlikte yeterli ve iyi bilgilendirilmiş bireylerin veya birey gruplarının tanımlanmasını ve seçilmesini içerir. Kasıtlı olarak yaş, köken ve kültürlerden oluşan farklı bir kesiti içeren rastgele çalışmalardan farklı olarak, amaçlı örneklemenin arkasındaki fikir, ilgili araştırmaya daha iyi yardımcı olabilecek belirli özelliklere sahip insanlara odaklanmaktır (Etikan, Musa ve Alkassim, 2016, s.2).

Amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme ise; araştırma yapılacak kişi ve kurumların belli kriterlere göre seçilmesidir (Patton, 2002, s. 238).

Araştırmada yer alan işletmeler lojistik sektöründe üçüncü parti lojistik hizmeti veren lider şirketlerden oluşmaktadır. Bu şirketlerin biri Alman şirketi olup diğer ikisi tamamen Türk sermayeli şirketlerdir. Şirketlerle mail ve telefon vasıtalarıyla iletişim sağlanarak bu alanda en yetkin kişilerle yüzyüze görüşme talebi iletilmiştir. Görüşülen kişiler, şirketlerin AR-GE ve Sürdürülebilirlik departmanlarında, Endüstri 4.0 sürecinden sorumlu olan ve konu hakkında derinlemesine bilgiye sahip üst ve orta düzey yöneticilerden oluşmaktadır. Görüşmeler her üç firmanın merkezlerinde yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Ses kaydı ve not alma yöntemleriyle kaydedilen görüşmeler, her firmada 90-180 dakika sürmüştür.

3.3.ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmanın veri toplama sürecinde kalitatif araştırma kapsamında yarı-yapılandırılmış derinlemesine mülakat ve gözlem yöntemleri kullanılmıştır. Veri toplama süreci; firma içi dokümanlar, firmaların sitelerinde ve yayınladıkları raporlarda yer alan bilgiler ve konuyla ilgili çeşitli videolarla desteklenmiştir.

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 bilimlerde çok sık kullanılmaktadır. Burada görüşmeci, yanıtlayıcılarla doğrudan ve yüzyüze ilişkiler kurarak, araştırmanın benimsenmesini ve yanıtlayıcıların işbirliğini sağlayabilmektedir. 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. Özellikle insanların ve toplumsal kümelerin tutum, davranış ve görüşleri hakkında yüzeysel, sınırlı ve hazır yanıtı bilgilerle yetinmeyen, bunların derinliğine öğrenilmesini amaçlayan araştırmalara en uygun düşen tekniktir. Mülakat yönteminin esnek oluşu ve görüşmenin gidişi içinde görüşmeciye inisiyatif ve girişkenlik tanınması ve yeni sorularla

konuyu sondajlama olanağını içermesi, bu tekniğe önemli yöntemsel üstünlükler kazandırmaktadır (Güven, 2001, s.169).

Derinlemesine mülakat, karmaşık süreçleri derinlik ve ayrıntı içeren bir biçimde sistematik olarak veri toplamayı sağlamaktadır (Brounéus, 2011, s.45). Derinlemesine görüşmenin kilit özellikleri; esneklik, etkileşim ve kavramadır. Birleştirilerek yeni veriler elde edebilmek amacıyla görüşme esnasında sorular, esnek bir şekilde sorulmalıdır. Araştırmacı ve görüşmeci arasındaki etkileşim görüşmenin etkin geçmesini sağlayan önemli unsurlardan biridir. Keşif ve açıklama açısından, verilerin doğru bir şekilde açıklanabilmesi ve keşfedilebilmesi için, verilerin içine nüfuz ederek iyi bir şekilde kavramak gerekir. Keşif ve açıklama açısından doğru verilerin elde edilmesi, verilerin içine nüfuz ederek, verileri kavrama ile gerçekleştirilebilir (Legard, Keegan ve Ward, 2003, s.141).

Çalışmada kullanılan mülakat soruları literatürden yararlanılarak geliştirilmiş ve amaca yönelik, kapsamlı bir görüşme formu oluşturulmuştur. Veri toplama aracı yedi bölüm ve toplamda 37 sorudan oluşmaktadır. Birinci bölümde, işletmeler hakkında genel bilgiler ile demografik verilere ilişkin sorular yer almaktadır. İkinci bölümde, işletmelerin Endüstri’ye bakışı, kullandığı uygulamalar, kaynakları ve genel olarak operasyonel verimlilik düzeyleri hakkında sorular yer almaktadır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümde, lojistikte operasyonel verimlilik ölçütlerinin alt boyutları olan taşımacılık, depolama, sipariş yönetimi ve müşteri hizmetleri ile ilgili operasyonel verimliliği ölçecek düzeyde sorular bulunmaktadır. Altıncı bölümde, maliyet verimliliğinin Endüstri 4.0 ve operasyonel verimlilikle ilişkisi incelenirken, yedinci ve son bölümde ise firmaların geleceğe bakışı ve geleceğe yönelik stratejik planları yer almaktadır.

3.4.GÜVENİLİRLİK VE GEÇERLİLİK ANALİZİ

Görüşme formunun oluşturulmasında, lojistiğin operasyonel verimlilik ölçeğini oluşturabilmek için literatürde yer alan bir çok 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 bilgi vermeleri talep edilmiştir.

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 veriler Kappa istatistiği ile analiz edilerek güvenilirliği sağlanmıştır. Kappa istatistiği; verileri sınıflayarak puanlama yapan iki puanlayıcı arasındaki uyumun derecesini belirlemek amacıyla, bazı temel varsayımlara dayanarak geliştirilmiştir. Bu varsayımlar, puanlama sürecinde kategorilenen nesne ya da bireylerin bağımsız olduğu, puanlayıcıların puanlamalarının birbirinden bağımsız olduğu, puanlamada kullanılan kategorilerin birbirinden bağımsız olduğu şeklinde ifade edilmiştir. Kappa istatistiği; kolay hesaplanabilme, yorumlanabilme ve tesadüfe dayanan benzerliği düzeltme gibi avantajları nedeniyle nitel araştırmalarda sık kullanılan bir analiz aracıdır. Bu istatistik, gözlenen uyumluluk oranından tesadüfi uyumluluk oranının çıkarılarak, gerçek uyumluluk orana bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Değer aralıklarında 0.61-0.80 arası sonuç alınması yüksek düzeyde uyum sağlandığını göstermektedir (Bilgen ve Doğan, 2017, s.66). Tezde, iki değerleyicinin sonuçları arasındaki uyuşmanın ölçümü için görüşme verileri alanda uzman iki kişiyle paylaşılarak ve kodlama yaptırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 0.77 değeri elde edilmiştir. Elde edilen değer, sonuçlar arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu göstermektedir.

KAPPA ANALİZİ ÖLÇÜM TABLOSU

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

Tablo 1. Kappa Analizi Ölçüm Tablosu

3.5.ARAŞTIRMA BULGULARI VE VERİ ANALİZİ

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 dökümanlardan yararlanarak elde edilmiş bulguları, karşılaştırmalı bir şekilde aktarıldıktan sonra tabloya dökülmüştür.

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, 1998).

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 ayırıştırarak 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).

3.5.1. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler

X İşletmesi, 1990 yılından itibaren lojistik sektöründe faaliyet göstermeye başlamıştır. İşletme, 7620 çalışanıyla başta otomotiv, tekstil ve endüstri olmak üzere bir çok sektöre hizmet vermektedir. Son bir yıllık cirosu 600 Milyon € üzerinde olan işletmenin temel faaliyet alanları: taşımacılık, depolama, katma değerli hizmetler ve gümrüklemedir. İşletme 2012 yılında sadece lojistik üzerine kurulan ilk AR-GE Merkezi'ni faaliyete geçirerek yenilikçi bir vizyon izlemiştir. İşletme, 120'nin üzerinde AR-GE çalışanıyla, AR-GE Merkezi'nde çeşitli üniversitelerle işbirliği yaparak; depo yönetimi iyileştirilmesi, akıllı algoritmalar, araç izleme sistemleri gibi bir çok proje geliştirmiştir. İşletmenin son bir yıllık teknolojik faaliyetlere yatırım miktarı 10 Milyon € üzerindedir. Ortaklık yapısının tamamen Türk olması sebebiyle kurduğu AR-GE Merkezinde devlet teşviklerinden daha avantajlı olarak yararlanabilmekte ve yatırımlarını arttırabilmektedir. İşletmenin son bir yıllık büyüme oranı %6.4'tür.

Dünyadaki faaliyetlerini yaklaşık 50 yıldır sürdürmekte olan Y İşletmesi, Türkiye'deki faaliyetlerine 2001 yılında başlamıştır. Dünyanın önde gelen lojistik hizmet sağlayıcılardan biri olan işletme, kendi çatısı altında 5 ayrı grup şirketi barındırmaktadır. Araştırmaya uygunluğu ve tedarik zinciri yönetimini kapsamaması nedeniyle, Y İşletmesi'nin altında yer alan grup şirketlerinden sadece biri araştırmaya dahil edilmiştir. Konu grup şirketi, Türkiye'de 10 yıldır faaliyetlerini sürdürmekte ve bünyesinde 1600 çalışan yer almaktadır. İşletmenin konu grup şirketinin dünyadaki son bir yıllık cirosu, 13350 milyar € ve son bir yıllık büyüme oranı %5.4'tür. İşletmenin 2018 yılından beri faaliyet gösteren Arge Merkezi, bu yapı altında bulunmaktadır. Arge merkezinde mevcut çalışan sayısı 39'dur. Şirketin temel faaliyet alanları depolama, ulaşım yönetimi ve katma değerli hizmetler ve kurumsal bilgi ve iletişim yönetimi çözümleri olmakla birlikte, hizmet verdiği sektörler: sağlık, tekstil, otomotiv, perakende, teknoloji ve FMCG sektörleridir.

1944 yılından itibaren ilk faaliyetlerine başlayan Z İşletmesi, bünyesinde 7 ayrı grup şirketi barındırmaktadır. Araştırmaya uygunluğu ve tedarik zinciri yönetimini kapsamaması

nedeniyle, holding çatısı altında yer alan grup şirketlerinden bir tanesi araştırmaya dahil edilmiştir. Z İşletmesi, 1973'ten beri lojistik faaliyetlerini sürdürmektedir. İşletmenin bünyesinde 3500 çalışan yer almaktadır. İşletmenin son bir yıllık cirosu 1.500 Milyon TL üzeri ve son bir yıllık büyüme oranı %15'tir. İşletmeye ait AR-GE Merkezi 2011 yılında kurulmuş ve şu an 20'nin üzerinde AR-GE çalışanıyla teknolojik yatırımlar yapmaktadır. Şirketin temel faaliyet alanları; depolama, gümrükleme, yurtiçi taşıma, ağır taşımacılık, dağıtım araç stoklamadır. Hizmet verdiği sektörler; içecek, endüstri, yapı malzemeleri, FMCG, otomotiv ve teknolojidir.



İŞLETMELER HAKKINDA BİLGİLER			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
FAALİYET SÜRESİ	1990'dan beri	2001'den beri	1973'ten beri
ORTAKLIK YAPISI	% 100 Yerli	%100 Yabancı	% 100 Yerli
SEKTÖRÜ	Lojistik	Lojistik	Lojistik
HİZMET VERDİĞİ SEKTÖRLER	Otomotiv Tekstil Endüstri Hizmet FMCG Sağlık Perakende Diğer	Sağlık Tekstil Otomotiv Perakende Teknoloji FMCG	İçecek Endüstri Yapı Malzemeleri FMCG Otomotiv Teknoloji
ÇALIŞAN SAYISI	7620	1600	3500
AR-GE MERKEZİ FAALİYET SÜRESİ	2012'den beri	2018'den beri	2011'den beri
AR-GE ÇALIŞAN SAYISI	120'nin üzerinde	39	20'nin üzerinde
DEPOLAMA ALANLARI (m2)	1.000.000 m2	200.000 m2	400.000 m2
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
CİRO	600 Milyon € üzeri	13.000 Milyar € üzeri	1.500 Milyon TL üzeri
YATIRIM	10 Milyon € üzeri	-	300 Bin TL üzeri
SON 1 YILLIK BÜYÜME ORANI	%6.44	%5.4	% 15

Tablo 2. İşletmeler Hakkında Genel Bilgiler

3.5.2. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

İşletmelerin Endüstri 4.0'a bakışı

X İşletmesinin Endüstri 4.0'a bakışı yarattığı marka algısıyla Lojistik 4.0'a dönüşmek ve iş yapış şekillerini tamamen buna uygun hale getirmektir. İşletmede Endüstri 4.0'a yönelik iş yapış şekillerini dönüştürmek için kurulan AR-GE Merkezi, marka ve patent gibi önemli çalışmalara imza atarak direktörlük düzeyinde yönetilmektedir. Endüstri 4.0'ın temel amacı bir önceki devrimde kalan otomasyonun yerine, robotların ve insansız araçların birbirleriyle iletişime geçtiği ve senkronize şekilde işlemleri yürütebildiği sistemlerdir. Bunun için nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerle senkronize yazılımlara yatırım yapmaktadırlar. Bu yatırımlarla birlikte, anlık veri yönetimi, siparişlerin ihtiyaca yönelik olarak analiz edilmesi ve bunlara uygun bir biçimde taşıma ve depo yönetimi sağlanabilmektedir.

Y İşletmesinin Endüstri 4.0'a bakışı; işletmenin dünyada sürdürülen yönetim ve vizyonuna bağlı olarak lojistiği evrimleştirmektir. İşletmede Endüstri 4.0 ve lojistikle ilgili; makale, rapor, patent ve projeler anlamında bir çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, trend öngörme ve müşteri odaklı inovasyona açık bir yaklaşım uygulanmasına yardımcı olmaktadır. İşletmede Endüstri 4.0 kullanımıyla; operasyonel verimlilik, sürdürülebilirlik, yeni iş modelleri ve daha zengin müşteri deneyimleri için önemli fırsatlar sağlanabilmektedir. Ayrıca uzun dönemli ihtiyaçlara karşılık vererek endüstrinin beklentilerini karşılamaktadırlar.

Z İşletmesinin Endüstri 4.0'a bakışı, şirketin direktörlük düzeyinde takip ettiği vizyonlardan kaynaklanmaktadır. İnovatif projelerle oluşturulan vizyon, şirketin altında yer alan grup şirketlerini kapsamakta ve her yıl iş planlarıyla ilgili bir platformda paylaşılmaktadır. Lojistiğin evrimleşmesi anlamında süreçleri dijitalleştirmek, işlemleri insan elinden sıyrılıp algoritmik hale getirmek için işletmede bir çok algoritma ve yazılımlar geliştirilmektedir. Bu sayede; süreçler şeffaflaştırılmakta ve hataların minimize edilerek optimizasyon ve operasyonel verimlilik sağlanmaktadır.

Amaç ve Hedefler

X İşletmesinin, Endüstri 4.0 temel hedefleri; yeni nesil teknolojileri adapte etmekle ilgili kaynak ayırmaya ve çalışmaya devam ederek, sürekli iyileştirme çalışmalarıyla insanların katma değerlerinin yoğun olabileceğini işleri ayrıştırmaktır. Dünyadaki gelişmelerle birlikte teknolojiye yapılan yatırımların ucuzlamaya başlaması, firmanın teknolojiyi yakından etmesini sağlamakta ve gelişmiş teknolojiyi içeri almakla ilgili gücünü arttırmaktadır. Bu durum şirket stratejisi açısından, müşteri taleplerine daha etkin çözümler üretebilmeyi sağlamaktadır. Firmanın temel amacı karlılıktan ziyade değer ve marka üreterek ekonomi, çevre ve toplum ekseninde sürdürülebilirliğini sağlamaktır.

Y İşletmesinin Endüstri 4.0 uygulamalarını hayata geçirmesinde en büyük amaç, liderlik anlayışını sürdürmektir. Bu anlayışla, şirketin globaldeki inovasyon topluluğu ile işbirliği içinde yenilikçi çözüm ve ürünler geliştirmek, küresel inovasyon bilgi birikimini transfer etmek, örnek uygulamaları operasyonlar ve müşteriler için kullanmak, çalışanları şirketin geleceği için geliştirmek, yapılan projeleri destekleyecek ve şirkete değer kazandıracak şekilde üniversite-sanayi işbirliğine katkı sağlamak, markanın saygınlığına etki edecek şekilde inovasyon yarışmalarında yer almak, girişim şirketlerini desteklemek, şirkete daha fazla patent kazandırmak, yayınlar ve makaleler çıkartmak gibi hedefleri bulunmaktadır.

Z İşletmesinde kullanılan teknolojik uygulamaların temel amacı maliyet tasarrufudur. Optimizasyon tarafında ise karbon ayak izinin düşürülmesi firma açısından çok hassas konulardan biridir. Z firması, süreçlerinin dijitalleştirerek sistemin kendi kendine çalışabilir hale gelmesini hedeflemektedir. Ayrıca firma büyük veri analizleri ile verileri standardize ederek gelecek öngörülerinde bulunabilmek için ciddi çalışmalar yapmaktadır.

Kaynaklar ve Kriterler

X,Y ve Z İşletmeleri Endüstri 4.0'a uyum sürecinde kaynak olarak, daha çok şirket içinden gelen politikalarla yürütülen çalışmaları baz almaktadır. Şirketlerin vizyonlarını destekleyen bu çalışmaları, müşterilerin ihtiyaçları çerçevesinde sunulan

çözümler izlemektedir. Örneğin; Y İşletmesinin kendi tasarladığı Pick to Light toplama aracı müşteri taleplerine yönelik yapılmış bir çalışmadır. Y İşletmesi ayrıca bu süreçte, yedi farklı üniversite ile işbirliği yapmakta ve bir üniversitenin mühendislik fakültesiyle bir araya gelecek rota ve optimizasyonla ilgili algoritmalar geliştirmektedir. İşletmeler kaynak olarak devlet teşviklerini de etkin bir şekilde kullanmaktadır.

İşletmeler Endüstri 4.0 sürecinin etkinliğini ölçmede ortak olarak; AR-GE projelerinin etkinliği, müşterilerin geri bildirimleri ve müşteri memnuniyetini baz almaktadırlar. X İşletmesinde, yapılan projelerin zamanında, bütçeye, hedefe ve hizmet kalitesine uygun olarak gerçekleştirilme önemli kriterler arasındadır. Y İşletmesinde, çalışanların niteliklerinin olumlu yönde değişmesiyle birlikte şirket karlılığının artması, Z İşletmesinde ise, maliyet tasarrufu ve verimlilik oranlarının artması önemli kriterler arasındadır.

Genel Anlamda Operasyonel Verimlilik

Endüstri 4.0 teknolojileri ile X İşletmesinde genel olarak operasyonel verimlilik düzeyi artmaktadır. Manuel yapılan işlerin teknolojik araçlarla yapılı hale gelmesi ile katma değersiz işgücü ihtiyacı ortadan kalkmakta, tekrarlı yapılan işler otomatik araçlara devredilmektedir. İşletmenin AR-GE laboratuvarında hizmet veren mekatronik ekibi, tasarladığı konveyör ve yazılımlarla oluşabilecek problemleri önceden tespit edebilmektedir. Böylece hata oranları ve müşteri şikayetleri minimuma indirilmekte, anlık müdahaleler ile sürecin sürekliliği sağlanabilmektedir. İşletmenin otomasyonla yapılabilecek işleri makinelere devretmesi, entelektüel sermaye gerektiren işlere daha kaliteli kaynak ayırabilmesini sağlayarak operasyonel verimliliğini arttırmıştır.

Y İşletmesi, Endüstri 4.0 uygulamalarını kullanarak operasyonel verimliliğini etkin bir düzeyde arttırmıştır. Depolarda genel çalışma ve işçilik verimliliklerini arttırarak operasyonel karlılığı arttırmıştır. İşletme içinde, çalışanların kalifikasyonları gelişerek üniversite mezunu ve entelektüel sermayeye sahip insanlar artmıştır. Yeniliğe bu kadar açık bir ortamda çalışmak insanları motive ederek kendilerini daha da geliştirebilecekleri düzeye getirmiştir. Endüstri 4.0'la yeni iş modelleri geliştirilerek sistem ve operasyonların yenilenmesi, müşteri memnuniyeti ve şirket karlılığını arttırmıştır.

Endüstri 4.0 uygulamaları Z İşletmesinde genel olarak %5 maliyet tasarrufu ve %7 düzeyinde operasyonel verimlilik sağlamaktadır. İşletmede kullanılan rota optimizasyon sistemleriyle araç takip noktasında %23 düzeyinde bir verimlilik artışı meydana gelmektedir. Verilen sürücü eğitimi ve sistem puanlamasıyla sürüş konforu yaratılmakta ve sürücünün aracı doğru bir şekilde kullanması sağlanmaktadır. Sadece sürücünün aracı doğru kullanmasıyla %3 oranında yakıt tasarrufu elde edilmektedir. Ayrıca yapılan optimizasyon çalışmaları %11 daha az km yol gidilmesini ve buna bağlı olarak %11 daha az yakıt tüketilmesini sağlamaktadır.

Tablo 3'te işletmelerin kullandığı Endüstri 4.0 uygulamaları gösterilmektedir.

KULLANILAN ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI			
UYGULAMALAR	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
Nesnelerin İnterneti ve sensör	Işıklı komut sistemleri Sesli komut sistemleri Treyler Takip Ünitesi	Dinamik Rotalama Algoritması Dijital Ziyaretçi İzleme Işıklı komut sistemleri Sesli komut sistemleri	Işıklı komut sistemleri Sesli komut sistemleri
Büyük Veri ve Bulut	Quadro One Order Data Warehouse Project	Akıllı Nakliye Fiyatlandırma Aracı	Talep Tahminleme Programı Oculus
Otonom Araçlar ve Robotik	AS/RS	Otomatik Yönlendirmeli Araç Robotik KDH süreci Paketleme makinası Akıllı Ölçümleme Sistemi Otonom sayım aracı (drone)	Paketleme makinası
Siber Güvenlik	Kullanılmakta	Kullanılmakta	Kullanılmakta
Arttırılmış Gerçeklik ve Simülasyon	Tır Simülasyonu	Arttırılmış Gerçeklik (VR) Platformu Canlı Kaza Yönetimi Akıllı gözlükler	Sadece eğitimlerde VR gözlük kullanımı
3B Yazıcı	Kullanılmamakta	Küçük ve basit işlerde kullanılmakta	Kullanılmamakta
Sürücüsüz Tır ve Dronelar	Kullanılmamakta	Kullanılmamakta(globalde mevcut)	Sipariş verilmiş, yapım aşamasında.
Mobil	Mobil uygulamalar	Gönderi İzleme takip programı	ETA

Tablo 3.Kullanılan Endüstri 4.0 Uygulamaları

İşletmelerin Endüstri 4.0 uygulamalarına olan genel bakışı, bu uygulamaları kullanım amaçları, stratejileri, kaynakları ve genel anlamda elde ettikleri operasyonel verimlilik Tablo 4'te gösterilmektedir.

ENDÜSTRİ 4.0'IN LOJİSTİKTE KULLANIMI İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
ENDÜSTRİ 4.0'A BAKIŞ	<p>Yönetim Vizyonu Lojistiğin evrimleşmesi İş yapış şekillerinin dönüşümü AR-GE ve IT altyapı yatırımı Dijitalleşme Operasyonel Verimlilik Sürdürülebilirlik Optimizasyon Daha az kaynak tüketimi Katma değer Yatay ve dikey entegrasyon Nitelikli işgücü</p>	<p>Yönetim Vizyonu Lojistiğin evrimleşmesi İş yapış şekillerinin dönüşümü AR-GE ve IT altyapı yatırımı Dijitalleşme Operasyonel Verimlilik Sürdürülebilirlik Endüstrinin beklentilerini karşılamak Uzun dönemli ihtiyaçlara karşılık vermek İnovasyon ve değişim Trend öngörme</p>	<p>Yönetim Vizyonu Lojistiğin evrimleşmesi İş yapış şekillerinin dönüşümü AR-GE ve IT altyapı yatırımı Dijitalleşme Operasyonel Verimlilik Optimizasyon İşin insan elinden sıyrılması Hata minimizasyonu Şeffaflık</p>
AMAÇ VE HEDEFLER	<p>İş yapış şekillerini dönüştürmek Teknoloji yatırımlarını arttırmak Sürekli iyileştirme Değer üretmek Marka yaratmak Ekonomi, çevre ve toplum ekseninde sürdürülebilirlik Müşterilere teknolojik çözümler sunmak</p>	<p>Liderlik Yenilikçi çözüm ve ürünler geliştirmek Küresel inovasyon bilgi birikimini transfer etmek Üniversite-sanayi işbirlikleri kurmak Girişim şirketlerini desteklemek Değer üretmek Patent, makale ve yayın sayısını arttırmak İnovasyon yarışmalarında yer alarak marka saygınlığını arttırmak</p>	<p>Maliyet tasarrufu Karbon ayak izinin düşürülmesi Dijitalleşme Özerk sistemler Standardizasyon Gelecek öngörülleri Hata minimizasyonu</p>

Tablo 4. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

ENDÜSTRİ 4.0'IN LOJİSTİKTE KULLANIMI İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
STRATEJİLER	AR-GE çalışmaları Yatırımlara kaynak ayırma Yenilikçilik anlayışı Nitelikli işgücünü artırma Sürekli iyileştirme	AR-GE çalışmaları Yatırımlara kaynak ayırma Yenilikçilik anlayışı Çalışanların inovasyon kültürü ve farkındalığını artırma Bölgesel ve global inovasyon ekipleri kurma	AR-GE çalışmaları Yatırımlara kaynak ayırma Yenilikçilik anlayışı Çalışanların inovasyon kültürü ve farkındalığını artırma
KAYNAKLAR	Şirket içi politikalar Müşteri ihtiyaçları Turquality ve Tübitak destek programları	Şirket içi politikalar Müşteri ihtiyaçları Üniversite işbirlikleri Tübitak ve Horizon destek programları	Şirket içi politikalar Müşteri ihtiyaçları Çalışanlar Uluslararası danışmanlık firmaları
ÖLÇÜM KRİTERLERİ	AR-GE projelerinin etkinliği Müşterilerin geri bildirimleri Müşteri memnuniyeti Yapılan işlerin hedefe, bütçeye, hizmet kalitesine uygunluğu	AR-GE projelerinin etkinliği Müşterilerin geri bildirimleri Müşteri memnuniyeti Çalışanların etkinliğinin artması Şirket karlılığının artması	AR-GE projelerinin etkinliği Müşterilerin geri bildirimleri Müşteri memnuniyeti Çalışanların etkinliğinin artması Maliyet tasarrufları Verimlilik oranları
GENEL ANLAMDA OPERASYONEL VERİMLİLİK	İşgücü verimliliği Kaliteli işgücü kaynağının artması İşgücü tasarrufu Maliyet tasarrufu Müşteri şikayetlerinin azalması Hata oranlarının düşmesi Tekrarlı işlerde teknoloji kullanımı Anlık müdahale ile etkin çözüm üretme	İşgücü verimliliği Kaliteli işgücü kaynağının artması İşgücü tasarrufu Maliyet tasarrufu Müşteri memnuniyetinin artması Yeni iş modelleri geliştirme Kar artışı	Hata oranlarının düşmesi %5 maliyet tasarrufu Rota optimizasyonu %23 takipte operasyonel verimlilik %7 operasyonel verimlilik

Tablo 5. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımıyla lojistikte operasyonel verimlilik ilişkisi; taşıma yönetimi, depo ve envanter yönetimi, sipariş yönetimi, müşteri hizmetleri ve maliyet verimliliği faktörlerinin alt değişkenleri baz alınarak 4 başlık altında incelenmektedir.

3.5.3. Taşıma Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

Filo Yönetimi

Endüstri 4.0 uygulamaları filo yönetiminde etkin düzeyde operasyonel verimlilik artışı sağlamaktadır. X İşletmesi, filo yönetimini Freight Management adlı yazılımla, Y İşletmesi Dinamik Rotalama Algoritmasıyla, Z İşletmesi ise Figo yazılımıyla yönetmektedir. Bu uygulamalar ile araçların boş ve doluluk oranları, seyir esnasında olması gereken saatte ve olması gereken rotada olup olmamaları ve müşteriye randevu saatinde ulaşıp ulaşılmadığı gibi noktalar kontrol edilebilmektedir. İşletmelerde kullanılan teknolojilerle ayrıca şoförlerin emniyetli araç kullanıp kullanmadığı, frene basma hızından yakıt tüketim hızına ve aracın içerisindeki karbon seviyesine kadar herşeyi ölçümlenebilmektedir. X İşletmesinde ayrıca, filo yönetimi için yer alan özel ve dedike otomatik araç temsilcileri, tüm sistemleri besleyerek 360 derece izleme ve takip yapmaktadırlar. Yolda bir kaza olması veya herhangi bir sorunla karşılaşılması halinde, sistem ve şoförle entegre edilmiş veriler, araç temsilcisine aktarılarak rapor iletmektedir. Bu sayede anlık müdahale ve kritik süreçleri yönetme kabiliyeti artmaktadır.

Z İşletmesinde, Figo yazılımıyla rota optimizasyonu ve dağıtım planlaması yapılmaktadır. Bu uygulamada kurye durakların ilk ve son adres olarak sisteme eklenebilmesi ile rota planlamada, sağlanan karın, kurye bırakmak için dönülen yolla kaybedilmiş olması engellenmektedir. Firma araç takip noktasında toplam %23 daha iyi araç takip edebilir hale gelmiştir. Ayrıca bu sistemle kullanılan araçların boş dönüşüne göre güzergah çizilmesi, riskleri minimize etmekte ve yakıt tasarrufu sağlayarak karbon ayak izini düşürmektedir.

Araç Doluluk Oranı

Endüstri 4.0 uygulamaları filo yönetiminde etkin düzeyde operasyonel verimlilik artışı sağlamaktadır. X İşletmesi, filo yönetimini Freight Management adlı yazılımla, Y İşletmesi Dinamik Rotalama Algoritmasıyla, Z İşletmesi ise Figo yazılımıyla yönetmektedir. Bu uygulamalar ile araçların boş ve doluluk oranları, seyir esnasında olması gereken saatte ve olması gereken rotada olup olmamaları ve müşteriye randevu saatinde ulaşıp ulaşılmadığı gibi noktalar kontrol edilebilmektedir. İşletmelerde kullanılan teknolojilerle ayrıca şoförlerin emniyetli araç kullanıp kullanmadığı, frene basma hızından yakıt tüketim hızına ve aracın içerisindeki karbon seviyesine kadar herşeyi ölçümlenebilmektedir. X İşletmesinde ayrıca, filo yönetimi için yer alan özel ve dedike otomatik araç temsilcileri, tüm sistemleri besleyerek 360 derece izleme ve takip yapmaktadırlar. Yolda bir kaza olması veya herhangi bir sorunla karşılaşılması halinde, sistem ve şoförle entegre edilmiş veriler, araç temsilcisine aktarılarak rapor iletmektedir. Bu sayede anlık müdahale ve kritik süreçleri yönetme kabiliyeti artmaktadır.

Z İşletmesinde, Figo yazılımıyla rota optimizasyonu ve dağıtım planlaması yapılmaktadır. Bu uygulamada kurye durakların ilk ve son adres olarak sisteme eklenebilmesi ile rota planlamada, sağlanan karın, kurye bırakmak için dönülen yolla kaybedilmiş olması engellenmektedir. Firma araç takip noktasında toplam %23 daha iyi araç takip edebilir hale gelmiştir. Ayrıca bu sistemle kullanılan araçların boş dönüşüne göre güzergah çizilmesi, riskleri minimize etmekte ve yakıt tasarrufu sağlayarak karbon ayak izini düşürmektedir.

Rota Planlama

Günlük ve uzun vadeli rota-güzergah ve kaynak planlamaları yapabilmek için tüm süreçleri aynı anda analiz edebilmek gerekmektedir. Tüm bunlar çok ciddi optimizasyon, derin planlama süreçleri ve yöneylem çalışmalarıyla mümkün olmaktadır. Her üç işletmede de Endüstri 4.0'a geçişle birlikte GPS, sensör verileri ve belli yazılımlar kullanılarak düzenlenen bu veriler, rota planlama süreçlerini optimize etmeyi sağlamaktadır. Ayrıca bu düzenlenmiş veriler, problem yaşanması durumunda anlık müdahale olanağı ve esneklik sağlayarak anlık rota değişikliklerini de mümkün

kılmaktadır. Rota planlama, sürücünün yanlış yollara sapmasını da engelleyerek aynı zamanda yakıt tasarrufu da sağlamaktadır. X İşletmesi bu işlem için Treyler Takip Ünitesi, Y İşletmesi Dinamik Rotalama Algoritması ve Z İşletmesi ETA(Elektronik Taşımacılık Ağı) programlarını kullanmaktadır. Z İşletmesi, taşımada dış kaynak kullanımının fazla olmasından dolayı, geliştirdiği mobil uygulamada diğer araç takip sistemleriyle entegre çalışan bir sistem uygulamaktadır. Ek olarak Z İşletmesi, bu mobil uygulama üzerinden normal şartlarda ulaşamayacağı nakliyecilere dahi ulaşarak ciddi oranda maliyet tasarrufları, işgücü tasarrufu, yönetim ve organizasyon kolaylığı da sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 uygulamalarıyla sağlanan rota planlama ve eşzamanlı izleme ile maliyet tasarrufu, yakıt tasarrufu, anlık müdahale ve kontrol olanağı, yönetim ve organizasyon kolaylığı gibi noktalarda işletmelerin esnekliği ve operasyonel verimlilik artmaktadır.

Araç ve Sürücü Performansı

Araç ve sürücü performansı; operasyonel verimlilik açısından her üç işletmede de önem arz eden konulardan biridir. Algoritma mantığında bakıldığında taşımadaki en büyük girdinin taşıyıcı olması, taşıyıcının buradaki önemini göstermektedir. X İşletmesi, Sürücü Performans Yönetim Sistemi ile sürücülere performans karnesi oluşturarak hatasız iş yapmayı ve verimliliği arttırmaktadır. Y İşletmesi, Arttırılmış Gerçeklik (VR) Platformu ile çalışanlarına simülasyona dayalı ileri sürüş ve iş güvenliği eğitimleri vererek olası kazaları önleyerek maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Z İşletmesi, uyguladığı anlık puanlama sistemine göre sürücülere sürüş eğitimi vererek sürüş konforunu arttırmakta ve yakıt tasarrufuna ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarıyla sağlanan araç ve sürücü performans ölçümü ile operasyonel verimlilik arasında anlamlı bir ilişki vardır. Ayrıca, bu ölçümlerin hata ve kaza oranlarını minimize etme, maliyet, zaman ve yakıt tasarrufu arasında da ilişki mevcuttur.

Yakıt Tüketimi

Her üç işletme de, yakıt tüketiminde ortalama %10 civarında tasarruf sağlanmaktadır. X İşletmesi yakıt tasarrufu için, yeni nesil araç takip ve filo yönetimi

uygulamaları, Y İşletmesi gazlı ve hibrit sistemlerle, Z İşletmesi ise sürücü eğitimleri ve rota optimizasyonlarıyla kat edilen mesafeleri düşürerek yakıt tasarrufu sağlamaktadır. . Takip sistemleri; yük teslimatı, yakıt alım, yakıt harcama, sarfedilen km miktarı, araç kullanım süresi, motor devri, hız aşımı gibi belirlenen araç kullanım kriterlerini raporlayarak operasyonel verimlilik yaratmaktadır. Tüm bunlarla birlikte, yanlış güzergahtan kaynaklanan hata maliyetleri en aza indirgenerek hizmet hızı, kalitesi ve müşteri memnuniyeti arttırılmaktadır.

Taşıma ve Teslimat Hızı

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile taşıma ve teslimat hızının artması operasyonel verimliliği arttırmaktadır. Her üç işletmede de rota ve güzergah planlama ile taşıma ve teslimat hızı arttırılmakta, buna bağlı olarak hizmet hızı ve kalitesi de artmaktadır. Rota ve güzergah planlama ile taşıma ve teslimat hızı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

TAŞIMA YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
FİLO YÖNETİMİ	Freight Management Verimlilik artışı Zamanında teslimat Anlık sorunlara anlık müdahale Kritik süreçleri yönetebilme Karbon ayak izini düşürme	Dinamik Rotalama Algoritması Verimlilik artışı Zamanında teslimat Anlık sorunlara anlık müdahale Kritik süreçleri yönetebilme Karbon ayak izini düşürme	Figo Yazılımı Verimlilik artışı Zamanında teslimat Karbon ayak izini düşürme Maliyet ve zaman tasarrufu Boş araç dönüşü ile yakıt tasarrufu
ARAÇ DOLULUK ORANI	Mal kabulünde otomatik ürün bilgisi Tır simülasyonu Otomatik ürün yerleştirme önerileri Doluluk ve sipariş yeterliliği kontrolü Esneklik Anlık siparişle ürün yükleme yapılamamaktadır. Yasal prosedür ve izin kısıtları	Anlık siparişle ürün yükleme yapılamamaktadır. Yasal prosedür ve izin kısıtları	Araç doluluk oranı LTL’de %72’den %80’e, FTL’de %80’den %92’ye çıkmıştır. Anlık siparişle ürün yükleme yapılamamaktadır. Yasal prosedür ve izin kısıtları
ROTA VE GÜZERGAH PLANLAMA	Treyler Takip Ünitesi 360 derece izleme ve takip Rota optimizasyonu Günlük ve büyük planlama Süreç analizi Derin planlama ve yöneylem çalışmaları	Dinamik Rotalama Algoritması Esneklik Eş zamanlı izleme ve takip Zamanında teslimat % 10-15 verimlilik artışı	ETA Şirketin en çok önem verdiği konu Haritalandırma ve sistemsel öneriler Maliyette %7 tasarruf %11 daha az yakıt Risk minizasyonu %11 Yakıt tasarrufu Kurye adresini hesaba katma Boş dönüş

Tablo 6. Taşıma Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi

TAŞIMA YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
ARAÇ VE SÜRÜCÜ PERFORMANSI	Sürücü performans yönetim sistemi Performans karnesi Eş zamanlı veri takibi Görevleri doğru şekilde yerine getirme Hata oranlarının azalması Şikayetlerin azalması Araç emniyeti Ani fren ölçümü Araç içi karbon seviyesi ölçümü Performansa dayalı gelir	VR Platformu VR gözlükleriyle ileri sürüş ve iş sağlığı eğitimleri Canlı kaza yönetimi Maliyet tasarrufu Zaman tasarrufu	ETA ile sürücüleri anlık puanlama Zaman tasarrufu Daha fazla sürücüye aynı anda ulaşma Telefon trafiğini azaltma İş yükünü azaltma Navlun giderlerini azaltma Maliyet tasarrufu
YAKIT TÜKETİMİ	%9 yakıt tasarrufu Yakıt tüketim hızı kontrolü Kat edilen mesafelerin düşürülmesi Sefer sayılarının artması Karbon ayak izinin azaltılması Motor devrinin azalması Verimli araç yönetimi	%10 yakıt tasarrufu Gazlı ve hibrit sistemler	%11 Yakıt tasarrufu Maliyette %7 tasarruf Risk minizasyonu Karbon ayak izinin azalması Kat edilen mesafelerin düşürülmesi
TAŞIMA VE TESLİMAT HIZI	Rota ve güzergah hatalarının minimizasyonu Daha az km katedilmesi Hizmet hızı ve kalitesi artışı Zaman tasarrufu Müşteri memnuniyeti	Rota ve güzergah hatalarının minimizasyonu Daha az km katedilmesi Hizmet hızı ve kalitesi artışı Zaman tasarrufu Müşteri memnuniyeti	Rota ve güzergah hatalarının minimizasyonu Daha az km katedilmesi Rampaların dolu olma riskine karşı önlemler Mobil uygulama kullanımı Zaman tasarrufu Hizmet hızı ve kalitesi artışı Müşteri memnuniyeti

Tablo 7.Taşıma Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2

3.5.4. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

İşgücü Verimliliği

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile her üç işletmede de işgücü verimliliği sağlanmıştır. X İşletmesinde, gelişen teknolojilerle birlikte mavi yakanın sağladığı kas gücüne duyulan ihtiyacın azalması, iş yapış şekillerinin dönüşümünü hızlandırmaktadır. Yapılan tekrarlı işlerin makine ve yazılımlara devredilmesi, insanların beyinlerini kullanarak katma değerli işler yapmasına olanak sağlamak ve entelektüel sermayeye geçişi kolaylaştırmaktadır. Y İşletmesi, nesnelerin interneti ile, çalışanların performanslarını eş zamanlı olarak ölçülemektedir. Ayrıca, pilot olarak uygulanmaya başlanan akıllı gözlük uygulaması ile çalışanlar ürünleri bulmak için el terminalleri ve toplama listeleri kullanmak yerine yerleri kendi retinalarında tespit edebilmektedirler. Bu sayede çalışanlar iki elini de rahatlıkla kullanabilir hale gelmektedir. Ayrıca çalışanların boş vakitlerinde eğlenmek amaçlı kullanabildikleri VR teknolojisi şirkete olan bağlılıklarını da arttırmaktadır. Z İşletmesinde 360 derece yetkinlik değerlendirme modeli ile performans takibi yapılmaktadır. Modelin eş zamanlı takip edilebilir olması ve puanlama sistemine dayanması çalışanların da kendi performanslarını izleyebilmesini arttırmaya yönelik çalışabilmelerini sağlamaktadır.

İşgücü Tasarrufu

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımıyla, her üç işletmede de işgücü tasarrufu sağlanmaktadır. X İşletmesinde, tekrarlı ve katma değer yaratmayan işlerin, gömülü sistemlerle çalışan araçlara ve onlarla entegre yazılımlara devredilmesiyle, işgücü tasarrufu sağlanmaktadır. Böylece insanın fiziksel ve zihinsel yapısı nedeniyle yapması mümkün olmayan işlemler yapılabilir hale gelerek insan kaynaklı hata oranları düşmekte ve verimlilik artmaktadır. Y İşletmesinde, robotik sistemlerin kullanımı ile %70 oranında işgücü tasarrufu ve operasyonel verimlilik elde edilmektedir. Bu sistemler ayrıca, hata oranlarını azaltmakta ve sürekli çalışabilir durumda olarak sürecin sürdürülebilirliğini arttırmaktadır. Kullanılan robotik süreç otomasyonu ile sürekli ve tekrarlayan işlerin robot yazılımlara yaptırılması çalışanları daha nitelikli işlerde değerlendirebilmeyi sağlamaktadır. Z İşletmesinde, optimizasyon için algoritmalar geliştirilerek işgücü

tasarrufları yapılmaktadır. Ancak İşletme, şirket değerleri dolayısıyla çalışan eksiltmeye sıcak bakmamaktadır. Bu nedenle atıl konuma düşmüş çalışanlar, şirketin diğer bölümlerine kaydırılmaktadır.

İşgücü Maliyetleri

Bütünsel olarak bakıldığında işgücü maliyeti; insanı işe almaktan başlayarak, eğitimi, kontrolü ve ikamesi gibi bir çok maliyet barındırmaktadır. Her üç işletme de, otonom araç ve robot kullanımı arttıkça işgücü maliyetlerinin düşeceğini öngörmekle birlikte, mevcut durumda yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması sebebiyle her alanda uygulamaya geçememişlerdir. X ve Y İşletmesi nispeten bazı alanlarda işgücü tasarrufuna bağlı olarak işgücü maliyetlerini azaltmıştır. Ancak Z İşletmesi, işgücü tasarrufunu şirket değerleri açısından uygun görmediği için işgücü maliyetlerinde de herhangi bir değişiklik yaşamamıştır.

Fazla Mesai İhtiyacı

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile, her üç işletmede de fazla mesai ihtiyacı azalmıştır. Fazla mesai ihtiyacının azalması doğru orantılı olarak işgücü maliyetlerini de düşürmektedir. Ancak yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, kullanılan teknolojilerin amortismanı sağlanana kadar fazla mesaiyi azaltmanın getirisi de toplam maliyetleri azaltmaya yetmemektedir. Z İşletmesi ek olarak, makine öğrenmesi ile insan mantığına göre karar verebilen yazılımlar geliştirerek çalışanların vermesi gereken karar sayılarını minimuma indirmiştir. Çalışanın yapacağı işlemlerde ise mobilite kullanılarak yönetim kolaylığı ve zaman tasarrufları sağlanmıştır.

Otonom Araçlar ve Robotlar ile Elleçleme

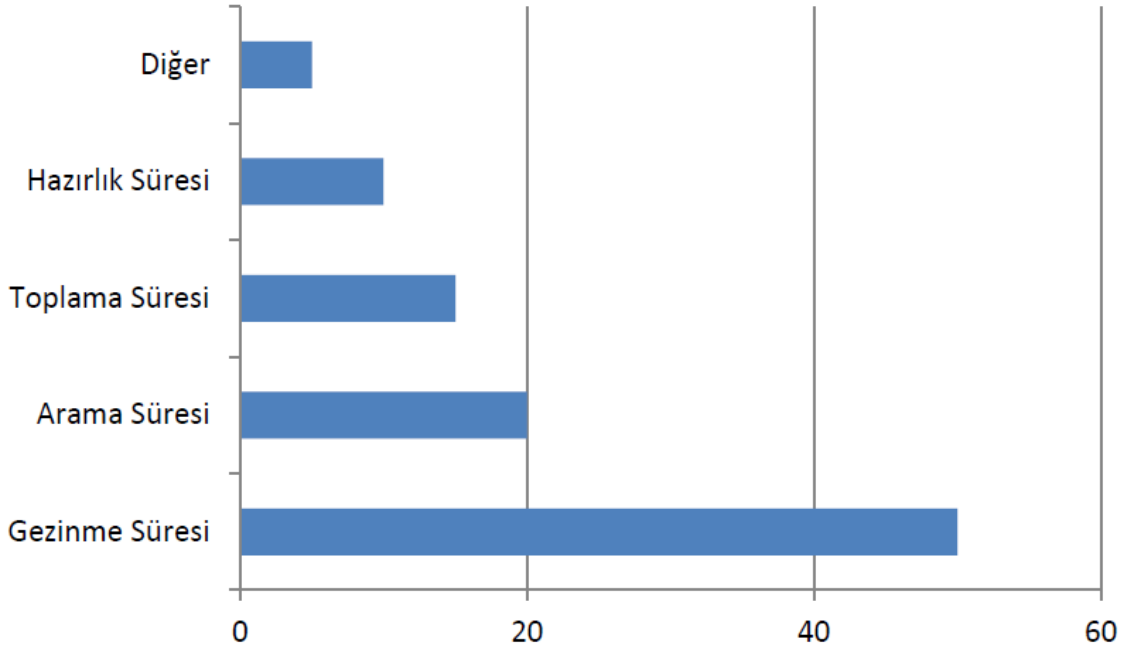
Yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, her üç işletmede de elleçleme işlemlerinde otonom araç ve akıllı robot kullanımı henüz uygulanabilir düzeyde değildir. Ancak Y İşletmesi, sipariş toplamada yarı otonom araçlar kullanarak verimliliği arttırmaktadır. Sonuç olarak otonom araç ve akıllı robotları elleçlemede kullanmak operasyonel verimliliği arttırmakta ancak şu an için maliyetlerinden dolayı fayda-maliyet analizlerinde fizibiliteye uygun çıkmamaktadır.

Depo Kapasitesi

Endüstri 4.0 uygulamaları depo kapasitesinin arttırılmasında ciddi oranda verimlilik sağlamaktadır. X İşletmesi, Rainbow yazılımı ile depodaki ürünlerin yerleşimi, ihtiyaç planlamaları ve yönetimini yapmaktadır. Depo kapasitesinin artmasıyla daha yüksek hacimlerde ürün depolama imkanı bularak operasyonel verimlilik ve ticari karlılık elde etmektedir. Y İşletmesinde, depolarda iç plan ve düzen oluşturulmasını sağlayan KDS'ler ile ürünlerin raflara yerleşmesi ve ürün hareketleri planlanarak depo kapasitesinin kullanımı optimize edilmektedir. Ayrıca, akıllı depolama sistemleri (AS/RS) ve komple otomasyonel depolama ve ayırıştırma sistemleri kullanılarak kapasite ve verimlilik artışı sağlanmaktadır. Z İşletmesi ise, Arena programıyla depo simülasyonu oluşturarak depo dizaynı ve kapasitesini, olasılık ve dağılım verileriyle simülasyondan gelen önerilere göre düzenlenmektedir. Ayrıca işletme, büyük veri analitiği yazılımları ve karar destek sistemleriyle depo kapasitesini yönetmektedir. Yapılan veri analizleriyle depoda bulunan ürünler mevsimselliklerine göre yerleştirilmekte ve böylece çalışanların iş yükü ve vakit kayıpları azalmaktadır.

Sipariş Toplama

Depo yönetiminde sipariş toplama süreci, iş gücü ve kaynak açısından en yüksek değere sahip olmasından dolayı depo süreçleri arasında en önemlisidir. Aynı zamanda, zaman kayıplarının en yüksek olduğu ve bu nedenle en fazla optimizasyon yapılması gereken süreçtir. İstatistiklere göre, toplam depo işletim giderlerinin %55'ini sipariş toplama maliyetleri oluşturmaktadır. Depo yönetiminde operasyonel verimlilik sağlanabilmesi için, doğru toplama yöntemleri kullanılmalıdır. Sipariş toplama süreleri; gezinme, arama, toplama, hazırlık ve diğer süreler olmak üzere bölümlendirilmiştir. Şekil 19'da görüleceği gibi, sipariş toplama süresinin yaklaşık % 50'sini boşa harcanan zaman olarak nitelendirilen gezinme süresi oluşturmaktadır. Bu nedenle işletmeler yaptıkları optimizasyonlarda ilk olarak gezinme sürelerini minimuma indirmek istemektedirler (Cidal, 2018, s. 393).



Şekil 19.Sipariş toplama süresi yüzde dağılımları

Kaynak: Cidal, 2018, s. 393.

Her üç işletme de Endüstri 4.0 uygulamaları ile, sipariş toplamada operasyonel verimlilik elde etmektedir. Üç işletme de sipariş toplama için, Pick to Light ve Pick to Voice sesli ve ışıklı komut sistemlerini kullanmaktadır. Sesli komut sistemleri depoda gezinme süresini kısaltırken, ışıklı komut sistemleri ürünün tam yerini kırmızı ve yeşil ışıklarla belirterek arama süresini kısaltmaktadır. Böylece depolarda maliyet verimliliği ve operasyonel verimlilik maksimize edilmektedir. Ancak bu tarz yatırımlar yüksek düzeyde teknoloji, yönetim becerisi ve yatırım maliyeti gerektirmektedir. X ve Z İşletmelerinde depoların fiziksel yetersizliği ve araçların maliyetleri nedeniyle otonom araç kullanımı yoktur. Y İşletmesi, toplama ve boşaltma noktalarına otonom bir şekilde ulaşan yarı otonom toplama araçları ile kas gücü gerektiren işlerin yapılmasını sağlayarak yorulma, performans kaybı, güçten düşme gibi problemleri ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca bu araç, tehlikeli madde taşınmasında ve insanların çalışmasına uygun olmayan soğuk hava depolarında kullanılabilen ve insan kaynaklı hataları önleyerek iş sağlığı ve güvenliği risklerini minimuma indirmektedir.

Operasyonların Standardizasyonu ve Yalınlığı

Her üç işletmede de Endüstri 4.0 uygulamaları ile standardizasyon ve yalınlık artmıştır. X İşletmesinde kullanılan Rainbow yazılımı ve depo yönetim sistemlerinin entegrasyonu ile, mal kabul aşamasından, sipariş ve satış yönetimine kadar bir çok durum yönetilebilmektedir. Bu yazılımla birlikte işlemlerin standardizasyonu ve yalınlığı sağlanmakla birlikte verimlilik ölçümü de gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, işletmede kullanılan rota planlama optimizasyonları, katma değersiz işlemleri ortadan kaldırarak; sade, yalın ve en az kaynakla sürdürülebilir lojistik hizmeti sağlayabilmektedir. Y İşletmesinde, verilerin anlamlı ve takip edilebilir olmasıyla standardizasyon da artmaktadır. Standardizasyon ve yalınlık operasyonların iyileştirilmesi ve yeni süreçlerin adaptasyonunu sağlamaktadır. Performans verilerinin dijital ortamlardaki performans değerlendirme tablolarına taşınması ve açık bir şekilde yayınlanması, şeffaflığı artırarak çalışanların iş yapış şekillerinin kendiliğinden düzelmesini sağlamaktadır. Böylece süreçlerde yalınlık ve verimlilik artmaktadır. Z İşletmesinde, işlemleri algoritmaya dökebilmek için işlemleri standardize etmektedir. Ayrıca İşletme standardizasyon ve verimlilik çalışmaları için 6 sigma yöntemini kullanmaktadır. 6 sigmanın amacı işi %99 doğrulukla yürütmektir. İşletme verimlilik ve standardizasyon anlamında 4 sigma seviyede ilerlemekte ve bu da İşletmenin Türkiye ortalaması olan 2.5 sigmadan yukarıda olduğunu göstermektedir. 6 sigmaya yükselebilmek için işlemlerin en üst düzeyde standardize olmuş olması ve müşterilerin de standardize edilmesi gerekmektedir. Ancak İşletmenin müşteri memnuniyetini sağlamak için müşterilerin çoğu isteğini karşılamaya yönelik tutum sergilemesi, üst düzeyde standardizasyondan uzaklaşmasına neden olmaktadır.

Katma Değerli Hizmetler

Katma değerli hizmetlerde her üç işletme de teknolojik faaliyetlerden yararlanmaktadır. X İşletmesi, genel olarak burada kullanıma ihtiyaç duymamakla birlikte revizyonlu ve tekrar piyasaya sunulacak ürünlerin dönüşümünde bazı sistemler kullanmaktadır. Y İşletmesi, katma değerli işlemlerde otonom palet streçleme ve Robotik KDH süreci olarak adlandırılan etiketleme araçları kullanmaktadır. Bu araçların kullanımı ile işgücünden tasarruf, hata oranlarını azaltma, sürdürülebilirlik ve %70

oranında operasyonel verimlilik sağlanmaktadır. Z İşletmesi, paketleme ve ambalajlamada shrink cihazları, desi ve kilo ölçmede ise yazılımlarla entegre edilmiş üç boyutlu ölçüm cihazları kullanarak işgücü tasarrufu ve verimlilik elde etmektedir.

Envanter Yönetimi

Envanter yönetiminde X ve Y İşletmeleri Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmakta, Z İşletmesi ise henüz kullanmaya başlamamıştır. Depolarda envanter bulundurma seviyesi, maliyetleri ve stok devir hızı gibi envanter planlaması gerektiren kısımlar müşterilerin yönettiği kısımlardır. Ancak X ve Y İşletmesi, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımıyla müşterilere bu alanda destek olarak müşterilerin maliyet tasarrufları ve verimlilik elde etmesini sağlamaktadırlar. Y İşletmesi, envanter yönetiminde Endüstri 4.0 uygulamalarını kullanarak, depoda mal giriş çıkışlarını kontrol altına alabilmekte ve envanter doğruluğunu arttırabilmektedir. Y İşletmesi ayrıca, stok sayım sürecinde kullanılan yöntemlerin yarattığı iş sağlığı ve güvenliği riskleri ile insan kaynaklı sayım hatalarını önlemek amacıyla kamera entegreli drone mekanizmalarıyla envanter sayım yöntemini kullanmaktadır. Drone kullanımıyla stok sayımında lokasyon başına sayım süresi 26,69 adam-saniyeden 10.94 adam-saniyeye düşmektedir. İş yükünde %59 adam-saat kazanç sağlanmaktadır. Her bir lokasyon için bilgilerin sisteme ortalama giriş süresi %35 oranında azalmaktadır. Sahada geçirilen sürenin toplam sayım süresine oranı ise, %70 'ten %51'e inmiştir. Sonuç olarak geliştirilen bu teknoloji, iş kazalarını engelleme, operasyonel kalite ve stok doğruluğunu sağlama, hata oranlarını sıfırına indirme, sayım süresinin azalması ve verimlilik artışı gibi faydalar sağlamaktadır.

DEPO VE ENVANTER YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ	Gömülü sistemler ve entegre yazılımlar İş yapış şekillerinin dönüşümü (Kas gücü yerine beyin gücü) Çalışanların niteliklerinin artması İşlemlerin hızlanması Hata oranlarının azalması	IOT ve sensörler VR gözlükler Eş zamanlı performans ölçümü İş yapış şekillerinin dönüşümü Çalışanların niteliklerinin artması İki elin aynı anda kullanılabilmesi İşlemlerin hızlanması	360° yetkinlik değerlendirme modeli Eş zamanlı performans ölçümü İş yapış şekillerinin dönüşümü Çalışanların niteliklerinin artması Çalışanların kendi performansını izleyebilmesi Hata oranlarının azalması
İŞGÜCÜ TASARRUFU	Gömülü sistemler ve entegre yazılımlar Tekrarlı ve katma değer yaratmayan işlerin devri Hata oranlarının düşmesi	Robotik Sistemler Robotik Süreç Otomasyonu Karar Destek Sistemleri Tekrarlı ve katma değer yaratmayan işlerin devri İş süreçlerinin kayıt altına alınması Hata oranlarının düşmesi	Optimizasyon algoritmaları Şirket değerleri nedeniyle çalışan eksiltmeye sıcak bakılmaz Ancak işgücü tasarrufları mevcuttur Rotasyon yapılmaktadır
İŞGÜCÜ MALİYETLERİ	Çalışan sayılarının düşmesi İşgücü maliyetlerinin düşmesi Nitelikli çalışan ihtiyacı Mavi yakanın dönüşümü	Çalışan sayılarının düşmesi İşgücü maliyetlerinin düşmesi Nitelikli çalışan ihtiyacı Mavi yakanın dönüşümü	Firma değerlerinden dolayı etkilemez.
FAZLA MESAI İHTİYACI	Fazla mesai ihtiyacının azalması İşgücü maliyetlerinin düşmesi	Fazla mesai ihtiyacının azalması İşgücü maliyetlerinin düşmesi	Makine öğrenmesi Mobil onay ve yönetim sistemleri Fazla mesai ihtiyacının azalması Çalışma sürelerinin %50 oranında azalması Esneklik
OTONOM ARAÇ VE AKILLI ROBOTLAR İLE ELLEÇLEME	Yatırım maliyetlerinden dolayı henüz otonom araç ve akıllı robotlar kullanılmamaktadır.	Yatırım maliyetlerinden dolayı henüz otonom araç ve akıllı robotlar elleçlemede kullanılmamaktadır. Sipariş toplamada yarı otonom araçlar kullanılmaktadır.	Yatırım maliyetlerinden dolayı henüz otonom araç ve akıllı robotlar kullanılmamaktadır.

Tablo 8. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

DEPO VE ENVANTER YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
DEPO KAPASİTESİ	<p>Rainbow yazılımı Akıllı depolama sistemleri (AS/RS) Dikey depolama sistemleri Depodaki ürünlerin yerleşimi, ihtiyaç planlamaları ve yönetimi Depo kapasitesinin artması Daha yüksek hacimlerde ürün depolama imkanı Operasyonel verimlilik Ticari karlılık Verimliliği ölçme ve yönetme</p>	<p>Karar Destek Sistemleri İç plan ve düzen oluşturma Rafa yerleştirme ve ürün hareketleri planlanmaları Akıllı depolama sistemleri (AS/RS) Depo kapasitesinin artması Operasyonel verimlilik</p>	<p>RTX, R ve KNİME yazılımları Büyük veri analitiği Karar Destek Sistemleri Mevsimsellik ve talebe göre dizayn İş yükünü azaltma Zaman tasarrufu ARENA programı Depo simülasyonundan gelen önerilere göre depo dizaynı ve kapasite yönetimi</p>
SİPARİŞ TOPLAMA	<p>Pick to Light Pick to Voice Toplama hatalarının azalması Gezinme ve arama sürelerinin kısalması İşlem kolaylığı İş yükünün azalması Operasyonel verimlilik Maliyet verimliliği Otonom araç kullanımı yok</p>	<p>Pick to Light Pick to Voice Toplama hatalarının azalması Gezinme ve arama sürelerinin kısalması İşlem kolaylığı 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</p>	<p>Pick to Light Pick to Voice RFID ve yazılım entegrasyonu Toplama hatalarının azalması Gezinme ve arama sürelerinin kısalması İşlem kolaylığı İş yükünün azalması Operasyonel verimlilik %17 daha fazla palet elleçleme Maliyet verimliliği Otonom araç kullanımı yok</p>

Tablo 9.Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 2

DEPO VE ENVANTER YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
OPERASYONLARIN STANDARDİZASYONU VE YALINLIĞI	Rainbow yazılımı Optimizasyon çalışmaları Katma değersiz işleri ortadan kaldırma Daha az kaynak tüketimi Hata oranları ve maliyetlerinin azalması Sürdürülebilir Lojistik	KDS ile iç plan ve düzen oluşturulması Operasyonların iyileştirilmesi Performans verilerinin dijitalleşmesi Şeffaflık Yalınlık ve verimlilik	İşlemlerin standardize edilmesi 6sigma yöntemi Müşteri isteklerine göre sistemden sapma standardizasyonu olumsuz etkiler
KATMA DEĞERLİ HİZMETLER	Henüz ciddi düzeyde bir ihtiyaç yoktur. Revizyonlu ürünlerin tekrar piyasaya sürülmesinde kullanılmaktadır.	Mobil ve otonom palet streçleme Robotik KDH süreci Kalite ve hız artışı İşgücü tasarrufu Hata oranlarının azalması %70 operasyonel verimlilik	Shrink cihazları ile ambalajlama 3 boyutlu desi ölçüm cihazı İşgücü tasarrufu Hata oranlarının azalması Verimlilik
ENVANTER YÖNETİMİ	Entegre Yazılımlar Envanter yönetimi müşteriler tarafından yapılmaktadır. Müşteri talepleri doğrultusunda müşterilerin maliyet tasarrufu ve verimliliğini sağlama	Eş Zamanlı Envanter Görünürlüğü Fizibilitenin artması Müşterilere taleplerine yönelik çözümler Müşteri memnuniyeti Dronelarla stok sayımı Envanter doğruluğu Sayım süresinin %60 azalması İş yükünün %59 azalması %35 daha hızlı bilgi girişi İş kazalarını engelleme Sıfır hata ve Verimlilik artışı	Envanter yönetiminde henüz Endüstri 4.0 uygulamaları kullanılmamaktadır.

Tablo 10. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi 3

3.5.5. Sipariş Yönetimi ve Müşteri Hizmetleri ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetiminde üç işletme de etkin yazılımlar kullanarak verimliliklerini arttırmışlardır. X İşletmesi, Quadro yazılımı üzerinde geliştirilen One Order isimli yazılım ile sipariş yönetim sürecini gerçekleştirmektedir. Bu yazılım, aracın nerede olduğu ve ne zaman yola çıktığı, depodaki ürünlerin durumu gibi veriler eş zamanlı olarak sunulmuş müşterilerin de takip edebilmesi sağlanmaktadır. Teknoloji altyapısı ile akıllı raporlar ve gösterge tabloları çıkarılabilmekte, Quadronet üzerinden siparişler otomatik bir şekilde sisteme alınabilmektedir. Ayrıca kullanılan Rainbow yazılımı siparişleri mal kabulden çıkışa kadar yönetilerek kaynak ve ihtiyaç planlaması yapılabilmektedir. Y İşletmesinde, sipariş yönetimi planlamaları müşteri tarafından yapılmaktadır. Fima Depo Yönetim Sistemleri ile müşterilere gerçek zamanlı sipariş ve teslim belgeli gönderi takibi hizmeti sunmaktadır. Z İşletmesi, sipariş yönetiminde Figo yazılımı kullanarak siparişlere etkin cevap verebilmeyi %100 oranında arttırmakla birlikte, sipariş doğruluğu ve sipariş prosedürü kolaylığı da sağlamaktadır. Ayrıca yazılımın müşteriler tarafından doğru kullanımı zaman ve km tasarrufları sağlamaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının her üç işletmede de sipariş sayısının arttırılmasına yönelik bir etkisi yoktur.

Talep Tahmini

X ve Z İşletmesi, talep tahminlemeleri için büyük veri analizlerini kullanmaktadır. Bu analizler ile geleceğe dair öngörülerde bulunarak ve kaynak planlamaları yapabilmektedirler. Z İşletmesinin şuan test aşamasında olan tahminleme ve modelleme analizi çalışması mevcut durumda %96 oranında doğru sonuçlar vermektedir. Doğruluk oranı %98e ulaştıktan sonra reel olarak uygulamaya konulacaktır. Y İşletmesinde, talep tahminlemesi müşteriler tarafından yapılmakta ve işletme buna uygun şekilde kaynaklarını planlamaktadır.

Müşteri Memnuniyeti

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. Bu sistemlerle işletmeler herhangi bir problemi oluşmadan önce algılayabilmekte, müdahale hızını arttırarak müdahale maliyetlerini düşürebilmekte ve müşteri sadakatini arttırabilmektedir. Ayrıca işletmeler ve müşteriler arasında kazan-kazan ilişkisi kurulabilmektedir.

Müşterilerin Bireyselleştirilmiş İsteklerini Karşılama Oranı

Endüstri 4.0 uygulamaları, her üç işletmede de müşterilerin bireyselleştirilmiş isteklerini karşılama oranlarını arttırmaktadır. X İşletmesinde müşteriler, kendilerine mobile özel uygulamalar ve linkler kullanarak ürünlerini şeffaf bir şekilde takip edebilir duruma gelmektedir. Y İşletmesinde, her bir proje en az bir müşteriyle ilgili olarak tasarlanmaktadır. Örneğin Pick to Light toplama sistemi müşteri taleplerinden yola çıkılarak İşletmenin kendi tasarladığı araçlardan biridir. Z İşletmesi, müşteriye durumlara göre anlık ve net çözümler sunabilmektedir. Ancak, bu durum işletmeyi standardizasyondan uzaklaştıran bir durumdur. Bu nedenle, işletmenin optimizasyon düzeyi %17 seyrinde ilerlemektedir.

Müşteri Portföyü

X ve Z İşletmelerinde, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımıyla müşteri portföylerinde ciddi artışlar yaşanmıştır. Bu uygulamalar ile işletmelerin tercih edilme ve rekabette öne çıkma oranları artmaktadır. Z İşletmesinde ayrıca ETA kullanımı ile tedarikçi sayılarında ve tedarik performansında %8 artış görülmektedir. Z İşletmesi ise, dünya liderleriyle çalışıyor olmasından ve bu işletmelerin belli sayıda olmasından dolayı Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının, müşteri portföyüne bir etkisi olmadığını belirtmektedir. Ancak mevcut durumda her üç işletme de dünya liderleriyle çalışmaktadır.

SİPARİŞ YÖNETİMİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
SİPARİŞ YÖNETİMİ	<p>Rainbow Yazılımı Quadro Yazılımı One Order</p> <p>Sipariş prosedürü kolaylığı Siparişlerin doğru alınması Siparişlere etkin cevap verebilme Eş zamanlı veri paylaşımı ile sipariş takibi Şeffaflık Akıllı raporlar ve gösterge tabloları Sipariş sayısına etkisi yoktur.</p>	<p>Depo Yönetim Sistemi Yazılımı</p> <p>Eş zamanlı veri paylaşımı ile sipariş takibi Şeffaflık Sipariş sayısına etkisi yoktur.</p>	<p>Figo yazılımı Sipariş doğruluğu Sipariş prosedürü kolaylığı Siparişlere %100 oranında etkin cevap verebilme Anlık veri paylaşımı ile sipariş takibi Siparişlerin plaka bazında sıralanması Zaman tasarrufu Km ve yakıt tasarrufu Sipariş sayısına etkisi yoktur.</p>
TALEP TAHMİNİ	<p>Büyük Veri Analitiği Karar Destek Sistemleri Kaynak planlaması Verimlilik</p>	<p>Firma müşterileri tarafından yapılmaktadır.</p>	<p>Büyük Veri Analitiği Tahminleme ve Modelleme Analizi Kaynak planlaması %96 oranında doğru talep tahmini Verimlilik</p>

Tablo 11. Sipariş Yönetimi İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi

MÜŞTERİ HİZMETLERİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ	Müşteri memnuniyetinin artması Süreç ve tasarım yönetimi Hizmet kalitesinin artması Müdahale hızının artması Müdahale maliyetinin azalması Kazan-kazan ilişkisi	Müşteri memnuniyetinin artması Hizmet kalitesinin artması Yenilikçi firma algısı Kazan-kazan ilişkisi	Müşteri memnuniyetinin artması Hizmet kalitesinin artması Müşterilere anlık ve özel çözümler Yenilikçi firma algısı Tercih edilme Müşteri sadakati Kazan-kazan ilişkisi
MÜŞTERİNİN BİREYSELLEŞTİRİLMİŞ İSTEKLERİNİ KARŞILAMA ORANI	Artmakta Müşteriye özel ürün takip uygulamaları Şeffaflık Dijitalizasyon	Artmakta Müşteri taleplerine göre proje tasarımı	Artmakta Anlık ve net çözümler Standardizasyondan uzaklaşma Optimizasyonu arttıramama
MÜŞTERİ PORTFÖYÜ	Müşteri portföyü artmakta Dünya Liderleriyle Çalışma Rekabette öne çıkma Tercih edilme	Müşteri portföyüne etkisi yoktur Dünya Liderleriyle Çalışma	Müşteri portföyü artmakta Dünya Liderleriyle Çalışma Tedarikçi artışı Tedarik performansında %8 artış

Tablo 12. Müşteri Hizmetleri İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi

3.5.6. Maliyet Verimliliğinin Endüstri 4.0 ve Operasyonel Verimlilik ile İlişkisi

Endüstri 4.0 kullanımıyla hata maliyetleri, işgücü maliyetleri ve yakıt maliyetleri azalmaktadır. X İşletmesinde Endüstri 4.0 uygulamaları, fiyatlandırma ve işletmenin pazardaki yerini ölçmek için yapılan maliyet analizlerinde kullanılmaktadır. Son bir yılda X İşletmesi, %6.4, Y İşletmesi %5.4, Z İşletmesi ise %15 büyüme kaydetmiştir. X ve Z İşletmesinde yatırım getirileri yüksek düzeyde sonuçlanırken, Y İşletmesinde henüz getiri düzeyine ulaşmamıştır. X İşletmesinde toplam maliyetler yatırım ve amortisman maliyetleri nedeniyle azalmamıştır. Y İşletmesinde toplam maliyetler Endüstri 4.0'la ilişkilendirilecek düzeye henüz gelmemiştir. Z İşletmesinde, Toplam maliyetlerde %5 verimlilik artışı sağlanmakta ancak Endüstri 4.0'ın toplam maliyetlerdeki etkisi net olarak ölçülmemiştir. Tablo 8'de Endüstri 4.0'la maliyet ilişkisi gösterilmektedir.

MALİYET VERİMLİLİĞİ İLE OPERASYONEL VERİMLİLİK İLİŞKİSİ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
MALİYET VERİMLİLİĞİ	Maliyet Analizleri Fiyatlandırma Firmanın pazardaki yerini belirleme Hata maliyetlerinin azalması İşgücü maliyetlerinin azalması Yakıt maliyetlerinin azalması Yüksek yatırım maliyetleri	Hata maliyetlerinin azalması İşgücü maliyetlerinin azalması Yakıt maliyetlerinin azalması Yüksek yatırım maliyetleri	Hata maliyetlerinin azalması Yakıt maliyetlerinin azalması Navlun giderlerinin azalması Yüksek yatırım maliyetleri
BÜYÜME ORANI	%6 büyüme	%5.4 büyüme	%15 büyüme
YATIRIM GETİRİLERİ	Yüksek düzeyde	Henüz getiri düzeyine gelmemiştir	Yüksek düzeyde
TOPLAM MALİYETLER	Toplam maliyet yatırım ve amortisman maliyetleri nedeniyle azalmamıştır.	Endüstri 4.0'la ilişkilendirilecek düzeye henüz gelinmemiştir	Toplam maliyetlerde %5 verimlilik artışı Endüstri 4.0'ın toplam maliyetlerdeki etkisi net olarak ölçülmemiştir.

Tablo 13. Maliyet Verimliliği İle Operasyonel Verimlilik İlişkisi

3.5.7. İşletmelerin Geleceğe Bakışı ve Stratejileri

Endüstri 4.0'a geçişle birlikte tüm sektörlere dokunan bir sektör olan lojistik sektörü büyük oranda dönüşüme uğrayacaktır. İşletmelerin varlıklarını ve rekabet edebilirliklerini sürdürebilmesi için dönüşüme ayak uydurmaları gerekmektedir. Gelecekte yatırım maliyetlerinin düşmesiyle, yapılan yatırımlar büyük oranda maliyet tasarrufu ve operasyonel verimlilik sağlayacaktır. Ancak yatırımların yapılabilmesi için müşterilerle daha uzun vadeli sözleşmeler yapılması gerekmektedir. Özerk sistemlerin yaygınlaşmasıyla insan kaynaklı hata oranları sıfıra indiregenecek ve nitelikli işgücüne olan ihtiyaç artacaktır. Birbirine yakın lokasyonda olan işletmeler yapay zeka önerileriyle yüklerini konsolide ederek maliyet tasarrufları sağlayabilir düzeye geleceklerdir.

Endüstri 4.0'a geçişte en önemli engeller yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve nitelikli işgücünün yeterli düzeyde bulunmamasıdır. Nitelikli işgücüne sahip çalışanları ise bünyesinde barındırabilecek işletme sayısı da oldukça azdır. Türkiye'de sürücüsüz araçlar, drone gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı için altyapı yetersizdir. Bununla birlikte, AR-GE yatırımlarında devlet teşvikleri ve bu teşviklerin bilinirlik oranları oldukça azdır. İşletmelerin müşterilerle yaptıkları sözleşmelerin kısa süreli olması ve teknoloji maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, işletmelerin kendi bütçelerinden AR-GE yatırımları yapmaları zorlaşmaktadır. Türkiye'nin yeterli düzeyde teknolojik atmosfere bürünememesi ve gelişmeleri geriden takip etmesi endüstrinin %50'lere varan verimsizlikle çalışmasına sebep olmaktadır. Dünya perpektifinden bakıldığında ise ülkeler arası rekabet, patent hakları, ticari ve politik durumlar gibi etkenler Endüstri 4.0'a geçişi kısıtlamaktadır.

X İşletmesi, yeni nesil teknolojileri içeri almak için büyük veri analitiği ve yapay zeka yatırımlarına devam edecektir. Ayrıca nitelikli işgücüne yatırım yaparak işletmede entelektüel sermayeyi arttırmayı hedeflemektedir. Nesnelerin interneti ve büyük veri analitiği yatırımlarıyla, ürünler ve dağıtım araçları arasında iletişim sağlanacaktır. Bozulan eşyalarla özerk bir biçimde iletişime geçen dağıtım araçları satış sonrası serviste büyük gelişmeler sağlayacaktır. Y İşletmesi, gelecekte uygulayacağı projelerle ilgili lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencilerine yönelik teknolojik fikir yarışması düzenleyerek genç beyinlerin fikirleriyle projeler yürütmeye devam etmektedir. Bu

kapsamda geliştirilecek proje konuları; IoT, drone/iha, robotik, otonom araçlar, sanal gerçeklik, mobil çözümler, depo optimizasyonu, ağ tasarımı, robotik süreç (sanal botlar), analitik/iş zekası, dijital altyapı, makine öğrenmesi (yapay zekanın kritik bir bileşeni), tedarik zincirinde izlenebilirlik, nakliye optimizasyonu gibi teknolojileri kapsamaktadır. Z İşletmesi, Türkiye'deki yetersiz altyapı çalışmalarına rağmen filo verimliliğini arttırmak ve vizyonlarını genişletmek amacıyla 2021 yılına kadar teslim edilmesi beklenen iki sürücüsüz tır siparişi vermiştir. Ancak, sensörlerin beslenmesi noktasında gelişmeler kaydedilmeden sürücüsüz tırları kullanmak pek mümkün değildir. Bunun dışında işletmede, henüz ileriye yönelik projeler üzerinde çalışmalar başlamamıştır. Ancak fikirsel olarak çalışmalar mevcuttur.

ENDÜSTRİ 4.0 İLE GELECEĞE BAKIŞ			
KATEGORİLER	X FİRMASI	Y FİRMASI	Z FİRMASI
LOJİSTİKTE GELECEĞE BAKIŞ	<p>Lojistiğin dönüşümü Nitelikli çalışanların artması Operasyonel verimlilik Maliyet tasarrufu Yatırım maliyetlerinin düşmesi Firma varlığını sürdürmek Liderlik</p>	<p>Lojistiğin dönüşümü Nitelikli çalışanların artması Operasyonel verimlilik Maliyet tasarrufu Yatırım maliyetlerinin düşmesi Fizibilite ve görünürlüğün artması Özerk sistemlerin yaygınlaşması Daha hızlı izleme ve kontrol</p>	<p>Lojistiğin dönüşümü Nitelikli çalışanların artması Operasyonel verimlilik Maliyet tasarrufu Yatırım maliyetlerinin düşmesi Sıfır hata İşgücü tasarrufu Birim sürede yapılan işin artması Müşteri sözleşmelerinin uzun vadeli hale gelmesi Yapay zeka ile konsolidasyon</p>
DÖNÜŞÜMÜN ENGELLERİ VE KISITLARI	<p>Yatırım maliyetlerinin yüksek olması Nitelikli işgücü eksikliği Altyapının yetersiz olması Endüstride verimliliğin düşük olması (2.5 sigma) Devlet teşviklerinin az bilinmesi</p>	<p>Yatırım maliyetlerinin yüksek olması Nitelikli işgücü eksikliği Altyapının yetersiz olması AR-GE yatırımlarının ve teşviklerinin devlet tarafından az yapılması Türkiye'nin gelişmeleri geriden takip etmesi Bilgi güvenilirliğinin sağlanmasının zorluğu Ülkeler arası rekabet Ticari ve politik durumlar Ülkelerin patent haklarını korumak istemesi</p>	<p>Yatırım maliyetlerinin yüksek olması Nitelikli işgücü eksikliği Altyapının yetersiz olması Türkiye'nin gelişmeleri geriden takip etmesi İşyerlerinin nitelikli çalışanları bünyelerinde barındırmakta yetersiz kalması Müşterilerle yapılan sözleşmelerin kısa süreli olması</p>
GELECEK STRATEJİLERİ	<p>Big data ve yapay zeka uygulamaları Nitelikli işgücüne yatırım</p>	<p>Big data ve yapay zeka uygulamaları Nitelikli işgücüne yatırım Genç ve zeki beyinlerle işbirliği Endüstri 4.0 uygulanabilir olduğunda sürece hazır bulunmak</p>	<p>2021 yılında teslim edilmesi beklenen sürücüsüz tır siparişi</p>

Tablo 14. Endüstri 4.0 ile İşletmelerin Geleceğe Bakışı

Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik işletmelerinde kullanımının getirdiği etkileri ölçen veriler, açık kodlama ve eksenel 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 sağlamak ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunarak etkin planlamalar yapılabilmesi sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerle araçların doluluk oranları belirlenebilmekte ve depo kapasitesi arttırılarak kaynak optimizasyonu sağlanabilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle çalışanların daha nitelikli işlere yöneltilmesi, 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 arttırarak lojistik işletmelerinin rekabette öne çıkmasını sağlamaktadır. Şekil 20’de Lojistik 4.0 ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi gösterilmektedir.



Şekil 20. Lojistik 4.0 ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmanın amacı, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik işletmelerinde kullanılmasıyla elde ettikleri operasyonel verimlilik düzeylerini taşıma yönetimi, depo yönetimi, envanter yönetimi, sipariş yönetimi, müşteri hizmetleri ve maliyet yönetimi açılarından değerlendirmektedir. Araştırma soruları, İstanbul'da faaliyet gösteren alanında lider üç işletme aracılığıyla sorgulanmıştır. Verilerin toplanmasında derinlemesine mülakati, doküman inceleme ve gözlem yöntemlerinden yararlanılmıştır. Veriler; açık kodlama, eksenel kodlama ve seçici kodlama yöntemleriyle kodlanarak gömülü teori elde edilmiştir.

Dünyadaki çoğu sektör Endüstri 4.0'a geçiş yaparken, tüm sektörlerle iç içe bir yapıda bulunan lojistik sektörünün evrimleşmesi kaçınılmazdır. Özel hayat ve iş hayatında teknolojinin değerinin ve teknolojiye olan bağımlılığın artması, teknolojiyi giderek artan bir şekilde günlük etkileşimin, karar vermenin ve rekabet avantajının merkezi bir parçası haline getirmiştir. Bu değişiklikler, endüstriyi, bağlı depolardan yeni özerk nihai teslim hizmetlerine kadar dijital yenilikler anlamında etkileyerek, lojistiğin önemini ve sürdürülebilirliğini arttırmaktadır. Toplumun iyileşmesi için değişimi teşvik ederek endüstriyi dönüştürmektedir (DHL, 2018, s.3).

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. Ayrıca kaynakların optimum düzeyde kullanılması ve işlemlerin insan elinden sıyrılarak dijitalleşmesi süreçlerin şeffaflaşmasını, hataların minimize edilmesini ve verimliliğin artmasını sağlamaktadır.

Lojistikte en önemli faaliyet, en yüksek maliyetleri barındırmasından dolayı taşıma yönetimidir. Taşıma yönetiminde, operasyonel verimliliği arttırmak için en önemli faktörler rota ve güzergah planlama, sürücü performansı, yakıt tüketimi, teslimat hızıdır.

Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı, taşıma yönetiminde etkin düzeyde operasyonel verimlilik artışı sağlamaktadır. Endüstri 4.0 uygulamaları ile araçların boş ve doluluk oranları, seyir esnasında olması gereken saatte ve olması gereken rotada olup olmamaları ve müşteriye randevu saatinde ulaşıp ulaşılmadığı gibi noktalar kontrol edilebilmektedir. İşletmelerde kullanılan eş zamanlı izleme ve takip sistemlerinin sensörlerle entegrasyonu sayesinde, şöförlerin emniyetli araç kullanıp kullanmadığı, frene basma hızından yakıt tüketim hızına ve aracın içerisindeki karbon seviyesine kadar herşey ölçümlenerek işletmelerin, sorunlara karşı anlık müdahalelerde bulunma ve kritik süreçleri yönetme kabiliyeti artmaktadır.

Rota ve güzergah planlama hata minimizasyonu sağlayarak taşıma ve teslimat hızını, hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini arttırmaktadır. 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, işgücü ve kaynak açısından en yüksek değere sahip olmasından dolayı, sipariş toplama süreci depo süreçleri arasında en önemlisidir. Toplam depo işletim giderlerinin %55'ini oluşturan sipariş toplama süreci, zaman kayıplarının en yüksek olduğu ve bu nedenle en fazla optimizasyon yapılması gereken süreçtir. Sipariş toplamada kullanılan sesli ve ışıklı komut sistemleri, boşa harcanan zaman olarak nitelendirilen gezinme sürelerini minimuma indirmektedir. Ayrıca toplamada otonom araçların kullanımı kas gücü gerektiren işlerin yapılmasını sağlayarak yorulma, performans kaybı, güçten düşme gibi problemleri ortadan kaldırmaktadır. 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 ile işletmelerde çalışanlar iki elini rahatça kullanarak işlemleri gerçekleştirebilmektedir.

Yapılan tekrarlı işlerin makine ve yazılımlara devredilmesi, çalışanları katma değerli işlere yoğunlaşarak 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. Ayrıca, Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı, katma değersiz işgücü ihtiyacını ortadan kaldırarak işgücü tasarrufu sağlamak ve buna bağlı olarak işgücü maliyetlerini minimuma indirerek operasyonel verimlilik 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, 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.

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. İşletmelerin teknolojik konularda bilinçlilik düzeyinin yüksek olduğunun görülmesi; müşterilere, kaliteli ve yenilikleri takip eden bir işletme algısı yaratarak işletmelerin tercih edilme oranlarını arttırmaktadır. Bu sistemlerle işletmeler herhangi bir problemi oluşmadan önce algılayabilmekte, müdahale hızını arttırarak müdahale maliyetlerini düşürebilmekte, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakatini arttırabilmektedir. Böylece, işletmelerin tercih edilme ve rekabette öne çıkma oranları artarak müşteri portföylerinin de artışı sağlanabilmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0 uygulamalarıyla müşterilere özel projeler üretmek ve müşterilerin bireyselleştirilmiş isteklerini karşılamak mümkündür.

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. Ancak maliyetlerin yıllar içinde düşeceği öngörülmektedir. İşletmeler, maliyetlerin düşmesi durumunda bir an önce harekete geçebilmek için Endüstri 4.0'a uyum süreci hazırlıklarını tamamlamalıdır. 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 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.

İşletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş yapabilmelerindeki en önemli etkenlerden biri, yönetim vizyonunun yeniliklere uygun olarak ortaya konmuş olmasıdır. Yönetim vizyonu ile birlikte yöneticilerin tutumunun Endüstri 4.0 çalışmalarını destekler nitelikte olması, hem çalışanları hem de müşterileri olumlu yönde etkilemektedir. Bu sayede çalışanların; nitelikleri, verimlilikleri ve şirkete bağlılıkları artarken, müşterilerin ise; memnuniyeti ve sadakati artarak her iki yönden de işletmeye katma değer yaratılması sağlanmaktadır.

Yapılan tez çalışmasına ve incelenen diğer araştırmalara göre, Endüstri 4.0 teknolojilerini daha çok yüksek bütçeli firmaların uygulayabildiği görülmektedir. Ancak günümüz itibarıyla 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 kobilerin gelişmesiyle sağlanabilecektir. Bundan sonraki araştırmalarda ve yapılacak geliştirme çalışmalarında, kobilerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecini tamamlayabilmeleri ve işletmelerinde etkin olarak kullanabilmeleri adına çalışmalar yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Acar, A.Z. ve E. Çakmak. (2017). *Depolama ve Depo Yönetimi*. 3. Baskı. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Berg B.L. ve H. Lune. (2015). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. H. Aydın (çev.). 8. Baskı. Konya: Eğitim Yayınevi.

Cidal, G.M. (2018). 3. Parti Lojistik Depolarında Kullanılan Ürün Toplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve E-ticaret Operasyonlarına Uygunluğunun Tespiti. G. Gürsoy ve M.Ş. Ensari (Ed.). *Irditech 2018 Uluslararası Ar-Ge, İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı* içinde. İstanbul: Okan Üniversitesi Yayınları, 393-400.

Clarke, R. A. ve Knake, R. K. (2011). *Siber Savaş: Ulusal Güvenliğe Yönelik Yeni Tehdit*. M. Erduran (çev.). İstanbul: Kültür Üniversitesi Yayınevi.

Çancı, M ve M. Erdal. (2003). *Lojistik Yönetimi*. 2. Baskı. İstanbul: UTİKAD Yayınları.

Demir, Ş. (2006). *Uluslararası Taşımacılık Lojistik Kdv İstisnası ve İadesi*. 2. Baskı. İstanbul: Gelirler Kontrolörleri Derneği Yayını.

DHL. (2018). *Logistics Trend Radar*. Almanya: DHL Trend Research

Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. 1. Baskı. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Güven, S. (2001). *Toplumbiliminde Araştırma Yöntemleri*. 2. Baskı. Bursa: Ezgi Kitabevi.

İlter H.M. (2002). *Global Dışsal Tedarik*. 1. Baskı. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.

Karacan S. ve M. Kaya. (2011). *Lojistik Faaliyetlerde Maliyetleme*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.

- Kayabaşı, A. (2010). *Rekabet Gücü Perspektifinde Lojistik Faaliyetlerde Performans Geliştirme*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Keskin, M.H. (2009). *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi Geçmişi, Arka Planı, Gelişimi ve Güncel Uygulamaları*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Koban, E. (2017). *Lojistik Hizmet Pazarlaması ve Rekabet*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Küçük, O. (2009). *Stok Yönetimi: Ampirik Bir Yaklaşım*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Lambert, D.M., J.R. Stock ve L.M. Ellram. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Boston: Irwin Mc Graw-Hill Company.
- Nebol, E., T. Uslu Ve E. Uzel. (2014). *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi*. 3. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları.
- Orhan, O. Z. (2003). *Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişimi*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Önday, Ö. (2017). *Dijital Dönüşüm*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. 1. Baskı. İstanbul: Pusula Yayıncılık.
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. 3. Baskı. Londra: Sage Publications.
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Z. Dicleli (çev.). İstanbul: Optimist Yayınları (orijinal baskı tarihi 2016).
- Tanyaş, M. ve K. Hazır. (2011). *Lojistik Temel Kavramlar: Lojistiğe Giriş*. Tarsus: Çağ Üniversitesi Yayınları.

Sürelî Yayınlar

Makaleler

Akal, Ş. (2016). Sağlık Alanında Akıllı Teknolojilerin Kullanımı için bir Uygulama Önerisi, *Akıllı Teknoloji ve Akıllı Yönetim Dergisi*. 2016, s.197-205.

Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*. 3.2, 19-30.

Altıok, M. (2009). Keynes ve Keynesçi Kuramda Kriz ve İktisat Politikası Tartışmaları. *Toplum ve Demokrasi Dergisi*. 3.6, 75-102.

Barreto, L., A. Amaral ve T. Pereira. (2017). Industry 4.0 Implications In Logistics an Overview. *Procedia Manufacturing*. 13, 1245-1252.

Bilgen Ö.B. ve N. Doğan. (2017). Puanlayıcılar Arası Güvenirlik Belirleme Tekniklerinin Karşılaştırılması. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*. 8.1, 63-78.

Brounéus, K. (2011). In-depth Interviewing: The process, skill and ethics of interviews in peace research. *Understanding Peace Research*, 130-145.

Bulut, E. (2017). Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*. 7, 50-72.

Doyduk, H.B.B. ve C. Tiftik. (2017). Nesnelerin İnterneti: Kapsamı, Gelecek Yönelimi ve İş Fırsatları. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*. 52.3, 127-147.

Emel, G.G., Ç. Taşkın ve G. Deniz. (2004). Tedarik Zinciri Yönetimi: Otomotiv Sektöründe Bir Araç Rotalama Uygulaması. *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 6.21, 59-70.

Erdoğan, N. (2007). *Lojistik Maliyetlemesi ve Lojistikte Faaliyete Dayalı Maliyetleme*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

- 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).
- 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.
- Glas, A.H. ve F.C. Kleeman. (2016). *The Impact of Industry 4.0 on Procurement and Supply Management A Conceptual and Qualitative Analysis*. *International Journal of Business and Management Invention*. 5.6, 55-66.
- Guban, M. ve G. Kovacs. (2017). Industry 4.0 Conception. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*. 10.1, 111-114.
- Gümüş, Y. (2009). Lojistik Faaliyetlerin Rekabet Stratejileri ve İşletme Karı İle Olan İlişkisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. 41, 97-113.
- Korpela, J., A. Lehmusvaara ve M. Tuominen. (2001). Customer Service Based Design Of The Supply Chain. *International Journal Of Production Economics*. 69,193-204.
- 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.
- Legard, R., Keegan, J., & Ward, K. (2003). In-depth interviews. J. Richie, & J. Lewis içinde, *Qualitative Research Practice* (s. 139-168). London: Sage.
- Manners-Bell, J. ve K. Lyon. (2012). The Implications of 3D Printing for The Global Logistics Industry. *Transport Intelligence*. <http://www.logisticsexecutive.com/wp-content/uploads/2015/01/The-Implications-of-3D-Printing-for-the-Global-Logistics-Industry.pdf> (20 Mart 2019).
- Maslaric M., S. Nikolicic ve D. Mircetic. (2016). Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet. *Open Engineering*. 6, 511-517.

MÜSİAD. (2015). İstanbul Lojistik Sektör Analizi Raporu. İstanbul.

MÜSİAD. (2017). Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği 2017 Lojistik Sektör Raporu. İstanbul.

Obitko M. ve V. Jirkovsky. (2001). Big Data Semantics in Industry 4.0. *Springer International Publishing Switzerland*. 9266, 217-229.

Özkiraz, A. ve N. Talu. Sendikaların Doğuşu Türkiye ve Batı Avrupa Ülkeleri Karşılaştırması. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*. 2.2008, 108-126.

Öztemel E. Ve S. Gürsev. (2018). Türkiye’de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*. 2, 145-154.

Qin, J., L. Ying ve R. Grosvenor. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Science Direct*. 1-6.

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.

Rüssmann, M., M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel ve M. Harnisch. (2015). Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth In Manufacturing Industries. *Boston Consulting Group*.

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.

Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 32, 43-57.

Soysal, M. ve N.S. Pamuk. (2017). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*. 1, 41-66.

Strange, R. ve A. Zucchella. (2017). Industry 4.0, Global Value Chains And International Business, *Multinational Business Review*. 25.3, 174-184.

Şekkeli Z.H. ve İ. Bakan. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle: Lojistik 4.0. *Journal of Life Economics*. 5.2, 17-36.

Şen, İ.K. (2014). Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 4.1, 83-106.

Taş, H.Y. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi'nin Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*. 8.9, 1817-1836.

TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. Mart. İstanbul.

Wang S., J. Wan, D. Li ve C. Zhang. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 16.7, 1–10.

Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management*. 182.2017, 763 – 769.

Xu, M. J. M. David ve S.H. Kim. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*. 9.2, 90-95.

Seminerler

Akben, İ. ve İ.İ. Avşar. (2017). Dijital Tedarik Zinciri ve Bulut Bilişim. *1. Uluslararası El Ruha Sosyal Bilimler Kongresi*. Şanlıurfa: Kongre Tam Metin Kitabı. 104-113.

Herman, M., T. Pentek ve B. Otto. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: System Sciences (HICSS), *49th Hawaii International Conference*, Hawaii, 3928-3937.

Karasulu, B. (2016). Büyük Veri Çağında Bilişim Sistemleri için Zeki Teknikler Destekli Karar Vermenin Rolü İnceleme ve Analiz. *Akıllı Teknoloji ve Akıllı Yönetim Dergisi*. 2016, s.1-11.

Pfohl, H.C., B. Yahsi ve T. Kurnaz. (2015). The Impact of Industry 4.0 on The Supply Chain. *Pro-ceedings of the Hamburg International Conference of Logistics*. Hamburg, 31–58.

Sogeti. (2014). The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Between IT and OT. *2014 Vint Sempozyumu*. Hollanda: Vint Sogeti.

Timm I.J. ve F. Lorig. (2015). Logistics 4.0-A Challenge for Simulation, *Winter Simulation Conference (WSC)*. Almanya: IEEE, 3118-3119.

İnternet

AEB. (2015). *Six theories about how 3D printing will change logistics*. <https://www.aeb.com/uk-en/magazine/white-paper-3d-printing.php?l=en> (21 Mart 2019).

Başkol, M. (2008). *Lojistik ve Lojistik Yönetimi*. *Bartın Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*.

Cobutoğlu, Ö. (2017). *Teknoloji Lojistik Sektörünü Nasıl Geliştiriyor?* <https://blog.quicksigorta.com/is-dunyasi/teknoloji-lojistik-sektorunu-nasil-gelistiriyor-397> (22 Mart 2019).

Dussmann Group. (2016). *How Logistics 4.0 is Changing The Transport Sector*. <https://news.Dus-smanngroup.com/en/multimedia/news/logistics-40/> (21 Nisan 2019).

EBSO. (2015). *Sanayi 4.0*. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf (1 Mart 2019).

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).

Hülsmann, T. (2015). *Logistics 4.0 and The Internet of Things. Workshop Platforms for Connected Factories of the Future*. http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/8_huelsmann_11945.pdf (8 Şubat 2019).

Jeschke, S. (2016). *Quo Vadis Logistik 4.0*. www.ima-zlw-ifu.rwth-aach.de/fileadmin/user_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation_Medien/Vortraege/download//Quo_vadis_Logistik4.0_17March2016.pdf (25 Nisan 2019).

Kagermann H., W. Wahlster ve J. Helbig. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*.

<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> (26 Nisan 2019).

Karadoğan, D. (2008). Stratejik Lojistik ve Envanter Yönetimi. http://www.bogaziciegitim.com.tr/urun/Stratejik_Lojistik_ve_Envanter_Yonetimi_M_ayis2008_Bogazici_Egitim.pdf (01.02.2019).

KPMG. (2018). *Endüstriyel Üretim Sektörel Bakış*. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sektorel-bakis-2018-endustriyel-uretim.pdf> (12 Şubat 2019).

Macdougall, W. (2014). *Industrie 4.0 Smart Manufacturing for The Future*.

Özdemir, Ş. (2017). Endüstri 4.0 Lojistik Sektörünü Nasıl Etkileyecek. <http://www.utikad.org.tr/haberler/?id=14666> (18 Mart 2019).

SCM Definitions and Glossary Terms. (t.y.). https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921 (06 Nisan 2019).

Tunçel, S., Z. Candan ve A. Satır. (2018). Ahşap İşlemede İnovatif Yaklaşım Endüstri 4.0. <http://www.sabittuncel.com/innovatif-yaklasim-endustri-4-0/> (1 Haziran 2019).

Tedarik Zinciri. (2012). <http://lojistikci.blogspot.com/2012/02/tedarik-zinciri.html> (21 Mart 2019).

TÜBİTAK. (2016). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf (05 Nisan 2019).

Uckelmann, D. (2008). A Definition Approach to Smart Logistics. *Almanya: Universitat Bremen*. <https://rusmart.e-werest.org/2008/uckelmann.pdf> (20 Şubat 2019).

Yıldız, T. (2017). Yaklaşan Dördüncü Endüstri Devrimi ve Türkiye'deki Mevcut Durum. *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*.

<https://www.researchgate.net/publication/321419039> Yaklasan Dorduncu Endüstri D
evrimi ve Türkiye'deki Mevcut Durum (05 Nisan 2019).

<http://www.tdk.gov.tr> (8 Şubat 2019).

<http://www.loder.org.tr/tr/terimler.html?kelime=lojistik&sayfa=2> (15 Mart 2019).

<http://www.sole.org> (16 Mart 2019).

Diğer Kaynaklar

Fröderberg, A. (2006). Cutting Logistic Cost With a Centralized Distribution Model for ABB Distribution of LV Products in Asia Pacific. *Yüksek Lisans Tezi*. Lela University of Technology.

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.

EKLER

GÖRÜŞME FORMU

1. İşletmenin Demografik Bilgileri

- 1.1. İşletmeniz kaç yıldır faaliyet göstermektedir ve ortaklık yapısı nasıldır?
- 1.2. İşletmenin temel faaliyet alanları nelerdir?
- 1.3. İşletmede toplam çalışan sayısı ne kadardır?
- 1.4. AR-GE Merkezi faaliyet süresi ve çalışan sayısı ne kadardır?
- 1.5. İşletmenizin son bir yıllık ortalama cirosu ne kadardır?

2. Endüstri 4.0'ın Lojistikte Kullanımı ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

- 2.1. İşletmenizin Endüstri 4.0'a bakışı nedir?
- 2.2. İşletmenizde kullanılan mevcut Endüstri 4.0 uygulamaları ve veri entegrasyonu sağlayan yazılımlar nelerdir? Bu uygulamaları kullanım seviyeniz hangi düzeydedir ?
- 2.3. Endüstri 4.0 uygulamalarının işletmenizde kullanım amaçları ve hedefleri nelerdir? Bu hedeflerin ne kadarına ulaştınız?
- 2.4. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde hangi kaynakları ve kriterleri baz aldınız?
- 2.5. Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenizde operasyonel verimlilik açısından genel olarak neleri değiştirmiştir?

3. Taşıma Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

- 3.1. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı filo yönetiminde verimlilik artışı sağlamış mıdır?
- 3.2. Endüstri 4.0 uygulamaları ile araç yola çıktıktan sonra yeni ürünler eklenerek araç doluluk oranı artırılabilir mi?
- 3.3. Rota ve güzergah planlamalarınızı GPS ve sensör verileri ile eş zamanlı olarak güncelliyor musunuz? Bu durum rota planlama süreçlerini iyileştiriyor mu?
- 3.4. Araç ve sürücü performansına yönelik teknolojik uygulamalarınız var mıdır?
- 3.5. Endüstri 4.0 ile yakıt tüketiminde ve maliyetlerinde bir tasarruf sağladınız mı?
- 3.6. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımının taşıma ve teslimata hız açısından bir etkisi var mıdır?

4. Depo ve Envanter Yönetimi ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

- 4.1. Endüstri 4.0 uygulamalarının şirketinizde kullanılması işgücü açısından neleri değiştirmiştir? (işgücü verimliliği, tasarrufu, maliyetleri)
- 4.2. Nitelikli işgücüne ihtiyacın artması ve mavi-yaka çalışanların yerine otonom araç ve robotların kullanılması maliyetleri ne yönde etkilemektedir?
- 4.3. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı fazla mesai ihtiyacını ve buna bağlı olarak maliyetleri azalmış mıdır?
- 4.4. Otonom araçlar ve robotların kullanımı elleçleme maliyetlerini azaltmış mıdır?
- 4.5. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı depo kapasitesinin etkin kullanımıyla ilgili bir etki sağlamış mıdır?
- 4.6. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı sipariş toplamada operasyonel verimlilik sağlamış mıdır?
- 4.7. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı, işletmenizde operasyonların standardizasyonu ve yalınlığı açısından neleri değiştirmiştir?
- 4.8. Endüstri 4.0 uygulamalarının katma değerli hizmetlere bir etkisi var mıdır? Nasıl ve ne ölçüde değer yaratır?
- 4.9. Endüstri 4.0 uygulamaları envanter yönetiminde verimlilik sağlamış mıdır? (Envanter seviyesi, stok devir hızı, envanter bulundurma maliyetleri, planlama)

5. Sipariş Yönetimi ve Müşteri Hizmetleri ile Operasyonel Verimlilik İlişkisi

- 5.1. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı sipariş yönetimi sürecindeki etkileri nelerdir? (sipariş sayısı, siparişlerin doğru alınması, sipariş sürecindeki hata oranları, siparişlere etkin cevap verebilme, sipariş prosedürü kolaylığı açılarından)
- 5.2. Büyük verilerin depolanması ve analizi talep tahminlerinin doğruluğunu ne düzeyde etkilemiştir?
- 5.3. Endüstri 4.0 uygulamalarının şirketinizde hizmet kalitesini ve buna bağlı olarak müşteri memnuniyetini arttırdığını düşünüyor musunuz? Bu konuda ne tür çalışmalar yapılmaktadır?
- 5.4. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımıyla müşterilerin bireyselleştirilmiş isteklerini karşılama oranında bir değişiklik olmuş mudur?
- 5.5. Endüstri 4.0 uygulamalarının kullanımı ile müşteri portföyünde artış yaşanmış mıdır?

6. Maliyet Verimliliğinin Endüstri 4.0 ve Operasyonel Verimlilik ile İlişkisi

- 6.1.** Endüstri 4.0 uygulamaları işletmenizin maliyet verimliliğini ne düzeyde etkilemektedir?
- 6.2.** İşletmenin son bir yıllık büyüme oranı nedir?
- 6.3.** İşletmede son bir yıldaki yatırım getirilerinin düzeyi nedir?
- 6.4.** İşletmenin toplam maliyetlerinin değişimi ne düzeydedir?

7. İşletmenin Geleceğe Bakışı ve Stratejileri

- 7.1.** Türkiye ve dünya perspektifinden bakıldığında Endüstri 4.0'ın lojistik sektörünü nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
- 7.2.** Türkiye'de ve dünyada Endüstri 4.0'ın gelişim oranına bakıldığında bu uygulamalarının lojistik işletmelerde kullanılmasının önündeki engeller ve kısıtlar nelerdir?
- 7.3.** Stratejik olarak kaynaklarınızı yönetmek için uygulamayı planladığınız farklı endüstri 4.0 uygulamaları var mı?