



**T. C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İŞLETME FONKSİYONLARINA
ETKİLERİ: FARKLI SEKTÖR İŞLETMELERİNE YÖNELİK
NİTEL BİR ARAŞTIRMA**

**THE IMPACTS OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES
ON BUSINESS FUNCTIONS:
A QUALITATIVE RESEARCH ON VARIOUS BUSINESS SECTORS**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Semih KANBUR

172018005

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Bayram KAYA

Giresun - 2020

JÜRİ ÜYELERİ ONAY SAYFASI

Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün .../.../... tarihli toplantısında oluşturulan jüri, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi 172018005 numaralı Semih KANBUR'un “**Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İşletme Fonksiyonlarına Etkileri: Farklı Sektör İşletmelerine Yönelik Nitel Bir Araştırma**” başlıklı tezini incelemiş olup aday 07/07/2020 tarihinde, saat 17:00’da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Aday çalışma, sınav sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi	Unvanı, Adı Soyadı	İmzası
Üye (Başkan)	Dr. Öğr. Üyesi Zuhal ÇİLİNGİR ÜK	
Üye	Prof. Dr. Bayram KAYA	
Üye	Doç. Dr. Kurtuluş Yılmaz GENÇ	

ONAY

..../..../2020

Prof. Dr. Güven ÖZDEM
Enstitü Müdür V.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “**Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İşletme Fonksiyonlarına Etkileri: Farklı Sektör İşletmelerine Yönelik Nitel Bir Araştırma**” adlı çalışmamın, tarafımdan bilimsel ahlâk ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım kaynakların kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

....../....../....

Semih Kanbur

ÖN SÖZ

Dünya tarihinde toplumları etkileyen çok sayıda önemli olaylar olmuştur. Savaşlar, salgın hastalıklar ve bunlara bağlı olarak yaşanan göçler, nesillerin devamlılığı için verimli toprak arayışları, toplumları önemli ölçüde etkilemiştir. 1800'lü yılların sonlarında James Watt'ın buhar makinesini icat etmesi üretim anlayışında devrimsel etkilere neden olmuştur. 1900'lü yıllara gelindiğinde dünya savaşları toplumları ve asırlık birikimleri yok etmekte, buna karşın toplumlar birbirlerine üstünlük sağlamak amacıyla güçlendirilmiş ateşli silahlar üretmekte, bir yandan da ticari faaliyetlerini devam ettirmekteydiler. 1950'li yıllarda makineleşme, 1970'lerde makineye dayalı otomatikleşme ve seri üretim sistemleri, sonrasında ise internetin ve bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ile toplumlar çok hızlı bir gelişim sürecine girmişlerdir.

1990'lı yıllarda doğu bloğunun dağılması ile birlikte Avrupa ülkeleri ve Amerika için yeni pazarlar açılmış, dünya ülkeleriyle çeşitli ticaret anlaşmaları yapılmıştır. Bugün ise geline nokta serbest ticaret ve üretim, internet ve teknoloji kullanımına bağlı olarak tarihte hiç olmadığı kadar gelişmiştir. Şimdi ise toplumlar yeni bir devrimi, üretim çağını ve günlük yaşamın her alanını etkileyecek Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) kavramını ve bileşenlerini konuşmaktadırlar. Endüstri 4.0 çatısı altında bulunan, yapay zekâ, nesnelerin interneti, akıllı robotlar, blok zincir, büyük veri ve bulut bilişim gibi gelişmelerin işletmelerde ve toplumda önemli değişimlere neden olduğu gözlemlenmektedir.

İlk evresini yaşadığımız bu çok boyutlu dönüşüm nedeniyle insanlık pek çok fırsat ve tehditle karşı karşıyadır. Yapay zekâ ile kodlanmış otonom robotların üretimde kullanılmaları sonucunda kas gücüne daha az ihtiyaç duyulacağı; buna karşın çok sayıda yeni iş kolunun ortaya çıkacağı, önümüzdeki dönemde birçok kişinin mevcut işini kaybedeceği ve şu anda ismini bilmediğimiz yeni işlerde çalışacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 temel bileşenleri ve ilişkili teknolojilerin sunduğu dönüşümün etkileri örnek olaylar aracılığıyla ele alınmış, farklı sektör işletmelerinde mevcut durumda gözlemlenen ve kısa süre içerisinde yaşamımızın bir parçası olması öngörülen etkileri değerlendirilmiştir.

II

Ayrıca bu çalışmanın hazırlanmasında ve eğitimim süresince; bilgi birikimi, tecrübesi, cesareti ve bakış açısıyla beni birçok konuda aydınlatan, cesaretlendiren ve değer katan akademik danışmanım sayın Prof. Dr. Bayram KAYA'ya,

Tecrübe ve bilgisini paylaşan, cesaretlendiren, değer veren, öğrencilerinden tebessüm, destek ve arkadaşlıklarını esirgemeyen değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Reyhan Ayşen WOLFF'e, Doç. Dr. Kurtuluş Yılmaz GENÇ'e, Dr. Öğr. Üyesi Osman SİRKECİ'ye ve üniversitemizin diğer öğretim üyelerine,

Üzerimde emeği olan lise ve ilkokul öğretmenlerime,

Çok kıymetli anneme,

Emeklerinin karşılığı olan başarılarımı görmesini çok istediğim; ancak her başarımda mutluluğumu paylaşamamasıyla hayıflanacağım babama,

Beni destekleyen, maddi ve manevi katkısını esirgemeyen kardeşime,

Yakınlıklarını hissettiren akrabalarım,

Zorluklarla karşılaştığım anlarda ve yoğun çalışma dönemlerimde beni destekleyen ve dert ortağı olan yurt içindeki ve yurt dışındaki tüm arkadaşlarıma...

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

Semih KANBUR

Giresun - 2020

ÖZET**Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İşletme Fonksiyonlarına Etkileri:****Farklı Sektör İşletmelerine Yönelik Nitel Bir Araştırma****Yüksek Lisans Tezi / Giresun / 2020**

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 temel bileşenleri ve ilişkili teknolojilerin oluşturduğu devrimsel etkileri örnek olaylar aracılığıyla tespit etmek, farklı sektör işletmelerinde mevcut durumda gözlemlenen ve kısa süre içerisinde yaşamın bir parçası olması öngörülen etkileri incelemektir.

Alan yazın incelendiğinde, Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinin yanı sıra ilişkili teknolojilerin de var olduğu görülmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda Endüstri 4.0'ın temel dinamikleri ve ilişkili teknolojilerin bir bütün halinde değerlendirilmediği görülmektedir. Bu yönüyle yapılan çalışma yazındaki boşluğu doldurmaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonlarına olan etkileri konusunda yeterince araştırmanın mevcut olmaması, hem çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılmakta hem de önemini ortaya koymaktadır.

Araştırma boyunca, Endüstri 4.0; kapsadığı temel bileşenler ve ilişkili teknolojiler ile birlikte değerlendirilmiştir. Araştırmanın uygulama kısmını oluşturan bölümde ise nitel araştırma desenine uygun olarak toplanmış olan örnek olaylar, içerik analizi ve vaka analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular önermeler mantığı ve akıl yürütme (çıkarım) kurallarına dayanarak eksik tümevarım (bilimsel tümevarım) yöntemiyle yorumlanmışlardır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Üretim Sistemleri, Yapay Zekâ

ABSTRACT**The Impacts of Industry 4.0 Technologies on Business Functions:****A Qualitative Research on Various Business Sectors****Master of Science Thesis / Giresun / 2020**

The aim of this study is to determine through case studies the revolutionary impacts of main components of Industry 4.0 and its related technologies, which are currently observed in various business sectors and examine their impacts which, are expected to be a part of our lives in the near future.

When the literature is examined, it is seen that there are associated technologies as well as the main components of industry 4.0. However, studies, which are in the literature, show that the main dynamics of Industry 4.0 and associated technologies have not been examined as a whole. At this point, our study fills the gap existing in the literature. In addition, lack of sufficient study on the impacts of the industry 4.0 technologies on business functions, distinguishes our study from others and reveals its importance.

Throughout the research, Industry 4.0 has been examined together with contained main components and associated technologies. In the section that forms the practical part of the research, the cases which were collected in accordance with the qualitative research pattern were analyzed by using content analysis and case study methods. The findings have been interpreted by incomplete induction (scientific induction) method, based on the propositions logic and logical reasoning (inference).

Key Words: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Internet of Things, Smart Manufacturing Systems, Artificial Intelligence

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT	IV
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
GRAFİKLER LİSTESİ.....	XI
RESİMLER LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
TABLolar LİSTESİ.....	XIV
GİRİŞ	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi	3
Araştırmanın Kapsamı ve Kısıtları	4
Araştırmada Yanıt Aranacak Sorular	4

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENDÜSTRİYEL GELİŞME SÜRECİ.....	7
1.1. Endüstriyel Gelişimin Başlangıcı / Endüstri 1.0.....	7
1.1.1. Sanayileşme Süreci ve Birinci Sanayi Devrimi	7
1.2. İkinci Sanayi Devrimi Süreci / Endüstri 2.0	11
1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi Süreci / Endüstri 3.0	16
1.3.1. Seri Üretim.....	17
1.3.2. Üretimde Esneklik.....	18
1.3.3. Tam Zamanında Üretim (Just in Time).....	19
1.3.4. Toplam Kalite Yönetimi	19
1.3.5. Yalın Üretim	20

İKİNCİ BÖLÜM

2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ / ENDÜSTRİ 4.0 VE BİLEŞENLERİ 23**2.1. Dördüncü Sanayi Devrimine Genel Bakış 23****2.2. Endüstri 4.0 İle İlişkili Kavramlar 26**

2.2.1. Akıllı Fabrika (Smart Factory)..... 26

2.2.2. Akıllı Sensör 27

2.2.3. Değer Zinciri (Value Chain) 28

2.2.4. Blok Zincir (Blockchain) 28

2.2.4.1. Dağıtık Sistem (Distributed System) 30

2.2.4.2. Merkezi Olmayan Sistem (Decentralized System) 30

2.2.5. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence) 31

2.2.6. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)..... 33

2.3. Endüstri 4.0 Bileşenleri..... 35

2.3.1. Sistem Uyumlaştırılması (System Integration) 35

2.3.1.1. Yatay Bütünleşme (Horizontal Integration)..... 36

2.3.1.2. Dikey Bütünleşme (Vertical Integration)..... 36

2.3.1.3. Ürün Ömrü Boyunca Uctan Uca Mühendislik (End to End Engineering) 37

2.3.2. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT)..... 37

2.3.2.1. İşletmelerde Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things) 39

2.3.3. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems) 40

2.3.4. Büyük Veri ve Analitikler (Big Data)..... 44

2.3.5. Bulut Bilişim (Cloud Computing)..... 46

2.3.6. Siber Güvenlik (Cyber Security)..... 49

2.3.7. Otonom Robotlar..... 50

2.3.8. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) 52

2.3.9. Eklemeli / Katmanlı Üretim ve Üç Boyutlu Yazıcılar (3D Printing) 53

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİN GÜNÜMÜZE YANSIMALARI..... 56

3.1. Dünya’da Endüstri 4.0 Gelişmeleri 56

3.2. Türkiye’de Endüstri 4.0 Gelişmeleri 65

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İŞLETME FONKSİYONLARINA ETKİLERİ: FARKLI SEKTÖR İŞLETMELERİNE YÖNELİK NİTEL BİR ARAŞTIRMA 71

4.1. Yazındaki Çalışmalar 71

4.2. Araştırma Yöntemi 79

4.2.1. İçerik Analizi..... 81

4.2.2.Örnek Olay İncelemesi (Vaka Analizi)..... 81

4.2.3. Önergeler Mantığı..... 82

4.2.4. Akıl Yürütme (Çıkarım)..... 82

4.2.4.1. Tümevarım 83

4.3. Bulgular..... 83

4.3.1. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Üretim Fonksiyonuna Etkileri 84

4.3.2. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Pazarlama Fonksiyonuna Etkileri 86

4.3.3. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Yönetim Fonksiyonuna Etkileri 90

4.3.4. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Hukuk ve Ticaret Hukukuna Etkileri 97

4.3.5. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Muhasebe ve Finans Fonksiyonuna Etkileri
..... 100

4.3.6. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Sayısal Yöntemlere Etkileri..... 105

4.3.7. Endüstri 4.0 Teknolojilerin Halkla İlişkiler ve İletişime Etkileri 108

SONUÇ VE ÖNERİLER..... 112

KAYNAKÇA 117

ÖZGEÇMİŞ..... 137

VIII

KISALTMALAR LİSTESİ

3B	: Üç Boyutlu Yazıcı / 3 Dimentional Printer
5G	: Fifth Generation Wireless
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AG	: Arttırılmış Gerçeklik / Augmented Reality
AI	: Artificial Intelligent
ALES	: Akademik Lisansüstü Eğitim Sınavı
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ATM	: Bankamatik / Automatic Teller Machine
BCG	: Boston Consulting Group
BIST	: Borsa İstanbul
E-iş	: Elektronik İş / Çevrimiçi (Online) İş
Endüstri 1.0	: Birinci Sanayi Devrimi
Endüstri 2.0	: İkinci Sanayi Devrimi
Endüstri 3.0	: Üçüncü Sanayi Devrimi
Endüstri 4.0	: Dördüncü Sanayi Devrimi
E-sağlık	: Elektronik Sağlık Uygulamaları / Çevrimiçi (Online) Sağlık
E-ticaret	: Elektronik Ticaret / Çevrimiçi (Online) Ticaret
EÜS	: Esnek Üretim Sistemleri
G20	: Dünyanın Ekonomisi En Güçlü Ondokuz Ülkesi ve Avrupa Birliği Komisyonu
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi / Global Positioning System
GSM	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem / Global System for Mobile Communications
IaaS	: Servis Olarak Altyapı / Infrastructure as a Service

IX

IBM	: Uluslararası İş Makineleri / International Business Machines
IMF	: Uluslararası Para Fonu / International Monetary Fond
IoT	: Nesnelerin İnterneti / Internet of Things
MIST	: Meksika, Endonezya, Güney Kore ve Türkiye (MIST Ülkeleri) Mexico, Indonesia, South Korea and Turkey (MIST Countries)
MR	: Manyetik Rezonans Görüntüleme / Magnetic Resonance Imaging
MÜSİAD	: Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği
Nİ	: Nesnelerin İnterneti
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü / Organisation for Co-operation and Devolopment
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PaaS	: Hizmet Olarak Platform / Platform as a Service
PUKÖ	: Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al
RFID	: Radyo Frekans ile Tanımlama Teknolojisi / Radio Frequency Identification Technology
SaaS	: Hizmet Olarak Yazılım / Software as a Service
SFS	: Siber Fiziksel Sistemler / Cyber Physical Systems (CPS)
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
TGB	: Teknoloji Geliştirme Bölgesi
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TİM	: Türkiye İhracatçılar Meclisi
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TTGV	: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği

X

UN	: Birleşmiş Milletler / United Nations
vb.	: Ve benzeri
WEF	: Dünya Ekonomi Formu / World Economic Forum
YASED	: Uluslararası Yatırımcılar Derneği / International Investors Association
yy.	: Yüzyıl
YZ	: Yapay Zekâ



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Dünyada Nesnelerin İnterneti İle Birbirine Bağlı Cihaz Sayısı	58
Grafik 2: Endüstriyel Robot Kullanımında Lider Ülkeler	61
Grafik 3: Bölgelere Göre Yıllık Robot Kurulum Oranları	62



RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Üretimde Arttırılmış Gerçeklik Gözlüğü Kullanılması.....	86
Resim 2: Ikea'nın Arttırılmış Gerçeklik Kullandığı Katalogundan Bir Görüntü.....	87
Resim 3: Eklemeli Üretim Yöntemiyle Adidas'ın Ayakkabı Üretimi	89



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Bant Tipi Üretim Sistemi	13
Şekil 2: Sanayi Gelişim Süreçleri	23
Şekil 3: Endüstri 4.0 Temel Bileşenleri	25
Şekil 4: Kullanılan Veri Altyapı Sistemleri	31
Şekil 5: Siber Fiziksel Sistem Fonksiyonları	43
Şekil 6: Bulut Bilişim Bileşenleri	47
Şekil 7: Bulut Bilişimin Sağladığı Avantajlar	48



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Geleneksel Fabrika ve Endüstri 4.0 Fabrika Düzeni	27
Tablo 2: Siber Fiziksel Sistem Fonksiyonlarına Ait Bileşenler	43
Tablo 3: Sanayide ve Teknoloji Kullanımında Öncü Ülkelerin Endüstri 4.0 Yol Haritaları	59
Tablo 4: 2022'ye Kadar İş Büyümesini Etkileyecek Olan En Önemli On Gelişme .	64
Tablo 5: Küresel Rekabet İndeksi Sıralaması	68
Tablo 6: Klasik ve Bulut Bilişim Tabanlı Muhasebe Uygulamalarının Karşılaştırılması	103
Tablo 7: Pine Bebek Bezi Fabrikası Klasik Makine Model Özellikleri.....	107
Tablo 8: Pine Bebek Bezi Fabrikası Endüstri 4.0 İle Uyumlu Makine Model Özellikleri.....	107

GİRİŞ

Dünya tarihinde toplumları etkileyen çok sayıda önemli olaylar olmuştur. Savaşlar, salgın hastalıklar, bunlara bağlı olarak yaşanan göçler ve nesillerin devamlılığı için verimli toprak arayışları sonucu toplumların etkileşimleri dünya tarihinin seyrini de etkilemiştir. Sürece üretim ilişkileri açısından bakıldığında, 1800'lü yılların sonlarında James Watt'ın buhar makinesini icat etmesi üretim anlayışında devrimsel etkilere neden olmuştur.

1900'lü yıllara gelindiğinde dünya savaşları toplumları ve asırlık birikimleri yok etmekte; buna karşın, toplumlar birbirlerine üstünlük sağlamak amacıyla güçlendirilmiş ateşli silahlar üretmekte, diğer yandan da ticari faaliyetlerini devam ettirmekteydiler. Bu gelişmelere bağlı olarak Amerika'da ve Avrupa'da sanayi üretiminde yeni gelişmeler kaydedilmeye başlanmış; Taylor, Weber, Maslow gibi düşünürlerin çalışmaları ve uzun yıllara dayanan tecrübeleri neticesinde üretimde ve çalışma hayatında yönetsel süreçlerle ilgili yeni bakış açıları oluşmaya başlamıştır.

1950'lerde makineleşme, 1970'lerde makineye dayalı otomatikleşme ve seri üretim sistemleri, daha sonrasında ise internetin ve bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ile toplumlar çok hızlı bir gelişim sürecine girmişlerdir. 1990'lı yıllarda ise doğu bloğunun dağılması ile birlikte Amerika ve Avrupa ülkeleri gibi sanayileşmede öncü ülkeler için yeni pazarlar açılmış, ülkeler arası ticaret anlaşmaları yapılmıştır.

Bugün gelinen noktada internetin yaygın olarak kullanılması, ülkeler arasında sınırları kaldırmış, serbest ticaret ve üretim tarihinde hiç olmadığı kadar gelişmiştir. Şimdi ise toplumlar yeni bir devrimi, üretim çağını ve günlük yaşamın her alanını etkileyecek Endüstri 4.0 / Dördüncü Sanayi Devrimi kavramını, bileşenlerini ve ilişkili teknolojileri konuşmaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı tanımlanmaya çalışılırsa; bilişim, iletişim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin; otomasyon, bilgi toplama ve paylaşma, yapay zekâ çalışmaları ile birlikte özellikle üretim süreçlerini ve hayatın diğer tüm alanlarını da etkileyerek önemli değişimlere neden olacağı öngörülen yeni bir durumdur. Kuşkusuz Endüstri 4.0, bir çatı kavram olarak diğer pek çok bileşeni altında barındırmaktadır, ancak bu çalışma üretim ve işletmeler ile ilgili yeni gelişmeler ve bu gelişmelerin işletme fonksiyonlarına yansımaları ile ilgilidir. Ayrıca Endüstri 4.0'ı

sadece bir teknolojik dönüşüm olarak görmek, geleceğe yönelik önemli risk ve tehlikeleri göz ardı etmek anlamına gelmektedir. Nitekim I. Sanayi Devriminde olduğu gibi devrimin sosyal boyutunu göz ardı etmek, gelişmelerin toplumlar tarafından kanıksanması sürecinde çok daha yıkıcı sonuçlara neden olacaktır.

Yaşanan bu çok boyutlu dönüşüm nedeniyle üretimde etkinlik ve verimliliğin artacağı, nesnelerin interneti ve yapay zekâ ile kodlanmış otonom robotların üretimde kullanılmalarıyla birlikte kas gücüne daha az ihtiyaç duyulacağı anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra çok sayıda yeni iş kolunun ortaya çıkacağı, önümüzdeki dönemde birçok kişinin mevcut işini kaybedeceği ve şu anda ismini bilmediğimiz yeni işlerde çalışacağı öngörülmektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) olarak ifade edilen bu sürecin oluşan gelişme ve öngörüler değerlendirildiğinde; Dünya'ya, Türkiye'ye, sanayiye, üniversitelere, kamu kurumlarına, eğitim kurumlarına, sivil toplum kuruluşlarına ve sosyal hayata önemli etkileri olması beklenmektedir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda konuyla ilgili Türkçe ve İngilizce yazında yer alan çalışmalar incelendiğinde **“Dördüncü Sanayi Devrimi / Endüstri 4.0”** yerine **“Dijital Dönüşüm”** kavramının kullanıldığı da görülmektedir. Ancak Endüstri 4.0 sadece bir dijitalleşme değil, dijitalleşmeyi de kapsayan çatı bir kavramdır. Bu nedenle, çalışmada **Endüstri 4.0 / Sanayi 4.0 / Dördüncü Sanayi Devrimi** kavramının kullanılması uygun görülmüştür.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İlgili alan yazın, uzman görüşleri ve sahadaki diğer çalışmalar göz önünde bulundurularak araştırmanın birinci bölümünde **“Endüstriyel Gelişim Süreci”** Birinci, İkinci ve Üçüncü Sanayi Devrimi başlıkları altında, 1800'lü yıllardan itibaren yaşanan gelişmeler kısaca özetlenmiştir.

İkinci bölüm, araştırmanın omurgasını oluşturan **“Endüstri 4.0 Temel Bileşenleri ve İlişkili Teknolojilerin”** tanımlanarak araştırma kapsamı ile olan ilişkilerinin ortaya konduğu bölümdür.

Üçüncü bölümde ise Türkiye ve dünyada yaşanan gelişmelerin neden olduğu mevcut durumdaki etkiler; hükümet raporları, yol haritaları ve uluslararası alanda öncü kuruluşların hazırlamış oldukları çalışmalardan yararlanılarak analiz edilmiştir.

Araştırmanın uygulama kısmını oluşturan dördüncü bölümde ise nitel araştırma desenine uygun olarak toplanmış olan örnek olaylar, içerik analizi ve vaka analizi (örnek olay incelemesi) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önermeler mantığı ve akıl yürütme (çıkarım) kurallarına dayanarak; eksik tümevarım (bilimsel tümevarım) yöntemiyle yorumlanmışlardır.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı, Endüstri 4.0 temel bileşenleri ve ilişkili teknolojilerin oluşturduğu devrimsel etkileri örnek olaylar aracılığıyla tespit etmek, farklı sektör işletmelerinde mevcut durumda gözlemlenen ve kısa süre içerisinde yaşamımızın bir parçası olması öngörülen etkileri incelemektir.

Alt amaçlar ise:

- ❖ Endüstri 4.0 ile ilgili olarak, bilim dünyasında yapılan çalışmaları ve basında yer alan uzman görüşlerini temel alarak yaşanan gelişmelerin işletme fonksiyonlarına ve günlük yaşama olan yansımalarını analiz etmek,
- ❖ Yazındaki çalışmaların sunmuş olduğu veriler ve çalışmada değerlendirilen bulgulardan elde edilen sonuçlar ışığında, karşılaştırılması muhtemel etkilere karşı çözüm önerilerinde bulunmak,
- ❖ Bir diğer alt amaç ise, dünyada büyük bir ilgiyle takip edilen Sanayi 4.0 süreciyle ilgili farkındalığı arttırmak; hukuk, sosyoloji, güvenlik, mühendislik, yönetim, muhasebe, insan kaynakları, pazarlama gibi çeşitli alanlarda çalışılması için öncülük etmek ve farklı sektörlerde faaliyet gösteren kuruluşlarda hangi seviyede uygulandığını araştırmaktır.

Bunların yanı sıra, uzman görüşlerine göre, ***“Endüstri 4.0’ın günümüze ve yakın geleceğimize damgasını vuracak bir konu”*** olduğu öngörülmektedir. Alan yazın incelendiğinde, Endüstri 4.0’ın temel dinamiklerinin yanı sıra ilişkili teknolojilerin de var olduğu görülmektedir. Ancak Endüstri 4.0 temel dinamikleri ve ilişkili teknolojilerin bir bütün halinde değerlendirilmediği tespit edilmiştir.

Bu yönüyle yapılan çalışma; Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonlarına olan etkileri konusunda yazındaki boşluğu doldurmakta ve diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Bunlar da araştırmanın önemini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın Kapsamı ve Kısıtları

Araştırmanın kapsamı, Endüstri 4.0 temel bileşenlerinin ve ilişkili teknolojilerin işletme fonksiyonları üzerinde oluşturduğu etkileri örnek olaylar yardımıyla değerlendirerek elde edilecek sonuçlardan yapılan çıkarımları kapsamaktadır. Elde edilen çıkarımlar neticesinde gerek işletmelerin gerekse toplumun geleceğe yönelik oluşturacağı politika ve stratejilere zemin hazırlamak da araştırmanın kapsamı içerisindedir.

Araştırma boyunca, son yıllarda tartışılmakta olan Endüstri 4.0; kapsadığı bileşenler ve ilişkili teknolojiler ile birlikte değerlendirilmiştir. Araştırma başlığı ile ilgili kuramsal bilgi, konunun yeni olması nedeniyle sınırlı sayıdaki kaynaklardan elde edilmiş ve konu üzerinde çalışan uzmanların öngörülerini değerlendirilmeye çalışılmıştır. Dahası, araştırmanın yüksek lisans tez süresi ile kısıtlı olması, bileşenlerin çeşitliliği ve birden fazla alanla olan etkileşimlerini yalnızca işletme fonksiyonları açısından değerlendirmek araştırmanın kısıtlarıdır.

Ayrıca Covid-19 küresel salgını sebebiyle alınan önlemler gereği sosyal mesafe kuralı ve sokağa çıkma yasağının uygulanması sonucunda konuyla ilgili saha araştırmasının yapılamaması bir diğer önemli kısıt olarak yerini almaktadır.

Endüstri 4.0'ın; hukuk, ticaret, teknoloji, mühendislik, iletişim, sosyoloji ve kesiştiği diğer alanlar ile ilgili çalışmalar yapıldığı takdirde anlamlı sonuçlara ulaşılabilecek, gelecekte yapılacak çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Araştırmada Yanıt Aranacak Sorular

Araştırmanın ana problemi, Endüstri 4.0 teknolojilerinin neler olduğu ve bu teknolojilerin işletme fonksiyonları üzerinde nasıl etkiler oluşturduğunu incelemek ve değerlendirmektir.

Araştırmanın ana problemi doğrultusunda araştırmanın kuramsal kısmında;

Sanayideki dönüşümün üretim süreçlerini nasıl etkileyeceği,

Nesnelerin interneti, robot teknolojileri, otonom robotlar ile birlikte iş gücünün nasıl etkileneceği,

Sistem bütünleşmesinin (entegrasyonun) nasıl sağlanacağı,

Yok olması ve oluşması muhtemel mesleklerin neler olduğu,

Sanayi 4.0 sürecinin dünya’da ve Türkiye’de hangi boyutta takip edildiği ve yaşanan son gelişmelerin neler olduğu,

Sanayi kuruluşlarının; nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, akıllı fabrika ve arttırılmış gerçeklik gibi Endüstri 4.0 ile bütünleşik teknolojileri hangi boyutta takip ettikleri,

Toplumun ve sivil toplum kuruluşlarının bu dönüşüm hakkında ne kadar bilgi sahibi oldukları çeşitli kuruluşlar tarafından belirlenmiş olan yol haritaları üzerinden tartışılacak ve konunun daha iyi anlaşılması sağlanmaya çalışılacaktır.

Araştırmanın amacı ve ana problemi doğrultusunda Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonları üzerinde oluşturduğu etkileri tespit etmeye yönelik olarak, araştırmanın uygulama kısmını oluşturan bölümde ise;

1 - Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin üretim fonksiyonunu etkinlik ve verimlilik açısından nasıl etkilemektedir?

2- Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin pazarlama fonksiyonunun sanallaşması ve işlevselleşmesini nasıl sağlamaktadır?

3- Endüstri 4.0 teknolojilerinin yönetimin en temel dinamikleri olan insan kaynakları ve karar alma süreçleri üzerindeki etkileri nelerdir?

3a) Endüstri 4.0 teknolojileri yönetim biriminin daha hızlı, etkili, akılcı ve gerçekçi kararlar almasını nasıl etkilemektedir?

3b) Endüstri 4.0 teknolojileri iş ortamındaki etkinlik ve verimliliği arttırırken; insan kaynağı üzerinde oluşturacağı etkiler nelerdir?

4- Endüstri 4.0 teknolojilerinin getirmiş olduğu yeniliklerle birlikte hukuk ve ticaret hukuku alanlarında oluşan gelişmeler nelerdir?

5- Endüstri 4.0 teknolojilerinin muhasebe ve finans alanına getireceği yenilikler nelerdir ve etkili çalışma nasıl sağlanmaktadır?

6-Endüstri 4.0 teknolojilerinin, işletmenin sayısal yöntemler fonksiyonu tarafından üretim ve iş süreçlerinde en uygun alternatiflerin belirlenebilmesi için sunduğu çözümler nelerdir?

7- Endüstri 4.0 teknolojilerinin halkla ilişkiler ve iletişim alanında kullanım örnekleri nelerdir?

Araştırma sorularına içerik analizi ve örnek olay incelemesi yöntemi ile elde edilen örnek uygulamalar ve gelişmeler değerlendirilerek yanıt aranacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENDÜSTRİYEL GELİŞME SÜRECİ

1.1. Endüstriyel Gelişimin Başlangıcı / Endüstri 1.0

1.1.1. Sanayileşme Süreci ve Birinci Sanayi Devrimi

Sanayi, hammaddeden mamul madde meydana getirmek amacıyla emek, zaman ve üretim araçlarının bir araya getirilerek mal ya da hizmet üretilmesi olarak tanımlanabilir. Geniş anlamda ise, kâr sağlayıcı her türlü mal ve hizmet üretimini ifade eder (Göç, 2010, s. 4-5).

Birinci Sanayi Devrimi, James Watt tarafından buhar makinesinin geliştirilmesi ve İngiltere Lancashire’de modern dünyanın ilk fabrika sisteminin kurulmasıyla gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda, başta Avrupa olmak üzere, tüm ülkeler derinden etkilenmiş, iç karışıklıklar ve hammadde ihtiyacından doğan işgaller nedeniyle ülkelerin sınırları da değişmeye başlamıştır (Hobsbawm, 1975/2013, s. 11-12). Bu gelişmelere bağlı olarak; politikadan hukuka, eğitimden şehirleşmeye ve sosyal yaşama kadar hayatın her alanında köklü değişikliklere gidilmiştir. Ayrıca üretimdeki artışla birlikte toplumların tüketim alışkanlıklarında da değişimler başlamıştır (Göç, 2010, s.4-5; Hobsbawm, 1975/2013, s.11-12).

Refaha giden yolun sanayileşmeden geçtiği ve ekonomik kalkınma ile doğrudan ilişkili olduğu, toplumlar açısından genel bir gerçek gibi kabul edilmektedir. Savaş ve doğal afetler bir yana bırakıldığında, her neslin kendinden önceki nesillerden elde etmiş olduğu tecrübe sayesinde daha yüksek üretim ve tüketim kapasitesine ulaşmasını sağlayan sürekli bir ekonomik büyüme süreci yalnızca sanayileşmiş toplumlarda mümkün olmaktadır. Yirminci yüzyıl ortalarının gelişmiş ya da kalkınmış olarak adlandırılan toplumlarının yaşam standartları ile günümüzün geri kalmış ülkelerindeki standartlar arasındaki çarpıcı farklılık, toplumların sanayileşme süreci ve bu süreci takip etmeleri ile ilgilidir (Deane, 1965/1988, s. 1).

Üretim, insanlığın var oluşundan bu yana yapılmaktadır; ancak bugünkü anlamda sanayileşme ya da kitlesel üretimin doğuşu insanlık tarihi ile kıyaslandığında daha dün denilecek bir geçmişe uzanmaktadır. Bunun nedeni

teknolojik gelişme ve icatlar ile ilgilidir. Makinelerin üretimde insan gücünün yerini alması 200 yıllık bir geçmişe dayanmaktadır (Kobu, 2005, s. 7).

1700’lü yıllarda; ulaşım, iletişim ve güvenlik şartlarının sağlanamamasından dolayı o dönemde yaşayan insanlar için dünya hesaplanamayacak kadar büyüktü. Toplumlar geçimlerini tarım ve hayvancılıkla geçirdikleri için, askere alınmak gibi bir durum olmadığında insanların onda dokuzu doğmuş oldukları topraklardan göç etmeden yaşamlarını sürdürmekteydi. Orta ve üst sınıfa mensup bir avuç insan dışında okuma-yazma bilen yoktu. Haberleşme genellikle yolcular, seyyar satıcılar, gezginler, göçebe zanaatkârlar, mevsimlik işçiler, gezgin din misyonerleri, başıboşlar ve serseriler aracılığıyla sağlanıyordu (Hobsbawm, 1975/2013, s. 18-19).

18. yüzyılda toplumların büyük çoğunluğunun çiftçi olması nedeniyle ekonomik takvimler hasat mevsimine göre düzenleniyordu. Tahıl, temel besin kaynağı olarak kullanılıyordu. Fırın bulunan kasabalarda üretilen buğday ekmeği lüks olarak tüketiliyordu. Hasat, bekâr gençlerin hayatında önemli rol oynuyordu. Eğer hasat verimli geçtiyse evlilikler yapılabiliyor; hasat mevsimi verimli geçmediyse evlilikler bir sonraki hasat dönemine erteleniyordu. Bunun yanında verimli bir hasat tek başına yeterli değildi. Devlet vergileri, yağmacılar ve ambarlardaki fare vb. haşereler de elde edilen tahılları ve dolaylı olarak evlilikleri etkileyebiliyordu. Bu dönemde Avrupa’da kadınların evlilik yaşı 24-26’ya ulaşmıştı (Blainey, 2004/2005, s. 292-295).

“Bu gelişmelerle birlikte Birinci Endüstri Devrimi kavramı ilk olarak İngiltere’de, iktisat tarihçisi Arnold Tonybee tarafından ortaya atılmış; makineleşme süreci, boyutları, etkisi ve endüstri devriminin gelişim süreci vermiş olduğu konferanslarla açıkça ortaya konmuştur” (Wilson, 2014).

Bununla birlikte endüstriyel gelişim belirli bir disiplin ve düzen içinde çalışmayı gerektirmiştir. İnsanların maddi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapmış oldukları üretim, fabrika sisteminin getirdiği düzenin sağlanmasıyla birlikte çalışanların para kazanmalarına ve sipariş üzerine üretim yapmaya başlamalarına neden olmuştur (Çakıroğlu ve Karadirek, 2019, s. 90).

Üretimdeki artış sayesinde yeni iş olanakları da ortaya çıkmaya başlamış, kırsal alanda yaşayanlar; para kazanmak, daha iyi bir hayat yaşamak, şehrin çeşitli imkânlarından yararlanmak amacıyla kentlere göç etmeye başlamışlardır (Duran, 2002, s. 154; Öztuna, 2017, s. 22). Kırsal alandan sanayi bölgelerine doğru olan bu göç, kırsalda üretimin azalmasına; şehirlerde de sosyal sorunların artmasına neden olmuştur. Toprağından koparak şehre yerleşenler zamanla şehrin sunmuş olduğu rahatlığa alışmış ve tekrar köylerine dönüp toprak ve hayvancılıkla uğraşmaları zorlaşmıştır (Polanyi, 1944/2010, s. 144-145).

Sanayileşme öncesi bir ekonomide bireyler, genel olarak farklı meslek ve işlerde çalışırken, sanayileşme ile birlikte ihtisaslaşma başlamıştır. Yani bir işçinin malın tamamını üretmesi bu dönemde nadir bir durumdur. Sanayi işçisi, üretilecek olan malın nihai tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği işlemler zincirinde belli bir görevi yerine getirerek üretim işlevi içindeki görevini icra etmiş oluyordu (Deane, 1965/1988, s. 12-13). Üretim sisteminin en önemli unsurunun makineler olduğu bu dönem, insan faktörünün göz ardı edilmesi nedeniyle çeşitli sosyal sorunlara neden olmuştur. Ortaya çıkan bu sorunlar ‘insanın’ da üretim faktörlerinden biri olduğunun ve sahip olduğu duygu, hırs, itaat, başarma isteği ve güdüleme (motivasyon) gibi kavramlarla birlikte üretim süreci içerisinde önemli bir yeri olduğunun fark edilmesini gerektirmiştir (Çakıroğlu ve Karadirek, 2019, s. 91).

Bu dönemde üretilen ürünlerin büyük bölümü ulaşım ve güvenlik koşullarının sağlanamaması nedeniyle iç pazarlarda müşteri bulmuş; dış pazarlara sevk edilen ürünler sınırlı miktarlarda kalmıştır. Dış pazarlara ulaştırılacak olan hammadde ve ürünler diğer ulaşım kanallarına göre daha güvenli olarak görülen denizyolu ile farklı coğrafyalara taşınabilmiştir (Görçün, 2016, s. 10-11).

Özetle, 1776 yılında James Watt’ın buhar makinesini kusursuzluğa ulaştırması (Drucker, 1994), binlerce insanın üreteceği gücü tek başına üretebilir duruma getirmiştir. Bu nedenle genellikle iç pazar için üretim yapan küçük atölyeler ve imalâthaneler fabrikalara dönüştürülmüş, bu dönüşümü sağlayamayanlar ise kapanmıştır. Kapanan atölyelerin sahipleri ise diğer imalâthane ve fabrikaların kalifiye iş gücünü oluşturmuşlardır (Görçün, 2016, s. 14). Temelde İngiltere ile sınırlı kalan Birinci Sanayi Devrimi, fazla sermaye gerektirmeyen tekstil gibi hafif

sanayiden sonra, teknolojik gelişmelerin ve çeşitli icatların yapılması, üretim konusundaki bilgi birikiminin artmasıyla birlikte çok kısa bir süre içerisinde tarım toplumundan sanayi toplumuna geçilmesine katkı sağlamıştır (Çakıroğlu ve Karadirek, 2019, s. 98). Sanayi Devrimi sonrasında, elinde sermayesi olan daha çok makine alıp, daha çok insan çalıştırarak üretim yapabilen büyük şirketlere dönüşmeye başlamıştır. Endüstri Devrimi, tarım ve hayvancılığa dayalı dağınık yerleşim yapısının değişmesine, nüfusun kentlerde toplanmasına ve daha hızlı bir nüfus artışına yol açmıştır (Kent, 2017).

Buhar makinesinin icadıyla, küçük atölyelerde başlayan; ulaşım, denizcilik, şehirleşme, yük taşıma gibi yaşamın birçok alanına nüfus eden bu dönem “Birinci Sanayi Devrimi / Endüstri 1.0” olarak adlandırılmaktadır.

Bu dönemde Watt’ın geliştirdiği makine, düşük bir basınçla da olsa, düzgün dairesel hareket sağlayan ilk makinedir. Ayrıca daha kullanışlı, ucuz ve verimlidir. Daha önce yapılan icatlar (su gücü, hayvan gücü, Newcomen tipi makine) bunu sağlayamamışlardır. Gerek Newcomen’in gerekse Watt’ın geliştirdiği ilk makine, doğrusal hareket edebilme gücüne sahipti. Watt ve Boulton’un geliştirdiği yeni tür, buharın sağladığı düzgün mekanik gücün dokuma tezgâhlarına uyarlanmasının önünü açmış, bu da Sanayi Devriminin dönüm noktası olmuştur (Başer, 2011, s. 137).

Ayrıca, başta İngiltere olmak üzere, Amerika, Fransa gibi batılı ülkelerde buharlı makineler ve pamuk işleme makineleri kullanılmış, bunlara bağlı olarak da çok sayıda tekstil ürünleri üretim işletmeleri kurulmuştur (Hobsbawm, 1975/2013, s. 42-47). Daha çok kâr elde etme ve sermaye biriktirme temeline dayalı olan I. Sanayi Devrimi, çalışanları ve sosyal haklarını geri plana atmıştır. 17. ve 18. yüzyılda üretimde insan faktörünün görmezden gelinmiş olmasına karşın, 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra işçilerin ücretlerinde iyileştirme, çalışma saatlerinde düzenleme ve haftada en az bir gün tatil yapma gibi sosyal haklar konusunda düzenlemelere gidilmiştir (Çakıroğlu ve Karadirek, 2019, s. 103).

Sanayi Devrimini dönemsel olarak, 1780 ve 1840 arasındaki yıllarda ortaya çıkan, bir yandan ağır sanayinin kurulması ve demiryollarının yapımı, diğer yandan

da ekonomik bunalımın sürüklediği toplumsal çatışmaların yaşandığı dönem olarak tanımlayabiliriz. Ayrıca Sanayi Devrimi, tarımın ve kentlerin gelişiminden bu yana dünya tarihinde gerçekleşmiş en önemli olaylardan biri sayılabilir (Başer, 2011, s. 278).

1.2. İkinci Sanayi Devrimi Süreci / Endüstri 2.0

İkinci Sanayi Devrimi uygarlık tarihinin en önemli olaylarından bir diğeri olarak ifade edilebilir. Bu dönem, Birinci Sanayi Devrimi ve öncesindeki bilgi birikiminin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle 17. yy sonrası ulaşılan bilimsel bilginin uygulamaya ve teknolojiye dönüşümü üretimi arttırmıştır (Genç, 2019, s. 109). 18. yüzyılın sonu 19. yüzyılın başlangıcında James Watt'ın buhar makinesini icadı sayesinde dünya ilk sanayi inkılâbını tanımaya başlamış, insan ve hayvan gücüne olan ihtiyacın azalması, makine gücüne dayalı geniş çaplı üretim ve deniz aşırı ticaretin artması bu dönemin özelliklerini yansıtmaktadır.

19. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde dünyada teknik gelişmeler hız kazanmaya başlamıştır (Ülken, 1970, s. 15). Buhar, kömür ve demirin yanı sıra; çelik, elektrik, petrol ve kimyasal maddeler de üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanmış, üretim çeşitlenmiş ve artmıştır. 20. yüzyılın başlarına denk gelen İkinci Sanayi Devrimi, petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanılması sonucunda daha güçlü makinelerin ve motorların gelişmesine imkân sağlamıştır (Kent, 2017).

Bununla birlikte makineleşmenin artışı, enerjinin anlamında da değişmelere yol açmıştır. Tarım aletlerini kullanabilmek için gerekli olan kas ya da hayvan gücü, geliştirilen makineleri çalıştırmada yetersiz kalması nedeniyle bu aletleri daha etkili çalıştırabilecek enerji kaynağı arayışına girilmiştir. Nitekim kısa süre içinde buhar enerjisiyle çalışan makineler yerini önce petrol ürünleriyle çalışanlara, daha sonra elektrik enerjisiyle çalışan makinelere bırakmıştır (Erol, 2002, s. 135-136). Bu aşamadan sonra fabrikalarda hayvan gücü ve yoğun emeğe ihtiyaç kalmamış, böylece üretimi kısıtlayan engellerin çoğu ortadan kaldırılmış, mal üretimi için bilim ve teknoloji birleştirilerek verimlilik artışı sağlanmıştır (Duran, 2002, s. 176).

Ayrıca iş tanımları, iş bölümü ve uzmanlaşma, örgütsel yapının ayrıntılı bir şekilde oluşturulması, ileri düzeyde formelleşme, bölümlerin oluşturulması gibi yönetsel kavramlar oluşmaya başlamıştır. Bu döneme, bilimsel bilgiyi esas alan, olayları ve doğanın işleyişini neden-sonuç ilişkisi içerisinde ele alan pozitivist düşünce anlayışı hâkimdir. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri'nden Frederic Winslow Taylor'un öne sürdüğü 'Bilimsel Yönetim Yaklaşımı', Fransız Mühendis Henry Fayol'un 'Yönetim Süreci Yaklaşımı' ve Alman sosyologu olan Max Weber'in öne sürdüğü 'Bürokrasi Modeli' dönemin öne çıkan önemli gelişmeleridir (Genç, 2019, s. 109-110).

Bu gelişmelerle birlikte Avrupa'da üretim ve tüketim alışkanlıkları değişmiş, kârlılık artmıştır. Şehirlere göçün artmasıyla sosyal yaşamda da değişiklikler olmuştur. Gün geçtikçe artan üretim ve tüketim sermaye sahiplerini yeni pazar ve hammadde kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu dönem kapitalizmin ve sömürgeciliğin başlangıcı olarak görülmektedir (Göç, 2010, s. 7).

İkinci Sanayi Devriminin tipik özelliği, gerek işin gerekse mekanizmaların otomasyonu geliştirilerek kitle üretimi yapacak şekilde makinelerle göre yeniden düzenlenmesi, üretim merkezlerinde elektriğin kullanılması, otomasyon ve kitle üretiminin geliştirilmeye başlanmasıdır (Erol, 2002, s. 138).

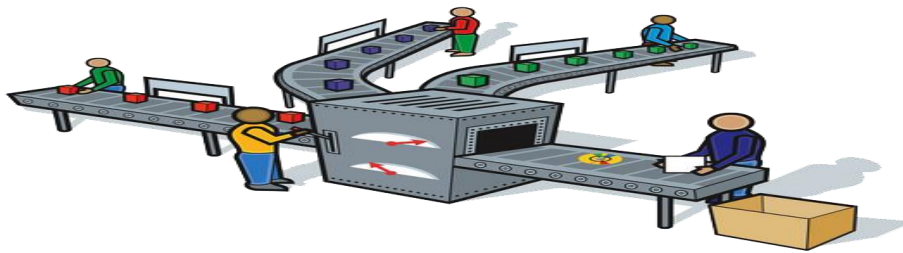
Bu dönemde fabrika organizasyonu belirli bir akış sistemine göre yapılmadığından, dağınık bir görünüme sahipti. Çalışanların üretim sürecindeki gereksinimlere göre sürekli olarak yer değiştirmesi olağan bir durumdu (Görçün, 2016, s. 56-58). Nitekim, Frederic Winslow Taylor'un savunduğu etkinlik ve verimliliği arttırmak için bilimsel yaklaşımın kullanılması, Henry Fayol'un örgütsel ilkeleri ve Marx Weber'in bürokrasi modeliyle; iş bölümü, uzmanlaşma ve işlerin nasıl yapılacağına ilişkin kuralların ortaya konulması, standartların belirlenmesi ve uzmanlaşmanın hayata geçirilmesine başlanmıştır (Genç, 2019, s. 118).

Taylorizmin üretim süreçlerinde etkinlik ve verimliliği artırma öngörüsüyle alt ve orta düzey yöneticiler ellerinde süreölçer (kronometre) ile çalışanların arasında dolaşarak işlerin yapılma sürelerini belirliyor ve belirlenmiş sürelerde yapılıp yapılmadığını kontrol ediyordu. Bu dönemde Taylorizmin ilkelerini üretimde hayata

geçirmek üzere çalışmalar yapan en önemli kişilerden biri Henry Ford'tu (Görçün, 2016, s. 60-62). Ford Motor Şirketi'nin geliştirmiş olduğu sistem büyük ölçüde Frederic Winslow Taylor'un öne sürmüş olduğu 'Bilimsel Yönetim Yaklaşımı' nın uygulamaya konulmasıydı (Genç, 2019, s. 122).

Taylorizmin büyük ölçüde uygulanması olan Fordist yaklaşım, üretimde bant sisteminin kullanılmaya başlandığı dönemdir ve Taylorist ilkeleri esas alan bilimsel yönetim anlayışına göre düzenlenmiştir. Modelde üretim sürecinin her aşamasını kapsayacak bir planlama sistemi esas alınmış, işler sistemli olarak alt bölümlere ayrılmış ve ayrıntılı şekilde tanımlanmışlardır. Planda katı bir denetime tabi tutulan işçilerin hareketleri, verimliliği en üst düzeye çıkaracak biçimde sınırlandırılmış ve zamanlaması yapılarak en ince ayrıntılarına kadar hesaplanmıştır. Böylece kitlesel üretim, işbölümü ve uzmanlaşma, işin niteliksiz ve yarı nitelikli işgücü tarafından yapılmasını sağlamış, nitelikli işgücüne olan bağımlılık azalmıştır (Aydınlı, 2004). Bu dönemde çalışanlar makine ya da makinenin bir parçası olarak görülmüşlerdir. "Bant Tipi Üretim Sistemi" ile çalışanların üretim sürecinde zaman kaybı ve verimliliğin düşmesine neden olan tezgâhlar arasındaki gidiş geliş hareketleri ortadan kaldırılmıştır. Böylelikle artık üretim ya da montaj tezgâhlar üzerinde değil, akan şerit (bant) üzerinde yapılmaya başlamıştır (Görçün, 2016, s. 63). Bu döneme damgasını vuran akan şerit tipi üretim sistemi aşağıda Şekil 1 de temsili olarak gösterilmektedir.

Şekil 1: Bant Tipi Üretim Sistemi



Kaynak: (https://www.google.com.tr/search?q=bant+tipi+%C3%BCretim+sistemi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwit3tyN5ZbbAhWGWcWKhcADATwQ_AUICigB adresinden 18

Nisan 2018 tarihinde alınmıştır.)

İşin küçük parçalara ayrılarak, bir işin birden çok parçasının üretilebilir duruma getirilmesi, ekonomik gelişmeyi birçok yönden etkilemiş ve bu süreçte işçi,

teknisyen ve tekniker gibi yeni ara meslekler oluşmuştur. Ayrıca teknik iş bölümü, çalışma grupları arasında kusursuz bir koordinasyon ve zamanlamayı, disiplin, itaat, bağlılık ve denetim gibi örgütsel kavramların da doğmasına zemin hazırlamıştır (Erol, 2002, s. 141-143).

İkinci Sanayi Devrimi ile özdeşleşen Fordist Üretim Sistemi, işlerin küçük parçalara ayrılmasına ve yapılış sırasına göre bir hat sistemi üzerinde sıralanmasına dayanmaktadır. Böylelikle, işçilerin üretim esnasında gerekli olan parça ve malzemeleri almak için bir birimden başka bir birime gidiş gelişlerinin yol açtığı zaman kayıplarının önüne geçilmiştir (Genç, 2019, s. 129). Bu sistemin sunduğu, ayrıntılı işbölümü ve akan şerit uygulaması ile işçi başına üretimin daha da artması hedeflenmiş, emek ve mal üretimi standart hale getirilmiştir. Bu doğrultuda rekabetin temeli de aynı maldan çok sayıda ve ucuza üretmek üzerine kurulmuştur. Üretimde standartlaşma sonucu nitelikli ve niteliksiz işçi kavramı ortadan kalkmıştır. Böylelikle, yeni ve tecrübesiz bir işçinin, bir işte uzun yıllardır çalışan tecrübeli bir çalışanın yerini alabilmesi mümkün olmuştur (Selçuk, 2011, s. 4132).

Sanayi Devrimi sonrası gelişmeler ile değişen tekno-ekonomik değerler dizisinin (paradigmanın) merkezinde sermaye malları sektörünün ortaya çıkışı, takım tezgâhlarının gelişmesi ve değiştirilebilir parça kullanımının yaygınlaşması bulunmaktadır (Başer, 2011, s. 262). Üretim tezgâhlarının gelişmesi, ürün çeşitliliği sağlama ve üretim miktarında artışa neden olmuştur. 1900'lü yılların başında pazarda fazla rakip olmadığı için rekabet yaygın değildi. Bu nedenle üreticiler açısından “ne üretirsem satarım” anlayışı vardı. Bugünkü anlamda bir pazar arayışı, pazarlama faaliyetleri ve müşteri memnuniyeti sağlama gibi çalışmalara ihtiyaç duyulmuyordu.

Teknoloji ve enerji kullanımının yaygınlaşması ile birlikte sanayileşmekte olan toplumların refah seviyesi artmış ve beklentilerinde değişimler meydana gelmiştir. Yoğun makineleşme neticesinde sınırsız üretim yapılmış, pazar analizi yapılmadan depolanan mallar zamanla ekonomik sorunlara neden olmaya başlamıştır. Kapitalist sistemin en bunalımlı dönemlerinden biri bu süreçte ortaya çıkmıştır. Birinci Sanayi Devriminde makineler, insan ve hayvan gücüne dayanan mekanizmalara uygun olarak düzenlenirken; İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte gerek iş süreçleri, gerekse kullanılan araçlar yeniden kurgulanmıştır. Bu düzenlemeler

esnasında ortaya çıkan teknik sorunlar, malzeme ve tamir bilgisini geliştirmiş, yapılan yeni buluşlarla birlikte dayanıklılığı yüksek yeni metaller ve kimyasal ürünler geliştirilmiştir. Böylece makineler yaşamın her alanında etkinlik, verimlilik, üretkenlik ve zaman tasarrufunu sağlamaya başlamışlardır (Erol, 2002, s. 141-142).

Beraberinde yaşanan I. Dünya Savaşı endüstrilere inanılmaz satış ve kârlılık sağlarken; diğer yandan üretim işletmeleri için insan kaynağı sorunlarına neden olmuştur. Ülkeler bu süreçte en dinamik kaynağı olan genç ve yetişkinleri savaşa sürmüş, bunların büyük bölümünü cephelerde kaybetmişlerdir. Ayrıca savaşlar nedeniyle ekonomik birikimlerinin önemli bölümü; silah, besin ve salgın hastalıkların tedavisi için harcanmış, bu nedenle endüstriler için en önemli sorunlardan biri olan iş gücü arz yetersizliği ve mali kaynak sorunları ortaya çıkmıştır (Görçün, 2016, s. 67).

Dahası 1917 yılında Rusya’da başlayan Bolşevik İhtilâli, dünya ekonomisinde en büyük yapısal değişikliklerin biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylece Batı Avrupa’nın önemli pazarlarından biri kapanırken; diğer yandan da kolektivist sektörü meydana getirmiştir. Bu yıllarda dünya ekonomisinde kendini gösteren en önemli yapısal değişikliklerden bir diğeri de tarımsal nitelik taşıyan ülkelerin hızla sanayileşmeye başlamalarıdır. Sömürge olarak; İngiltere, Fransa, Almanya, Amerika gibi devletlere bağlı olan ülkeler özgürlük ve bağımsızlık arayışı içine girmişlerdir (Ülken, 1970, s. 45-46).

Bu dönemde savaşların etkisi nedeniyle endüstriyel gelişmeler yavaşlasa da üretimin durdurulması birçok alanda başa dönme anlamına geleceği için üretim işletmelerinde sabit maliyetler yüksek olmasına rağmen üretimi durdurmamışlardır. Yaşanan bu olumsuz gelişmeler 1929 yılında kapitalist ekonomilerin ilk defa karşı karşıya kaldıkları sosyal, ekonomik ve politik hayatın üzerinde olumsuz etkiler bırakmıştır. Dünya ekonomi tarihinde, başta otomobil üretimi olmak üzere birçok alanda yapılan büyük ölçekli üretimin sonucu olarak işletmelerin depolarında dağ gibi birikmiş stoklar nedeniyle birden bire ekonomik durgunluklara ve beraberinde Amerika borsasının da çökmesine neden olan “Büyük Buhran” olarak adlandırılan çöküşü ortaya çıkarmıştır. Bu durum, başta borsada hisse sahiplerini olmak üzere, neredeyse tüm dünyayı etkileyen sonuçlar doğurmuştur (Görçün, 2016, s. 68-69).

Kapitalist batıda yaşanan bu gelişmeler, Karl Marx'tan beri ve özellikle Bolşevik İhtilalından sonra ciddi anlamda hırpalanmış, kapitalizmin sonunun yaklaştığı ileri sürülmüştür. Rusya'da Marx'ın fikirleriyle kurulmuş olan kolektivist sistem, batı için tasarlanmış bir sistem olarak genişleme ve gelişme göstermiş, yaşama gücünü ispatlayarak kapitalizme rakip olarak karşısına dikilmiştir. Yaşamlarını uzun yıllar sürdüren bu iki rakip sistem, hiç şüphesiz birbirlerinin uç noktalarından etkilenerek dinamik halde gelişim göstermiş, zamanla birbirlerine de yakınlaşmışlardır (Ülken, 1970, s. 49).

Özetle, İkinci Sanayi Devrimi üretimde etkinlik ve verimliliği arttırmış, örgütsel yapıların ortaya çıkmasını, standartlaşma, teknolojik ve bilimsel gelişmeleri, işçi hakları ve sendikalaşmayı, sağlık ve eğitim alanında yatırımların artmasını ve elektriğin daha yaygın bir kullanım alanına ulaşmasını sağlamıştır. Ayrıca bu gelişmelere bağlı olarak, sanayileşmiş ülkelerin hammadde ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla sömürge arayışlarına girmelerine ve dünya savaşlarının başlamasına yol açmıştır (Genç, 2019, s. 142-145).

Sonuç olarak, ülkelerin ekonomik yapıları, teknolojik gelişmelerin etkisi altında köklü bir dönüşüme uğramış ve sanayi, kapitalizmin sistemleşmesini sağlamıştır. Sanayileşme, üretimi, sosyal yaşamı ve uluslararası ilişkileri de etkisi altına alan yeni bir üretim sistemiyle karakterize edilmiştir. İşgücünün yapısal dönüşümü ile birlikte, sermaye birikiminin yoğunlaşması ve yeni makinelerin kullanılması neticesinde fabrika sistemleri oluşmaya başlamıştır. Dünyanın sanayileşme süreci 18. yüzyılda başlayan ve 20. yüzyılın ortalarına kadar devam eden yaklaşık 150 yıllık dönemi kapsamaktadır. Bu gelişme sürecinde, fabrika sistemi; kitlesel, standart ve seri üretimi yeni teknolojiler kullanılarak geliştirmiştir (Başer, 2011, s. 302-307).

1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi Süreci / Endüstri 3.0

Birinci Sanayi Devrimine İngiltere, Fransa, Almanya, Belçika gibi ülkeler buhar makinesi ve kömürün kullanılmasıyla öncülük ederken; Amerika elektrik kullanımı ve geliştirdiği teknolojik dinamiklerle İkinci Sanayi Devriminin merkezi

olmuştur. İkinci dünya savaşından sonra ise Japonya; otomotiv, elektrik-elektronik alanında kitle üretimi ve tüketimi konusunda öncü ülkelerden biri haline gelmiştir (Janicke ve Jacob, 2009, s. 7). İkinci Sanayi Devrimi dönemindeki gelişmeler; elektrik, fosil yakıtlar, üretimde teknoloji kullanımını, işletmelerde hiyerarşinin ve yönetsel etkinliklerin oluşması, araştırma geliştirme faaliyetlerinin artışı, dünyada sıcak savaşların sona ermesi sonrası ulusal ve uluslararası pazar arayışları, karşılıklı askeri, sosyal ve ekonomik ilişkiler alanlarındaki gelişmelerdir. Bunların sonucu oluşan hukuki ve ekonomik anlaşmalarla birlikte dünya Üçüncü Sanayi Devrimi ile tanışmıştır (Görçün, 2016; Janicke ve Jacob, 2009).

Üçüncü Sanayi Devriminin gerçekleşmesi bilgisayarın icadına bağlı olarak üretimin, üretim sistemlerinin ve ilişkilerinin yeniden düzenlendiği dönemdir (Erol, 2002, s. 158-159). Bu dönemde gelişmekte olan toplumlarda teknoloji kullanım oranı ve verimlilik artarken; gelir dağılımında eşitsizlik de ortaya çıkmıştır. Bilgi ve teknoloji kullanımındaki artış işletmeler için I. ve II. Endüstri Devrimlerinin aksine, vasıflı işgücü ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Kent, 2017).

III. Sanayi Devrimi, 20. yüzyılın ilk yarısından itibaren başlayıp yüzyılın sonuna kadar devam eden dönemi kapsamaktadır. Bu dönemde elektriğin, doğal gazın, petrol ve diğer fosil yakıtların yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların başlaması, internet aracılığıyla bütün dünyanın birbirine bağlanması, üretimde otomasyon, elektronik cihazların kullanımında artış, yaygın bilgisayar kullanımı, fiziksel sermayenin önemini yitirip entelektüel sermayenin önem kazanması gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır (Genç ve Çakıroğlu, 2019, s. 152-153).

1960 ve sonrasını temsil eden bu süreçte üretim süreçleri ve sosyal alanlarda önemli gelişmeler olmuştur. Bunlar alt başlıklar altında aşağıda açıklanmaktadır.

1.3.1. Seri Üretim

‘Seri üretim’ ya da ‘kitle üretimi’ olarak adlandırılan bu üretim tekniğinin temelinde, üretilen ürünün cinsi, hammaddesi, üretimde çalışan işçilerin yaptığı işlerin nasıl yapılacağına ilişkin standartlar bulunmaktadır. Nitekim Taylor’un öne

sürmüş olduğu ‘bilimsel yönetim yaklaşımı’ da böyle bir uygulamayı esas almaktadır. Bugünkü söylemi ile bu üretim yaklaşımına ‘butik tarzı’ üretim de denilebilir (Koçel, 2015, s. 510).

1.3.2. Üretimde Esneklik

Üretimde teknoloji kullanımı, işçilerin farklı alanlarda uzmanlaşmaları için eğitim, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerinin artması ile birlikte üretimde çeşitlilik de sağlanmaya başlanmıştır.

1960’lı yıllarda maliyetler önemsenirken, 70’li yıllardan sonra kalite ön plana çıkmıştır. Değişen çevre koşulları, rekabet avantajı sağlamak ve farklı tüketici gruplarını tatmin etmek amacıyla işletmeler operasyonlarında esnekliğe yönelmişlerdir (Shivanand, Benal ve Koti, 2006, s. 1).

Ürün çeşitliliğinin fazla olması, değişen ekonomik koşullara karşı üretim miktarlarında değişkenliğe gidilmesi, üretimde esneklik kavramını gündeme getirmiştir. İşletmeler, ürün çeşidinin fazlalığı, yüksek kalite, müşteri odaklı olma gibi nedenlerden dolayı Esnek Üretim Sistemlerine (EÜS) yönelmişlerdir (Say ve Kınalı, 2017, s. 90). “Esnek üretim sistemi bir üretim teknolojisi ve felsefesidir. Taşıma sistemi aracılığıyla çoklu etkileşimi sağlamaktadır” (Shivanand ve diğerleri 2006, s. 2).

1970’li ve 80’li yıllarda dünyadaki teknolojik gelişmelerle birlikte artan üretim ve rekabet nedeniyle pazarda rekabet avantajı sağlamak ve kârlılığını devam ettirmek isteyen işletmeler dönüşüme uyum sağlamak zorunda kalmışlardır. ‘Ne üretirsem satarım’ anlayışının hâkim olduğu yıllardan müşterinin istediği kalite ve niteliğe sahip, doğru yer, doğru zaman ve doğru miktarda üretime yönelme olmuştur (Gökşen, 2003, s. 43-44).

Esnek üretim sistemi bilgisayar kontrol merkezli olarak çalışır ve iş merkezlerinin birbiri arasında etkileşim halinde olmasını sağlar. Programlanabilir otomasyon; tasarım, üretim ve yönetimin etkileşim halinde çalışmasına imkân verir (Helfgott, 1986, s. 41).

1.3.3. Tam Zamanında Üretim (Just in Time)

Tam zamanında üretim, tedarik zincirinin her aşamasında talebin doğru tahmin edilerek, üretimde doğru nitelik ve nicelikteki unsurların kullanılması, doğru satın alma, planlama ve esnek üretim uygulamalarının seçilmesi ile üretim maliyetlerini düşüren, sıfır stokla ya da minimum güven stokuyla çalışılmasını ön gören, fabrikada ve depolamada uygulanan bir Japon yönetim yaklaşımıdır. Amacı etkinlik ve verimliliği arttırmak, üretimde kayıpları en aza indirmektir (Shivanand ve diğerleri, 2006, s. 23-24).

Tam zamanında üretim anlayışında, vasıflı işgücünün etkin kullanılması, ürün tasarımının hızla yapılması, müşterilerin sunulan mal ve hizmetlerden edindikleri memnuniyet düzeylerinin ölçülmesi amaçları bulunur (Erol, 2002, s. 157-158). Üretim anlayışındaki bu gelişmeler sonucunda dünya piyasaları önemli dinamizm kazanmıştır. Bu sayede işletmeler daha az stok yaparak; yer, zaman ve maliyet avantajı sağlamışlardır.

1.3.4. Toplam Kalite Yönetimi

III. Sanayi Devrimi dönemine damgasını vuran bir diğer önemli unsur ise Toplam Kalite Yaklaşımı'dır.

“1950’li ve 60’lı yıllarda Philip Crosby, Edward Deming, Joseph Duran ve Kaoru Ishikawa gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucu kalite kavramının işletme fonksiyonlarının her sürecinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır” (Koçel, 2015, s. 438).

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), mutlak müşteri memnuniyetini, çalışanları güçlendirme, sahiplenme, sürekli iyileştirme ve yönetimin sistematik yaklaşımlarını içinde bulunduran bir modern yönetim anlayışıdır. İşletmenin devamlılığını sağlayabilmek için etkinlik ve verimliliği etkileyen unsurların sürekli denetlenmesinin, müşterilerin algıladıkları ürün kalitesinin sürekli ölçülmesinin ve iyileştirilmesinin gerekliliğini savunur (Khan, 2003).

Temel amacı, iç müşteri ile birlikte dış müşterinin de tatmin düzeyini sağlayarak, kârlılık ve örgütsel devamlılığı sağlamak olan TKY (Koçel, 2015, s. 438-441), son yıllarda rekabet avantajı sağlayabilmek için kullanılan örgütsel bir strateji olarak görülmektedir. Bu nedenle örgütler üretmiş oldukları mal ve hizmetlerde sürekli iyileştirme yaparak, müşteri tatminini arttırmaya ve küresel pazarlarda devamlılığı sağlamaya çalışırlar (Gharakhani, Rahmati, Farrokhi ve Farahmandian, 2013).

Toplam Kalite Yönetiminin başarısı tüm örgüt üyelerinin ortak amaç, inanç ve değerleri paylaşımlarına bağlıdır (Gharakhani ve diğerleri, 2013) ve ‘önce insan’ anlayışıyla tüm örgüt üyelerinin takım ruhuna sahip olması yoluyla hedeflerin sürekli güncellenerek örgütün dinamik olarak devam etmesini sağlar (Aslan ve Özçelik, 2009, s. 111).

1980 sonrası ve 90’lı yıllarda dünya ekonomisinde önemli yer tutan TKY; müşteriye daha ucuz, daha kaliteli ve daha çabuk ürün ve hizmet sunmak amacıyla tüm işletmeler tarafından etkin olarak uygulanmıştır. Just in Time, dış kaynak kullanımı, şebeke organizasyonları, stratejik iş birlikleri ile yaygınlaşmıştır (Koçel, 2015, s. 440). Bunların yanı sıra Toplam Kalite Yönetimi, PUKÖ Döngüsü, Just in Time, Altı Sigma, Poka-Yokeⁱ gibi Japon kültürüne ait birçok uygulamayı ihtiva etmektedir (Öztuna, 2017, s. 42-47).

1.3.5. Yalın Üretim

Yalın üretim, en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine yanıt verebilecek şekilde ve tüm üretim faktörlerini esnek şekilde kullanarak, mevcut kaynaklardan en yüksek kapasitede yararlanabilmeyi amaçlar. Bunun yanı sıra müşteri beklentilerini en yüksek düzeyde karşılarken, etkinlik ve verimliliği de sağlayabilme amacıyla geliştirilmiş bir Japon yönetim/üretim anlayışıdır (Fırat İ. , 2014, s. 18).

ⁱJaponca bir terim olan Poka-Yoke, “hata engelleme” anlamına gelmektedir. Üretim yapılan işletmelerde hatanın oluşmasını önlemeyi amaçlayan bir üretim yöntemidir (<https://www.bilgiustam.com/poka-yoke-nedir/> adresinden 3 Mayıs 2020 tarihinde alınmıştır.)

Yalın üretim sistemi, kaliteli ürün üretmek ve değişken pazar şartlarında oluşan talebe yanıt verebilmek ihtiyacı üzerine geliştirilmiştir. Sistemin geliştirilmesinde iç ve dış pazarın yapısı, işgücünün niteliği ve sınırlı kaynaklar etkili olmuştur (Özmez, 2006, s. 41). Müşterilerin farklılaştırılmış nitelikteki ürünlere olan talebi, dönemselsel olarak değişiklik gösterdiği için farklı sektörlerde üretim yapan işletmeler kısa dönemli değişken talebi karşılayabilmek için bilgisayar temelli üretim sistemlerine geçmişlerdir (Helfgott, 1986, s. 43).

Bu yaklaşım sayesinde üretimde birçok sürecin etkileşiminin sağlanması ve tedarik zinciri içerisinde zaman ve maliyet kayıplarına neden olan süreçlerin ortadan kaldırılması sağlanmıştır. Ayrıca yalın üretim, işlevsel süreç içerisinde en az kaynak israfı ile birimler arası etkileşimin oluşmasını da sağlayan üretim biçimidir. Bu yöntemle üretim yatırımları, karar verme, kalite artışları, ürün teslim hızı ve güvenilirliğinde iyileşmeler sağlanmıştır (Stratton ve Warburton, 2003, s. 187; Sundar, Balaji ve Kumar, 2014).

III. Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bu dönemde makineleşme ve uzmanlaşma artmış, yoğun olarak köyden kente göç yaşanmış, sanayide çalışan emekçiler örgütlenmeye başlamışlardır. 1980’li yıllarla birlikte satış sonrası hizmetler, sosyal sorumluluk ve halkla ilişkiler çalışmaları da tüketicilerin satın alma kararlarını etkileyen unsurlar olarak dikkat çekmiştir. Ülkeler arası ilişkilerin gelişmesi, serbest ticaret anlaşmalarının uygulanması ile birlikte küreselleşme hızlanmış, devletlerin ekonomiye müdahaleleri azalmış, şirketler uluslararası pazarlarda; işbirlikleri, satın alma ve birleşme gibi yeni yöntemler uygulamaya başlamışlardır. Devletlerin ekonomiye müdahalelerinin azalması neticesinde özelleştirmeler artmış, işsizlik sorunları baş göstermiş, sendikalaşmanın önüne geçilmeye çalışılmıştır (Kocabaş, 2004).

Bilgi Çağı, Enformasyon Toplumu, Sanayi Ötesi Toplum, Post Modernizm, Makine Çağı (Başer, 2011, s. 307), gibi çeşitli isimler altında ifade edilen bu dönem; mal ve hizmetlerde çeşitliliğin artması, yönetsel kavramların gelişmesi, hiyerarşinin oluşması, çalışanlara idari görevler verilmesi, esnek üretim ve çalışma koşullarının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca ödüllendirme, sürekli eğitim, çok yönlü çalışma

koşulları gibi kavramlar sanayinin ve toplumun doğasında birçok değişikliğe neden olmuştur (Helfgott, 1986, s. 43-44).

1970 sonrası otomasyonun sanayide kullanılması, kitlesel ve seri üretimin artması yeni pazarlara ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Böylece; zaman, üretim ve maliyet kaybına neden olan süreçler yeniden düzenlenerek mali kayıplar azaltılmış, kârlılık artmıştır. Diğer yandan 1990'lı yıllarda Doğu Bloğunun dağılması neticesinde kapitalist ülkeler ve uluslararası pazarlara hâkim şirketler için yeni ve büyük bir pazar ortaya çıkmıştır. Avrupa ve Amerika kökenli çok sayıda şirket Asya pazarlarına girmiş, gıdadan teknolojiye, tekstilden sağlığa kadar hemen her alanda faaliyet göstermeye başlamışlardır.

2000'li yıllarda ise sanayi, bilgisayar ve internet ile çalışan sistemlerle uyumlaştırılmış, makine sistemleri küçülmüş, üretimin temposu artmıştır. Otomasyon, sibernetiğin sağladığı olanaklarla geliştirilmiş, internete ya da bilgisayara bağlı uzaktan denetlenebilen veya kendi kendini denetleyen makineler üretimin anlamını değiştirmiştir (Erol, 2002, s. 159).

Bilişim sistemlerindeki gelişmeler 2000'li yıllarda oldukça hızlanmış ve çok büyük değişimlere neden olmuştur. Bilgisayar ve internet sayesinde bilgiye ulaşmak kolaylaşmış, e-ticaret ve e-iş gibi yeni iş türleri ortaya çıkmıştır. Donanım ve yazılım alanında büyük gelişmeler kaydedilmiş, bütün iş kolları için zaman ve maliyet avantajı sağlayan çok sayıda yazılım geliştirilmiştir. Bankacılık, otomotiv, kimya, ticaret ve ilaç endüstrisi alanlarında köklü değişiklikler yaşanmış, teknolojik ilerleme, teknik altyapı yatırımları ve internet sayesinde, bilgisayar ağları aracılığıyla yönetilen yeni iş modelleri ortaya çıkmıştır (Genç ve Çakıroğlu, 2019, s. 176).

İKİNCİ BÖLÜM

2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ / ENDÜSTRİ 4.0 VE BİLEŞENLERİ

2.1. Dördüncü Sanayi Devrimine Genel Bakış

Bilişim ve internet teknolojileri sayesinde dünyayı, bilimi ve toplumları derinden etkileyen gelişmeler olmakta, yıllardır uygulanan doğruların teorideki eksiklikleri ortaya çıkmakta ve yerlerine yeni teoriler geliştirilmektedir.

Yukarıda sanayinin gelişim süreci özet olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Bu bölümde değinilecek gelişmeler ise bugün ve yakın gelecekte sanayiye, toplumları, günlük yaşamı ve bilimi derinden etkileyeceği, yeni buluş ve uygulamalara neden olacağı kesin gözüyle bakılan Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) olarak isimlendirilen yeni sanayi devriminin gelişimi ve bileşenleri olacaktır.

19. yüzyılda buhar makineleri ile güçlendirilmiş fabrikalar, 20. yüzyıl başında elektriğin kullanılarak kitle üretimi yapılması, 1970'lerde otomasyon ve seri üretim uygulamaları ve endüstriyel üretimin artışı, 2000'li yılların sonrasındaki buluşlarla birlikte, üretim bandı ve müşterilerle anlık mobil iletişim ve e-ticaret yaygınlaşmıştır (Lasi, Kemper, Fettke, Feld ve Michael, 2014, s. 239; Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 1).

Endüstriyel gelişim süreçleri birkaç cümle ya da sembolik anlamla ifade edilecek olursa Şekil 2 yaşanan gelişmeleri özet olarak ifade etmektedir.

Şekil 2: Sanayi Gelişim Süreçleri



Kaynak:(https://www.google.com.tr/search?q=sanayi+devrimi+a%C5%9Famalar%C4%B1&sxsrf=A_CYBGNSpSeRaXTZWl_7uGrXUwaVQ27l5w:1575643461237&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiOuLKmoaHmAhXC8uAKHfavDJMQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1366&bih=657

adresinden 06 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

Yaşamın her alanında önemli değişikliklere neden olması beklenen Dördüncü Sanayi Devrimi'nin omurgasında teknoloji, bilişim ve yazılım bulunmaktadır (Banger, 2017, s. 17-18). Endüstri 4.0 kavramı ise ilk olarak Alman Hükümeti tarafından kullanılmıştır. Tanım olarak, özellikle üretim örgütlerinin değer zinciri içerisinde teknoloji ve etkileşimli araçlar sayesinde üretimin uzaktan erişim ve takip ile sürdürülmesini öngören sistemdir. Endüstri 4.0 sanallaşmayı destekleyerek, yeni iş modelleri, çalışanlar ve üretim sistemleri üzerinde oluşturacağı etkiden dolayı **'yıkıcı yenilik (disruptive innovation)'** olarak görülmektedir (European Parliament, 2016, s. 20).

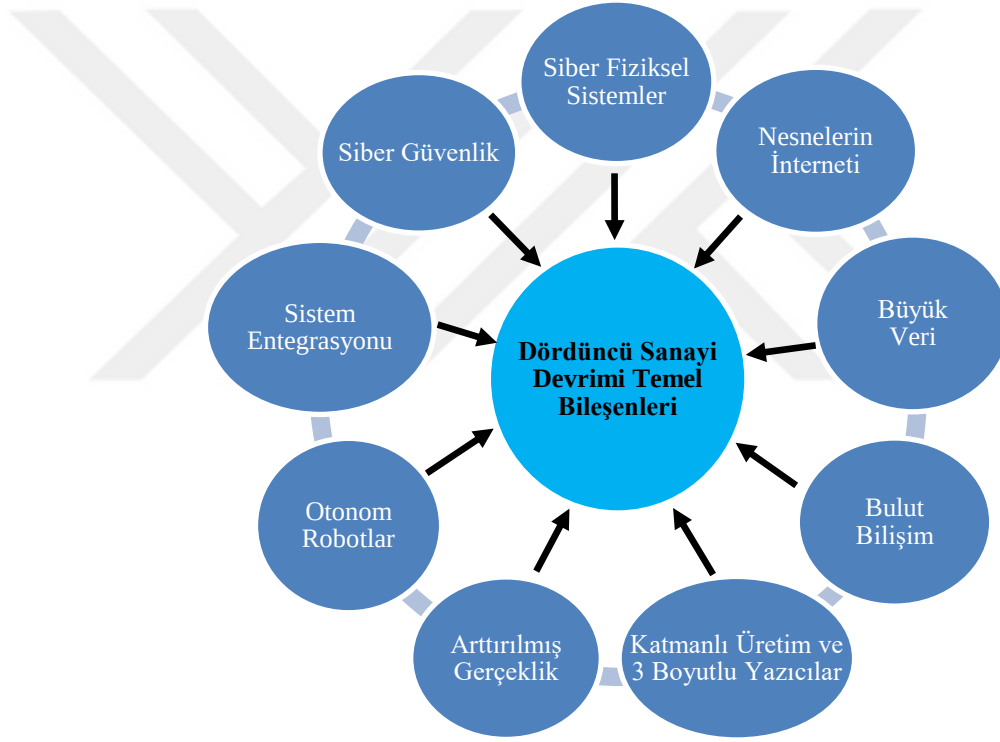
Sosyal, ekonomik ve politik alanda geniş etki uyandıracak olan bu dönüşüm uzun zaman alacak bir olgu olarak değerlendirilmektedir. Almanya Endüstri 4.0 ile ilgili olarak daha emekleme döneminde olduğunu, üretime ve sosyal hayata yansımaları ile olgunlaşacağını öne sürmüş ve 2030 yılına kadar olan yol haritasını bu doğrultuda belirlemiştir (European Parliament, 2016, s. 21). Ayrıca Endüstri 4.0, Almanya Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından 2020 yüksek teknoloji stratejileri kapsamında da değerlendirilmektedir (Lasi ve diğerleri, 2014, s. 239). Endüstri 4.0'ı oluşturan bileşenler tasarımdan bakıma, üretimden pazarlamaya, dağıtımdan müşteri ilişkilerine ve satış sonrası sunulan hizmetlere kadar toplumun ve üretimin tüm süreçlerini etkilemesi öngörülmektedir.

Endüstri 4.0, akıllı fabrikalar yoluyla üretim sistemlerinin sanal ve fiziksel araçların esnek bir şekilde uluslararası işbirliği yapabilmesine imkân sunar. Bununla birlikte, üretilen ürünlerin mutlak bir şekilde kişiselleştirilmesini ve yeni işletim sistemlerinin geliştirilmesini sağlar (Schwab, 2016, s. 12).

Sanayi 4.0 ya da dijital dönüşüm olarak da adlandırılan yeni süreç, üretim ve tüketim ilişkilerini bütünüyle değiştirecek bir yapı içermektedir. Müşterilerin değişen ihtiyaç ve beklentilerine vermiş oldukları dönütler sayesinde anlık olarak uyum sağlayan üretim sistemleri ve birbirleriyle sürekli etkileşim halinde olan yazılımlarla güçlendirilmiş otomasyon sistemleri içine girilmekte olan yeni dönemin karakteristik yapısını betimlemektedir (Alçın, 2016, s. 20).

Üreticilere ve üretim ekipmanları sağlayıcılara teknolojik ve ekonomik faydalar sağlayacak olan Endüstri 4.0 dokuz ana sütundan oluşmaktadır (Banger, 2017, s. 28; Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 3): Aşağıda Şekil 3’de Endüstri 4.0’ı oluşturan temel bileşenler gösterilmektedir. Pek çok çalışmada dokuz temel bileşenin yanı sıra bazı araştırmalarda beş bileşenden, bazılarında ise daha fazla bileşenden bahsedilmektedir. Bu farklılıkları göz önünde bulundurarak, ‘Endüstri 4.0 Temel Bileşenleri’ ve ‘Endüstri 4.0 ile İlişkili Kavramlar’ olarak iki ayrı başlık altında değerlendirmek daha uygun görülmüştür.

Şekil 3: Endüstri 4.0 Temel Bileşenleri



(Şekil yukarıda belirtilen kaynaklardan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Yukarıda Şekil 3’de belirtilen temel bileşenlerin uygulamaya geçmesi sonucunda yüksek esneklik ve yeniden yapılandırılabilirlik mümkün olacak, böylece kişilere göre özelleştirilmiş küçük parti üretim yapılabilecektir (Wang, Wan, Li ve Zhang, 2016, s. 1).

Dördüncü Endüstri Devrimi öncekilerin aksine, üretimde ve sosyal hayatta çok daha etkili değişiklikler meydana getirecektir. Bu nedenle işletmeler geç

kalmadan hedef üretim modelini belirlemeli, dönüşümün yol haritasını ortaya koymalıdır (Almada-Lobo, 2015, s. 16-17).

2.2. Endüstri 4.0 İle İlişkili Kavramlar

Endüstri 4.0'ı oluşturan temel bileşenlerin yanı sıra, bu temel bileşenlerin altyapısını ve etkileşimini sağlayan teknolojiler de bulunmaktadır. Yazındaki çalışmalar incelendiğinde Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinin işlevselliğini sağlayan ilişkili teknolojilerin pek çok araştırmada kapsam dışında bırakıldığı ve ayrı birer konu olarak değerlendirildiği görülmüştür. Ancak Endüstri 4.0'dan bahsederken aşağıda açıklanacak kavram ve teknolojileri kapsam dışında bırakmak hem getirdiği yeniliklerin anlaşılmasında, hem araştırmanın doğru sonuçlara ulaşmasında hem de uygulamada olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bu nedenle aşağıda değerlendirilecek olan alt başlıklar, Endüstri 4.0'ın gerek anlaşılması gerekse uygulanması sürecinde öncelik arz eden teknoloji ve kavramları açıklayacaktır.

2.2.1. Akıllı Fabrika (Smart Factory)

Dördüncü Sanayi Devriminin hedefi, üretim sistemlerini ve fabrikaları akıllı hâle getirerek, fiziki müdahale etmeksizin kendi kendini yöneten üretim süreçleri meydana getirmek, üretim süreçlerinde oluşan insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmak ve standartlaşmayı yakalayabilmektir (Görçün, 2016, s. 142).

“Tanım olarak akıllı fabrika; esnekliği, yeniden yapılandırılabilirliği, çevikliği, bağlantılılığı ve sistemler arasında bilgi alışverişini sağlayacak olan geleceğin üretim sistemini ifade eden kavramdır” (Hozdic, 2015, s. 31; Yıldız, 2018).

Siber Fiziksel Sistemler (SFS) temelinde kurulacak olan akıllı fabrika sistemi; sistem mimarisi, bulut katmanı, endüstriyel iletişim ağının etkinliğini, üretimin esnekliği, şeffaflık, yararlı çıktı elde etme, kaynak ve enerji verimliliği gibi çok yönlü ve fonksiyonel işlemlerin yapılabilmesine imkân sağlayacak olan sistemdir (Wang ve diğerleri, 2016, s. 3-6).

Aşağıdaki tabloda geleneksel fabrika sistemi ve Endüstri 4.0'ın sunduğu fabrika düzeni görülmektedir. Buna göre, günümüzde kas gücüyle yapılmaya devam eden pek çok iş ya da mesleğin akıllı sistemler yardımıyla otomatikleşeceği anlaşılmaktadır.

Tablo 1: Geleneksel Fabrika ve Endüstri 4.0 Fabrika Düzeni

Geleneksel Fabrika Düzeni	Endüstri 4.0 Fabrika Düzeni
Çalışanlar	Akıllı Çalışanlar
Yönetim	Akıllı Yönetim
Ulaştırma	Akıllı Hareketlilik
Sipariş	Akıllı Ekonomi
Üretim	Akıllı Çevre
Çalışma Saatleri	Akıllı Yaşam

Kaynak: (Lom, Pribyl ve Svitek, **Industry 4.0 as a Part of Smart Cities**, 2016, s. 5)

2.2.2. Akıllı Sensör

Sensörler yıllardır hayatımızın bir parçasıdır ve nesnelerin interneti uygulamaları ile kullanım alanları da genişlemektedir. Ancak geleneksel sensörlerin önemli bir kısmının çevrimiçi veri iletme özelliği olmaması nedeniyle akıllı üretim süreçlerine eklenmelerinde olumsuzluklar yaşanmaktadır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 29).

Günümüzde RFID (Radio Frequency Identification / Radyo Dalgaları ile Tanımlama), GPS (Global Positioning System / Küresel Konum Belirleme Sistemi) gibi sistemler sayesinde kişilerin veya cihazların konumları rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Ayrıca araç park etme, akıllı trafik lambaları, giriş-çıkış işlemlerinde kullanılan kimlik kartları, otomatik kapılar, otoparklarda boş park alanlarının tespit edilmesi gibi çok çeşitli uygulamalar hayatın içindedirler ve her geçen gün çok daha farklı alanlarda sensörlerin hayatımızı kolaylaştırdığına şahit olmaktadır.

Geleceğin akıllı fabrikasında iletişim ve nesneler arasındaki bağlantıyı sağlayacak olan sensör (Wang ve diğerleri, 2016, s. 2); ısı, ışık, nem, basınç, kuvvet, elektrik, uzaklık gibi çeşitli unsurları elektrik sinyallerine çevirmeye yarayan

sistemdir. Elde etmiş olduğu verileri elektrik dalgalarına çeviren sensör (Banger, 2017, s. 39), bu verileri internet yardımıyla bağlı olduğu tüm fiziksel unsurlarla ve teknolojik altyapıyla paylaşacaktır.

2.2.3. Değer Zinciri (Value Chain)

Geçmişten günümüze üç ayrı endüstri devrimi yaşanmıştır. Sanayi, özelleştirilmiş ve yüksek kaliteli ürünlerle insanların yaşam standartlarını yükseltmektedir. Buna karşın üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanmayan kaynakların kullanılması; çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi sorunlara neden olmaktadır (Wang ve diğerleri, 2016, s. 2).

Günümüzde konuşulmakta olan ileri teknoloji ve etkileşime dayalı Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni dalga üretim sisteminin sunacağı akıllı fabrika sistemiyle; bilgi toplama, makineler arası iletişim, verimlilik, daha hızlı ve esnek üretim gibi süreçlerin bütünleşmesiyle maliyetlerde azalma sağlayacak olan değer zinciri meydana gelecektir (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 1; Bassi, 2017, s. 3-4).

Bahsedilen değer zinciri sayesinde müşteri elektronik araçlarla vermiş olduğu siparişin sadece takibini değil, aynı zamanda üretim süresince geçirmiş olduğu tüm aşamaları takip edebilecektir (Lom ve diğerleri, 2016, s. 3).

Kısaca değer zinciri (value chain), çalışmanın ‘Endüstri 4.0 Bileşenleri’ başlığı altında kapsamlı şekilde açıklanacak olan; yatay bütünleşme (horizontal integration), dikey bütünleşme (vertical integration), uçtan uca mühendislik (end to end engineering), kişiselleştirilmiş üretim, bilgi teknolojileri, depolama ve satış sonrası süreçleri de kapsayan (Bassi, 2017, s. 2-3; Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 7; Wang ve diğerleri, 2016, s. 2) geniş bir kavramdır.

2.2.4. Blok Zincir (Blockchain)

“Blok zincir (blockchain), yakın gelecekte işletmeleri ve ekonomileri değiştirerek pek çok kavramın yeniden tanımlanmasına neden olacak teknolojinin adıdır” (Iansiti ve Lakhani, 2017). İlk olarak Satoshi Nakamoto’ nun 2008 yılında

“Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” başlıklı makalesinde, “bireyler ya da işletmeler arasında yapılan işlemler esnasında kullanılan banka, muhasebeci, finansal kurumlar gibi araçların ortadan kaldırılması amacıyla, temelde dağıtık sistem mantığına dayanan ödeme sisteminin altyapısıdır” (Nakamoto, 2008). “Blok zincir veritabanı, herhangi bir merkezi sisteme ya da para birimine dayalı değildir. İçerisinde iki çeşit kayıt sistemi bulunmaktadır. Bunlar: işlem yığınları ve bir önceki blokla ekli olan bloklardır” (Carlozo, 2017).

Blok zincir teknolojisi sanal (kripto) paralar ile gündeme gelmiş olsa da bunların çok daha ötesinde; günümüzde yapmakta olduğumuz tüm işlemleri banka, sigortacı, danışman, komisyoncu ya da devlet kurumu gibi aracı kuruluşlar olmadan kişiler arası güvene bağlı, hata yapma ve zincire eklenen bilgilerin değiştirilme ihtimali çok düşük olan; zincir üyelerinin bloklarda bulunan tüm bilgilere istenilen her zaman erişebileceği ya da işlem yapabileceği sistemin adıdır. Diğer bir deyişle blok zincir, üyeleri arasında karşılıklı güvene bağlı, tek bir merkezi otorite tarafından kontrol edilmeyen; araçların olmaması nedeniyle işlem hızı ve kontrol sisteminin yüksek olduğu, kırtasiyecilik işlerinin büyük çoğunu ortadan kaldıran uygulamadır (Ganne, 2018, s. 1-7).

Uzmanlar, blok zincir sisteminin yaygın olarak benimsenmeye başlamasıyla birlikte çeşitli işlemleri içeren faaliyetlerin daha maliyetsiz olarak yapılacağını ifade etmektedirler. Blok zincirin çalışma siteminde; dağıtık sistem veritabanı, bireyler arası aktarım, takma isimle işlem, kayıtlarda geri dönüşümsüzlük, bilişimsel mantık gibi ilkeler bulunmaktadır (Iansiti ve Lakhani, 2017, s. 5-9).

Nakamoto’nun yayınlamış olduğu makalede açık bir **‘blockchain’** tanımı olmamasına rağmen, içermiş olduğu bileşenleri, kripto parayı ve blokları açıklamaktadır. Son zamanlarda sıklıkla konuşulmakta olan ‘büyük veri’ ve ‘bulut sistemleri’ ile birlikte dağıtık sistem mimarisi olarak ifade edilen **blok zincir**, açık bir tanımı yapılmadığı için tam anlaşılamayan popüler bir kavram olarak hayatımıza girmiştir (Mattila, 2016, s. 7).

2.2.4.1. Dağıtık Sistem (Distributed System)

Dağıtık sistem ve merkezi olmayan sistem blok zincir teknolojisi ile gündeme gelmiş konulardır.

“Dağıtık sistem; yapılan işlemlerin herkes tarafından görülebilmesi, zincire eklenecek bloğun herkes ya da çoğunluk tarafından onay gerektirmesi, yapılan tüm işlemlerin zincir üzerinde görünmesi ve üyeler tarafından onay gerektirmesi uygulamanın şeffaflığını, izlenebilirliğini ve güvenirliliğini artırmaktadır” (Abeyratne ve Monfared, 2016, s. 2).

Blok zincir teknolojisi dağıtık sistem anlayışına sahip olmakla sadece zincir üzerine veri eklenmesine imkân sağlamaz, aynı zamanda mevcut bilgilere tüm kullanıcıların da erişebilmesine imkân sağlar. Böylece zincir üzerindeki verilerde değişiklik yapılmasına da engel olur (Muzammal, Qu ve Nasrulin, 2019, s. 105).

Dağıtık sistem sayesinde eşler elde etmiş oldukları güncel bilgileri zincirdeki tüm kullanıcılara gönderir ve diğer tüm kullanıcılar işlemi değerlendirirler. Eğer işlem doğru ise onaylayarak, üretilecek yeni işlem bloklarına eklerler. Açık muhasebe defteri olarak adlandırılan kayıt defterine kaydedilen işlemlere herkes erişim sağlayabilir, ancak işlemlerde gerçek kişi bilgileri yerine elektronik imzalar yer aldığı için finansal hareketin gerçekte kim tarafından yapıldığı bilinmez (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018, s. 56).

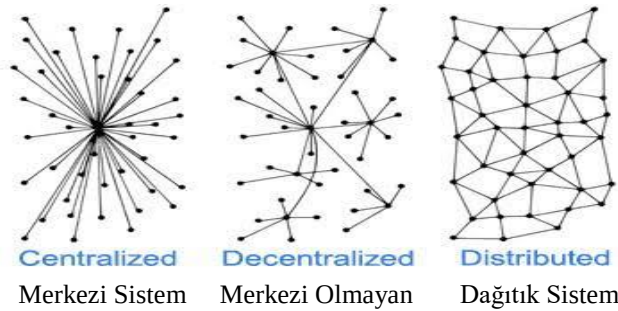
2.2.4.2. Merkezi Olmayan Sistem (Decentralized System)

Üretim esnasında karşılaşılabilecek durumlara karşı hızlı karar almak gereklidir. Bu yüzden örgüt içerisindeki hiyerarşi azaltılmalıdır (Lasi ve diğerleri, 2014, s. 239). Endüstri 4.0 ve dijitalleşme ile artacak olan kişiselleştirilmiş üretimin merkezi sistemden kontrol edilmesi zorlaşacaktır (Lom ve diğerleri, 2016, s. 1). Bu nedenle merkezileşmeden, dağıtık sisteme geçilmesi ağlar ile birbirine bağlı süreçlerin bağımsız yönetimini oluşturmaya yardımcı olacaktır (Ungurean, Gaitan N. ve Gaitan V., 2014, s. 1). Böylece karar alma ve uygulama sürecinde gerekli olan

verilere farklı merkezlerden de ulaşılabilecek, ayrıca oluşması muhtemel zaman ve maliyet kayıplarının önüne geçilmesine imkân doğacaktır.

Aşağıdaki şekilde günümüzde kullanılan veri altyapı sistemleri gösterilmektedir. Tarihsel süreç içerisinde değerlendirilecek olursa; merkezi sistem geçmiş, merkezi olmayan sistem günümüzü ve dağıtık sistem geleceğin veri altyapı sistemlerini temsil etmektedir.

Şekil 4: Kullanılan Veri Altyapı Sistemleri



Kaynak:(https://www.google.com.tr/search?q=decentralization+and+blockchain&sxsrf=ALeKk00vRaKU5WQkDTIT7kuR3rk1Rb0G8w:1582473406865&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj7kqHqhOjnAhXK8OAKHfMoCxiQ_AUoAnoECA8QBA&biw=1366&bih=608 adresinden 09

Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

2.2.5. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)

Yapay zekâ (YZ), dijital bir bilgisayarın ya da bilgisayar kontrollü bir robotun, akıllı varlıklarla etkileşim sağlayarak belirlenen görevleri yerine getirme yeteneğidir. Bu terim sıklıkla; akıl yürütme, anlam bulma ve geçmiş deneyimlerin sağladığı öğrenme ile çözüm bulma sistemi olarak kullanılmaktadır. Bilgisayarların geliştirilmesi ile birlikte, karmaşık matematik teoremleri için delilleri keşfetmek ya da satranç oynamak gibi zorlu görevleri yerine getirebilmeleri için programlanabilecekleri kanıtlanmıştır (Copeland, 2020).

Yapay Zekâ'yı genel olarak üç başlık altında sınıflandırabiliriz. Bunlar; bir amaç için geliştirilmiş (zayıf) yapay zekâ, pek çok görevi yerine getirebilen, insan yaklaşımına sahip (güçlü) yapay zekâ ve insanlardan çok daha üstün (süper) yapay zekâ'dır (Ünal, 2018, s. 60). Yazılım ve donanımla akıllı makinelere eklemenecek olan YZ, işletme içinde etkileşim, performans artışı ve karar verme düzeylerinde

gelişmeler sağlayacağı öngörülmektedir. Böylece operatörler ve yönetim panelleri ile kuracağı iletişim sayesinde güvenilirlik, esneklik ve verimliliğin yanında enerji ve zaman tasarrufu da sağlayacaktır (Banger, 2017, s. 236-237).

Son zamanlarda medyada YZ hakkında gerçekçi olmayan ifadelere rağmen, yapay zekâ; internet araştırmaları, lojistik, e-ticaret, finans, reklam vb. birçok çalışma alanında dönüşüm sağlamaya başlamıştır. İçerdiği derin öğrenme, sinir ağları ve algoritmalarla büyük miktardaki veriyi nitelikli halde ayrıştırabilme özelliğine sahip olan YZ; fotoğraf etiketleme, çeviri, ifade tanıma vb. alanlarda oldukça başarılı sonuçlara imza atmaktadır (Ng, 2016, s. 1-2).

YZ hakkındaki endişelerle ilgili olarak; akademisyenlerin, ekonomistlerin, araştırmacıların ve yapay zekâ uzmanlarının da aralarında bulunduğu 3.800’den fazla kişiden oluşan uzman uluslararası bir toplantıda bir araya gelmiştir. 2017 yılında Kaliforniya, Asimolar’da gerçekleşen bu toplantıda, ‘güvenli ve yararlı’ bir YZ geliştirilmesi için 23 maddelik (*Asimolar AI Principles*) Asimolar Yapay Zekâ İlkeleri belirlemişlerdir (The Future of Life Institute, 2018).

Bu toplantıda belirlenen ilkelerle ilgili olarak, 23. maddenin başlığı, Genel Fayda: “*Süper zekâ, geniş çevrelerce paylaşılan etik ideallere hizmet etmelidir ve tek bir devlet veya organizasyon yerine tüm insanlığın yararına çalışacak biçimde geliştirilmelidir.*” İlk maddeyse araştırmaların temel amacını belirlemektedir: “*YZ araştırmalarının amacı güdümsüz bir zekâ değil, yararlı bir zekâ yaratmak üzerine olmalıdır.*” 7. Madde ise, Hata Şeffaflığı ile ilgili olarak: “*Bir YZ sistemi zarar verici olursa, nedeni ortaya çıkarılabilir olmalıdır.*” ve 8. madde de Adalet Şeffaflığı: “*Otonom sistemlerin adil karar verme süreçlerindeki her tür rolü, yetkili insanlar tarafından değerlendirilebilecek tatminkâr bir açıklamaya sahip olmalıdır.*” 18. Madde de ise, “*Ölümcül otonom silahların geliştirilmesine yönelik silahlanma yarışından sakınılmalıdır.*” gibi ilkelerle yapay zekânın insanlık yararına kullanılmasını garanti altına almak hedeflenmiştir (Eroğlu, 2017).

Davenport ve Ronanki (2018)’nin, şirketlerin bilişsel teknoloji kullanımına aşına olan 250 çalışan üzerinde yapmış oldukları araştırma sonucuna göre, katılımcıların 4/3’ü yapay zekânın önümüzdeki birkaç yıl içerisinde çalıştıkları şirketleri dönüştüreceğini düşünmektedir.

Yapılan çalışmalar ve uzman öngörülerini ışığında, Endüstri 4.0 ile birlikte alışageldiğimiz tekdüze fabrika sistemi değişecek, günümüzün robotları; makine öğrenmesi ve sanal gerçeklik yoluyla günlük yaşamla bağlantılı hale geleceklerdir. YZ'nin sağlayacağı uygulamalarla yeni iş modellerinin kurulmasına, akıllı tedarik zinciri yönetimine ve kişiselleştirilmiş ürünlerin üretilmesine imkân doğacaktır (Forbes Insights Team, 2018).

Yazındaki çeşitli öngörü ve çalışmalara karşın, pek çok araştırmacı YZ'nin; sevmek ve nefret etmek gibi insana ait duyguları da sergileyebileceği konusunda hemfikirdirler. Buna karşın YZ'nin iyi niyetli ve kötü niyetli olabileceği konusunda iki ayrı görüş de bulunmaktadır. Uzmanlar, kötü niyetli kişiler elinde ölümcül tehlikelere neden olacağı, iyi niyetli bile olsa belirlenen hedeflere ulaşması için yıkıcı etkiler gösterebileceği konusunda kaygılar taşımaktadırlar (The Future of Life Institute, 2018).

2.2.6. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

“Mantık sözcüğü Arapça kökenli olup, ‘konuşma’ anlamına gelen ‘nutuk’ kelimesinden türetilmiştir. ‘Nutuk’ sözcüğü ise eski Yunancada hem ‘akıl’ hem de ‘konuşma (söz)’ anlamına gelen ‘logos’ un karşılığıdır. İnsanın yaratılışından itibaren mantıklı düşünebildiği bilinmektedir, ancak mantığın bir bilim olarak sistemli ve kurallı hale dönüştürülmesi Aritoteles’e dayanmaktadır” (Emiroğlu, 2012, s. 11-12).

Mantık, gerek ilk çağda gerekse orta çağda; hem doğuda hem de batıda düşünce ve bilimle ilgilenen insanlar tarafından doğru düşünmenin temeli olarak görülmüştür. **‘Özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncü halin olmazlığı’** olmak üzere üç temel ilkesi bulunmaktadır. Günümüzde ‘klasik mantık’ olarak bilinen iki değerli mantık, bilimin gelişmesi açısından yeterli görülmemektedir (Emiroğlu, 2012, s. 15-18; Taylan, 2011, s. 99-104). Bu nedenle düşünce insanları, günümüzün yöntem ve imkânlarını da kullanarak düşünce sisteminde matematik, fizik ve teknolojik gelişmelerin yardımıyla yeni gelişmeler kaydetmektedirler.

Günlük yaşamımızda klasik mantıktaki iki değer (1-0, sıcak-soğuk, uzun-kısa) aksine çok değerlilik mevcuttur. Örneğin siyah ve beyaz arasında pek çok gri

tonlar; sıcak ve soğuk arasında ılık, çok soğuk/sıcak veya biraz soğuk/sıcak gibi kişiden kişiye göre değişen çok çeşitli değerler bulunmaktadır. Buradan hareketle bulanık mantık, günlük yaşamda kullanılan sözlü ifadelerin de sayısal olarak ifade edilebilmesi için doğru-yanlış ya da 1-0 gibi iki değerli Aristo mantığının yeniden yorumlanması ile ortaya çıkmıştır (Demir, 2013, s. 23).

Modern anlamda bulanık mantık sisteminin kurucusu Azerbaycan kökenli bilim insanı Lotfi A. Zadeh'tir. İki değerli $[0,1]$ bilgisayar mantık sisteminin, öznel ve bulanık insan düşüncesini ifade etmede yetersiz kaldığını gözlemlemiş (Baykal ve Beyan, 2004, s. 18) ve 1962'de Amerika'da yayımlamış olduğu bulanık kümeler isimli makalesi ile gündeme gelmiş, ancak Amerika'da itibar görmemiştir. Bulanık mantığın değer bulduğu ve teknolojiye uygulandığı ülke Japonya olmuştur. Japonlar bulanık mantığı dijital fotoğraf makinelerinde, klimalarda, makinelerde, bilgisayarlarda, trafik ışıklarında ve diğer pek çok alanda kullanarak günlük yaşamımıza girmesine aracı olmuşlardır (Demir, 2013, s. 24).

Bulanık mantığın ardındaki temel fikir $[0,1]$ aralığında gerçekleşecek bir değer kabulüdür. Yani kesin doğru ile kesin yanlış arasındaki çok sayıdaki değişken sonucu ifade edebilmektir. Bulanık mantık için üçüncü halin olmazlığı ve çelişmezlik ilkesi geçerli değildir. Bulanık mantığın geçerli olduğu durumlardan biri, incelenen olayın çok karışık olması ve konuyla ilgili yeterli bilgi bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi; bir diğeri ise insan kavrayış ve yargısına gerek duyulan durumlardır (Baykal ve Beyan, 2004, s. 39).

Günümüzde bulanık mantığın yaygın olarak kullanıldığı; robotik, mühendislik, akıllı sistemler, yapay zekâ, ulaşım sistemleri gibi birçok alan bulunmaktadır (Keskenler M. ve Keskenler E., 2017, s. 8). Endüstri 4.0 çatısı altında bulunan pek çok teknolojik gelişmenin temelinde de bulanık mantık bulunmaktadır. Akıllı sistemlerde, üretim hatlarında ve robotlarda kullanılacak olan bulanık mantık; yapay zekâ ve büyük veri ile birlikte karar verme süreçlerinde hızlı ve insan aklının ön göremeyeceği ihtimalleri de değerlendirerek alternatif çözüm yöntemleri sunacaktır. Böylece klasik mantıktaki keskin sonuçlardan ziyade bulanık mantığın sunacağı çözümler değer zinciri içerisinde birbiriyle eklemlenmiş olan sistemlerin daha başarılı sonuçlar üretmesini mümkün kılacaktır.

2.3. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Bir önceki ana başlık altında Endüstri 4.0'ın doğru anlaşılmasının yanı sıra, araştırmanın amaçları doğrultusunda Endüstri 4.0 çatısı altında ele almayı uygun gördüğümüz “Endüstri 4.0 İle İlişkili Kavramlar” değerlendirilmiştir. Bu başlık altında ise yazında Endüstri 4.0'ı oluşturan temel bileşenler olarak değerlendirilen kavramlar incelenecektir.

2.3.1. Sistem Uyumlaştırılması (System Integration)

Şimdiye kadar üç endüstri devrimi aşaması gerçekleşmiştir. Endüstri devrimlerinde yaşanan gelişmeler insanların yaşam standartlarını arttırmaya, kişiselleştirilmiş ve yüksek kaliteli ürünler üreterek çalışanlar ve müşteriler arasında daha iyi etkileşim oluşturmaya yöneliktir. Ancak mevcut üretim sistemi sürdürülebilir değildir; iklim değişikliği, yaşlanan nüfus ve kirlilik gibi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle endüstrinin köklü bir değişime ihtiyacı vardır. Endüstri 4.0'ın ana fikri, bilgi teknolojilerini, nesnelerin internetini (IoT) hizmetlere uygulayarak, iş ve mühendislik süreçlerini uyumlu hale getirerek; etkin, verimli, esnek, düşük maliyetli, yüksek kaliteli ve çevreci bir üretim anlayışı meydana getirmektir (Wang ve diğerleri, 2016, s. 2).

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dönüşüm sürecinin üç boyutla ana hatları belirtilmektedir (Wang ve diğerleri, 2016, s. 2-3; Yıldız, 2018, s. 552):

1. Tüm değer yaratma ağı boyunca yatay bütünleşme
2. Dikey bütünleşme ve ağı dayalı üretim sistemleri
3. Uçtan uca mühendislik

Sistem uyumlaştırılmasının anlaşılması için yatay bütünleşme, dikey bütünleşme ve uçtan uca mühendislik kavramlarının ayrıca açıklanması gerekli görülmüştür. Aşağıda, sistem uyumlaştırılması ile ilgili kavramlar alt başlıklar açılarak açıklanmaktadır.

2.3.1.1. Yatay Bütünleşme (Horizontal Integration)

Günümüzde fabrikalardaki sistemler bütünüyle etkileşimli değildir. Ne bölümler arasında ne de tedarikçi, üretici ve müşteri arasında etkin bir ilişki bulunmamaktadır (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 3). Fabrikalarda meydana gelecek olan Endüstri 4.0 dönüşümü ile birlikte birimlerin her biri diğer birimlerle ortak işbirliği içerisinde hareket edecek, böylece birimler arası değer ağları oluşacak; bilgi, finans ve kaynak akışı sayesinde yeni bir değer ağı sistemin etkinlik ve verimliliğini sağlayacaktır (Wang ve diğerleri, 2016, s. 2). Kısaca yatay bütünleşme, geliştirilecek akıllı yazılımlar yardımıyla birimler arası maksimum etkileşimlilik halini meydana getirerek, kesintisiz veri akışını sağlayacaktır.

2.3.1.2. Dikey Bütünleşme (Vertical Integration)

Fabrikada kurumsal planlama, üretim yönetimi, bilgi sistemleri gibi alt sistemler bulunmaktadır. Dikey bütünleşme, var olan tüm alt sistemlerin birbiriyle olan bağlantısını ifade etmektedir. Bu bütünleşmeyle birlikte; planlama, ürün geliştirme, üretim, yönetim gibi tedarik zinciri içerisindeki tüm birimler uyumlu hale gelecektir. Ayrıca dikey bütünleşme ile birlikte fabrika içinde birimler arası esnek iletişim sağlanacak, böylece verimlilik artacaktır (Banger, 2017, s. 47-48; Rüßman ve diğ., 2015, s. 1; Wang ve diğ., 2015, s. 2; Yıldız, 2018, s. 552). Dikey bütünleşmenin sağlayacağı en önemli faydalardan biri de üretim ya da yönetim süreçlerinde yaşanan herhangi bir aksaklığa müdahale esnasında ilgili birimlerin çalışanlarının ya da idarecilerinin karşılaştıkları hiyerarşik yapının neden olduğu zaman kayıplarının önüne geçilmesidir. Dikey bütünleşme ile birlikte örgüt içi bürokrasi azalacak, hiyerarşinin neden olduğu zaman ve mali kayıpların da önüne geçilebilecektir. Reaktif olan örgüt yapıları dikey ve yatay bütünleşme ile proaktif örgüt yapısı kazanacaklardır.

2.3.1.3. Ürün Ömrü Boyunca Uçtan Uca Mühendislik (End to End Engeneering)

Ürün yaşam döngüsü boyunca uçtan uca mühendislik, bir ürün yaşam döngüsünün hammadde alımından imalat sistemine, satış sonrası ürün kullanımına ve ürün ömrünün sonuna kadar olan tüm safhalarında akıllı çapraz bağlama ve sayısallaştırmayı (dijital) tanımlamaktadır (Yıldız, 2018, s. 552). Ürün merkezli bir değer zinciri olan bu sistemle; üretim planlama, ürün tasarımı, geri dönüşüm, mühendislik süreçleri, sürdürülebilirlik ve üretim, müşterilerin beklentilerine göre her aşamada yenilenebilir, üretim süreci içerisindeki güçlü yazılımlar sayesinde istenilen kullanımlar için özelleştirilebilirler (Wang ve diğerleri, 2016, s. 3).

Uçtan uca mühendislik, yatay ve dikey bütünleşmeyi sağlayan fabrikalar ve üretim ağları alt sistemler ile bilgi alışverişi yapma imkânına kavuşurlar. Böylece sıralı ve hiyerarşik bir sistem yerine etkileşimi önemseyen ağ yapıları öne çıkar (Banger, 2017, s. 67).

2.3.2. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT)

Nesnelerin İnterneti (Nİ), üretimde elektronik sistemlerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte 1970’li yıllarda hayatımıza girmiştir. 1980’li yıllarda otomatikleşme ve bilgi teknolojilerinin yaygınlaşması, çeşitli dijital uygulamaların geliştirilmesi neticesinde üretim süreçlerinde etkinlik ve verimlilik elde edilmiştir. 1990’lı yılların sonlarında ise bilgisayar kullanımı, cep telefonu ve internet kullanımının gelişmesiyle tüm dünyada etkinliğini arttırmıştır.

“Nesnelerin İnterneti, Dördüncü Sanayi Devriminin; internet bağlantısı ve gömülü sistemler yardımıyla nesnelerin etkileşimini sağlayacak en temel bileşenlerinden biridir” (Lom ve diğerleri, 2016, s. 3). “Akademi ve sanayinin kesişim merkezi olarak 1999 yılında internet ve fiziksel unsurların bağlantılılığı anlamında ilk kez Kevin Ashton tarafından ifade edilmiştir” (Xu, Qu ve Yang, 2016, s. 102).

“Nİ en basit tanımıyla, fiziksel dünyadaki nesnelerin içinde gömülü olarak ya da yanında bulunan sensörlerin kablolu ya da kablosuz olarak internete bağlanmasına imkân veren sistemdir” (Banger, 2017, s. 274). “Nesnelerin Endüstriyel İnterneti ile birlikte daha fazla cihaz, hatta üretim esnasındaki ürünler bile teknolojik altyapı ile etkileşim halinde olacaktır” (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 4).

Nİ; her nesnenin, her zaman, her yerde, her şeyle ve herkesle etkileşim kurmasına, bilgi üretmesine ve uygulamaya geçirmesine, böylelikle üretimde verimliliğin sağlanmasına, kayıpların azaltılmasına imkân sağlayan güvenilir bir sistemdir. Bu sistem sayesinde israf ve kayıplar engellenecek, üretimde maliyet avantajı sağlanacaktır (Torğul, Şağbaşı ve Balı, 2016, s. 109).

Nİ fiziksel unsurlara; elektronik olarak, yazılımla, sensörlerle ve ağ bağlantısıyla gömülü olan bir ağ sistemidir. Fiziksel unsurların kendi aralarında etkileşimine ve veri alışverişine imkân sağlamaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte akıllı şehirler, akıllı binalar, çeşitli amaçları gerçekleştirmek amacıyla kullanılan araçlar, yazılımlar aracılığıyla geliştirilmektedir. Nesnelerin interneti sayesinde müşteri satın almış olduğu bir ürünle ilgili sadece fonksiyonel özellikleri değil, mamul hale getirilene kadar geçirmiş olduğu ürün yaşam döngüsü içindeki tüm süreci de takip edebilecektir (Lom ve diğerleri, 2016, s. 1).

Dünyadaki her şeyi içermesi öngörülen bir gelişme olarak Nİ, belirli ilgi alanlarına kısıtlanabilecek bir kavram değildir. Genişletilebilme ve uyumlu olma özelliğinin derinlik kazanması ile birlikte tüm çalışma ve üretim alanlarında sınırların kalkmasını, disiplinler arası bir kesişme alanının oluşmasını sağlayacaktır (Xu ve diğerleri, 2016, s. 102).

İnternet, veri, mevcut hizmetler ve gömülü sistemler Siber Fiziksel Sistemlere eklenerek gerçekleşmekte olan endüstriyel devrimin temelini oluşturmaktadırlar. ‘Nesne’ kavramı; telefon, tablet, dijital kamera gibi taşınabilir unsurların yanında; ev, ofis, fabrika gibi taşınamayan unsurları da içermektedir (Ungurean ve diğerleri, 2014, s. 1).

Haberleşme teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ve algılayıcı teknolojilerdeki ucuzlamaya bağlı olarak, günlük hayatta kullanılan tüm cihazlarla etkileşim halinde

olmak bir ihtiyaç haline gelmiştir. Nİ, bilgi işlem ve iletişimin geleceğini temsil eden, sensör ve nano teknoloji gibi alanlarda dinamik ve teknik yenileşmeye dayanan bir teknolojidir. Bununla birlikte ulaşım, endüstriyel kontrol, elektrik, perakende, turizm, sağlık, enerji ve eğitim gibi hayatın her alanında kullanılmaktadır (Oral ve Çakır, 2017, s. 176).

Nesnelerin interneti teknolojisinin yaygınlaşması ile birlikte internete bağlı olan makineler yazılım yoluyla merkezi sitemden yönetilecek, mevcut durum ve elde etmiş olduğu veriler büyük veri adı altında bulutta toplanacak, gerekli olduğu zaman herhangi bir makine tarafından buluttan alınıp makinenin çalışma sistemine eklenilerek kullanılacaktır.

Günümüzde sensör ve akıllı sistemler sınırlı ölçüde kullanılmaktadır. İnsanların, taşınabilir ya da taşınamaz cihazların siber tabanda etkileşiminin sağlanması ile birlikte daha iyi anlaşılabilen bir kavramdır (Xu ve diğerleri, 2016, s. 102). Yakın gelecekte ise Nİ olarak kabul edilebilecek örnekler endüstriyel cihazların ve çevremizdeki tüm nesnelerin ortak bir ağa bağlanması yoluyla olacaktır. Bundan sonraki aşamada ise sadece sanayi kuruluşlarında değil, yaşamın her alanında yaygın olarak görülmesi beklenmektedir. Bunlar arasında üretim sistemlerinin yanı sıra; vanalar, kontrol panelleri, tezgâhlar, beyaz eşyalar, çeşitli amaçlar için kullanılan motorlar, sağlık aygıtları gibi çok çeşitli alanlarda da kullanılacaklardır. Böylece iletişim ve bilgi işleme yaşamın her anına nüfuz edecektir (Banger, 2017, s. 43).

2.3.2.1. İşletmelerde Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things)

Günümüzde genel olarak işletmeler dikey hiyerarşik yapı şeklinde örgütlenmişlerdir. Sensör ve akıllı cihazların sağlamış olduğu üretim süreci kontrol sistemini sınırlı sayıdaki işletme kullanmaktadır. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ile birlikte daha fazla cihaz internete bağlı olacak, bu sayede cihazlar arası iletişim gömülü bilişim sistemleri ile daha etkin hale gelecek, merkezi kontrol, karar verme ve anlık dönüt alma sağlanacaktır (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 4).

Nesnelerin İnterneti uygulamasının sağlayacağı avantajlar (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017, s. 155):

- Fabrikalarda gerçekleşen üretim ve yönetim süreçleri akıllı robotlar sayesinde gerçekleştirilebilecek, istenmeyen durumlar söz konusu olduğunda üretim otomatik olarak durdurulabilmektedir. Böylece hatalı ürün üretiminin neden olacağı maliyet, zaman kaybı, tersine lojistik işlemleri ve müşteri kayıplarının önüne geçilebilecektir.
- Üzerlerine yerleştirilecek sensörler ve akıllı etiketler, tedarik zinciri boyunca ürünlerin kendilerini yönetmelerine imkân sağlayacaktır. Bu sayede iş süreçleri azalacaktır.
- Akıllı ölçüm cihazları ile uygun üretim düzeyi belirlenerek gereksiz enerji kullanımı, kaynak ve altyapı maliyetlerinin önüne geçilebilecektir.
- Akıllı fabrikalarda üretim sürecinin robot teknolojisi tarafından gerçekleştirilmesiyle insan kaynağına duyulan gereksinim azalacak, insanların neden olduğu hatalar da ortadan kaldırılabilir.
- Tüm bu gelişmelerin nihayetinde; maliyet ve iş süreçlerinde gerçekleşen azalma ile gelir ve kârlılığın artması öngörülmektedir.

Çeşitli cihazların birbiri ile etkileşimini mümkün kılan Nesnelerin İnterneti teknik açıdan bakıldığında internet tabanlı iletişim ve veri alışverişini sağlayan elektronik, mekanik, bilgisayar iletişim mekanizmalarını ve gömülü sistemleri de içinde barındıran; planlamaya, karar vermeye ve anlık iletişim kurmaya imkân sağlayan sistemdir (Yıldız, 2018, s. 550).

Wang ve arkadaşlarına göre (2016), Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanmasıyla bilgi teknolojileri ve mühendislik süreçleri birbirleriyle entegre olacak, böylelikle üretimde esneklik, verimlilik, çevreye duyarlılık, ürün kalitesinde artış sağlanacaktır.

2.3.3. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)

Günümüzde pazarlar dinamik bir değişkenlik göstermekte, özelleştirilmiş ürünler esnek üretim sistemlerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle

üretimde esneklik, hızlı ve yönetilebilir bir yapılandırılabilirliğe ihtiyaç duymaktadır. Siber Fiziksel Sistemler, Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan unsurların başında gelmektedir. Uygulamada yazılım ve internetle birbirine eklemlenmiş süreçlerin etkin şekilde yürütülmesini sağlayacaktır (Leitao, Colombo ve Karnouskos, 2016, s. 12).

Açıklanacak olursa, Siber Fiziksel Sistem (SFS); fiziksel süreçler, tümleşik bilgi işleme ve ağ ile etkileşimi olan herhangi bir varlık (sistem, cihaz, makine) olabilir. Ayrıca, akıllı ve bağlı bir sistem olması nedeniyle çevreden ve fiziksel süreçlerden veri toplamak için sensörlerden yararlanır (Banger, 2017, s. 128).

SFS, üretim alanında yazılım ve bilişim gücüne sahip fiziksel unsurlardır. Endüstri 4.0 ile birlikte daha fazla ürün akıllı sistemlerle üretilecektir. Akıllı ürünlerin, bağlantılılık ve bilişim temeliyle kendi kendilerini yönetme yeteneği birleşecektir. Bir başka deyişle, üretim unsurları; yüksek yazılım, bilişim gücü, gömülü sensörler ve işleticilerle Siber Fiziksel Üretim Sistemlerine dönüşeceklerdir. Bu sayede kendi durumu hakkında bilgi sahibi olabilecek, üretim kapasitesi ve değişken koşullara karşı otomatik şekilde karar alabilecek ve alternatif geliştirebileceklerdir (Almada-Lobo, 2015, s. 17).

SFS dönüşümün başlangıç noktası olduğu için yapısı ve uygulanma yöntemi endüstriyel dönüşüm sürecinin temel ilkesi olarak tanımlanmalıdır. SFS sayesinde, uyumlaştırılan teknoloji ve algoritmalarla süreçler arasındaki işbirliği sağlanacak; istenilen işlevsellik, etkinlik ve verimlilik artacaktır (Lee, Bagheri ve Kao, 2015, s. 18).

Siber Fiziksel Sistem uygulaması ile bir üretim işletmesi kendi kendini organize edebilecek ve süreçleri yürütebilecektir. Bu gömülü sensör sistemleri, veri toplanması için kullanılan sensör ve fiziksel sistemleri etkilemek için aktüatörⁱⁱ sistemleri üzerine kurulmuştur (Yıldız, 2018). Böylece lojistik süreç içerisindeki tüm aşamalar etkin olarak takip edilebilecek, geri dönütler sayesinde üretimde oluşabilecek aksaklıklar zaman kaybedilmeden engellenebilecektir.

ⁱⁱ Aktüatör, bir mekanizma veya sistemi kontrol eden ya da hareket ettiren motordur. Bir enerji kaynağı tarafından çalıştırılır (<https://pompa-vana.com/aktuator-nedir/> adresinden 10 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır.)

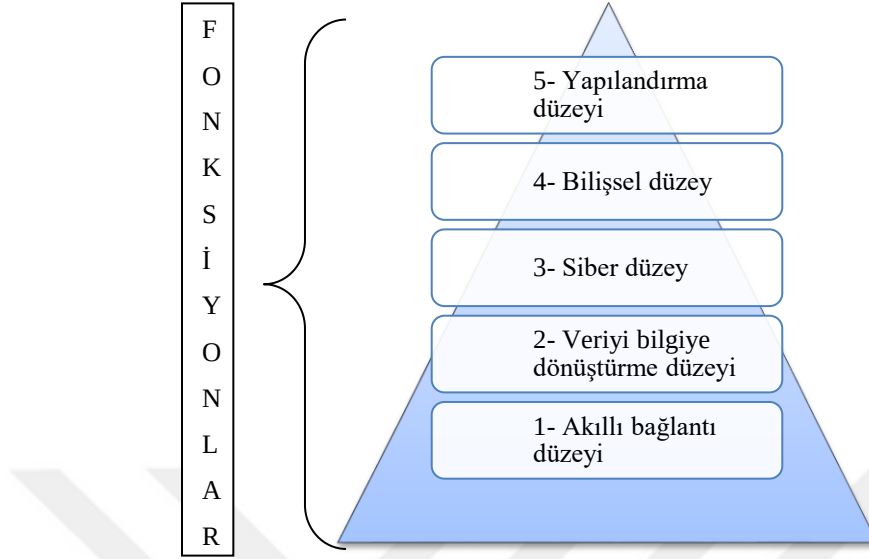
Geliştirilen bu sistem sayesinde yapılması gereken işler azalacak, yeni teknolojilerle etkinleşmesi kolaylaşacaktır. Aynı zamanda otomatik sistemlerin yapamayacağı; zorunlu bakım gibi deneyim gerektiren işler insanlar aracılığıyla yapılmaya devam edecektir (Dworschak ve Zaiser, 2014, s. 346).

Siber Fiziksel Sistemlerin sanayi ve imalat başta olmak üzere; enerji, ulaşım savunma, sağlık, tarım, bina denetimi ve kent hizmetleri gibi alanlarda da kullanılması beklenmektedir. Ayrıca SFS'in gelişimi yazılım, donanım, programlama ve siber güvenlik alanlarında yeni mesleklerin oluşmasını da sağlayacaktır (Banger, 2017, s. 131).

Bu sistem olmadan üretimde otomasyonun sağlanması ve sistemli bir bütünleşme düzenine sahip olunması mümkün değildir. SFS, makinelere ve üretim alanındaki tüm fiziksel varlıklara; algılama, bilgi işleme, karar verme ve hesaplama gibi yetenekler kazandıracak, süreçlerin etkinlik ve verimliliğini sağlayacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Siber Fiziksel Sistemlerin, geleceğin üretim tesisleri olan akıllı fabrikaların teknolojik altyapısını oluşturacakları öngörülmektedir (Görçün, 2016, s. 186).

Lee ve arkadaşları (2015) yılında yapmış oldukları çalışmada Siber Fiziksel Sistemlerin fonksiyonlarını ve niteliklerini ortaya koymuşlardır. Lee ve arkadaşlarına göre SFS fonksiyonları beş düzeyden oluşmakta, piramidin tabanında akıllı bağlantılılık düzeyi olmak üzere, bunlara bağlı her düzeye ait niteliklerden bahsedilmektedir.

Şekil 5'de görüldüğü üzere SFS tabandan tavana doğru giden beş düzeyli bir sisteme sahiptir. Akıllı bağlantılılık sayesinde SFS elde edecekleri verileri diğer birimlere taşıyarak, birimler arasında sürekli bir veri akış döngüsü oluşturmaktadırlar. Bu sayede oluşması muhtemel sorunlara karşı akıllı sistemler anlık veri paylaşarak zamanında müdahale edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu da fabrika ortamının uzaktan kontrol edilebilmesini kolaylaştırmaktadır.

Şekil 5: Siber Fiziksel Sistem Fonksiyonları

Kaynak: (Lee ve diğerleri, **A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems**, 2015, s. 19)

Sistemler arasında etkileşimin sağlanması için her bir fonksiyona ait alt bileşenler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Siber Fiziksel Sistem Fonksiyonlarına Ait Bileşenler

1- Akıllı bağlantılılık düzeyi	2- Veriyi bilgiye dönüştürme süreci	3- Siber düzey	4- Bilişsel düzey	5- Yapılandırma düzeyi
-Takma ve çalıştırma -Ücretsiz iletişim -Algılayıcı ağı	-Akıllı analitik sistemler -Makine bileşen sağlığı -Çok boyutlu veri ilişkisi -Bozulma ve performans tahmini	-Makine ve bileşenler için ikiz modeller -Zaman makinesi ve varyasyon tanımlama -Benzer verilerin büyük veride kümelenmesi	-İnsan için uzaktan görüntüleme -İşbirliği, teşhis ve karar verme -Simülasyon ve sensör oryantasyonu	-Kendini yapılandırma -Kendini değiştirmek için ayarlamak -Kendini optimize etme

Kaynak: (Lee ve diğerleri, **A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems**, 2015, s. 19)

(Tablo, yukarıda belirtilen kaynaktan yararlanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.)

2.3.4. Büyük Veri ve Analitikler (Big Data)

Günümüzde iş çevreleri yoğun rekabet koşulları altında verimliliklerini arttırabilmek ve hızlı karar vermeyi geliştirebilmek için büyük veri konuları ile ilgilenerek çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Ancak, akıllı analitik araçlar olmadan pek çok üretim sistemi büyük veriyi kullanabilmeye hazır değildir (Lee, Kao ve Yang, 2014, s. 3).

Büyük veri kavramını günlük dilde ifade edilmeye çalışılırsa, adeta dev bir veri yığımından bahsedildiği anlamı ortaya çıkar. Büyük veri, farklı kaynaklardan elde edilmiş, çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere, düzensiz biçimde depolanmış bilgidir. Bilişim, iletişim, internet kaynakları, otomasyon ve sensör gibi veri toplama ve ileme teknolojilerindeki hızlı gelişmeyle birlikte bu tanım desteklenebilir (Banger, 2017, s. 83; Görçün, 2016, s. 167).

“Büyük veri çoğunlukla, çok sayıda veri setinin bir araya gelmesi şeklinde tanımlanır. Geleneksel veri setleri ile karşılaştırıldığında ise, yapılandırılmamış ve kullanılabilir hale gelmesi için analize ihtiyacı olan, kitlesel olarak bir arada bulunan çok miktarda veriden oluşur” (Chen, Mao ve Lui, 2014, s. 171).

Analitik temelli veri setleri üretim alanında son zamanlarda gündeme gelmektedir. Kullanılan bu veriler, ürün kalitesine, enerji verimliliğine, bilgi güvenliğine ve donanımların geliştirilmesine fayda sağlamaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında büyük veri (big data), ilgili konu hakkında kapsamlı şekilde veri toplanmasına ve bu verilerin işletmenin etkinliğine fayda saylayacak doğrultuda kullanılmasını sağlayarak karar verme sürecini de destekleyecektir (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 2).

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler, internet ve diğer teknoloji kaynaklarının gündelik hayatta önemli konuma sahip olması ile birlikte bilgiye erişimi de kolaylaştırmıştır. Bununla beraber, bilgiye erişim ve bilgi paylaşımının önemli ölçüde yaygınlaşması gereksiz veya yanlış bilgi sorununu da meydana getirmiştir (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017, s. 155). Bu nedenle gerek üretim gerekse diğer çalışma alanları için nitelikli bilgiyi elde etme ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Büyük veri, dünyada birçok ülke ve teknoloji şirketi tarafından da yakından takip edilmektedir. 2008 yılı itibariyle IBM, Facebook, Microsoft, Google gibi saygın uluslararası şirketler büyük veri hakkında önemli yatırımlar yapmaya başlamış, bilim dünyası da çeşitli akademik dergilerde bu konu ile ilgili araştırma yazıları yayımlamışlardır. 2012 yılında ise Avrupa Bilişim ve Matematik Araştırmaları Birliği büyük veri ile ilgili özel bir sayı yayımlamıştır. Diğer yandan büyük veri, İsviçre’de Davos Ekonomi Zirvesinde gündem olarak sunulmuş; altın ve döviz gibi ekonomik değer olarak görülmeye başlanmıştır (Chen ve diğerleri, 2014, s. 175).

Günümüzde büyük veri ve yakından ilişkili bulut bilişim uygulamaları (Chen ve diğerleri, 2014, s. 176) firmaların veri depolamak için teknoloji altyapılarında bulundurmaları gereken sunucu (server) ihtiyacını azaltmakta, üretim için gerekli bilgiye erişimlerini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca büyük veri sistemleri bilginin kamusal niteliğinin de görünür olmasını sağlamakta, böylelikle firmalar açısından maliyet avantajı oluşturmaktadır. Bununla birlikte tüketiciler için de ihtiyaç duydukları ürünleri daha uygun fiyata temin edebilme imkânı sunmaktadır. Buna karşın, büyük veri sistemlerinin internet erişimine açık olması, veri güvenliği konusunda da kaygıların oluşmasına neden olmaktadır (Alçın, 2016, s. 26).

Büyük veri, kapsamı geniş olan, insanların internet ortamına yüklediklerinin yanı sıra nesnelerin interneti aracılığıyla cihazlardan da bilgi elde etmesi neticesinde giderek genişleyen bir sistemdir. Sayısallaştırılarak dijital ortama yüklenmiş olan veriler bu sistemin kapsamı içerisinde yer almaktadır. Örneğin internet sayfalarında araştırma yaparken bırakılan izler dışında, modemlerin ve akıllı telefonların göndermiş oldukları sinyaller sonucu elde edilen konum bilgileri, otomobillerdeki GPS sistemlerinden elde edilen bilgiler de büyük veri sistemine taşınarak depolanmaktadır (Görçün, 2016, s. 167-168).

Büyük veri temelli üretim imkânıyla, üretim süreçlerinin kesin bilgi ile sabit kalite sistemi üzerine kurulması sağlanabilir. Böylece gereksiz ya da ihtiyaç fazlası ham madde ve yarı mamulün, üretim süreci başlamadan akıllı makineler tarafından tespit edilerek üretim alanına getirilmesi engellenebilir. Bunun sonucunda kaynak ve enerji verimliliği sağlanarak, israfın önüne geçilebilir (Wang ve diğerleri, 2016, s. 6).

Endüstri 4.0 ve büyük veri uygulamaları ile birlikte her süreçte performans, kalite ve stratejik karar alma sağlanarak, tedarik zinciri içindeki tüm süreçler yeniden yapılandırılacak ve böylelikle aksaklıklar ortadan kalkacaktır (Görçün, 2016, s. 174-175). Günümüzde internet üzerinde her gün, geçmiş yirmi yıl içerisinde oluşturulan veri miktarından daha fazla yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri üretilmektedir. Bunları depolamak ve istenildiğinde nitelikli bilgi haline getirmek ancak büyük veri ve uygulamaları ile gerçekleştirilebilecek bir yöntemdir. Büyük veri uygulamalarını kullanan işletmeler daha etkili tahminler yapabilecek; sezgilere değil, verilere dayanılarak elde edilen akılcı kararları alabileceklerdir. Ayrıca büyük veri sayesinde müşteri beklenti ve istekleri; şahsi sayfalarında ya da çeşitli internet sitelerinde yapmış oldukları yorum ve gezintiler büyük veride biriktirilerek mevcut ve potansiyel müşteri profili çıkartılabilecektir (McAfee ve Brynjolfsson, 2012, s. 4-5).

Sonuç olarak büyük veri işletmeler açısından pek çok zorlukla birlikte çok sayıda yeni iş alanının oluşmasını, işletmelerin kaynaklarını daha etkin ve verimli kullanmalarını sağlayacaktır.

2.3.5. Bulut Bilişim (Cloud Computing)

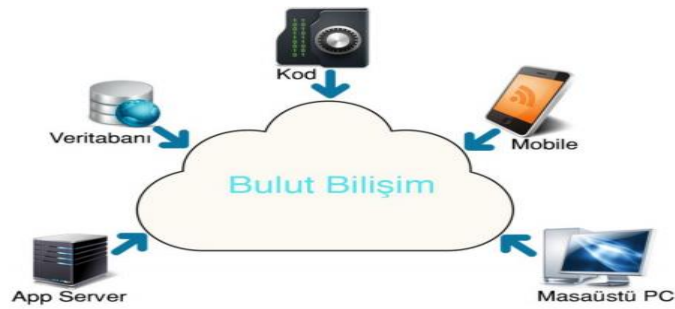
Bulut bilişim, bilgisayar özelliği olan cihazlar arasında ortak bilgi paylaşımını sağlayan sistemin adıdır. Bulut bilişimin temelleri 1960'lı yıllara dayanmaktadır; ancak uygulaması 1990'lı yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Bilgisayar ağlarının oluşturulması, veri depolayan sunucuların (server) merkezi bir bilgisayara veri depolaması bulut bilişim sisteminin ilk örnekleridir. Bulut sözcüğü, bilgisayar programlarını veya verileri içeren dosyaların depolandıkları konumu ifade etmektedir. Bu konum veri depolayan şirketler tarafından sağlanan internet ortamındaki bilgisayarlar ile ilgili olan bağlantılardır (Banger, 2017, s. 94). 2000'li yıllardan sonra internetin geliştirilmesi ve son yıllarda yaygın olarak kullanılması sonucu oluşan büyük veri setleri, bulut bilişim uygulamalarına yakın gelecekte daha çok ihtiyaç duyulacağını göstermektedir.

Araştırma konusuyla ilgili olarak ele alınan bulut sistemi, akıllı üretim sisteminin altyapısını oluşturan en önemli unsurlardan biridir (Wang ve diğerleri,

2016, s. 4). Endüstri 4.0'ın vizyonu olan akıllı fabrika sisteminin oluşturulabilmesi için her sürecin bir diğeri ile etkileşimli ve bütünsel bir yapıda olmasına ihtiyaç vardır. Siber Fiziksel Sistemlerin ve etkileşim alanında bulunan diğeri araçların üreteceği büyük miktardaki verinin işlenmesi ve depolanması gerekmektedir (Almada-Lobo, 2015, s. 20). Bu altyapı teknolojisi ile büyük veri uygulamaları için esnek bilgi işlem ve depolama alanı sağlanacaktır (Wang ve diğeri, 2016, s. 4). İnternete bağlı olan bilgisayar ve makineler elde etmiş oldukları verileri depolayacak ve sahip oldukları yazılım aracılığıyla büyük ağ üzerinde paylaşacaklardır. Böylelikle istenilen veriye her zaman ve her yerde ulaşabilme imkânı oluşacaktır. (Banger, 2017, s. 93).

Dahası, bulut bilişim teknolojisi ile veri havuzunu oluşturan kaynaklar sanallaştırılabilir, büyük veri analitikleri ile istenildiğinde geri çağrılmak üzere uzaya gönderilebilir. Ayrıca üretim, planlama ve yönetim süreçlerinde internete bağlı olan araçların sahip olduğu bilgiler de Nesnelerin İnterneti uygulamasıyla elde edilen verilerle aynı buluta gönderilerek etkin kullanıma hazır olması sağlanabilir (Wang ve diğeri, 2016, s. 3). Aşağıda Şekil 6'da bulut sistemini oluşturan veri kaynakları gösterilmektedir. Bu kaynaklar bulut sistemine veri depolayabilmekte, istenildiğinde de geri çağırabilmektedirler.

Şekil 6: Bulut Bilişim Bileşenleri



Kaynak: (Kavzoğlu ve Şahin, **Bulut Bilişim Teknolojisi ve Bulut CBS Uygulamaları**, 2012, s. 2)

Dördüncü Sanayi Devriminin özelliklerinden biri de bilgiye ulaşmada ve kontrol etmede sınırları ortadan kaldırmasıdır. Şekil 6'da da görüldüğü gibi Bulut bilişim, ihtiyaç duyulan bilgiye istenilen zamanda erişebilme imkânı sunmakta, bilginin kaybolması, yanması vb. zarar görme ihtimallerini ortadan kaldırmaktadır (Öztuna, 2017, s. 58).

Günümüzde bazı işletmeler bulut bilişim uygulamasını kullanmaktadırlar, ancak Endüstri 4.0 ile birlikte geliştirilen yazılımlar sayesinde verilerin sanallaştırılması, birimler arası daha kolay bilgi paylaşımı ve etkileşimin artması sağlanacaktır (Rüßman ve diğerleri, 2015). Şekil 7, Bulut Bilişim teknolojisinin kullanılması ile birlikte sağlayacağı yararları göstermektedir. Bulut Bilişim sayesinde işletmenin yönetim biriminde, üretim alanında ve arşivlerinde; saklama, muhafaza etme, veri analizi yapma gibi birçok maliyet ve zaman kaybına neden olan süreç ortadan kalkmış olacaktır.

Şekil 7: Bulut Bilişimin Sağladığı Avantajlar



Kaynak: (Banger, Endüstri 4.0 Ektra, 2017, s. 95)

Bulut bilişim uygulaması; geniş ağ erişimi, nesnelerin interneti ile sisteme kolay dâhil olma, konum bağımsızlığı, kaynak havuzu, hızlı esneklik, ölçülebilir hizmet kalitesi, kolay kullanım, güvenilirlik, kolay bakım gibi hizmetler sağlamaktadır (Banger, 2017, s. 99-100). Bulut sisteminin en temel yapı taşları ise; Sunucu Altyapı Hizmeti / Infrastructure as a Service (IaaS), Platform Hizmeti / Platform as a Service (PaaS) ve Hizmet Olarak Yazılım / Software as a Service (SaaS)dır (Wang ve diğerleri, 2016, s. 4).

Sonuç olarak bulut bilişim, nesnelerin interneti ve büyük veri uygulamalarıyla ilişkili bir kavram olarak işletmelerde başta yönetim ve üretim olmak üzere tüm süreçler ile ilişkilidir. Bunun yanında; veri bilimcisi, servis sağlayıcılar, depolama merkezleri gibi birçok alanda yeni iş kollarının oluşmasını sağlarken, verilerin ve mahremiyetin korunmasıyla ilgili endişe ve güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir.

2.3.6. Siber Güvenlik (Cyber Security)

Endüstri 4.0 bileşenlerinden olan bulut bilişim, nesnelerin interneti, büyük veri ve otonom robotların kullanılması fabrikalarda ve çeşitli sektörlerde yaygınlaşmasıyla birlikte verilerin depolanması, saklanması ve korunması ile ilgili birçok endişeyi de beraberinde getirmektedir.

Geçmişte, siber saldırılara karşı önlemlerin sistemlere eklenmesi gecikmeli olarak gerçekleşmiştir. Yani öncelikle bilgi teknolojileri daha sonra ise karşılaşmış oldukları tehdit ve saldırılara karşı siber güvenlik sistemleri geliştirilmiştir. Bu açıdan bakıldığında Endüstriyel İnternet Sistemleri gelebilecek saldırılara karşı henüz savunmasız durumdadırlar (Banger, 2017, s. 141).

Sanal ve fiziksel dünyanın iç içe geçtiği Endüstri 4.0'ın üretim sürecinde sağlayacağı birçok yarar yanında, bilgisayar ve otomasyon sistemlerini hedef alan saldırılar çok büyük tehlikeleri de beraberinde getirebilir. Örneğin devletlerin önemli sırlarını barındıran veri tabanları, kişi ya da kurumların banka hesapları, kişisel verilerle birlikte stratejik kararların art niyetli kişilerin eline geçmesi ya da teknolojik cihazların birbirleri ile üst seviyede bağlantılı olduğu bir nükleer santrale gerçekleşecek bir siber saldırının neden olabileceği felaketi hayal etmek bile korkunç. Dahası; su, elektrik ve doğalgaz dağıtım şirketlerinin sistemlerine gerçekleşecek bir siber saldırı ile tüm şehir günlerce elektriksiz kalabilecek, insanlar ısınma sorunu ile karşılaşacak veya su şebekelerinde beklenmedik maddeler görülebilecektir. Bu nedenle güvenlik alt yapısı, güçlü yazılımlarla desteklenmeli, buluta gönderilecek verilerin kontrol ve denetimi sağlanabilmelidir.

Günümüzde bağlantısız üretim ve yönetim sistemlerini uygulayan işletmeler güvende olduklarını düşünmektedirler. Ancak nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin sağlayacağı nesneler arası bağlantı ve etkileşim, üretim hatlarının siber saldırılardan etkilenmesine neden olacaktır. Bu nedenle geleceğin işletmelerinin siber saldırılara karşı güvenlik altyapısı oluşturmalarına ya da siber güvenlik şirketleri ile işbirliğine gitmelerine gerek vardır (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 4).

Gerekli önlemler alınmadığı takdirde siber saldırılar, akıllı fabrikalar üzerinde yıkıcı etki yaratabilecektir. Gerçekleşmesi muhtemel olan siber saldırılar, akıllı üretim sistemlerini, veri paylaşımını, geniş veri ağlarını bozabilecek virüsler, şirketlerin üretim süreçleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilecektir (<https://www.endustri40.com/digitalization-dijitalizasyon-rehberi-siber-guvenlik/> adresinden 13 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır).

Siber güvenlik olgusunun amacı örgütsel veri güvenliğinin sağlanmasının yanında bireysel veri mahremiyetinin sağlanmasına da odaklanmaktadır. Ayrıca mikro düzeyde her akıllı ve bağlantılı nesnenin kendisinin; makro düzeyde ise fabrika sisteminin korunmasını sağlamayı hedeflemektedir (Banger, 2017, s. 137).

Dördüncü Sanayi Devriminin gündeme gelmesiyle birlikte günümüzde artık siber suçlara karşı önlem alma hem işletmeler hem de ülkeler açısından önemli konuma gelmiştir. Dijitalleşmenin sonucu olarak üretimde akıllı robotların, yapay zekânın, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri ve bulut bilişim uygulamalarının sağlamış olduğu kolaylıkların yanı sıra siber saldırı riskleri de bulunmaktadır. Nitekim yapay zekâ (AI) teknolojisinin savunma sanayisinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte siber tehditler daha çok konuşulmaya başlanmıştır. Bu teknolojilerin kötü amaçlı kişiler tarafından kullanılması ihtimali, insanlık ve dünyamız için çok büyük tehlikeler oluşturmaktadır (Öztuna, 2017, s. 68).

2.3.7. Otonom Robotlar

Robotların endüstriyel faaliyetlerde kullanılmaya başlaması 1960'lı yıllara uzanmaktadır. İlk kullanılmaya başlandığı yıllarda robotlar akıllı cihazlar değillerdi ve yüksek risk faaliyetleri göz önünde bulundurularak insan faktörüne bağımlıydılar, bu nedenle operatörler olmaksızın işlevsizdiler (Görçün, 2016, s. 187-188). Günümüzde insansız / karanlık akıllı fabrikaların yanı sıra pek çok yeni uygulama da insan ve makine işbirliği halinde çalışmaktadır. İnsan üretimi kontrol ve takip işlerini yaparken, robotlar fiziksel olarak zor ve kas gücüne dayanan işleri yapmaktadır (Fırat O. ve Fırat S., 2017, s. 213).

Otonom robot kavramı: yazılım, donanım ve internete bağlı sensörlerle güçlendirilmiş gömülü bilişim sistemlerini ve yapay zekâyı içinde barındıran, çevreden veri toplayan, karar seçenekleri üretebilen, almış olduğu kararlardan en etkin olanını seçebilen ve eyleme dönüştürebilen, başka akıllı nesnelerle iletişim kurabilen makine olarak tanımlanmaktadır (Banger, 2017, s. 45).

Yapay zekâ, internet ve sensörlerle güçlendirilmiş otonom robot sistemleri, daha arıza veya olağandışı bir durum oluşmadan tamir-bakım operatörlerine haber verebilecek, böylelikle hata ve arızalar üretimin durmasına neden olmadan tespit edilerek proaktif önlemler alınabilecektir.

Bunların ötesinde, akıllı makineler, akıllı ürünler, akıllı taşıyıcılar gibi unsurları ihtiva eden Otonom Robot teknolojisi; bu unsurların kendi aralarında iletişim kurabilmelerine ve buluttan sağladıkları veri ile üretim yapılabilmelerine imkân sağlamaktadır (Wang ve diğerleri, 2016, s. 4-5).

Günümüzde çok yaygın olmamalarına rağmen Endüstri 4.0 bileşenlerinin etkinleştirildiği fabrikalarda insan, üretim kontrolü ve takibini yaparken, yapay zekâ ile donatılmış robotlar da fiziksel olarak yorucu ve kas gücüne dayanan işleri yapacaklardır. Dünyada robot kullanımının sektörlere göre dağılıma bakıldığında, endüstriyel robotların yaklaşık yüzde 70'i otomotiv, elektrik/elektronik, metal ve makine sanayilerinde çalışmaktadır (Fırat O. ve Fırat S., 2017).

Sonuç olarak otonom robotlar akıllı ve bağlantılı nesneler kategorisinde yer alması hasebiyle 'aklı sadece kendisine olan' Endüstri 3.0 sistemlerinden ayrı olarak işletmede, tedarik zinciri içerisinde ve dış paydaşlarla yerel ağlar üzerinden bulut bilişim aracılığıyla iletişim kurabilir, bu sayede bazı karar seçenekleri üreterek yönetici müdahalesine gerek kalmadan karar verip uygulayabilirler. Ayrıca siber fiziksel sistemin bir parçası olan otonom robot; üretim hattı, işletme ve ekosistemi bir bütün haline getirerek değer yaratma imkânı olan paydaşlardan biri olarak görülebilir (Banger, 2017, s. 77-78).

2.3.8. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Dünyada çeşitli alanlarda uzun yıllardır kullanılan Arttırılmış Gerçeklik (AG), Endüstri 4.0 dönüşümünün bileşenlerinden bir diğeridir. SFS ve Nİ teknolojileri ile sağlanan bilgi yardımıyla akıllı fabrikaların tamir ve üretim, sonrasında ise tanıtım ve deneyimleme süreçlerinde etkili olacak önemli bir bileşendir.

Arttırılmış Gerçeklik, gerçek çevreyi tanımlamak için izleme teknolojilerinden faydalanan bir süreçtir. Bu süreç, uygulamaları belirlenmiş ve tanımlanmış ipuçlarıyla çalışmaktadır. Günümüzde arttırılmış gerçeklik uygulamaları; eğitimde, sağlıkta, pazarlamada, sporda, yazılı basında, savunma sanayinde, reklamcılıkta (Uğur ve Apaydın, 2014, s. 146) “müzecilikte, oyun sektöründe, turizmde, sanat galerilerinde, üretimde vb. neredeyse hayatın her alanında kullanılmaya başlanmıştır” (Bilici, 2015, s. 30-113; Fritz, Susperregui ve Lizana, 2005, s. 2).

AG ile insan duyusuna hitap edecek ve hislerini harekete geçirecek girdiler bilgisayar tarafından düzenlenip zenginleştirilir ve ortaya çıkan yeni gerçeklik kullanıcının algısına sunulur. Zenginleştirme gerçek zamanlı gerçekleşir ve çevredeki öğeler ile etkileşimi sağlar. Arttırılmış gerçeklik uygulaması ile kullanıcı gerçeklik ortamını oluşturan bilgiler ve diğer görsel, işitsel ya da hissel öğelerle etkileşime girebilir. Böylece bulunan çevreyle ilgili yapay bilgi ve öğeler gerçek dünyanın algılanmasını arttırabilir (<https://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> adresinden 16 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır).

Yakın gelecekte AG temelli sistemler ile hizmetler desteklenecek; depolama alanı seçilirken, mobil araçlar üzerine tamir-bakım talimatı gönderilirken gerçek zamanlı bilgi alışverişi sağlanacak, karar verme süreçlerinde etkinleştirilerek çalışma sürecinin güçlendirilmesine fayda sağlayacaktır (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 5).

Sosyal hayatta arttırılmış gerçeklik uygulamaları; kulaklık, gözlük, saat gibi insan bedenine takılabilen cihazlarla kullanılabilir. Kulağa takılan bir sanal gerçeklik kulaklığı ya da gözlüğe monte edilen AG görüntüleme cihazı, gerçek görüntü ile sanal bilgi akışını sağlayabilmektedir (Banger, 2017, s. 161).

Bu teknoloji ile hedeflenen nesne ya da görüntüde sanal bir ortamda kullanıcısına geziniyor izlenimi yerine, derinlik hissi vermektedir. Burada kullanılan üstün teknoloji sayesinde, kullanıcı daha fazla bilgiye sahip olmakta ve hayatını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, bir sinema afişine bakarak filmin tanıtımı izlenebilmekte (Uğur ve Apaydın, 2014, s. 146), depo çalışanları taşıdıkları malların hangi rafa bırakılması gerektiğini daha kolay tespit edebilmekte, tamir-bakım ekibi arttırılmış gerçeklik gözlüklerine yüklenen simülasyonla hasarlı olan makinenin tamir edilmesi esnasında yedek parçaların nereye, nasıl ve hangi işlem sırası ile takılacağını kolaylıkla bulabilmektedir (Banger, 2017, s. 49-50; Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 5).

“AG teknolojisi, kullanıcının görsel alanını mevcut görevin yerine getirilmesinde gerekli bilgilerle güçlendirmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle Artırılmış Gerçeklik (AG) olarak adlandırılmaktadır” (Caudell ve Mizell, 1992, s. 660). Bu teknoloji, sanal evren ve gerçek evren arasındaki çizgiyi bulanıklaştırıp; görme, hissetme, dokunma, duyma ve koklama duyularımızın oluşturduğu yeni bir evrende harekete geçmesini sağlamaktadır. Yakın gelecekte artırılmış gerçeklik teknolojisiyle ağrıyan midemizde neler olduğunu canlı olarak izleyebilecek, gözlüklerimizi ya da başlıklarımızı takıp, farklı ortamlarda olan arkadaşlarımızla strateji oyunu oynayabilecek, en önemlisi de hayal gücümüzü bu teknolojiyle birleştirip hayatımızı kolaylaştıracak başarılı ürünleri ortaya koyabilmek mümkün olacaktır (<https://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> adresinden 16 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır).

2.3.9. Eklemeli / Katmanlı Üretim ve Üç Boyutlu Yazıcılar (3D Printing)

Yazındaki çalışmalar incelendiğinde “Üç Boyutlu Yazıcı / 3B Yazıcı”, “Eklemeli ya da Katmanlı Üretim” olarak karşımıza çıkan bu teknolojinin mevcut durumda önemli maliyet kalemi oluşturan üretim harcamalarının minimize edilmesini sağlayacaktır.

Tanımlanacak olursa “Katmanlı üretim; geleneksel üretim yöntemleri yerine, genellikle katmanlar şeklinde düzenlenmiş 3 boyutlu (3B) model verilerinden nesneler yapmak için materyalleri birleştiren bir

süreçtir. Bu üretim yaklaşımı; katmanlı fabrikasyon, katmanlı süreç ve teknikler, eklemeli katman imalatı ya da serbest formlu fabrikasyon gibi isimlerle anılır” (Banger, 2017, s. 147).

“Eklemeli imalat, üç boyutlu (3B) geometrik verileri kullanarak malzemenin bir biri ardına katman katman eklenmesiyle (Schwab, 2016, s. 20), karmaşık geometrili fiziksel parçaların hızlı bir şekilde imalatını gerçekleştiren üretim tekniğidir” (Özsoy ve Duman, 2017, s. 37). Katmanlı üretim, örnek ürün modellerinin üretilmesi için geliştirilmiş ve ticari olarak kullanılması 1987 yılında başlamıştır. Bugünün katmanlı üretim sistemi henüz seri üretim amacıyla tasarlanmamış; süreç hızı ve süreç kontrolü oluşturulmamıştır. Ancak katmanlı üretim teknolojisi geleneksel üretimin yerini almasının yanında, dünyadaki herhangi bir katmanlı üretim merkezine sağlanacak uzaktan erişim yazılımlarıyla istenilen ürünün üretilmesi mümkün olacaktır (Banger, 2017, s. 148).

Nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, simülasyon, otonom robotlar gibi Endüstri 4.0 ile ilişkili birçok teknolojinin hayatımıza girmesi günlük yaşamımızı kolaylaştırmaktadır. Hayatımızı kolaylaştırması ve geleceğin teknolojisi olması beklenen 3 boyutlu yazıcılar, bilgisayar ortamında modellenen unsurları kısa bir süre içinde elle tutulabilir somut nesnelere dönüştürülebilen akıllı makinelerdir (Özsoy ve Duman, 2017, s. 37).

Herhangi bir 3B yazdırma işlemi, yazılım ve mühendislik destekli bilgisayar teknolojisine dayalı katı bir sistem temelinde başlar. Karmaşık ürün geometrileri ve birleşimleri için bilgisayar destekli mühendislik, yüksek performanslı bilgi işlem kaynakları ile de desteklenir. Böylece hayal edilebilen her şeyin üretilmesine imkân sağlanır (Petrick ve Simpson, 2013, s. 13).

3B üretim sistemlerinin tasarım, üretim ve teslim süreçlerinde büyük etkileri olacaktır. Tasarımın doğasını değiştirecek, üretim ile tasarım arasındaki etkileşimi arttıracaktır. Bu nedenle eklemeli üretim, hammadde tedarikçileri, tasarımcılar ve üreticiler arasında hiç görülmemiş bir işbirliği yapılmasını gerektirmektedir (Petrick ve Simpson, 2013, s. 14-15).

Günümüzde firmalar özelleştirilmiş ürünler üretebilmek ya da müşterilerine örnek model sunabilmek için 3B yazıcıları benimsemeye başlamışlardır. İşletmeler

bu teknolojiyi örnek ürünler ve küçük miktardaki siparişleri üretmek için de kullanılmaktadırlar. Endüstri 4.0 ile birlikte eklemeli üretim yöntemi gelecekte daha yaygın kullanılacak, küçük parti ve kişiselleştirilmiş ürünler tüketicilerin beğenisine sunulacaktır. Ayrıca yüksek performanslı ve merkezi olmayan üretim sistemi sayesinde eldeki stok miktarı ve dolaşım mesafelerinin azalmasını da sağlayacaktır (Rüßman ve diğerleri, 2015, s. 4-5).

Gelecekte üretim, ölçek ekonomisine dayalı yüksek düzeyli değişken ve kişiye özel ya da küçük parti üretime odaklanmış ekonomiler olmak üzere iki ana tema üzerinden yürütülecektir. Bahsedilen bu teknoloji üretimde ve pazarlamada mevcut olarak kullanılan rekabet dinamiklerinin büyük çoğunluğunun değişmesine neden olacaktır. Böylece yeni ekonomik faktörler ve rekabet kaynakları oluşacaktır (Petrick ve Simpson, 2013, s. 12). Böyle bir rekabete ayak uydurabilmek için işletmeler üretim süreçlerinde güncellemelere gitmeli, sadece teknoloji altyapısını değil; çalışanlarını da geliştirmekte olan süreç konusunda eğitmeleri gerekmektedir.

Üç boyutlu yazıcılar icat edildikleri günden beri sürekli gelişme halindedirler. Üreticilerin ve tedarikçilerin her zaman çaba gösterdikleri sıfır stokla çalışmak bu teknoloji sayesinde mümkün olacaktır. 3B yazıcılar henüz gelişme sürecinde olduğundan birim zamanda yapabildikleri üretim şu anda talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu makinelerin üretim hızları arttırıldığı zaman endüstriyel makine ve donanımların yerini alabileceklerdir. Böylelikle, bilgisayar ortamında tasarlanmış ürünlerin istenildiği zaman ve istenildiği miktarda kolaylıkla üretilbileceğinden, mevcut durumdaki stok miktarından daha az stokla çalışma imkânını sağlayacaktır (Görçün, 2016, s. 194).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİN GÜNÜMÜZE YANSIMALARI

Önceki bölümlerde çeşitli alt başlıklar altında sanayinin gelişim süreci; Watt'ın buhar makinesini icat etmesi, demir ve kömür gibi madenlerin işlenmeye başlanması, demir yollarının döşenmesi, elektriğin üretimde kullanılması, kitle üretimi, montaj sistemleri, bilgisayarlı sistemler ve üretim ilişkileri incelenmiştir. Ayrıca, 2000'li yıllar sonrasında internetin günlük hayatın her alanında yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte üretimle ilişkili olarak yaşanan gelişmeler, tezin omurgasını oluşturan Dördüncü Sanayi Devrimi olarak ifade edilen dönüşüm süreci ile ilgili teknolojiler ve temel bileşenleri değerlendirilmiştir.

Bu bölümde ise, son yıllarda gerek akademide gerekse iş çevrelerinde yaygın olarak konuşulan, konu hakkında fikir beyan eden bazı uzmanlar açısından işsizlik, toplumsal karışıklık, gelir dağılımında adaletsizlik ve çeşitli sosyal sorunlar oluşturacağı düşünülürken; bazıları açısından ise, insanlığın kısa sürede ulaşacağı gelişmişlik ve atılım fırsatı olarak görülen, “yaratıcı bir yıkım” olarak değerlendirilmekte olan Endüstri 4.0'ın, ülkeler açısından nasıl ele alındığını anlamak amacıyla; yapılan yerel ve uluslararası çalışmalar, kongreler, yayımlanan akademik çalışmalar ve uluslararası örgütlerin raporlarından elde edilen bulgular değerlendirilecektir.

3.1. Dünya’da Endüstri 4.0 Gelişmeleri

Günümüzde yapay zekâya sahip insansı robotlar, yenilenebilir enerji kaynakları, aydınlatma sistemi olmayan karanlık fabrikalar, akıllı şehirler, internet aracılığıyla birbirine bağlı cihazlar, sürücüsüz arabalar, üretim bandında aynı anda birden fazla türde ürün üreten sistemler, sanal paralar, 3B yazıcılar, dronelarⁱⁱⁱ, akıllı sulama ve aydınlatma sistemleri gibi uzun yıllardır “hayal ürünü” olarak görülen çok sayıda uygulama yaşamın birer parçası olmaya başlamışlardır.

ⁱⁱⁱDrone, içinde pilot/insan olmadan uçan bir hava aracıdır. İlk olarak orduda, insanlar tarafından yapılması çok tehlikeli olan görevlerin yerine getirilmesi için üretilmiştir. Kökeni 1849'da Avusturya'nın Venedik'i bombalamak için bomba yüklediği balonlara dayandırılmaktadır. Ancak günümüzde; ticari, bilimsel, tarımsal vb. amaçlarla kullanılmaktadır (<https://www.cbrownline.com/what-is/what-is-a-drone-4946842/> adresinden 11 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

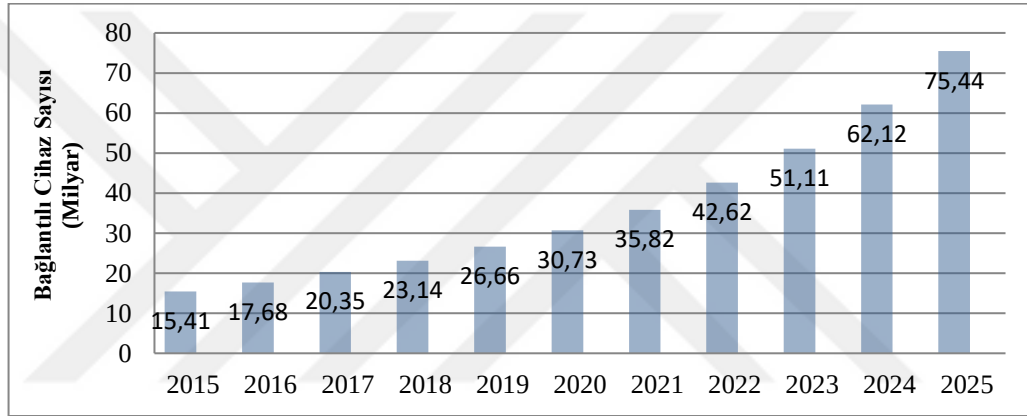
“Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak, değer zincirlerinin yönetiminde nasıl bir devrimsel etki yaratacağını tanımlamak amacıyla 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuarı’nda tartışılmıştır” (Schwab, 2016, s. 12). Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee ise; yapay zekâ, internet teknolojileri, robotlar ve otomatikleşmenin yaygın olarak kullanılacağı, bugüne kadar eşine rastlanmamış bu dönemi, 2014 yılında yayımlamış oldukları kitaba da ismini verdikleri “The Second Machine Age / İkinci Makine Çağı” olarak adlandırmaktadırlar. Onlara göre, James Watt’ın geliştirdiği buhar makinesi, emek ve kas gücü dönüşümünü sağlayarak toplumlarda benzeri görülmemiş gelişmelerin başlamasına neden olmuştur. Endüstri 4.0 çatısı altında bulunan siber fiziksel istemler, makine öğrenmesi, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi bileşenlerin ise endüstride zihinsel dönüşümü sağlayacağını ön görmektedirler (Brynjolfsson ve McAfee, 2014, s. 8).

Bununla ilgili olarak, 2016 yılı Dünya Ekonomi Forumu (World Economic Forum) teması, ‘Dördüncü Sanayi Devrimine Hâkim Olma / Anlama (Mastering the Fourth Industrial Revolution)’ olarak belirlenmiş; iş dünyasından, sivil toplum kuruluşlarından, akademiden, hükümet yetkililerinden ve konu ile ilgili araştırmacılardan oluşan katılımcıların bir araya gelmesiyle farklı açılardan değerlendirilmiştir (Schwab, 2016, s. 106; World Economic Forum, 2016).

Günümüzde, Dördüncü Sanayi Devriminin başlangıcında olmamıza rağmen iş dünyasından ve hükümet yetkililerinden çok sayıda kişi, yönettikleri veya mensubu oldukları kuruluşları dönüşüm süreciyle uyumlaştırmak için çabalamaktadırlar. Gelecekte rekabet koşulları önceki devrimlere göre daha farklı olacaktır. Ülkeler ve işletmeler rekabette kalabilmek için yeniliğin (inovasyonun) her türünü çok yakından takip etmek durumunda kalacaklardır. Mal ve hizmetlerde inovasyon temelli olmak, maliyetleri düşürmeye odaklanmaktan daha etkili olacaktır (Schwab, 2016, s. 36). Bu anlamda değerlendirecek olursak, dinamik şekilde dijitalleşen dünyada kullanılan elektronik cihaz sayısı her geçen gün katlanarak artmaktadır. Statista’nın yayınladığı rapora göre günümüzde dünyada internet yoluyla birbirine bağlanabilen yaklaşık 26 milyar cihaz vardır. Tarihsel gelişimine bakıldığında 2015 yılında 15 milyar olan bağlı cihaz sayısı 4 yıl gibi kısa bir sürede 11 milyar artmıştır. 2025 yılında ise dünyada 75 milyarın üzerinde bağlantılı cihaz

olacağı tahmin edilmektedir (Statista, 2019). Aşağıda Grafik 1’de dünyada nesnelerin interneti ile birbirine bağlı cihaz sayısı gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde her beş yılda bağlantılı cihaz sayısının yüzde yüz arttığı görülmektedir. Buradan hareketle önümüzdeki beş yıl içinde ulaşılacak bağlantılı cihaz sayısını dünya nüfusuna oranlandığında kişi başına ortalama on cihaz düşeceği anlaşılmaktadır. Afrika ve Ortadoğu’daki geri kalmış ülkelerin durumunu göz önünde bulundurulduğunda ise, gelişmiş toplumlarda kişi başına düşen ortalama bağlantılı cihaz sayısının ondan daha fazla olacağı tahmin etmek zor değildir.

Grafik 1: Dünyada Nesnelerin İnterneti İle Birbirine Bağlı Cihaz Sayısı



Kaynak: (Statista, **Internet of Things (IoT) Connected Devices Installed Base Worldwide from 2015 to 2025**, 2019)

(Veriler Statista’dan alınmış, grafik yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Yaşanan bu gelişmeler nedeniyle, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler dünyadaki gelişmelerden kopmamak ve rekabet gücünü kaybetmemek amacıyla Endüstri 4.0 ve ilişkili teknolojilere yatırımlar yapmaya başlamış, yol haritası ve sloganlarını belirlemişlerdir.

Birleşmiş Milletlerin (UN) çeşitli birimlerinin öncülüğünde; İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Dünya Bankası (World Bank), Uluslararası Para Fonu (IMF) gibi uluslararası kuruluşların verileri referans alınarak hazırlanmış olan Dünya Ekonomik Durumu ve Beklentiler (World Economic Situation and Prospects) adlı rapora göre dünyanın en güçlü ekonomiye sahip yedi ülkesi: Almanya, Amerika, Kanada, Fransa, İngiltere, İtalya ve Japonya’dır (United Nations, 2019). Bu sebeple sanayileşmede, Ar-Ge’de ve teknoloji kullanımında öncü olan bu ülkeleri Endüstri

4.0 sürecinde yakından takip etmek geliştirmekte olan ülkeler için yol gösterici olacaktır.

Dünya’da sanayileşmede öncü ülkelerin başında Almanya, Amerika ve Fransa gelmektedir. Ayrıca, son yıllarda G20 (Group of 20) ülkeleri arasında en hızlı büyüyen Çin, Endonezya ve Hindistan yer almaktadır (Trading Economics, 2019). Bunların yanı sıra, Güney Kore ve Singapur gibi Güney Asya ülkeleri de gerek teknolojik gelişmeler gerekse ekonomik büyüme noktasında dikkate değer gelişmeler kaydetmektedirler (The World Bank, 2019). Yaşanan gelişmelerin kamu, üniversite ve sanayi çevreleri tarafından ortak bir yol haritası üzerinden takip edilebilmesi ülkeler ve toplumlar açısından önem arz etmektedir. Bu anlamda yukarıda bahsi geçen ülkelerinin Endüstri 4.0 ile ilgili belirlemiş oldukları slogan ve yol haritaları aşağıda Tablo 3’de sıralanmıştır.

Tablo 3: Sanayide ve Teknoloji Kullanımında Öncü Ülkelerin Endüstri 4.0 Yol Haritaları

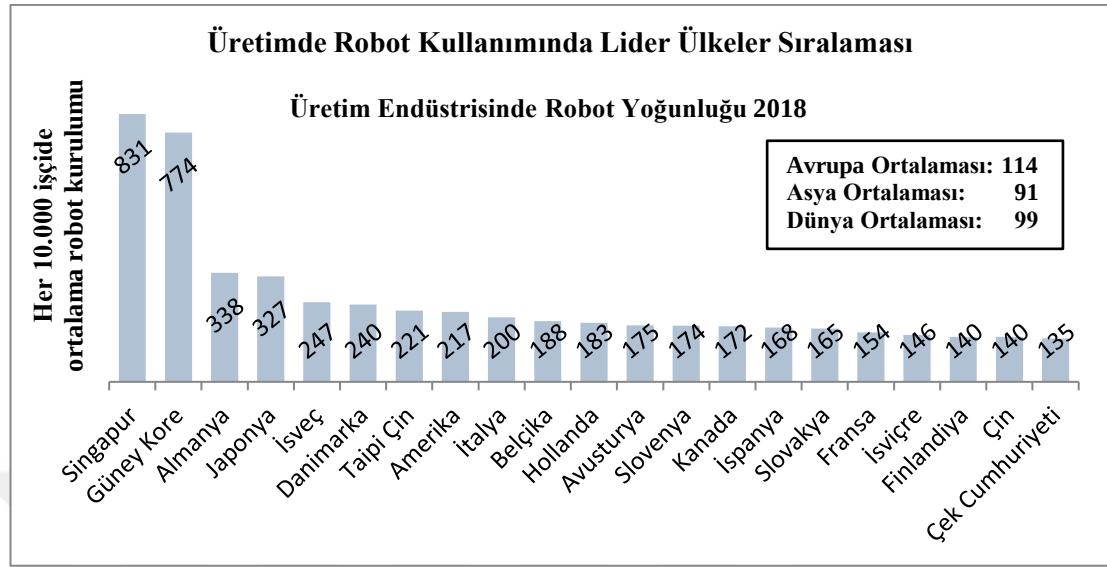
Ülke Adı	Endüstri 4.0 İçin Kullandığı Slogan	Belirlediği Yol Haritası
Almanya ^{a, b}	Industrie 4.0	“High-Tech Strategy 2020 Action Plan”
Amerika ^{c, d}	Industrial Internet of Things	“Smart Manufacturing and Industrial Internet of Things Roadmap”
Çin ^{e, f}	Made in China, Internet +	“Made in China 2025 Strategy”
Endonezya ^g	Making Indonesia 4.0	“Making Indonesia 4.0 Road Map”
Fransa ^{h, i}	Factory of Future	“Industry of Future Roadmap”
Güney Kore ⁱ	Manufacturing Industry Innovation 3.0&Smart Factory	“Manufacturing Industry 3.0 Strategy”
Hindistan ^{j, k}	Make in India, Digital India	“Power to Empower”
İngiltere ^{l, m}	Innovate UK	“High Value Manufacturing Strategy”, “Future of Manufacturing”
İtalya ⁿ	Intelligence Factory	“National Industry 4.0 Plan (Impresa 4.0)”
Japonya ^{o, ö}	Society 5.0 Smart Manufacturing Systems	“The 5th Science and Technology Basic Plan”
Kanada ^p	Industrie 2030	“Roadmap to 2030”
Singapur ^r	Industry 4.0	“Smart Industry Readiness Index”
Türkiye ^{s, ş}	Industry 4.0	“Digital Transformation Road Map” “Smart Manufacturing Systems Technology Roadmap”

(Tablonun oluşturulmasında yararlanılan kaynaklar, kaynakçada elektronik kaynaklar başlığı altında harfli işaretleme ile gösterilmiştir.)

Dünya Ekonomi Forumu'nun, geleceğin üretim sistemlerine hazır oluş düzeylerinin belirlenmesi amacıyla hazırlamış olduğu raporda (Readiness for the Future of Production Report) ülkeler ortalama durumlarına göre; öncü ülkeler, yüksek potansiyele sahip ülkeler, başlangıç konumundaki ülkeler ve geri kalmış / geleceğe yönelik riskli ülkeler olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Bu rapora göre Çin, Almanya, Güney Kore, Japonya ve ABD Endüstri 4.0 dönüşümde öncü ülkeler; Latin Amerika, Ortadoğu ve Afrika ülkeleri de geri kalmış / geleceğe yönelik riskli ülkeler olarak değerlendirilmişlerdir. Buna karşın, ülkeler tüm sanayi kollarında dönüşüme geçmiş değil, her biri belirli bir sektörde öncülüğe sahiptirler (World Economic Forum, 2018a).

Son gelişmeler ışığında değerlendirecek olursak, Dördüncü Sanayi Devriminin en önemli tanımlayıcı özelliği belirsizliktir. Getireceği yeniliklerin geniş kapsamlı yıkıcı etkiye neden olması beklenmektedir. Ancak, üzerinde tartışılan ve tahmin edilen bu etki bazı sektörlerde daha derinden hissedilecektir. Yüksek üretim teknolojilerinin, geleneksel üretimin payını zamanla değiştirmesi beklenmektedir, fakat bunun hangi genişlikte ve hızda olacağı kesin değildir. Geleceğin küresel değer zincirine katılmak ancak kamu-özel sektör işbirliği ile kolaylaşacaktır. Bu nedenle ülkeler uygulayacakları üretim yöntemi hakkında karar vermeli; kamu, üniversite, ticaret birlikleri, sivil toplum, işletmeler ve diğer unsurlar ile işbirliğine gitmeli ve geleceğin üretim sistemini belirlemelidirler (World Economic Forum, 2018a, s. 3).

Günümüzde pek çok ülke ileri teknoloji alanında yatırımlar yapmakta, üretim standartlarını geliştirmeye çalışmaktadır. Bu nedenle robot teknolojisi, özellikle gelişmiş ve yaşlı nüfusun yüksek olduğu ülkelerde (Japonya ve Avrupa ülkeleri) üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, ülkelerin üretimde kullandıkları robot istatistiklerini incelemek Endüstri 4.0 ile ilgili gelişmelerin anlaşılması açısından yararlı olacaktır. Aşağıda Grafik 2'de endüstriyel robot kullanımında lider ülkeler grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle Güneydoğu Asya ülkeleri ve Avrupa ülkelerinin üretimde robot kullanım oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar da bu ülkelerin iş gücü ithal etmek yerine robot teknolojisi ve akıllı sistemlerle iş gücü ihtiyaçlarını gidermeyi amaçladıklarını göstermektedir.

Grafik 2: Endüstriyel Robot Kullanımında Lider Ülkeler

Kaynak: (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd>)

adresinden 17 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

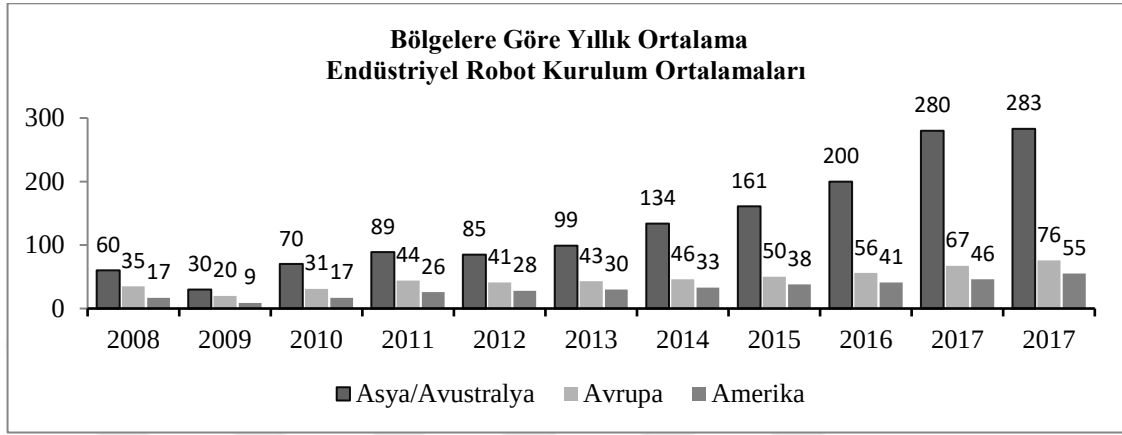
(Veriler International Federation of Robotics'ten alınmış, grafik yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Uluslararası Robot Federasyonu (2018)'nin yayınlamış olduğu rapordan elde edilen veriler aracılığıyla oluşturulan yukarıdaki grafiğe göre, dünyada endüstriyel robot kullanımı sıralaması 2018 yılında, 10.000 kişiye 831 robot sayısı ile Singapur üretimde robot kullanımının en yoğun olduğu ülkedir. Ardından Almanya, Japonya ve Güney Kore gelmektedir. Dünyada üretimde robot kullanımı ortalaması -Grafik 2'de de görüldüğü üzere- 99'dur. Endüstriyel robot kullanımı bölgesel olarak değerlendirildiğinde ise; Avrupa ortalaması 114, Amerika kıtası ortalaması ise 99 endüstriyel robottur. Buna karşın Asya, 91 ile ortalamanın altında kalmıştır. Ayrıca yıllık oran değerlendirildiğinde Çin, dünyadaki toplam robot kurulumunun %36'sını gerçekleştirmekle mevcut durumda dünyada en büyük robot pazarı konumundadır. Yine bu rapora göre robotların en çok kullanıldığı sektörler; otomotiv, elektrik ve elektronik, metal ve makine, kimya, kauçuk ve plastik sektörleridir.

Üretimde robot kullanımı gün geçtikçe artmakta, geliştirilen teknolojiler sayesinde robotlar lojistik sürecin her bir aşamasında insanlarla uyum içerisinde çalışarak etkinlik ve verimliliğin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle pek çok işletme Endüstri 4.0 altyapısı ile birlikte üretim alanında robot çalıştırmayı da vizyon olarak belirlemiştir. Ancak robot kurulum oranı ülkeden ülkeye, sektörden

sektöre göre de farklılık göstermektedir. Dünyadaki bölgelere göre yıllık endüstriyel robot kurulum oranları ise aşağıda Grafik 3’de gösterilmektedir.

Grafik 3: Bölgelere Göre Yıllık Robot Kurulum Oranları



Kaynak:(<https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> adresinden 17 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

(Veriler International Federation of Robotics’ten alınmış, grafik yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü üzere, endüstriyel alanda kullanılan robot sayısındaki en hızlı artış Asya ülkelerinde görülmektedir. Avrupa ülkelerine bakıldığında 2008 ile 2018 arasındaki on yıllık sürede iki katına, Amerika’da üç katına, Asya’da ise yaklaşık beş katına yükselmiştir.

Son yıllarda çoğu ülkede doğum oranı yavaşlamakta ya da azalmakta; buna karşın yaşlı nüfus oranı hızla artmaktadır. Günümüzde yaşlanma oranının en yüksek olduğu Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerine (nüfusun 5/1) karşın, diğer ülkelerde de bu oran yükselmektedir. 2017 yılı itibarıyla dünyada ortalama her sekiz kişiden biri 60 yaşında ya da üzerindedir. Bu oran Avrupa ve Kuzey Amerika’da nüfusun beşte birine karşılık geldiği görülmektedir. Yapılan araştırmalara göre, 2050 yılında Avrupa’nın %35’i, Kuzey Amerika’nın %28’i, Latin Amerika ve Karayipler’in %25’i, Asya’nın %24’ü, Okyanusya’nın %23 ve Afrika nüfusunun %9’nun 60 yaş üzeri nüfustan oluşacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2017, s. 7) .

Dünya’da Endüstri 4.0 gelişmelerine bakıldığında bu alandaki öncü ülkelerin Almanya, Japonya, İtalya, Amerika gibi ülkelerin olduğuna yukarıda değinilmişti. Teknoloji geliştirmede, sanayide ve sosyal yaşamın diğer alanlarında yaygın robot ve

akıllı cihaz kullanımında öncü olan bu ülkeler aynı zamanda en fazla yaşlı nüfusa^{iv} sahip olan ülkeler oldukları da görülmektedir (United Nations, 2017, s. 9).

Yaşlı nüfusundaki artış nedeniyle gelişmiş ülkelerin pek çoğu emek ihtiyacını iş gücü ithal etme yoluyla çözmeye çalışmakta, böylece genç nüfus dengesini geçici olarak sağlamaktadır. Ancak bu durum yaşlanma sürecini geçiştirmekte, kalıcı çözüm sunmamaktadır (United Nations, 2017, s. 12). Dünya Ekonomi Forumu'nun yapmış olduğu araştırma sonucuna göre; yapay zekâ, büyük veri, makine öğrenmesi, bulut bilişim, e-ticaret ve nesnelerin interneti gibi gelişmelerin önümüzdeki yıllarda yaygın olarak kullanılması öngörülen ülkeler yine bu ülkelerdir (World Economic Forum, 2018b). Bununla birlikte bahsi geçen teknolojilerin insanla ve üretim alanındaki diğer fiziksel unsurlarla etkileşim halinde çalışabilmesi için konu hakkında bilinç oluşması da kritik önem arz etmektedir.

Dünya Ekonomi Forumu'nun, farklı ülkelerde ve iş kollarında faaliyet gösteren işletmelerin insan kaynakları yöneticisi pozisyonundaki çalışanlarından toplamış olduğu verilerin analizinden elde edilen sonuçlara göre: yöneticiler büyük ölçüde yaşanan dönüşümün farkındadırlar. Bu nedenle işletmeler, geleceğin yönetim ve iş gücü planlama ile ilgili gelişmeleri yapılacaklar listelerinin üst sıralarına almışlardır. Buna karşın yakın gelecekte hem mavi yaka hem de beyaz yaka çalışanların büyük çoğunluğu mevcut işlerini kaybedecekler ya da uyum sağlamak için geliştirilen teknolojilerle ilgili eğitim almaları gerekecektir. Ayrıca günümüzde ilkökul yaşlarında olan öğrencilerin yaklaşık %65'i bugün adını dahi bilmediğimiz yeni mesleklerde çalışacaklardır; çünkü yapay zekâ, makine öğrenmesi, nesnelerin interneti, otonom robotlar, büyük veri ve üç boyutlu yazıcılar birçok meslek ve iş kolunu dönüştürecektir. Bu da, bazı iş kollarının ortadan kalkmasına ya da yeni iş kollarının oluşmasına neden olacaktır (World Economic Forum, 2016). Nitekim *Intrebrand*'ın 2019 yılının en değerli küresel markaları listesinin ilk sıralarında Apple, Google, Amazon ve Microsoft gibi; yapay zekâ, makine öğrenmesi, otonom robot, insansız araç üretimi ve yazılımlarının geliştirilmesi üzerinde çalışan

^{iv} Birleşmiş Milletlere göre yaşlı, 65 yaş üstü olarak tanımlanmıştır. (https://en.wikipedia.org/wiki/Old_age adresinden 23 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.)

markaların olması Dünya Ekonomi Forumu raporlarını destekler niteliktedir (Interbrand, 2019).

Dünya Ekonomi Forumu’nun “Geleceğin Meslekleri” adlı raporunda değerlendirdiği, önümüzdeki birkaç yıl içinde gerçekleşmesini öngördüğü olumlu ve olumsuz en önemli on gelişme aşağıda Tablo 4’de sıralanmıştır.

Tablo 4: 2022’ye Kadar İş Büyümesini Etkileyecek Olan En Önemli On Gelişme

Olumlu Etkileyecek Olan Gelişmeler	Olumsuz Etkileyecek Olan Gelişmeler
Yeni teknoloji benimsemenin artması	Artan korumacılık
Büyük veri kullanımının artması	Artan siber tehditler
Mobil internetteki gelişmeler	Hükümet politikalarındaki değişimler
Yapay zekâ çalışmalarındaki gelişmeler	İklim değişikliği etkileri
Bulut teknolojilerindeki gelişmeler	Toplumlardaki artan yaşlanma
Ulusal ekonomik büyümedeki değişimler	Yetenek göçü mevzuatındaki değişimler
Gelişmekte olan ülkelerde refahın genişlemesi	Ulusal ekonomik büyümedeki değişimler
Eğitim imkânlarının genişlemesi	Yeni nesildeki zihniyet değişikliği
Yeni enerji kaynakları ve teknolojilerindeki gelişmeler	Küresel ekonomik büyümedeki değişimler
Orta gelir grubunun genişlemesi	Yapay zekâ gelişmeleri

Kaynak: (World Economic Forum, **Future of Jobs Report**, 2018b, s. 6)

Dünya Ekonomi Forumu’nun yapmış olduğu araştırmaya göre, önümüzdeki dört yıl içerisinde (2018-2022) işletmelerin büyük çoğunluğu büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, e-ticaret, mobil internet ve yapay zekâ uygulamalarını benimseme noktasında önemli gelişmeler kaydedeceklerdir. Yeni teknolojilerin sağlayacağı gelişmeler yeni iş kollarının oluşmasına yol açarken, bu teknolojileri kullanarak işlerin geliştirilmesini sağlayacak yetenekli personel ihtiyacına da sebep olacaktır. ‘Future of Jobs’ raporuna göre yakın gelecekte; fabrika işçisi, muhasebeci, müşteri hizmetleri çalışanları, finansal analist, taksi şoförlüğü, kapıda satışçı gibi mesleklerin ortadan kalkması beklenmektedir. Bununla birlikte; büyük veri uzmanı, yapay zekâ ve makine öğrenmesi uzmanı, robot uzmanlığı, insan ve kültür uzmanlığı, dijital pazarlama uzmanı, yeni teknoloji geliştirme uzmanlığı, yazılım ve uygulama geliştirme uzmanı gibi yeni mesleklerin oluşacağı öngörülmektedir (World Economic Forum, 2018b, s. 6-9).

3.2. Türkiye’de Endüstri 4.0 Gelişmeleri

Bir önceki başlık altında Endüstri 4.0 ile ilgili dünyadaki gelişmeler değerlendirilmiştir. Bu başlık altında ise, yaşanan dönüşümle ilgili Türkiye’nin yaptığı çalışmalar, belirlediği politikalar ve yol haritasına değinilecektir.

İnsanoğlu dünyada sürekli bir gelişme kaydetmektedir. Bu gelişme teknoloji ile ilintili olarak son yıllarda hızlı bir ivme kazanmış, yalnız belirli bir ülke veya bölgeyi değil; tüm ülkeleri ve toplumları derinden etkilemektedir. Bu nedenle bütün toplumlar yaşanan gelişmeleri yakından takip etmekte, başta devletler ve işletmeler, politikalar ve süreçle ilgili yol haritaları belirlemektedirler. Türkiye de yaşanan gelişmelere kayıtsız kalmayıp, gelişmeleri yakından takip etmekte, dünyada rekabette kalmak ve devamlılığını sürdürmek adına sahip olduğu Ar-Ge kurumları ile teknoloji geliştirmeye önem vermektedir.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle hem politik hem teknolojik hem de ekonomik yönden dünyada yaşanan gelişmeleri yakından takip etmektedir. Endüstri 4.0 kavramının ilk ortaya atıldığı tarihten itibaren dünyada yaşanan gelişmelerle yakından ilgilenmektedir. Bu nedenle Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde, ilgili tüm paydaşlarla birlikte “Dijital Türkiye Yol Haritası” hazırlanmıştır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). Bunun öncesinde ise, Türkiye’nin ‘*patronlar kulübü*’ olarak bilinen Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD) öncülüğünde, The Boston Consulting Group (BCG)’un da işbirliğiyle “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0” adında bir rapor hazırlanmıştır (TÜSİAD ve BCG, 2016).

Bunların yanı sıra, ‘akıllı fabrika (smart factory)’ların kurulması ve bu dönemin üretim sektörünün yaşam biçimi olmasında, işletmelerin ve şahısların atacak oldukları adımların belirlenmesi, Endüstri 4.0 ile ilgili her türlü haber, içerik, etkinlik ve bilgi paylaşılması amacıyla internet üzerinde “Endüstri 4.0 Platformu” oluşturulmuştur (Endüstri 4.0 Platformu, 2016).

Türkiye’nin Endüstri 4.0 vizyonu sadece ekonomik etkilere ilişkin belirlenmiş olan amaçlarla sınırlı değildir. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve ilgili

paydaşların katkısı ile hazırlanmış olan “Dijital Türkiye Yol Haritası”nda: insan, teknoloji, altyapı, tedarikçiler, kullanıcılar ve yönetim olmak üzere altı bileşen belirlenmiştir. Bu bileşenlerin geliştirilmesi yoluyla uzun vadede (6-10 yıl) belirli sektör ve teknolojilerde bölgesel veya küresel lider olmak amaçlanmıştır. Yine bu plana göre, eğitim altyapısını dijital hale getirmeden gerekli yetkinliklere sahip iş gücünün yetiştirilmesi ve istihdama etki etmesinin beklenmesi mümkün değildir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 16-17).

Daha önce de bahsedildiği gibi imalat sanayinin dijitalleşmesi çok sayıda kişinin işini kaybetmesine ya da çalışmakta oldukları işlerini değiştirmelerine neden olacaktır. Türkiye gibi toplumsal cinsiyet eşitliği konusunda küresel sıralamalarda oldukça geride olan ülkelerde Endüstri 4.0 teknolojilerinin sağlayacağı otomasyon nedeniyle kadınların, erkeklere göre daha fazla işsiz kalmaları muhtemeldir. Bunun önüne geçilebilmesi için: eğitim altyapısının geliştirilmesi, teknoloji kullanıcılarının eğitilmesi, ulusal tedarikçilerin desteklenmesi ve veri altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 34-39).

Bu nedenle 2016 yılında Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’na bağlı olan Bilgi Teknolojileri Yüksek Kurulu’nun almış olduğu karara bağlı olarak TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından akıllı üretim sistemleriyle ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar ülkemizin yeni sanayi devrimindeki konumunun güçlendirilmesi ve sanayide Endüstri 4.0 dönüşümünün hızlandırılması amacıyla; yapay zekâ (artificial intelligence), siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri (big data), bulut bilişim (cloud computing) ve siber güvenlik alanlarında yürütülmektedir (TÜBİTAK, 2016, s. 3).

Üretim sektöründe son durum değerlendirildiğinde küresel değer zincirine entegre olan ve uluslararası ölçekte rekabet eden büyük ölçekli işletmeler, yerel ya da bölgesel üretim yapan küçük ve orta ölçekli işletmelere göre Endüstri 4.0 ile ilişkili teknolojiler hakkında daha yüksek bilinç düzeyine sahiptirler. Bu nedenle büyük ölçekli işletmelerin gerekli teknoloji altyapı yatırımlarını yapabilme imkânları daha yüksektir. Ancak çoğu Türk işletmesi gelişmiş ülkelerdeki rakiplerine kıyasla daha küçük olduğu için mevcut teknolojik olgunluk düzeyleri de kısıtlı kalmaktadır. Pek çok şirketin sahip olduğu makineler faydalı ömrünü on yıl önce tamamlamış

olmasına karşın hâlâ kullanılmaktadırlar. Bu nedenle akıllı sistemlerle (smart systems) bağlantı sağlanabilmesi için gerekli yatırımların yapılması gerekmektedir (TÜSİAD ve BCG, 2016, s. 47).

Günümüzde Türkiye’de ilan edilen 312 Organize Sanayi Bölgesi (OSB) olup, 2017 yılı itibariyle 177 tanesi tamamlanmış durumdadır ve ülke istihdamının yaklaşık %13’ünü karşılamaktadır. Bununla birlikte 56 tane Teknoloji Geliştirme Bölgesi (TGB) ve 893 tane de Ar-Ge merkezi bulunmaktadır. Bu merkezler Türkiye sanayisinin gelişmesi, kalkınması, yeni teknolojileri benimseme noktasında ivme kazanması amacıyla çalışmalar yürütmektedirler (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 56-60).

Bu kapsamda Endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandırmak ve paydaşlar arasında iş birliğini geliştirmek amacıyla 2016 yılında “Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu” faaliyete başlamıştır. Platformun İcra Kurulu: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Başkanlığında, TOBB, TİM, TÜSİAD, MÜSİAD, YASED ve TTGV Başkanlarından oluşmaktadır. Oluşturulan bu platform çatısı altında dönüşüme yönelik altyapı, inovasyon, dijital teknolojiler, standartlar, ileri üretim teknikleri, patent ve eğitim başlıkları altında çalışmalar yürütülmektedir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 66-67).

Türkiye’nin dijital teknolojileri geliştirmesi ve üretmesi amacıyla belirlenen yol haritası:

- Eğitim altyapısının geliştirilmesi ve nitelikli işgücünün yetiştirilmesi,
- Teknoloji ve yenilik kapasitesinin geliştirilmesi,
- Veri iletişimi altyapısının geliştirilmesi,
- Ulusal teknoloji tedarikçilerinin geliştirilmesi,
- Kullanıcıların dijital dönüşümünün desteklenmesi,
- Kurumsal yönetişimin güçlendirilmesi olmak üzere altı temel bileşenden oluşmaktadır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, s. 116-117).

Yaşanan gelişmeler ışığında, Dünya Ekonomi Forumu’nun 100 ülkeyi temel olarak hazırlamış olduğu rapora göre G20 ülkeleri, diğer ülkelere nispeten geleceğin üretim sistemlerine daha hazırlıklı oldukları, gelişen teknolojilere karşı iyimser tutum

gösterdikleri ve ilgili yatırımları yaptıkları görülmektedir. Ancak Türkiye, ülkeler arasında yapılmış olan sınıflama ve puanlamaya bakıldığında Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan öncü ve hazırlıklı ülkeler arasında değil, bu teknolojileri benimsemede geri kalmış / geleceğe yönelik riskli ülkeler arasında sınıflandırılmıştır (World Economic Forum, 2018a, s. 12-16). Aşağıda Tablo 5’de Küresel Rekabet İndeksinde ilk sıralarda yer alan ülkeler sıralanmıştır.

Tablo 5: Küresel Rekabet İndeksi Sıralaması

Sıralama	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	61.
Ülke Adı	Singapur	ABD	Hong Kong	Hollanda	İsviçre	Japonya	Almanya	İsveç	İngiltere	Türkiye

Kaynak: (World Economic Forum, **The Global Competitiveness Report**, 2019)

(Veriler Küresel Rekabet İndeksi Raporu’ndan alınmış, tablo araştırmacı tarafından düzenlenmiştir.)

Dünya Ekonomi Forumu’nun hazırlamış olduğu Küresel Rekabet İndeksi (The Global Competitiveness Index) raporunda ülkelerin altyapı, sağlık, finansal sistem, ürün ve emek pazarı, iş dinamizmi, inovasyon, pazar boyutu ve makroekonomik istikrar değişkenlerinden yararlanarak oluşturmuş olduğu sıralamada Tablo 5’de de görüldüğü gibi Güney Asya ve Avrupa ülkeleri üst sıralarda yer almaktadır. Buna karşın Türkiye 61. sırada görünmektedir (World Economic Forum, 2019). Bu sonuç, G20 ülkeleri arasında yer alan Türkiye’nin Endüstri 4.0 dönüşümü için altyapısının yeterli olmadığını göstermektedir.

Yapılan teorik ve kuramsal çalışmalar, stratejik planlar, hükümetler tarafından hazırlanan yol haritalarının yanı sıra gerek akademik gerekse sektöre yönelik uygulama araştırmaları da yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar geleceğe yönelik planlamalar yapabilmelerinde hükümetlere, şirketlerin yönetim kurulu üyelerine ve politika belirleyicilerine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle devletlerin ve üniversitelerin yapmış oldukları çalışmalara ek olarak bölgesel ticari kuruluşlar da üyelerine yol gösterici politikalar geliştirebilmeleri amacıyla çalışmalar gerçekleştirmektedirler.

Bu doğrultuda TÜBİTAK; öncü ve kritik teknolojilerden sanayicilerin yararlanabilmeleri amacıyla mevcut durumlarının tespit edilmesini ve gerekli programların geliştirilmesini amaçlamıştır. Ar-Ge çalışmaları amacıyla

TÜBİTAK'tan destek almış olan 1000 işletme üzerinde yapılmış olan araştırma sonucuna göre, örnekleme kapsayan işletmelerin %22'sinin akıllı sistem (smart system) ve yeni teknolojiler konusunda kapsamlı bilgiye sahip olduğu tespit edilmiş; farkındalığı en yüksek sektörlerin elektronik, yazılım ve malzeme alanlarında faaliyet gösteren işletmelerin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Genel anlamda ise işletmelerin mevcut durumda sahip oldukları altyapının II. Sanayi Devrimi ve III. Sanayi Devrimi arasında olduğu kanısına varılmıştır. Elde edilen veriler ışığında işletmelerin Endüstri 4.0 dönüşümüne uyum sağlamaları amacıyla yol haritası belirlenmiş; 3 teknoloji grubunda, 8 kritik teknoloji, 10 stratejik hedef ve 29 kritik ürün belirlenmiştir. Sonrasında ise sektörün önde gelenleri, akademisyenler ve uzmanların katılımıyla Endüstri 4.0 dönüşümü ile ilgili stratejik hedefler ve uygulamalar konusunda çalıştay gerçekleştirilmiştir (TÜBİTAK, 2016, s. 4-5).

TÜSİAD'ın hazırlamış olduğu rapora göre Türkiye, Endüstri 4.0 ve ilişkili teknolojileri benimseyerek; küresel rekabet gücünün artışında, küresel değer zincirinden alınan yüksek katma değerli ürünlerdeki payının artmasında ve iş gücü profiline gelişmesinde önemli ivme kazanacak, böylelikle uluslararası rekabet gücünü arttıracaktır. Bu doğrultuda TÜSİAD, Türk Sanayisinin Endüstri 4.0 farkındalık düzeyini tespit etmek amacıyla altı farklı sektörde (otomotiv ve otomotiv yan sanayisi, makine, beyaz eşya, kimya, gıda ve tekstil alanlarında) öncü 25 farklı üretici ile mülakat gerçekleştirmiştir. Bu mülakat sonucuna göre işletmelerde, Endüstri 4.0 teknolojilerine dair somut adımlar atıldığı, farklı ölçekte ve farklı olgunluk düzeyinde uygulamaların gerçekleştirildiği tespit edilmiştir (TÜSİAD ve BCG, 2016, s. 41-43).

Antalya Ticaret Odası'nın, Akdeniz Üniversitesi ve Antalya Bilim Üniversitesi'nin desteği ile yapmış olduğu araştırmada ise, nitel ve nicel yöntem desenine uygun soruları içeren bir anket formu üye sanayi kuruluşlarına uygulanmıştır. Elde edilen veriler ışığında: işletmelerin Endüstri 4.0 teknolojileri konusunda yeterli farkındalık düzeyine sahip olmadıkları, Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında yeterli bilgi ve ilgi düzeyinde olmadıkları, bu teknolojilere dair içerik geliştirebilecek ya da kullanabilecek nitelikli insan kaynağına sahip olmadıkları ve

Çalışanların ilgili teknolojilere dair ihtiyaç duyulan eğitimi st yönetimden talep etmedikleri sonucuna ulaşılmıştır (Antalya Ticaret ve Sanayi Odası, 2017).

TÜSİAD ve Antalya Ticaret Odası'nın elde etmiş olduğu sonuçlardaki çelişkinin nedeni, elde edilen veriler ışığında; TÜSİAD'ın ulusal ve küresel ölçekteki işletmeleri, Antalya Ticaret Odası'nın ise genellikle bölgesel ve ulusal alanda faaliyet gösteren işletmeleri örneklem olarak semesindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Yapılan kuramsal ve saha araştırmaları 'Yazındaki alışmalar' başlığı altında inceleneceği için bu bölümde hepsine değinilmemiştir. Yazındaki kuramsal ve saha çalışmalarının yanı sıra, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de Endüstri 4.0'ın sosyal yaşama yansımaları bulunmaktadır. Geliştirilen teknolojilerle birlikte akıllı parklar, akıllı trafik ışıkları, gömülü sensörler (embedded systems) ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojisiyle tasarlanmış akıllı evler (smart home), dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de günlük yaşama girmiştir.

Dahası, Endüstri 4.0 kavramının ilk olarak Almanya Hannover Fuarında kullanılması ile birlikte (Schwab, 2016) pek çok ülkede bilgi şöleni, konferans ve fuarlar düzenlenmiştir. Türkiye'de de 2019 yılında "Digital Impact, İstanbül Dijital Dönüşüm Fuarı ve Zirvesi" gerçekleştirilmiştir. Konuyla ilgili kamu kuruluşlarından, özel sektörden, sivil toplum kuruluşlarından, uzmanlardan ve akademiden çok sayıda katılımcı; nesnelerin interneti, yapay zekâ, 5G, robotik ve eklemeli üretimle (additive manufacturing) ilgili son gelişmeleri değerlendirmek ve iş birliklerini geliştirmek amacıyla bir araya gelmiştir (Endüstri 4.0 Platformu, 2019).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İŞLETME FONKSİYONLARINA ETKİLERİ: FARKLI SEKTÖR İŞLETMELERİNE YÖNELİK

NİTEL BİR ARAŞTIRMA

Bu bölümde; araştırmanın amacı, önemi, kısıtları ve problemleri ile ilişkili olarak öncelikle yazındaki çalışmalar değerlendirilecek; sonrasında ise kuramsal çerçeve ve yazındaki çalışmalardan elde edilen sonuçlara dayanılarak araştırma yöntemi ortaya konacaktır.

Bulgular başlığı altında ise, araştırma yöntemi alt başlığı altında açıklanan yöntemlerle toplanan “Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonları üzerindeki etkilerine yönelik örnek olaylar” değerlendirilerek mantık kuralları yardımıyla çıkarımlara gidilecektir.

4.1. Yazındaki Çalışmalar

Rüßman ve diğerleri (2015) Dördüncü Sanayi Devriminin öncüsü olarak kabul ettikleri Almanya’nın örnek vakalarından yararlanarak, Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerini ortaya koydukları bir çalışma yapmışlardır. Lasi ve diğerleri (2014)’nin çalışması da Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerine ve bu bileşenlerin geliştirilmesinde kullanılacak uygulamalara değinerek, kavramsal çerçevenin açıklıkla anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır.

Hozdic (2015)’in; modern üretim sistemleri, akıllı fabrika sistemini oluşturan siber fiziksel sistemler ve nesnelerin internetinin uygulanması konusunda teorik bir çalışması mevcuttur. Çalışmada teorik yaklaşımın yanı sıra akıllı fabrika ve modern üretim sistemlerinin sağlayacağı etkileşim ve faydalardan da bahsedilmektedir.

Alçın (2016) çalışmasında, Endüstri 4.0’ın temel ilkeleri ile akıllı fabrikaların ilişkisini ele alarak mevcut durumun genel değerlendirmesini yapmış, Almada-Lobo (2015) ise işletmelerin üretim, yönetim ve veri depolama süreçlerini önemli ölçüde etkileyecek olan siber fiziksel sistemler, merkezi olmayan yönetim, dikey bütünleşme ve bulut bilişim (cloud computing) teknolojilerinin üretimde neden olacağı etkileri kavramsal olarak değerlendirmiştir. Önerilerinde ise, işletmelerin geleceğin

teknolojileri konusunda yol haritalarını belirlemelerini ve ilgili altyapı yatırımlarını yapmalarının gerekliliğini sıralamıştır.

Wan, Cai ve Zhou (2015), Endüstri 4.0'ı destekleyen teknolojiler üzerinde kavramsal olarak durmuşlardır. Büyük veri, bulut bilişim, nesnelerin interneti, eklemeli üretim ve siber fiziksel sistemlerin sanal dünya ile gerçek dünyayı etkileşim haline getireceğini, böylece verimlilik ve üretim hızının artacağını öne sürmektedirler. Ayrıca Endüstri 4.0'ın sağlayacağı pek çok avantajı sıralarken, 'sosyal imalat' kavramını da süreçlerin bütününe ihtiva eden bir kavram olarak kullanmaktadırlar.

Kang ve diğerleri (2016), akıllı üretim sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgili olarak değerlendirilen Endüstri 4.0 bileşenleri ve ilişkili teknolojiler hakkında yapılan araştırmaları değerlendirmek amacıyla kapsamlı bir literatür çalışması yapmışlardır. Elde etmiş oldukları bulgularda Endüstri 4.0 ile ilişkili teknolojilerin ortaya çıkmış oldukları yıl ve kullanım alanları ile ilgili sıklıkları grafikler aracılığıyla ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak akıllı üretim sistemlerinin mevcut durumdaki ve gelecekteki uygulamaları ile ilgili çıkarımlarda bulunmuşlardır.

Lee ve diğerleri (2015) ise, Dördüncü Sanayi Devriminin en önemli bileşeni olan, (dönüşümün fiziksel altyapısını sağlayacak olan) Siber Fiziksel Sistemler mimarisini ve uygulama yol haritasını kavramsal olarak ortaya koymuşlardır.

Yıldız (2018)'ın, Endüstri 4.0 bileşenleri ve akıllı fabrikaların temel ilkelerine yönelik; Gabaçlı ve Uzunöz (2017)'ün ise otomotiv sektörüne etkileri üzerine odaklanmış kuramsal çalışmaları bulunmaktadır.

Yılmaz (2018) yapmış olduğu çalışmada, literatürdeki kuramsal bilgilerden yararlanarak Endüstri 4.0'ın bileşenlerinin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuş, belirlemiş olduğu hipotezlerle İzmir ve Manisa illerinde; çoğunluğu üretim işletmesi olmak üzere, çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren, orta ve büyük ölçekli işletmelerin sahip olduğu insan kaynağı aracılığıyla, Endüstri 4.0 ve ilişkili kavramlara ilişkin farkındalığın, işletme boyutu ile ilişkisi olup olmadığını ortaya koymaya çalışmıştır. Elde etmiş olduğu nicel analiz sonuçlarına göre, işletmelerin

20 (%52)'si büyük ölçekli, 18 (%32)'si orta ve küçük ölçekli işletmelerdir. Büyük ölçekli işletmelerin, orta ve küçük işletmelere göre Endüstri 4.0 ve ilişkili kavramlara olan farkındalık düzeyleri daha yüksektir. Sorulan nitel sorular aracılığıyla ise, Endüstri 4.0'ın uygulanma sürecinde karşılaşılmaması öngörülen engeller ve çözüm önerilerine ilişkin sorulara yanıt aranmıştır.

Sercan (2019) yaptığı çalışmada, belirlemiş olduğu ülkeler (Amerika, Almanya, Japonya, Güney Kore, Meksika, Türkiye) arasında Ar-Ge harcamaları, beşeri sermaye, enformasyon ve iletişim teknolojileri, Endüstri 4.0 bileşen göstergeleri, internet ve üretimde robot kullanım yoğunluğu açısından karşılaştırmalar yapmıştır. Ele alınan göstergeler ışığında Almanya, Amerika ve Japonya'nın Endüstri 4.0'ın benimsenmesi konusunda yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Türkiye ise MIST ülkeleri (Meksika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye) ile kıyaslandığında; Güney Kore'nin gerisinde, Meksika ile hemen hemen aynı seviyede, Endonezya'nın ise ilerisinde yer almıştır. Araştırma bulgularına dayanılarak yapılan öneriler arasında ise, Türkiye'nin Dördüncü Sanayi Devrimini gerçekleştirebilmesi için odak sektörler olarak belirlediği gıda ve içecek, yarı iletkenler ve elektronik, makine ve teçhizat, motorlu kara taşıtları, kimya ve ilaç sektörlerinde Ar-Ge kaynağı aktarılmasının ve beşeri sermayeye daha fazla yatırım yapılmasının gerekli olduğu öne çıkmaktadır.

Turan (2018)'nın, Endüstri 4.0'ın uluslararası ilişkiler üzerinde oluşturduğu sosyoekonomik etkileri değerlendirdiği bir çalışma; Ramizov (2019)'un ise, Endüstri 4.0'ın Türkiye ekonomisi üzerinde oluşturduğu etkiyi WEF ve uluslararası derecelendirme kuruluşlarının yayınlamış olduğu küresel rekabet ve geleceğin üretim sistemlerine hazır oluş raporları açısından ele aldığı çalışmalar bulunmaktadır.

Motly, Baronio, Uberty, Speranza ve Filippi (2017), İtalya'nın üç farklı şehirdeki üniversitelerin mühendislik bölümlerinde (Otomasyon, Yönetim, Endüstri ve Makine) öğrenim görmekte olan öğrencilerin Endüstri 4.0, dijital düşünce ve davranışları hakkında farkındalık düzeylerini ölçmek amacıyla, öğrencilerin üniversiteye başladığı yılda (2015-2016) ve ikinci yılda (2016-2017) olmak üzere iki farklı dönemde veri toplamışlardır. Elde etmiş oldukları sonuçlar ışığında öğrencilerin 3 boyutlu baskı (3D Printing), arttırılmış gerçeklik (Augmented Reality)

ve sanal gerçekliğe karşı farkındalıkları ikinci yıl artarken; akıllı fabrika (smart factory), Endüstri 4.0 ve hızlı prototipleme (rapid prototyping) gibi kavramlarda ilk yılları ikinci yıl arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Kahraman (2017)'ın, Sivas ilinde faaliyet gösteren, çeşitli alanlarda üretim ve ihracat yapan işletmelerin çalışanlarından toplamış olduğu verilerin sonuçlarına göre; çalışanlar, işletme üst yöneticilerinin Endüstri 4.0 konusunda bilgiye sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Buna karşın, çalışmakta oldukları işletmelerde yeterli düzeyde eğitsel etkinlikler yürütülmediğini, yaşanan gelişmelere ilişkin bilgilere basın ve diğer medya araçları sayesinde sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca üniversitelerin gerekli sorumluluğu üstlenmediklerini, çalışanların Endüstri 4.0 konusunda yeterli düzeyde bilgi sahibi olmaları ve gelişmelere uyum sağlayabilmeleri için işletme üst yönetimleri tarafından düzenlenecek eğitim faaliyetlerinin üniversite-sanayi işbirliği ile gerçekleştirilmesi gerektiği öne sürülmektedir.

Hermann, Pentek ve Otto (2016) ise, veri tabanlarında Endüstri 4.0 ile ilgili olarak yayınlanan çalışmalardaki nitel ve nicel metinleri analiz etmişler, Endüstri 4.0 ile birlikte kullanılan kelimeleri içerik analizi yöntemiyle kullanılma sıklığını belirlemişlerdir. Ortaya çıkan ana temaları ise Endüstri 4.0 tasarım ilkelerinin belirlenebilmesi için farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin üst düzey çalışanlarına göndererek kendi iş yerlerinde önceliklerini belirtmelerini istemişlerdir. Belirlemiş oldukları öncelikler sınıflandırılarak ana ilkeler oluşturulmuş ve uygulanabilirliği vaka analizi yöntemiyle denenmiştir.

Lom ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojilerinin akıllı şehirler (smart cities) oluşturması konusunda, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, enerji ve insanların interneti uygulamalarının sağlayacağı bağlantılılık düzeyi ve faydaları üzerinde durmuşlardır.

Roblek, Mesko ve Krapez (2016) yapmış oldukları literatür çalışmasında Endüstri 4.0'ın ve bağlantılı teknolojilerin oluşturduğu katma değer in örgütler ve toplum üzerinde oluşturduğu etki ve önemi kavramsal olarak ele almışlar, literatürdeki çalışmalardan yararlanarak nesnelerin interneti uygulamalarının

meydana getireceği bağlantılıkla; akıllı şehirler, akıllı ürünler, akıllı cihazlar, akıllı üretim sistemleri, akıllı üretici ve tüketici kavramlarının üzerinde durmuşlardır. Stock ve Seliger (2016) ise, yaşanan son gelişmeler ışığında literatürdeki kuramsal ve pratik araştırmalardan yola çıkarak Endüstri 4.0'ın; akıllı fabrikalar, süreçler, örgütler, üretim araçları, ürün ve insan unsuru açısından makro ve mikro boyutlarını değerlendirmişlerdir.

Glas ve Kleemann (2016) yaptıkları çalışmada, Endüstri 4.0 etkilerinin tedarik zinciri üzerindeki yansımalarını nitel araştırma desenine uygun olarak hazırladıkları yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla uzman görüşlerine başvurmuşlardır. Elde ettikleri bulgulara göre katılımcılar, Endüstri 4.0'ın yüksek bir potansiyele sahip olduğunu, üretim, şeffaflık, esneklik, hesap verebilirlik ve verimlilikte olumlu yönde gelişmelere neden olacağını ifade etmişlerdir. Glas ve Kleemann'a göre geleceğin iş gücü, bugünün belirli alanlarda uzmanlaşmanın aksine disiplinlerarası bilgi birikimine ihtiyaç duyacaktır. Buna karşın, Endüstri 4.0'ın söylendiği gibi etkili bir devrim / dönüşüm oluşturmayacağını öne sürenler de bulunmaktadır.

Kamber (2019) çalışmasında, Türkiye'de Endüstri 4.0 farkındalığını tespit etmek amacıyla farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerden Endüstri 4.0 ile ilgili oluşturmuş olduğu anket formu yoluyla veri toplamıştır. Elde edilen bulgulara göre işletmelerin Endüstri 4.0 geçiş sürecinde karşılaşmış oldukları en büyük sorunların başında; sermaye, nitelikli iş gücü ve teknolojik altyapı eksiklikleri öne çıkmaktadır. Araştırma hipotezlerinin analiz sonuçlarına göre, sektörler arasında Endüstri 4.0 konusunda farklı düzeyde algılama ve hazır oluş düzeyleri olduğu görülmüştür.

Sanders, Elangeswaran ve Wulfsberg (2016)'in çalışması ise Endüstri 4.0 bileşenlerinin yalın üretim sistemi üzerine sağlayacağı etkiler üzerinedir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, Endüstri 4.0'ın sağlayacağı bilgi ve iletişim teknolojilerinin yalın üretim sistemi ile uyumlu çalışması, çalışanların değer yaratmayan ve rutin olarak yaptıkları işlerden dolayı ortaya çıkan motivasyon düşüklüğünü ortadan kaldıracaktır. Rutin işlerin akıllı sistemlere devredilmesi

sonucu hata ve kayıplar daha da aza indirilecek, Kanban ve Just in Time uygulamaları daha etkili hâle gelecektir.

Ekincioğlu (2019)'nın yapmış olduğu araştırmada, lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üst yöneticileri ile yarı yapılandırılmış görüşme formu ile mülakat gerçekleştirmiştir. Alanında uzun yıllara dayanan tecrübeye sahip yöneticilerin öngörülerini Endüstri 4.0 teknolojilerinin sektöre yönelik maliyet avantajı, rekabet avantajı, verimlilik artışı, süreç iyileştirme ve iş güvenliği avantajı sağlamasına karşın; siber güvenlik, nitelikli iş gücü ve teknik altyapı eksikliklerinin de dezavantajlar olduğu öne çıkmaktadır. Elde edilen bulgulara dayanarak devlet, akademi ve özel sektörün sıkı bir iş birliği içinde eğitim ve altyapı konusunda çözüm üretmesi gerektiği önerilmektedir. Bolat (2019)'ın ise, Antalya'da lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin yöneticilerinden nitel görüşme desenine uygun olarak veri topladığı ve uzmanların görüşlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak yapmış olduğu bir çalışması mevcuttur.

Çıkıldın (2018) çalışmasında, işletme organizasyon yapısı ve kaynaklarını Endüstri 4.0 kapsamında değerlendirmeye yönelik nitel araştırma desenine uygun, derinlemesine mülakat yöntemiyle Antalya'da enerji sektöründe faaliyet gösteren iki firmanın üst düzey yöneticilerinden elde etmiş olduğu verileri değerlendirmiştir.

Metin (2019) yapmış olduğu doktora çalışmasında, Elazığ Organize Sanayi Bölgesinde farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletme çalışanlarının Endüstri 4.0 hakkındaki bilgi düzeylerini belirlemek ve içerdiği teknolojilere ne kadar hazır olduklarını ölçmek amacıyla firma yetkililerinden nicel araştırma desenine uygun anketlerle veri toplamıştır. Anketlerin analizi sonucunda Endüstri 4.0'a genel yaklaşımla ilgili sorulara verilen cevapların ortalaması "kararsızım" olarak çıkmış, düzenlemiş olduğu hipotezlerin büyük çoğunluğu da reddedilmiştir. Elde edilen sonuçlar işletme yetkililerinin Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında yeterli düzede bilgi sahibi olmadığı, altyapı açısından yeni üretim modellerine uyumlu olmadıkları ve yakın gelecekte karşılaştacakları zorluklara karşı yeterli olgunluk düzeyinde olmadıklarını ortaya koymaktadır.

Arkan (2018) ise, araştırma raporunda, bebek bezi üretimi yapan fabrikanın 2015 yılı itibari ile Endüstri 4.0 teknolojilerini içeren, ileri teknoloji ürünü makinelerin kullanılması ile birlikte üretimde yaşanan gelişmeleri vaka analizi yöntemi ile değerlendirmiştir. İşletmenin finansal raporlarından elde etmiş olduğu veriler neticesinde, Endüstri 4.0 ile uyumlu makinelerin kullanılması birim zamanda yapılan üretim miktarında artışa, hasar-kayıp maliyetlerinde ve enerji tüketiminde ise azalışa neden olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bilgin (2018) ise, Endüstri 4.0'ın Türkiye ekonomisi üzerindeki muhtemel etkilerini; iktisadi gelişme, istihdam ve dış ticaret verileri üzerinden değerlendirmiştir. Ülkeler arasında yapmış olduğu karşılaştırmalar sonucunda Türkiye'nin gerek teknoloji altyapı yatırımları gerekse planlama konusunda önemli aşamalar kaydetmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Problemin çözüm önerileri arasında ise; eğitimde temel fen bilimlerine ağırlık verilmesi, öğrencilere küçük yaşlardan itibaren kodlama eğitimi verilmesi ve üniversitelerin mühendislik bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin niteliklerinin geliştirilmesi amacıyla yapay zekâ ve veri bilimi dersleri sayılarının arttırılmasının gerektiği öne çıkmaktadır.

Karal (2019)'ın yaptığı çalışmada sırasıyla; proje yönetimi, proje yöneticisi yetkinlikleri ve Endüstri 4.0 hakkında kapsamlı bir şekilde araştırma yapılmış, yaşanan dönüşümün proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olacağı konusunda çıkarımlara gidilmiştir.

Doğan (2019)'ın yapmış olduğu araştırma ise, 2018-2019 Eğitim-Öğretim yılı güz yarıyılında Türkiye'nin dört farklı bölgesinde, dört üniversitede yer alan Mühendislik Fakültelerinin; Elektrik-Elektronik, Endüstri ve Mekatronik Mühendisliği bölümleri öğrencileri ile İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim bölümünde öğrenim görmekte olan öğrencilere yöneliktir. Araştırmacı hazırlamış olduğu anket formu aracılığıyla belirlemiş olduğu fakültelerden 472 öğrenciye ulaşmıştır. Elde etmiş olduğu verilerin analizine göre öğrencilerin Endüstri 4.0 farkındalık düzeyleri ortalamasının altında çıkmıştır.

Gebhardt, Grimm ve Maria (2015)'nin araştırmasında, Endüstri 4.0'a uyum sağlayabilmeleri için işletmelerin çalışanlarına, geliştirilen teknolojilerle ilgili

mesleki uyum eğitimleri vermeleri gerektiğini vurgulamaktadırlar. Endüstri 4.0 dönüşümüyle birlikte eskide olduğu gibi belirli bir alanda mesleki uzmanlık ve bilgi birikiminin sürdürülebilir olmadığı; üretimde ve personelde sürdürülebilir gelişme için yaşam boyu öğrenme modelinin benimsenmesinin kaçınılmaz olduğunu belirtmektedirler.

Güvener (2019) ise yapmış olduğu çalışmada, çalışanların teknolojik hazır oluş seviyelerini belirlemek amacıyla Antalya’da faaliyet gösteren bir ahşap üretim fabrikasının mavi ve beyaz yakalı çalışanlarından veri toplamıştır. Belirlemiş olduğu hipotezler; “eğitim düzeyine, iş tecrübesine, yaş grubuna ve çalıştığı bölüme göre dijital dönüşüm farkındalığı ve teknolojik hazır oluş arasında pozitif bir ilişki olduğu” yönündedir. Araştırma sonucuna göre çalışanlar teknolojiye karşı iyimser ve yenilikçi bir bakış açısına sahip olmalarına rağmen endişe ve kaygılara da sahip oldukları açıktır.

Andaç (2019)’ın yapmış olduğu çalışma ise, Avrupa’nın ekonomide ve sanayide öncü ülkeleri; İngiltere, Almanya ve Fransa’nın belirlemiş oldukları Dijital Dönüşüm Yol Haritalarının Türkiye ile karşılaştırılması üzerinedir. Ülkelerin milli gelir ve ihracat verilerinin Endüstri 4.0 dönüşümü ile ilgili olacağı varsayılarak belirledikleri sloganlar ve yol haritaları üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Ancak, araştırma hipotezlerinin açık bir şekilde belirtilmemiş olması çalışmanın amacının açıkça anlaşılamamasına neden olmaktadır.

Efeoğlu (2018) yapmış olduğu keşifsel çalışmada, Endüstri 4.0’ın sosyo-ekonomik boyutlarının şehirleşme ve yapılaşmaya getireceği yenilikleri gelecekçi (futurist) bir bakış açısıyla değerlendirmiş, yakın gelecekte şehirlerdeki yapılaşma ile ilgili önemli gelişmeler olacağını öne sürmüştür.

Erbay (2018) ise, etkili bir karar verme süreci geliştirebilmek için Endüstri 4.0 ile ilgili olarak otomotiv sektöründe tecrübesi olan uzman görüşlerine başvurmuş; elde etmiş olduğu verileri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP Modeli) ve Kalite Fonksiyon Göçerimi (QFD Modeli) modelleri kullanılarak analiz edilmesine, Karışık Tamsayılı Programlama (MIP Modeli) kullanılarak da seçilecek karar stratejilerinin en aza indirilerek, en uygun sonuçların tercih edilmesine imkân sağlayacak bir model

önerisinde bulunmuştur. Çakır (2017) ise, Dördüncü Sanayi Devrimi altyapısı ile geliştirilen akıllı üretim sisteminin uygulandığı fabrikalarda üretim etkinliği, yüksek kontrol, hızlı müdahale ve iş takibi konularında sağladığı fayda ve etkinlik üzerine bir inceleme yapmıştır.

Uçansoy (2019) yapmış olduğu araştırmada, Endüstri 4.0 dönüşümünün kurumlardaki stratejik karar almaya etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Araştırma kapsamında, “Yatırım, Finans, Lojistik, Bilişim, Telekom, Teknoloji ve Enerji” gibi önemli sektörlerde faaliyet gösteren 13 farklı kurumun üst düzey yöneticileriyle, açık uçlu sorularla nitel araştırma desenine uygun yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirmiştir. Endüstri 4.0 dönüşümünün kurumların stratejik karar verme üzerindeki etkisiyle ilgili olarak, mülakat sonuçlarından elde edilen sonuçlar; yapay zekâ ve büyük verinin sağlamış olduğu ayrıntılı veriler ve alternatif senaryolar sayesinde alınacak olan kararların etkin, hızlı ve verimli olması beklenmektedir.

Konu ile ilgili alan yazın incelendiğinde, araştırma yapılan konunun yeni olması nedeniyle pek çok çalışmanın kavramsal düzeyde olduğu görülmektedir. Ayrıca konu hakkında yapılan araştırmalar arasında Endüstri 4.0’ı oluşturan teknolojik bileşenler konusunda ortak bir kavramsal bütünlük de sağlanamadığı görülmektedir. Alan yazında görülen bir diğer eksiklik ise Endüstri 4.0 temel bileşenleri ve ilişkili teknolojilerin işletme fonksiyonları üzerinde oluşturduğu etkilere odaklanan bir çalışma yapılmamış olmasıdır.

Alan yazındaki nitel ve nicel araştırmalara dayanarak Endüstri 4.0 ile ilişkili teknolojilerin işletme fonksiyonları üzerinde oluşturacağı etkileri belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada Endüstri 4.0 teknolojileri bağımsız değişken; işletme fonksiyonları ise bağımlı değişken olarak belirlenmiştir.

4.2. Araştırma Yöntemi

Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonlarına etkileri üzerine odaklanmış olan bu çalışmada öncelikle alan yazındaki çalışmalar incelenmiş; araştırma başlıkları, içerikleri ve elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yapılan çalışmalar arasında “Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonlarına etkileri”

üzerine bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. Üretim ilişkileri açısından ele alındığında işletmelerde ve işletmelerle ilişkili olarak toplumun her kesiminde önemli etkiler oluşturan bu dönüşümün işletme fonksiyonları açısından incelenmemiş olması yaşanan gelişmeleri yakından takip edebilmek için gerekli olan eğitim programlarının geliştirilmesi ve altyapı yatırımlarının yapılabilmesi açısından eksiklik olarak görülmüştür.

Nitel araştırma desenine uygun olarak tasarlanmış olan bu çalışmada, veri toplama yöntemi olarak, amaçlı örnekleme yöntemlerinden olan tipik durum örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

Tipik durum örnekleme, yeni bir uygulamanın tanıtılması amacıyla, yeniliğin uygulandığı bir dizi durum arasından birkaç tanesinin seçilerek incelenmesi yöntemidir. Tipik durum örnekleme yöntemi kullanılarak yapılan araştırmalarda amaç, konu ile ilişkili süreçler hakkında fikir edinmek ve ortalama sonuçlara ulaşmaktır. Elde edilen sonuçlarından yola çıkılarak konuyla ilgili karşılaşılabilecek muhtemel sorunlar hakkında bakış açısı ve deneyim kazandırabilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2016, s. 120-121). Araştırmada değerlendirilecek örneklerin seçilmesinde tipik durum örnekleme yönteminin kullanılmasının amacı, Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmelerde ve işletme fonksiyonları üzerinde meydana getirdiği etkileri değerlendirebilmektir. Endüstri 4.0 ve ilişkili teknolojilerin oluşturmuş olduğu etkilerin doğru anlaşılabilmesi için olabildiğince farklı sektörden uygulama örnekleri değerlendirmeye alınmıştır. Nitekim Endüstri 4.0 ile ilgili, yaşamın hemen her alanında gözlemleyebileceğimiz pek çok uygulama bulunmaktadır. Ancak bunlar araştırmanın kapsamı dışında bırakılmış, sonraki çalışmalarda incelenmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Araştırma raporunun yazılma süreci boyunca ihtiyaç duyulduğu ölçüde nitel araştırma desenlerinden olan: gözlem, belge inceleme, uzman görüşlerine başvurma yöntemleri kullanılmış ve Mantıksal Çerçeve Yaklaşımı^v (Logical Framework Approach)'na dayalı tümdengelimci yöntem takip edilmiştir.

^vMantıksal Çerçeve Yaklaşımı PDF örneğine aşağıdaki bağlantı adresinden (linkten) ulaşılabilir. ([http://www.evropa.gov.rs/Documents/Home/DACU/Documents/Guide%20the%20LFA%20in%20PCM%20-%20final%20version%20\(draft\)%20-%207July07.pdf](http://www.evropa.gov.rs/Documents/Home/DACU/Documents/Guide%20the%20LFA%20in%20PCM%20-%20final%20version%20(draft)%20-%207July07.pdf))

Araştırmanın ‘Bulgular’ kısmında araştırma amacı ve kapsamına ilişkin; kitap, dergi, makale, süreli yayın, araştırma raporu ve internet kaynaklarında yer alan vakalar içerik analizi yöntemiyle toplanmış, yine nitel araştırma desenlerinden biri olan vaka analizi / örnek olay incelemesi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önermeler mantığı ve akıl yürütme (çıkarım) kurallarına dayanarak, eksik tümevarım (bilimsel tümevarım) yöntemiyle yorumlanmışlardır.

4.2.1. İçerik Analizi

İçerik analizinin amacı, toplanan verileri açıklayabilecek kavram ve ilişkilere ulaşmaktır. Bu anlamda, içerik analizi yöntemiyle veriler tanımlanmaya ve içlerinde saklı olabilecek gerçekler ortaya çıkarılmaya çalışılır. İçerik analizinde yapılan işlem temel olarak, birbiri arasında ilişki bulunan veriler belirli kavram ve temalar halinde bir araya getirilip yorumlanarak konu anlaşılmasına çalışılır (Yıldırım ve Şimşek, 2016, s. 242).

4.2.2. Örnek Olay İncelemesi (Vaka Analizi)

Örnek olay incelemesi, az sayıda örnek olduğu durumlarda kullanılan yöntemdir. Bir şirketi, bir grubu, bir kurumu ya da az sayıda kişi üzerinde farklı açılardan incelemeler yapılmasına imkân sağlar. Örnek olay incelemesinde seçilecek örneklem büyüklüğü araştırmacının tercihin ve ulaşmak istediği sonuçlara bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Blaxter, Hughes ve Tight, 1998, s. 66). Bu yöntemde, deneysel çalışmalarda olduğu gibi, elde edilen sonuçlar belirli bir evrene göre değil, kuramsal önermelere dayanarak genellenebilmektedir. Örnek olay çalışmalarında araştırmacının amacı, evrenden elde edilmiş örnekleme istatistiksel genellemeler yapmak yerine analitik genellemeler yaparak kuramsal önermelerde bulunmaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2016, s. 291).

Örnek olay yönteminde kişisel belgeler, hayat hikâyeleri, mektuplar vb. unsurlar örneklem olarak kullanılabilir. Yine bu yöntemle toprağa atılan bir tohumun gelişmesi ve olgunlaşarak ürün vermesi süreci de gözlemlenerek sonuçlar elde

edilebilir. Bu yöntem, gözlem ve görüşme teknikleriyle de birlikte kullanılabildiği için oldukça yaygın bir yöntemdir (Türkdoğan, 2009, s. 322).

4.2.3. Önergeler Mantığı

Önerme, iki veya daha fazla terimden oluşan, doğru veya yanlış olan hükmü bildiren sözdür. Bu anlamıyla her önerme bir cümledir, ancak her cümle bir önerme değildir. Bir cümlenin önerme olabilmesi için bir hüküm bildirmesi gerekir (Demir, 2013, s. 51). “Önerme bir hüküm olduğuna göre; bir yüklenen (özne), bir yüklenilen (yüklem) ve bu ikisi arasındaki ilişkiyi sağlayan bağ bulunmalıdır” (Öner, 1998, s. 57).

Önergelerden sonuç elde edilebilmesi için söz dizimi kurallarına uymalı ve anlam bakımından da doğru olmalıdır. Aşağıda örnek önergeler ve sonuç önermesi verilmiştir.

- **Öncül önerme:** At, inek, koyun, ... bir şeyi çiğnerken alt çenelerini oynatırlar.
- **Orta Terim:** At, inek, koyun, ... hayvandır.
- **Sonuç önermesi:** Öyleyse bütün hayvanlar bir şey çiğnerken alt çenelerini oynatırlar.

Yukarıdaki önergeler mantıkta tümevarım yöntemine örnektir. Buradan şu sonuca varılır: hiçbir önerme tek başına akıl yürütme yoluyla sonuca ulaşmak için yeterli değildir. Eğer öncül önerme yanlış ise sonuç önermesi de yanlış olacaktır (Emiroğlu, 2012).

4.2.4. Akıl Yürütme (Çıkarım)

“Genel anlamı ile akıl yürütme, aklın, verilen ve bilinenlerden yola çıkarak bilinmeyenleri elde etme çabasıdır. Akıl yürütme mevcut hükümler arasında ilişki kurarak, yeni bir hüküm elde etme sürecidir” (Emiroğlu, 2012, s. 135). Doğru bir çıkarım yapılabilmesi için öncül önergelerin doğru olması gerekmektedir. Mantık yürütmede hata yapılmassa bile yanlış önerme ve varsayımlara dayandırılan çıkarımlar araştırmacının yanlış sonuçlar elde etmesine neden olabilir. Bu nedenle

akıl yürütmede başarılı olabilmek için mantığın; özdeşlik, çelişmezlik, üçüncü halin olmazlığı ve yeter sebep ilkelerine uymak gerekir (İslamoğlu, 2002, s. 14-15).

“Üç türlü akıl yürütme yöntemi bulunmaktadır: tümdengelim (deduction), tümevarım (induction) ve analoji (analogy). Mantıklı düşünmek ve doğru sonuçlara ulaşmak için bu üç yoldan biri kullanılmalıdır” (Demir, 2013, s. 65). Araştırmanın bulgular bölümünde tümevarım yöntemi kullanılacağı için tümdengelim ve analoji yöntemleri, üzerinde durulmayacaktır.

4.2.4.1. Tümevarım

“Tümevarım, bir bütünün parçalarından yola çıkarak bütün hakkında hüküm vermektir. Bu yöntemde bütünü oluşturan parçalar incelenir ve ortak özellikleri değerlendirilerek genellemelere varılır” (İslamoğlu, 2002, s. 36). Tümevarım; tam tümevarım ve eksik tümevarım (bilimsel tümevarım/scientific induction) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tam tümevarım, bütünün tüm parçalarını inceleyerek sonuç elde etme yöntemidir. Eksik tümevarım (scientific induction) ise, bir bütünün tüm parçalarını değil de, bir kısmını inceleyerek bütün hakkında hüküm vermektir (Öner, 1998, s. 175-176). Tümevarım yönteminde kesin sonuç olmamasına karşın, bilimsel araştırmalarda genellikle eksik tümevarım yöntemi kullanılmaktadır. Tümevarım yönteminde sonuçların geçerli sayılabilmesi için değerlendirilen örnekler olabildiğince çok olmalıdır (Demir, 2013, s. 78-79).

4.3. Bulgular

Bu bölümde araştırma süresi boyunca tez, makale, internet kaynağı, haber, uygulama ve gözlem gibi çeşitli kaynaklar aracılığıyla elde edilmiş olan veriler içerik analizi ve vaka analizi yöntemleriyle incelenecek, değerlendirilen örnekler araştırma soruları doğrultusunda; mantığın akıl yürütme yöntemlerinden, eksik tümevarım (bilimsel tümevarım) yöntemi kullanılarak çıkarımlara gidilecektir.

4.3.1. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Üretim Fonksiyonuna Etkileri

1- Endüstri 4.0 teknolojileri üretim fonksiyonunu etkinlik ve verimlilik açısından nasıl etkilemektedir?

Araştırma sorusuna ilişkin örnek olaylar aşağıda sıralanmıştır:

- i. Dördüncü Sanayi Devrimi ile ilişkili teknolojilerin temel amaçları arasında üretim hatlarında ürün esnekliği ve çeşitliliğinin sağlanması yer almaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin sunmuş olduğu akıllı montaj ve baskı sistemleri bu amacı gerçekleştirerek aynı hat üzerinde birden fazla ürün üretilmesine imkân vermektedir.

Buna ilişkin örnek olay ise Vestel'in buzdolabı üretim fabrikasında gerçekleşmektedir. Vestel Buzdolabı Fabrikası Endüstri 4.0 ve akıllı fabrika vizyonu ile üretim sistemlerinde yeniliğe gitmiştir. Fabrikada AGV taşıma sistemleri^{vi}, lazer ile yarı mamul kesme robotları, ürün taşıma ve montaj robot kolları ve bilgisayar ile bütünleşik veri takip sistemleri kullanılmaya başlanan akıllı sistemlerdendir. Uygulanan robotik ve otomasyon sistemleri sayesinde kas gücü ile yapılan işlemler robotlara devredilmiştir. Uygulanan yenilikle birlikte üretim verileri dijital ortamda takip edilmeye başlanmış, ürün izleme sistemleri ile ürünü anlık olarak takip eden sistemler kurulmuştur (Duman, 2019). Bu değişim sonucunda:

- “Akıllı sistemler hatalı montajı %40 oranında azaltmıştır.
- Ürünlerde meydana gelen arıza oranını %20 azaltmıştır.
- Üretim miktarı yaklaşık 9.000’den, 13.000’e yükselmiştir.
- Bir bant üzerinde üretilen ürün sayısı günlük ortalama 3.000’den 4.500 seviyesine yükselmiştir.
- Sistemler esnek üretimi desteklediğinden bir bant üzerinde yaklaşık 50 farklı ürün üretilmektedir.”

Bu vakada görüldüğü gibi akıllı üretim sistemleri üretim sürecinde verimliliği sağlamakta, yeni alternatif ve çözümler sunmaktadır. Ayrıca akıllı sistemler hasar-

^{vi}AGV sistemleri, yeni nesil taşıma sistemlerini tanımlamaktadır. Kurulan sistem ile ürünler insana ihtiyaç duyulmadan istenilen noktaya yönlendirilebilmektedir (Duman, 2019).

kayıp maliyetlerini azaltmakta, Endüstri 4.0'ın hedefleri arasında yer alan, üretim hattında çeşitli ürünlerin üretilebilmesini mümkün kılmaktadır.

ii. Bir başka örnek olay ise sanayi robotları üreticisi Kuka Connect'e aittir.

“Kuka Connect üretmiş olduğu akıllı robotlar için bulut bilişim ve büyük veri teknolojilerini kullanarak oluşturmuş olduğu yazılım sayesinde, hem üretimdeki robotlar arasında hem de robot ve insan arasında maksimum bağlantılılığı sağlamıştır. Böylece robotlar arasında veri akışı sağlanmış ve birlikte çalışma yeteneği kazandırılmıştır. Bu yazılımlar sayesinde robotların tüm mekanik durumlarına istenilen zamanda istenilen her yerden Kuka Connect'in geliştirmiş olduğu mobil uygulama ile ulaşılabilmekte, üretimin ve robotların son durumları kontrol edilebilmektedir” (Kuka Connect, 2020).

Bu da üretim esnasında karşılaşılabilecek olumsuz durumların fabrikaya veya ilgili üretim hattına gidilmeden uzaktan müdahale edilmesine, oluşabilecek pek çok hasar-kayıp maliyetinin önüne geçilmesine imkân sağlamaktadır. Böylece üretim uzaktan kontrol edilebilmekte ve üretime kesintisiz devam edilmesi sağlanmaktadır.

Bu vaka sayesinde, üretimde akıllı sistemlerin uyumlu şekilde çalışmasını sağlayan sensörler aracılığıyla etkileşim ve iletişimin, insan ve robotların yanı sıra; robot ve robot arasında da oluştuğu görülmektedir. Böylece karşılaşılabilecek olumsuzluklara 7/24 anlık olarak müdahale edilebilecek, hatta muhtemel sorunlar daha oluşmadan tespit edilerek kontrol altına alınacaktır.

iii. “Bir diğer Endüstri 4.0 uygulama örneği ise, akıllı yazılıma sahip artırılmış gerçeklik gözlüklerinin üretim ve montaj hattında çalışan personel için yardımcı unsur olarak kullanılmasıdır” (Rüßman ve diğerleri, 2015).

Akıllı yazılıma sahip artırılmış gerçeklik gözlükleri sayesinde montaj hattında akış halinde olan yedek parçaların seçilmesi ve yerleştirilmesi için nesnelerin interneti ile birbirine bağlı makinelerden toplanmış veriler sanal akış yoluyla ilgili çalışana iletilerek, çalışanın yedek parçayı uygun yere yerleştirebilmesine ve süreci etkin şekilde takip edebilmesine yardımcı olmaktadır.

Artırılmış gerçeklik gözlükleri sayesinde üretimin her süreci etkin şekilde takip edilebilmekte, üretim sürecinde oluşması muhtemel aksaklıklara karşı

Çalışanlar gerekli bilgi ile etkin şekilde desteklenmektedirler. Bu da üretim devamlılığına ve oluşacak aksaklıklara karşı, yabancı dil desteği, tamir-bakım, nicel ve nitel veri desteği sağlayarak vakit kaybetmeden gerekli önlemlerin alınabilmesine imkân sunmaktadır. Ayrıca iş verimliliğini artırmakta ve iş akış süreçlerini kolaylaştırmaktadır. AG gözlüğü rneği aşağıda Resim 1’de gösterilmektedir.

Resim 1: Üretimde Arttırılmış Gerçeklik Gözlüğü Kullanılması



Kaynak:(<https://www.google.com.tr/search?q=augmented+reality+glasses+in+manufacturing+process> adresinden 03 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.)

Yukarıda farklı sektörlerde meydana gelen örnek olaylarda değerlendirildiği gibi, Endüstri 4.0 teknolojilerinin desteklediği üretim sistemi sayesinde hem üretim hattı, hem çalışanlar hem de yöneticiler açısından etkinlik ve verimliliğin arttığı görülmektedir. Mantiğın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek ıkarım, “Endüstri 4.0 teknolojilerinin sektörleri farklı açılardan etkilediği ve uygulanmaları sonucunda etkinlik ve verimliliği arttırdığı” yönünde olacaktır.

4.3.2. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Pazarlama Fonksiyonuna Etkileri

2- Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin pazarlama fonksiyonunun sanallaşması ve işlevselleşmesini nasıl sağlamaktadır?

“Pazarlama tarihsel olarak değerlendirildiğinde; ürün odaklı pazarlama (pazarlama 1.0), tüketicisi odaklı pazarlama (pazarlama 2.0), insan odaklı pazarlama (pazarlama 3.0), işletmeler ve müşteriler arasındaki evrimii ve evrimdişı süreçleri

birleştiren yaklaşıma ise pazarlama 4.0 denilmektedir” (Kotler, Kartajaya ve Setiawan, 2017, s. 77).

Günümüzde akıllı sensörler, gömülü sistemler, nesnelerin interneti, RFID, GSM operatörleri, arama motorları üzerinde yapılan taramalar, tıklamalar ve çevrimiçi (online) satın almalar gibi çeşitli yollarla kişilerin ilgi alanları hakkında veriler toplanmakta, toplanan veriler yapay zekâ yazılımlarıyla analiz edilerek tüketici profilleri oluşturulmakta ve buna bağlı olarak da kişiye özel indirim, yeni ürün, kampanya, ödeme kolaylığı, yardımcı ürün gibi çeşitli tutundurma araçları yoluyla, ilgili işletme ya da aracı kuruluş tarafından reklamlar iletilmektedir. Bu gelişmelerle birlikte her geçen gün pazarlamaya ilişkin yeni uygulamalar ve yöntemler geliştirilmektedir.

Pazarlama alanında farklı sektörlerde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımına örnek olaylar ise,

- i. “Ikea 2014 yılında, satışa sunmuş olduğu mobilyalara ilişkin yayınlamış olduğu ürün katalogunun sayfalarına kare kodu (QR Kodu) yerleştirerek müşterilerin satın almak istedikleri mobilyaların üç boyutlu halini göstererek, almak istedikleri mobilyanın evlerinde nasıl duracağını artırılmış gerçeklik uygulaması ile önceden deneme imkânı sunmuştur. Tüketiciler, tablet veya cep telefonu kamerasını mobilyanın konulmak istendiği yere doğru tutarak ilgili ürünü daha satın almadan, istenilen yere uygun olup olmadığını görebilmektedirler. Bu sayede müşteriler satın almak istedikleri mobilyaların taşınması ve uyumu konusundaki kaygılarından kurtulmaktadırlar” (Uyar, 2017).

Ikea’nın kullanmış olduğu uygulama örneğinden bir kare aşağıda Resim 2’de gösterilmektedir.

Resim 2: Ikea’nın Arttırılmış Gerçeklik Kullandığı Katalogundan Bir Görüntü



Kaynak: (<https://pazarlamasyon.com/artirilmis-gerceklik-ikea-apple-is-birligiyle-evinize-geliyor/> adresinden 03 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.)

Bununla birlikte, Filli Boya'nın 'Mimar Benim' uygulamasıyla kişiler boyamak istedikleri duvarların resmini akıllı cihazlarındaki uygulamaya yükleyerek çeşitli renklerin boyanmak istenen duvarda nasıl görüleceğini önceden deneyebilmektedirler (Avcıoğlu, 2017).

Böylece müşteriler akıllarından geçirdikleri pek çok alternatifi herhangi bir maliyete katlanmadan deneyebilmektedirler. Bu da pazarlamanın temel felsefesi olan müşteri memnuniyeti ve tatminini sağlamaktadır.

- ii. Pazarlamada, müşteri memnuniyeti ve tedarik zinciri yönetimi konusunda önemli değişimlere neden olacak bir diğer teknoloji ise üç boyutlu yazıcılar (3D Printers) olduğu konusunda şüphe yoktur. Nitekim bu teknoloji sayesinde ihtiyaç duyulan baskı kalıpları, yazılımlar yoluyla çok kısa sürede oluşturulabilmekte; böylece müşterinin istediği nitelikteki ürünün örneği çok kısa sürede basılarak beğenisine sunulabilmektedir. Günümüzde üç boyutlu yazıcıların eğitim, inşaat, otomotiv ve tıp olmak üzere pek çok alanda kullanım örnekleri bulunmaktadır. 3B yazıcı ve katmanlı üretim sayesinde üreticiler üretim stoklarını azaltacaklar ve güven stoku maliyetlerini ortadan kaldıracaklardır.

Buna verilebilecek örnek olay ise Adidas'ın 3B yazıcılar ile ayakkabı üretimine gitmesidir. Kullanılacak olan baskı makineleri sayesinde ayakkabı parçalarının kesilmesi ve dikilmesi süreçlerinde yaşanmakta olan zaman ve hasar-kayıp maliyetleri ortadan kalkacak, müşterilerin istediği nitelik, renk ve kalitedeki ayakkabılar, işletmenin sahip olduğu yazılımlar yoluyla bilgisayarlı üretim hatlarında eskiye göre çok daha hızlı üretebilecektir (Cheng, 2018).

Resim 3: Eklemeli Üretim Yöntemiyle Adidas'ın Ayakkabı Üretimi



Kaynak:(https://www.google.com.tr/search?q=3d+printing+shoes+producing+from+adidas&sxsrf=A_LeKk00RuQIHNHqyADQTq2nUU8pRBC2t7w:1590491847922&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwib5PPss9HpAhVoxIsKHSiICIsQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=657

adresinden 04 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.)

Yukarıda Resim 3’de, 3 Boyutlu Yazıcılarla üretim yapan Adidas’ın uygulamasına yönelik resim bulunmaktadır. Resimde de görüldüğü gibi baskı makinesi herhangi bir insan müdahalesine ihtiyaç duymadan, yazılım yoluyla tasarlanan ayakkabıyı pek çok yedek parça ürünün bir araya getirilmesine gerek kalmadan üretebilmektedir.

- iii. Endüstri 4.0’ın pazarlama üzerinde oluşturmuş olduğu etkiye bir diğer örnek ise, büyük veri (big data) kullanan şirketlerinin, müşterilerin yapmış oldukları daha önceki satın almalar, internet üzerindeki araştırmalar ve bulunmuş oldukları konumlardan elde ettikleri bulgulardan yola çıkarak; yaş grubu, cinsiyet, gelir grubu ve ilgi alanı gibi değişkenlere yönelik özelleştirilmiş reklam gönderilmesi örnek verilebilir.

Bu sayede işletmeler gazete, radyo, televizyon, duyuru tahtası (billboard) ve broşür gibi basılı ve dijital medya araçları üzerinden yapmış oldukları kitlesel reklamların neden olduğu yüksek maliyetlerden kurtularak, tüketicinin özel kullanım alanına yönelik kişiselleştirilmiş reklamlarla bilgilенmesini ve sonrasında nihai hedef olan satışların artmasını sağlamış olmaktadır.

Yukarıda farklı sektör ve uygulamaların seçilerek değerlendirildiği örnek olaylardan anlaşılacağı gibi, Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmenin pazarlama fonksiyonunu farklı açılardan etkilediği görülmektedir. Mantiğın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek çıkarım,

“pazarlamanın sanallaşması sonucunda işlevselliğinin de artacağı” yönünde olacaktır. İkinci araştırma sorusuyla ulaşılması amaçlanan “Endüstri 4.0 teknolojilerinin pazarlama fonksiyonunu nasıl sanallaştıracığı ve işlevselleştireceği” de değerlendirilen örnek olaylar sayesinde anlaşılmaktadır.

4.3.3. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Yönetim Fonksiyonuna Etkileri

3- Endüstri 4.0 teknolojilerinin yönetimin en temel dinamikleri olan insan kaynakları ve karar alma süreçleri üzerindeki etkileri nelerdir?

3a) Endüstri 4.0 teknolojileri yönetim biriminin daha hızlı, etkili, akılcı ve gerçekçi kararlar almasını nasıl etkilemektedir?

Endüstri 4.0 teknolojileri üretim ve pazarlama işlevinin yanı sıra; örgütsel yönetim ve yönetimin işlevleri ile ilgili süreçleri de doğrudan etkilemektedir. Gerek insanın yaşamsal faaliyetleri gerekse örgütlerin yönetsel etkinliklerinin sürdürülebilmesi açısından yönetimin temel görevleri arasında yer alan karar verme çok önemli yer tutmaktadır. Günümüzde insanın içinde bulunmuş olduğu fiziksel, ruhsal ve duygusal durumların etkisinde kalmadan; akılcı, gerçekçi ve en etkili kararı verebilmesi için pek çok karar verme modeli geliştirilmiş, bu modeller günlük hayatta ve iş yaşamındaki uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Aşağıda incelenen örnek olaylarla, yukarıda ifade edilen araştırma sorusu yanıtlanmaya çalışılacaktır.

- i. Endüstri 4.0'ın, işletmenin yönetim işlevi üzerinde oluşturmuş olduğu en önemli etki şüphesiz karar alma alanında etkinliğini göstermektedir. Derin öğrenme yazılımlarına sahip yapay zekâ algoritmaları, sağlık alanında önceden teşhis koymak ve tanı doğrulamak için geliştirilmektedir. Büyük veri sayesinde çok sayıda veri ve örnek olay önceden yapay zekâ robotlarına yüklenerek, günümüzde ölümcül sonuçları olan hastalıkların erken dönemde göstermiş olduğu bulgular yoluyla tespit edilerek bireye teşhis konulması daha hızlı ve kolay hale gelmektedir. Google Deepmind, IBM WatsonPaths, Oncora Medicine gibi, geliştirilen yapay zekâ algoritmaları sayesinde ileri derecede uzmanlık bilgisine sahip doktorların verebileceği isabetli karar ve

tedavi yöntemlerinin çok kısa sürede elde edilerek, teşhis konulması için gerekli tetkiklerin oluşturacağı zaman ve maliyet kayıplarının da önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Bu tanı araçları sayesinde, milyonlarca vaka ve uzman doktorların dahi öngöremedikleri ihtimallerin değerlendirilerek en doğru tanı, yüksek kesinlikte ve doğru tedavi yöntemi ile birlikte karar vericilere sunulmaktadır (Ulusoy, 2020). Dahası, kullanılan robotik uygulamalar hekimlerin işlerini kolaylaştıracak, insan gözüyle görülemeyecek lezyonların ve dikkate alınmayan diğer değişkenleri de değerlendirilerek, hatırlatma yapacak, böylece insan kaynaklı hataları en aza indireceklerdir. Günümüzde kullanılan e-sağlık sistemleri sayesinde hastanın daha önce almış olduğu tahlil sonuçları ve raporlar istenilen zamanda bir başka hekime de gösterilebilmekte, hastalar doğru hastane ve birimlere yönlendirilebilmektedirler. Yakın gelecekte ise hekim, eldeki veriler ışığında hastanın geçirmiş olduğu diğer hastalıkları da göz önünde bulundurarak yeniden tahlil, MR, tomografi, röntgen vb. almasına gerek kalmadan teşhis koyabilecektir (Koca, 2019). Böylece hasta açısından zaman kaybı, hastane açısından da oluşması muhtemel maliyet kayıplarının önüne geçilebilecektir.

Sağlık alanında yapay zekâ algoritmalarının öngöreceği sonuçlara dayanarak, gelecekte hasta olması muhtemel kişilere önceden tanı konularak günümüzün *‘hastayı iyileştirme’* odaklı sağlık sistemi yerine *‘bireyi ve toplumu sağlıklı tutma’* anlayışı hâkim olacak, kişinin kalıtsal olarak taşıdığı hastalıklar önceden tespit edilerek hasta olması beklenmeden ilgili tedavi uygulanmaya başlanacaktır. Böylece pek çok teşhis ve raporun oluşturacağı zaman kaybı ve kırtasiyecilik işleminin önüne geçilecek, hastanelerin hasta sayıları azalacak, evde bakım hizmetleri yaygınlaşacaktır.

Ayrıca giyilebilir teknolojiler sayesinde, kronik hastalığı olan ve düzenli olarak tedaviye ihtiyacı olan hastaların verileri ilgili doktor ve sağlık ekibine ulaştırılacak olan bildirimle hastaya zamanında müdahale edilmesine imkân sunacaktır. Yani Thomas Edison’un “Geleceğin hekimleri ilaç yazıp tedavi yapmayacak; diyet ve yaşam tarzının kontrolü ile hastalıkların nedenlerini ortadan

kaldırarak engelleyici bir biçimde çalışacaklardır.” görüşü gerçekleşecektir (Göktürk, 2018).

Sağlık sektöründen alınan bu örnek olayda görüldüğü gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin gerçekçi karar alma ve akılcı tedavi yöntemi uygulama konusunda etkili olduğu görülmektedir.

- ii. Geliştirilen karar verme modellerinin yanı sıra uzun yıllardır hayatımızda olan, ancak Endüstri 4.0 ile gündeme gelen ve son yıllarda; günlük hayata, işletmeye ve yönetime etkisine yönelik çok sayıda araştırma yapılan bir diğer kavram bulanık mantık (fuzzy logic) kavramıdır. Bulanık mantık; asansörler, çamaşır makineleri, aydınlatma lambaları, fotoğraf makineleri, klimalar gibi alet ve araçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantığın bir diğer boyutu ise çok değişkenli algoritmalar oluşturularak en doğru tercihin yapılmasına imkân sağlamasıdır.

Yukarıda da belirtildiği gibi günümüzde pek çok alanda kullanılan bulanık mantık, personel seçiminde ya da akademik kariyer yapmak için lisansüstü programlara başvuran öğrencilerin seçilmesi süreçlerinde de kullanılabilir. Günümüzde lisansüstü programlara yerleşme ölçütleri arasında ALES, Mezuniyet Notu, Yabancı Dil Puanı, sözlü ya da yazılı mülakat olmak üzere 4 ya da 5 ölçüt ile adaylar değerlendirilmekte, bu nedenle akademik çalışmalara yatkın pek çok aday bu ölçütlerden bazılarını yerine getiremediği için lisansüstü programlara yerleşememektedir.

Lisansüstü programlara öğrenci seçiminde değerlendirilecek ölçütler arasında adayın kılık kıyafeti, iletişim kibarlığı, teknoloji bilgisi, iş deneyimi, güncel konulara hâkimiyeti, yurtdışı deneyimi ve referans mektupları gibi değişkenlerin pek çoğu değerlendirme aşamasında göz ardı edilmekte ya da gözden kaçırılmaktadır. Oluşturulacak karar ağacı modeli ile adayın sahip olduğu nitelikler (‘çok kötü’, ‘kötü’, ‘orta’, ‘iyi’, ‘çok iyi’ vb.) gibi dilsel ifadeler ile puanlandırılıp analiz edilerek, elde edilen sonuçlarla birlikte adaylar daha ayrıntılı değerlendirilebilecek, böylece daha nesnel sonuçlarla en uygun aday seçilebilecektir (Özmen, 2019).

Endüstri 4.0 ile ilişkili teknolojilerden olan bulanık mantığın eğitim sektöründe kullanılmasına yönelik olarak verilen bu uygulama örneği; insan kaynakları birimi tarafından personel alımı süreçlerinde işe daha uygun personelin seçilmesine, stratejik karar alma süreçlerinde kullanılan uygulamaların sunmuş oldukları sayısal sonuçların bulanık mantıkla tanımlanarak dilsel ifadelere dönüştürülmesine, böylece daha anlamlı yorumlar elde edilmesine imkân sağlayacaktır.

Farklı sektörlerde kullanılan uygulama ve örnek olayların incelenmesiyle elde edilen sonuçlardan anlaşılabacağı gibi; “Endüstri 4.0 teknolojileri pek çok farklı sektörde daha etkili, nesnel ve akılcı kararlar alınmasında etkili olmaktadır”. Buradan, mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek çıkarım, yukarıda da değinildiği gibi, “gerek günlük yaşamda gerekse iş hayatında etkili, akılcı ve nesnel kararlar alınmasında Endüstri 4.0 teknolojilerinin önemli gelişmelere neden olacağı” yönündedir. Böylece yukarıda değerlendirilen örnek uygulamalar **3a** araştırma alt problemine de yanıt olmaktadır.

3b) Endüstri 4.0 teknolojileri iş ortamındaki etkinlik ve verimliliği artırırken; insan kaynakları üzerinde oluşturacağı etkiler nelerdir?

- iii. Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan kaynakları üzerinde oluşturduğu etki ise dünyaca ünlü e-ticaret devi Amazon’un depolarında sipariş hazırlama sürecinde akıllı sistemleri ve robotları kullanması örneğinde gözlemlenebilir. Amazon’un kullandığı akıllı robot teknolojisi sayesinde çalışanların, siparişin bulunduğu raflara gitmesi yerine, ilgili siparişi içeren raf, robotlar aracılığıyla paketlenme noktasına getirilerek ilgili ürünün raftan kolaylıkla alması sağlanmaktadır. Bu süreç, kare kodla (QR kod) işaretlenmiş hatlar üzerinde ilerleyen akıllı robotlar aracılığıyla sipariş edilen ürünün bulunduğu rafı alıp sipariş hazırlama noktasına getirilerek ilgili çalışanın sipariş listesindeki ürün etiketini okutması suretiyle çalışmaktadır. Amazon, kullandığı akıllı sistem, sensörler, karekod ve yapay zekâya sahip robotlar sayesinde bir milyon çeşit ürün bulunan depolarında, sipariş edilen ürünü çok kısa bir süre içerisinde paketleyerek müşteriye iletmek üzere yola çıkarmaktadır. Üstelik akıllı sistem, hazırlanan sipariş için gerekli olan karton boyutlarını da bildirerek

siparişin hazırlanması ve paketlenmesi sürecinde oluşması muhtemel zaman kaybı ve israfı da en aza indirmektedir. Bu robotlar sayesinde Amazon, depolarında ortaya çıkan kaybı %20 oranında azaltmıştır. Ayrıca emeğe olan ihtiyaç azalmış, her bir depoda ortalama 24 iş kolu ortadan kalkmıştır (Dastin, 2019; Walker, 2016, s. 12-13).^{vii}

Kullanılan yapay zekâ robotları sayesinde depolarda verimlilik ve etkinlik artmış, sipariş hazırlama süreleri kısalmıştır; buna karşın insanların yapmış olduğu pek çok iş robotlara devredilmiş, böylece insan emeğine olan ihtiyaç azalmıştır.

Bu gelişmelerin yanı sıra, Amazon 2016 yılında Prime Air ulaştırma hizmeti sayesinde insansız hava araçlarıyla (drone) ilk paket teslimini İngiltere’de gerçekleştirmiştir (Baydemir, 2018, s. 25). Amazon’un yöneticisi Wilke, geliştirmiş oldukları teknoloji sayesinde, 15 km alan içerisindeki bir teslimatı 30 dakikada gerçekleştirebileceklerini ifade etmiştir (D’Onfro, 2019).

Bu sayede kırsal alanda ulaşılması zor olan yerlere insansız hava aracı (drone) ile teslimatlar gerçekleştirilebilecek ve pek çok kargo şirketinin ortak sorun ve maliyet kaybı olarak gördüğü kırsal alanlardaki teslimatlar belirli bir merkezden akıllı hava araçları yardımıyla gerçekleştirilebilecektir. Bununla birlikte sipariş tesliminde çalışan personele ihtiyaç azalırken, diğer bir yandan bu teknolojiyi kullanabilecek, yazılım ve donanım konusunda yetkin personele de ihtiyaç duyulmaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik sektöründe kullanılmasına örnek olan bu vakadan elde edilebilecek sonuç, “akıllı sistemlerin hizmet kalitesi, etkinlik ve verimliliği artırırken, insan emeğine olan ihtiyacı azalttığı” yönündedir. Bunun da otomatikleşmeye bağlı olarak işsizlik sorunlarına neden olduğu açıktır. Buradan, mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilebilecek çıkarım, “yukarıda değerlendirilen sektörlerde olduğu gibi diğer sektörlerde de benzer teknolojilerin kullanılması etkinlik ve verimliliği arttırırken; insan emeğine olan ihtiyacı da azaltacağı” doğrultusunda olacaktır.

^{vii} Aşağıdaki linkler aracılığıyla Amazon’un depolarında kullanılan akıllı Kiva raf taşıma robotları ve iş süreçleri görülebilir.

<https://www.youtube.com/watch?v=46Jcg2iyKgM> (Erişim Tarihi: 06 Mart 2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=Ox05Bks2Q3s> (Erişim Tarihi: 06 Mart 2020)

- iv. Yapay zekâ, sensörler, akıllı takip ve karar alma sistemleri gibi teknolojik gelişmeler ışığında değerlendirebileceğimiz bir diğer gelişme ise sürücüsüz araçlar (driverless cars) dır. Günümüzde Google, Tesla, Toyota, Ford, Mercedes, Scania, Uber gibi pek çok teknoloji ve otomotiv markası geleceğin teknolojilerine yatırımlar yapmakta, sürücüsüz araç üretimi ve test sürüşleri üzerinde çalışmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014; Crowe, 2018).^{viii}

Buna karşın sürücüsüz araçlar henüz istenilen düzeyde altyapısal bir gelişme sağlayamamışlardır. Kaza durumunda, tünelde, herhangi bir nedenle GPS ya da internet bağlantısının kopması durumunda, polis kontrol noktalarında, acil durma gerekliliği olduğu durumlarda veya bir ambulansa yol verilmesi gerektiğinde vereceği yanıt net olarak kestirilememektedir ve bu konularda çalışmalar hâlâ devam etmektedir (Rouse, 2019).

Diğer bir açıdan değerlendirildiğinde ise her yıl 1 milyonun üzerinde insan trafik kazalarında hayatını kaybetmektedir. Yaşanan trafik kazaları büyük oranda (%80-90) insan ve insana bağlı hatalardan kaynaklanmaktadır. Dünya sağlık örgütü 2016 raporuna göre trafik kazaları insanların ölümüne neden olan hastalıklar/vakalar arasında sekizinci sırada yer almaktadır (World Health Organization, 2018).

Bu nedenle sürücüsüz araçlar hız ve trafik kuralları dışına çıkmadıkları için trafik kazası sayısında da önemli bir azalma olması beklenmektedir. Böylece can ve mal kaybı başta olmak üzere kaza ve yaralanmalara ilişkin tedavi, hasar-kayıp maliyeti gibi pek çok maddi kaybın da önüne geçilebilecektir. Ancak otoyollarda hizmet veren pek çok otel, restoran ve dinlenme tesisi de gelişmelerden doğrudan etkilenecek; buralarda çalışan hizmet personeline olan ihtiyaç azalacaktır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin ulaştırma sektöründe kullanılmasına yönelik değerlendirilen bu örnek olay bir diğer açıdan ele alındığında ise; tır şoförlüğü, taksi şoförlüğü, otobüs şoförlüğü gibi çok sayıda kişinin çalıştığı iş kollarında da insana

^{viii}Aşağıdaki linklerden sürücüsüz araç (self driving/driverless vehicles) deneme sürüşlerine ulaşılabilir.

<https://www.youtube.com/watch?v=s5d8xfZQySU> (Erişim Tarihi: 06 Mart 2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=tlThdr3O5Qo> (Erişim Tarihi: 06 Mart 2020)

olan ihtiyaç azalacaktır. Fiziksel iş gücüne olan ihtiyaç azalmasıyla işsizlik sorunları oluşacaktır.

Günlük yaşamda kullanılan mobil telefonlar, tabletler, akıllı saatler, giyilebilir teknolojiler, kahve robotları, dilden dile çeviri yapan tercüme programları, akıllı ev teknolojileri, akıllı ısıtma ve sulama sistemleri gibi pek çok teknoloji yaşamımızı her geçen gün daha da kolaylaştırmaktadır. Bu kolaylıklarla birlikte pek çok alanda da insan emeğine olan ihtiyaç gün geçtikçe azalmaktadır. İşletmelerin insan kaynakları birimleri yaşanan Endüstri 4.0 gelişmelerini takip edebilmek ve uygulayabilmek için yakın gelecekte daha nitelikli adaylara ihtiyaç duyacaklardır. Gelecekte iş bulabilmek için adaylarda birden çok alanda uzmanlaşma, teknolojik yatkınlık, disiplinler arası bilgi birikimi, yabancı dil, yazılım bilgisi ve iletişim kabiliyeti gibi çok sayıda niteliğin bir arada bulunması gerekecektir.

- v. İnsan kaynakları açısından değerlendirebilecek bir diğer örnek uygulama ise, sanal gerçeklik (virtual reality) veya artırılmış gerçeklik (augmented reality) uygulamasıdır. Bu uygulamanın kullanılmasıyla, işe yeni başlayan personelin eğitiminde ya da başvuru yapan adayların seçilme sürecinde, adayların fiziksel zarar görmelerinin önüne geçilebilecektir. Ayrıca, adayların pratik olarak başvurdukları işe uygun olup olmadıkları da en az maliyet ve en yüksek düzeyde iş güvenliği ilkesi temelinde gerçekleştirilebilecektir (Banger, 2017, s. 253).

Böylece işe yeni başlayan çalışanın iş ortamına daha gelmeden iş ile ilgili pek çok eğitimi almış ve uygulamaları öğrenmiş olması sağlanacaktır.

Yukarıda değerlendirilen örnek olaylardan anlaşılacağı gibi **3b** “Endüstri 4.0 teknolojileri iş ortamındaki etkinlik ve verimliliği artırırken; insan kaynağını üzerinde oluşturacağı etkiler nelerdir?” alt problemine yanıt bulunmaktadır. Mantığın akıl yürütme kurallarından olan tümevarım yöntemine dayanarak elde edilecek çıkarım, “yukarıda değerlendirilen sektörlerin dışında yaşanan gelişmelerin diğer sektörlerde de uygulanacağı, buna bağlı olarak da geleceğin işgücünü oluşturacak kişilerin kendilerini çok yönlü olarak geliştirmesi ve yaşanan gelişmeleri yakından takip etmesi” gerektiridir.

4.3.4. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Hukuk ve Ticaret Hukukuna Etkileri

4- Endüstri 4.0 teknolojilerinin getirmiş olduğu yeniliklerle birlikte hukuk ve ticaret hukuku alanlarında oluşan gelişmeler nelerdir?

Yaşamın tüm boyutlarını etkileyen Endüstri 4.0 gelişmelerinin şüphesiz hukuki boyutu da bulunmaktadır. Yapay zekâ, e-ticaret, akıllı sistemler, dronelar ve robotlar gün geçtikçe gelişmekte ve yaygınlaşarak pek çok yönüyle hayatı kolaylaştırmaktadırlar. Bununla birlikte patent hakları, veri tabanlarına erişimin kolaylaşması, küresel e-ticaret şirketleri ve blok zincir -merkezi olmayan dağıtık sistemin- sunmuş olduğu sınırlar ötesi anlık (7/24) para ve veri gönderebilme kolaylığı ticaretin gelişmesini olumlu etkilese de; bu sürecin ciddiyle değerlendirilmesi gereken bir diğer boyutu hukuk alanında meydana gelen gelişmelerdir. Nitekim oluşan idari ve hukuki boşluktan yararlanılarak gerek işletmeyi, gerek bireyleri gerekse devletleri pek çok açıdan olumsuz etkileyebilecek adımlar atılabilmektedir. Örneğin, blok zincir sistemi üzerinden yapılan işlemlerin üçüncü bir otorite tarafından kontrol edilememesi, yapay zekâ robotlarının alacağı kararların uygulanması sonrası oluşacak tehlikeli sonuçlar ya da üretim hattında insanlarla birlikte çalışan akıllı robotun kontrolden çıkması sonucu oluşabilecek yaralanmalar ve mali kayıplar sonucunda kimin sorumlu olacağı hukuki olarak henüz bir karara bağlanmış değildir. Ayrıca robotların vergi ve sigorta sistemlerine tabi olup olmayacakları, yapay zekâ robotunun yargılaması veya savunma yapması, patent ve fikri mülkiyet hakkı gibi pek çok konu da soru işareti olarak karşımızda durmaktadır. Aşağıda incelenecek olan örnek olaylar yukarıda ifade edilen endişeleri gözler önüne sermektedir.

- i. “2015 yılında Amerika’da araba yedek parçası üreten bir atölyede montaj hattında çalışan robotun bulunmaması gereken bir bölüme geçerek bir çalışanın kafasına indirdiği yedek parça sonucu kişinin ölümüyle sonuçlanmış bir iş kazası ortaya çıkmıştır. Olay ilk başta mahkeme tarafından bir iş kazası olarak değerlendirilerek dosya kapatılmıştır. Ancak ölen kişinin eşinin mahkeme kararına itiraz ederek, robotun üretilmesi süreci ile ilişkisi olan firmalara dava açmıştır” (Agerholm, 2017).

Otomotiv sektöründe gerçekleşmiş olan bu vakada görüldüğü gibi hukuki anlamda bir boşluk bulunmaktadır. Robotun bulunmaması gereken birime giderek bir kişinin ölümüne neden olması; yönetim, diğer çalışanlar ve çevre açısından öngörülebilir ve öngörülemez çok büyük riskler oluşturmaktadır. Hukuki açıdan ise oluşan zarar veya suçlardan robotun yazılımını hazırlayan mı, periyodik bakımını yapan teknik ekip mi, satışını yapan işletme mi ya da gerekli önlemleri almayan işyeri yetkilileri mi sorumlu olacağı konusunda hukuki boşluk bulunmaktadır.

- ii. Endüstri 4.0'ın ilişkili kavramlarından olan, son yıllarda en çok tartışılan gelişmelerinden biri de **Blockchain (blok zincir)** sistemidir. Bu sistem bitcoin, ethereum gibi sanal paralar ve akıllı sözleşmelerle (smart contracts) gündeme gelmiş ve yaygınlaşmıştır. Ancak, blok zincir sistemi bunların çok daha ötesinde; evlilikten nüfus kaydına, bankacılıktan telif hakkına, muhasebe kaydından oy kullanmaya kadar günlük yaşamın her alanında kullanılması mümkündür. Blok zincir, sahip olduğu dağıtık sistemle merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan işlem yapılmasına, işlemin doğrulanmasına, kayıtların değiştirilmeden, güvenli ve kalıcı şekilde muhafaza edilmesine imkân sağlayan teknolojinin adıdır (Ganne, 2018, s. 1-2). Buna karşın; devlet, sigorta kurumu, banka, noter, komisyoncu gibi aracı bir kişi ya da kuruma garantör olarak ihtiyaç duymamasından dolayı pek çok devlet bu sistemle ilgili yasal düzenlemeleri yapmamış ve yapılan pek çok işlemi henüz geçerli kabul etmemektedir.

Blok zincirin kapsadığı uygulamalar, ulusal ve uluslararası ticaretin hızlanmasını, gümrük işlemlerini, ödemeleri, vergiler ve diğer kayıtlara ilişkin işlemleri kolaylaştırmaktadır. Ayrıca nesnelerin interneti teknolojisi ile akıllı sözleşmeler arasında oluşturulacak anlık ileti gönderimi sayesinde ürünlere ve süreçlere ilişkin kayıtları, işlemin tarafları anlık olarak takip edilebilecektir. Bununla birlikte akıllı sözleşmeler (if..., then...) sistemi ile çalıştıkları için, Nİ uygulamalarının sağladığı bağlantılılık sayesinde değişen koşullara göre anlaşma şartlarını anlık güncelleyebilecektir (Ganne, 2018, s. 13-17).

Buna ilişkin önemli bir adım Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı tarafından atılmış, Türkiye'nin önde gelen sanayi, iletişim ve finans kurumlarının da arasında bulunduğu Blok zincir Türkiye Platformu'nun ilk kamu üyesi olarak Ticaret Bakanlığı yer almıştır.

Ticaret bakanı Ruhsar Pekcan, “artık farklı kurumların benzer testler istemesi nedeniyle yaşanan kayıpların önüne geçileceğini, Blok zincir teknolojisinin uluslararası ticarette birçok bürokratik engeli kaldırarak çözümleri sunacağını, ülkeler arası mevzuat farklılıkları, belgelerin standart olmaması ve sahtecilik gibi birçok sorunu çözüme kavuşturacağını” savunmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2020).

- iii. Bir diğer önemli örnek olay ise, sigortacılık sektöründe faaliyet gösteren Axa sigorta şirketinin blok zincir üzerinde başlattığı *'fizzy'* uygulamasıdır. Bu uygulama ile akıllı sözleşme, bağlı olduğu küresel havacılık veritabanından sağladığı bilgilere dayanarak sigortalı müşterinin uçuşunun iki saat ertelenmesi durumunda herhangi bir başvuruya gerek duymadan çok kısa bir süre içerisinde bilet tazminatını sözleşme sahibinin hesabına iletmektedir (Axa, 2017).

Örnek vakalardan anlaşılacağı üzere blok zincir uygulaması gerek kamu kurumları gerekse özel şirketler tarafından kullanıldığına dair uygulamalar bulunmaktadır. Bununla birlikte; yasal olarak borçlu olan birine para gönderildiğinde, ticari olarak ambargo uygulanan bir ülke veya işletmeye akıllı sözleşme yoluyla ya da blok zincir sistemi üzerindeki herhangi bir sanal para ile ödeme yapılması durumunda şahsın ya da şirketin ne gibi sorumlulukları doğacaktır? Günümüzde kullanılan teslim ve ödeme şekillerine ilişkin usul ve esaslarına dayanılarak uygulanan hukuki yaptırımların blok zincir açısından ne gibi bağlayıcılığı olacaktır? Blok zincir uygulamasını hukuki olarak tanımayan ülkelerle yapılacak ticarette olası sorunlara karşı hangi ülkenin kanunları geçerli sayılacaktır? Bu sistem üzerinde tutulan muhasebe kayıtları ya da elde edilen gelirlerin, kişinin bir yakınına veya bağlı bulunduğu kuruluşun hesabına aktarılması sonucu vergi kaçırma gibi usulsüz işlerin tespitinin nasıl sağlanacağı gibi pek çok soru ticaret hukuku ve hukukçular tarafından yanıtlanması gereken sorular arasında yer almaktadır.

Yukarıda incelenen örnek olaylar “Endüstri 4.0 teknolojilerinin getirmiş olduğu yeniliklerle birlikte hukuk ve ticaret hukuku alanlarında oluşan gelişmeler

nelerdir?” araştırma alt problemi açısından değerlendirilmiştir. Görüldüğü üzere, pek çok farklı sektörde kullanılan uygulamalar artık toplumun bütününe etkileyen sonuçlar doğurmaktadır. Buradan hareketle mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak yapılacak çıkarım, “geliştirilen teknolojilerin hukuk alanında neden olduğu sorunların çözüme kavuşturulabilmesi için hukuki düzenlemelere gidilmesi ve kanunlarda yer alan boşlukların doldurulması gerektiği” yönündedir.

4.3.5. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Muhasebe ve Finans Fonksiyonuna Etkileri

5- Endüstri 4.0 teknolojilerinin muhasebe ve finans alanına getireceği yenilikler nelerdir ve etkili çalışma nasıl sağlanmaktadır?

Her geçen gün pek çok yeni uygulaması görülmekte olan Endüstri 4.0 teknolojilerinin, bireyleri ve örgütleri yakından ilgilendiren bir diğer boyutu ise muhasebe ve finans alanındaki gelişmelerdir. Uzun yıllardır alışıla gelen, masa başı işler olarak bilenen muhasebecilik, kütüphanecilik, sigortacılık ve danışmanlık gibi pek çok iş kolu da otomasyon sistemleri ve akıllı sistemlerin etkisiyle tahmin edildiğinden daha hızlı otomatikleşmekte, kısmen ya da tamamen insanın yerini bilişsel teknolojiler almaktadır (Schwab, 2016, s. 39). Bu nedenle pek çok iş kolu yok olmakla yüz yüze kalmaktadır. Bulut bilişim, yapay zekâ, bulanık mantık, büyük veri ve analiz yöntemleri çok büyük boyutlardaki veriyi analiz etme ve sınıflandırma konusunda onlarca kişinin yapabileceğinden çok daha hızlı ve hatasız yapabilmekte, elde edilen bulguları çok kısa zaman dilimi içerisinde analiz ederek ilgili konuda alınacak kararlar doğrultusunda nitel veriye dönüştürerek yetkililere sunabilmektedir. Bu nedenle başta bankacılık olmak üzere, portföy yöneticiliği, muhasebecilik ve çeşitli alanlarda danışmanlık hizmeti veren kuruluşların çalışanları işlerini kaybetme konusunda oldukça kaygılıdırlar. Nitekim günümüzde kullanılan ATM’ler ve çevrimiçi (online) bankacılık işlemleri sayesinde, önceleri işlem yapabilmek için saatlerce sırada beklemek gerekirken, artık yapılmak istenen işlemler günün herhangi bir saatinde ve istenilen herhangi bir yerden sadece internet bağlantısı ve birkaç tıklama ile gerçekleştirilebilmektedir.

İşletmenin muhasebe ve finans işlevi hakkındaki örnek olaylar aşağıda sıralanmıştır.

- i. Günümüzde milyonlarca finansal işlem bankalar aracılığıyla yapılmaktadır. Bu işlemleri çok kısa sürede analiz ederek sınıflandıran ve müşterilere kişiselleştirilmiş hizmetler sunan yapay zekâ robotları hem bankaların iş yükünü hem de çalışanların yapmış oldukları pek çok kırtasiyecilik işlemini en aza indirerek iş süreçlerini kısaltmakta ve kolaylaştırmaktadır. Sesli mobil asistan ve robo-danışman gibi uygulamalar günümüzde yaygın olarak kullanılan yapay zekâ uygulamalarındandır. Yapay zekâ bankacılık uygulamalarının örneklerinden biri Garanti BBVA Mobil üzerinden hizmet sunan yapay zekâ mobil asistanı ‘Ugi’dir.^{ix} Ugi; hesap işlemleri, para transferleri, ödemeler, döviz alım-satımı gibi birçok başlıktaki işlemi yapmada tıpkı müşteri temsilcileri gibi destek sağlayan mobil asistandır ve doğal konuşmaları anlayabilmektedir. Basit sorularla işlem yapmaya imkân sağlamasının yanı sıra, tamamen kişiye özel ürünleri ya da içerikleri barındıran cümlelerle de ihtiyaçları kolayca sorgulama olanağı tanımaktadır.

Ayrıca yaygın olarak kullanılan yapay zekâ yazılım örneği olan chatbot’lar, müşteri hizmetleri birimindeki çalışanların iş yükünü önemli ölçüde azaltmakla birlikte, kullanıcıların yapmak istedikleri işlemler hakkında kolaylıklar sağlamaktadır. Aynı zamanda 7/24 hizmet sunarak kullanıcı deneyimini iyileştirmede önemli bir göreve sahip olan chatbot’lar; müşterilerle olan etkileşimlerinden öğrenerek karmaşık sorunları kısa sürede çözüme kavuşturabilmekte ve bu süreçte de, öğrendiklerinden yola çıkarak çözüm yöntemlerini sürekli geliştirmektedir. Garanti Bankası’nın yapay zekâ robotu uygulaması sayesinde maliyetlerden ve zamandan dikkate değer tasarruf, müşteri memnuniyetinde ise artış yaşanmaktadır. Ayrıca çalışanların iş yükü ve dolandırıcılığa ilişkin vakalar azalmış, müşterilere verilen hizmet kalitesi yükselmiştir (Garanti BBVA, 2019).

Yukarıdaki örnek olayda da görüldüğü gibi yapay zekâ ve makine öğrenmesi (machine learning) teknolojileri bankacılıkta oldukça etkili çözümler ortaya koymakta, araştırma sorusuyla ulaşılması amaçlanan “zaman ve maliyet tasarrufunun nasıl sağlanacağı, müşterilere ve çalışanlara daha verimli çalışabilmeleri için ne gibi çözüm önerileri sunabileceği” konusunda çözüm önerileri sunmaktadır.

^{ix}**Ugi**, Garanti bankasının çevrimiçi (online) banka uygulamasında sesli komutlarla işlem yapmamıza yardım eden yapay zekâ robotudur. Ugi hakkında daha ayrıntılı bilgi için aşağıdaki bağlantı adresi link) incelenebilir (<https://mediacat.com/garanti-bankasinin-yapay-zekasi-ugiyile-tanisin/> Erişim Tarihi: 11 Mart 2020).

- ii. Finans sektöründe önemli değişikliklere neden olan bir diğer uygulama ise borsalarda işlem gören tahvil, hisse senedi, döviz, altın ve diğer kıymetli madenler gibi çok çeşitli yatırım aracının fiyatlanması, satılması ya da satın alınması sürecinde yapay zekâ uygulamasının kullanılmasıdır.

Borsa işlemlerinde kullanılan yapay zekâ robotları, piyasada yapılan milyonlarca işlemi çok kısa sürede analiz ederek en kazançlı yatırım aracını belirleyebilmekte ve en doğru kararların alınabilmesi için kullanıcıya çeşitli senaryo ve stratejiler sunabilmektedir. Bu nedenle borsada işlem yapmak için başvuru alan finansal kurumlar ve danışmanlar gibi araçların ortadan kalkması muhtemeldir. Ernest ve Young şirketinin raporuna göre, özellikle büyük ölçekli finans kurumlarında kullanılan yapay zekâ algoritmaları sayesinde müşterilerin daha önce kullanmış oldukları kredilerin taksitlerini zamanında ödeyip ödemedikleri, alıp satmış oldukları yatırım araçları ve ilgilenmiş oldukları hisselerin ait olduğu şirketlere yönelik bilgiler elde edilebilmektedir. Ayrıca kullanılan yapay zekâ algoritmaları gayrimenkuller ve kıymetli madenlere ilişkin çok çeşitli veriyi değerlendirerek kişiler hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Böylece yapay zekâ, elde edilen bu bilgilere dayanarak kişilerin karakteristik özelliklerini ortaya çıkararak; kişinin talep etmiş olduğu kredi tutarının kabul edilebilir olup olmadığı, alması beklenen hisseleri ya da kredileri ödeyip ödeyemeyeceği konusunda önceden tahminlere gidebilmektedir (Coşkun ve Alp, 2018, s. 56-62). Bu konuya ilişkin olarak Borsa İstanbul'da yatırım yapmak isteyenlere yardımcı olacak bir yapay zekâ yazılımı üzerinde çalışılmaktadır. Geliştirilecek bu yazılım, BIST (Borsa İstanbul)'de işlem yapmak isteyen yatırımcıları alım satım yapması konusunda uyarabilecek ya da verilen komuta bağlı olarak otomatik işlem yapabilecektir. Böylece varlık yönetimi, piyasalarda yer alan diğer yatırım araçlarına farkındalık ve karşılaştırmalı performans analizi gibi konularda yatırımcılar yapay zekâ yazılımları ile destekleneceklerdir (Yurdakul, 2018).

- iii. Endüstri 4.0 çatısı altında gündeme gelen bir diğer uygulama ise muhasebe alanında bulut bilişim (cloud computing) uygulamalarının kullanılmaya

başlanmasıdır. Bulut katmanında; yazılım hizmeti (Software as a Service), platform hizmeti (Platform as a Service) ve altyapı hizmeti (Infrastructure as a Service) olmak üzere üç alt bulut bilişim tipi bulunmaktadır (Wang ve diğerleri, 2016, s. 4). Bulut bilişim muhasebe alanında; istenilen belgeye istenilen herhangi bir yerden erişilebilmesiyle esneklik, bulut sistemindeki yedekli çalışan sistemler sayesinde veri kaybı ve sistemde oluşabilecek aksaklıkları en aza indirerek güvenilirlik ve süreklilik sağlamaktadır (Elitaş ve Özdemir, 2014, s. 100). Böylece, coğrafi engelleri ortadan kaldırmakta, dosyalar halinde arşivlenmiş büyük miktardaki veriyi, oluşabilecek bir doğal afet, kaybolma ya da herhangi bir dış etkenin neden olacağı zarara karşı korumaya almakta, muhasebecinin ofise bağımlı çalışmasını da önemli ölçüde ortadan kaldırmaktadır.

Aşağıda Tablo 6’da klasik muhasebe uygulamaları ile bulut bilişim tabanlı muhasebe uygulamalarının karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 6: Klasik ve Bulut Bilişim Tabanlı
Muhasebe Uygulamalarının Karşılaştırılması

Klasik Muhasebe Programları	Bulut Tabanlı Muhasebe Programları
Veriler elle girilir.	Veriler otomatik olarak girilebilir.
Sisteme uzaktan erişim bulunmamaktadır.	Sisteme 7/24 erişilebilmektedir.
Kurulum ve güncelleme elle gerçekleşir.	İlgili güncellemeler bulut sisteminden uzaktan erişimle gerçekleşir.
İşyeri dışında bağımsız çalışma imkânı yoktur.	İş yeri dışında çevrimiçi olarak çalışmaya imkân sağlar.
Yedekleme fiziksel arşivlerde gerçekleşir.	Belgelerin yedeklemesi hem bulut sisteminde hem de fiziksel arşivlerde yapılabilir.
Mevzuat değişiklikleri bireysel olarak takip edilir.	Mevzuata ilişkin değişiklikler bulut sisteminden takip edilir.
Beyannameler elle doldurulur ve gönderilir.	Beyannameler çevrimiçi doldurulup zamanında gönderilir.
İşlemlerde zaman kayıpları yaşanabilir.	İşlemler web tabanlı olduğu için en az zaman kaybı ile gerçekleşir.

Yetkililerin finansal verilere istedikleri yerden erişimi mümkün değildir.	Yetkililer finansal verilere istedikleri zaman uzaktan erişebilirler.
Mali müşavir ve müşteri işletmeler arasında sürekli iletişim yoktur.	Mali müşavir ve müşteri işletmeler arasında web tabanlı iletişim mevcuttur.

Kaynak: (Elitaş ve Özdemir, 2014, **Bulut Bilişim ve Muhasebede Kullanımı**, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, s. 103-104)

Tablo 6’da görüldüğü gibi bulut tabanlı muhasebe uygulamaları gerek zaman, gerek kırtasiyecilik işlemleri gerekse taraflar arasındaki iletişim açısından faydalar sağlamaktadır. Birden fazla şubesi olan müşavirlik ofisleri ve ulusal ya da küresel faaliyet gösteren işletmelerin muhasebe işlemleri sınırlar ötesinden çevrimiçi erişim yoluyla istenilen kayıda istenilen her yerden erişilerek gerekli işlem yapılabilir ve kontrol edilebilecektir.

- iv. Muhasebe ve finans alanında önemli gelişmeler sunan bir diğer teknoloji, merkezi olmayan dağıtık sistem (decentralized system) olarak bilinen blok zincir (blockchain) sistemidir. Başlangıçta sanal paralar (crypto currencies) ile bilinirlik kazanan blok zincir teknolojisi, tapu kayıtlarından tedarik zincirine, akıllı sözleşme ve diğer finansal işlemlerden oy kullanmaya kadar günlük hayatta işlem yapmak için başvurmak durumunda kaldığımız tüm aracı kuruluşları ortadan kaldıran; sahip olduğu dağıtık sistem ve üzerinde yapılan işlem kayıtlarının silinememesi özelliğiyle muhasebede de önemli yenilikler getirmesi ön görülen, Endüstri 4.0 çatısı altında gündemde olan bir diğer teknolojik gelişmedir (Özdoğan ve Karğın, 2018, s. 163).

Yukarıda değerlendirilen örnek olaylar “Endüstri 4.0 teknolojilerinin muhasebe ve finans alanına getireceği yenilikler nelerdir ve etkili çalışma nasıl sağlanmaktadır?” araştırma alt problemine yanıt bulmak amacıyla değerlendirilmiştir. Mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek çıkarım, “Endüstri 4.0’ın sunmuş olduğu teknolojiler sayesinde muhasebe-finance alanında meydana gelen yenilikler pek çok sektörü etkilemekte ve yenilikler getirmektedir. Ayrıca kullanılan sistemlerin etkinliği artarak müşteri memnuniyetinin artırılması ve 7/24 işlem yapabilme imkânı

sağlanmaktadır. Bu nedenle sadece küresel boyutta faaliyet gösteren işletmeler değil, bölgesel faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmeler de muhasebe finans alanındaki bu gelişmelere uygun teknoloji ve insan kaynağı altyapılarını güncellemeleri gerektiği” yönündedir.

4.3.6. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Sayısal Yöntemlere Etkileri

6- Endüstri 4.0 teknolojilerinin, işletmenin sayısal yöntemler fonksiyonu tarafından üretim ve iş süreçlerinde en uygun alternatiflerin belirlenebilmesi için sunduğu çözümler nelerdir?

İnternetin akademik ve askeri önceliklerle kullanılmasından sonra ticari ve sosyal amaçlar doğrultusunda kullanılmaya başlanması ile birlikte örgütler, örgütlerin sahip olduğu üyeler ve yapmış oldukları işler de sanal ortamlarla tanışmaya başlamışlardır. İnternetin gelişmesi ve günlük yaşamın her alanında kullanılması yirmi yıl gibi çok kısa bir sürede devrimsel sonuçlar doğurmuştur. İnternet sayesinde artık işler geçmişe göre daha hızlı yapılmakta, işlemler kayıt altına alınmakta, verilerin paylaşılabilişliği ve saklanması etkin şekilde sağlanabilmektedir. Geçmişte büyük sermaye ve insan kaynağıyla yapılan pek çok iş artık bir yazılımcının oluşturduğu uygulama yardımıyla çok büyük kitlelere ulaşabilmekte, büyük sermaye ve insan kaynağına ihtiyaç duyulmadan yürütülebilmektedir.

Aşağıdaki örnek uygulamalar “Endüstri 4.0 teknolojilerinin, işletmenin sayısal yöntemler fonksiyonu tarafından üretim ve iş süreçlerinde en uygun alternatiflerin belirlenebilmesi için sunduğu çözümler nelerdir?” araştırma alt problemine yanıt aramak amacıyla değerlendirilecektir.

- i. “Örneğin dünyanın en büyük sosyal ağı olan Facebook’un aylık aktif kullanıcı sayısı 2.5 milyar kişidir. Bu sayı Facebook’un sunmuş olduğu (watsapp, instagram, messenger) gibi uygulamalarla 2.9 milyar kişiyi bulmaktadır” (Clement, 2020). Bu haliyle Facebook dünyanın en büyük sanal ülkesi konumundadır. Sahip olduğu bu nüfusla reklamdan eğitime, seçim öncesi oylamalardan ikinci el ürün tanıtımına kadar gerçek dünyada yapılan pek çok faaliyeti de içerisinde barındırmaktadır. Bu da sahip olduğu yapay

zekâ ve büyük veri analitikleri uygulamaları sayesinde farklı dilden ve ülkeden kullanıcılar arasında çevrimiçi erişim ve etkileşimi sağlamaktadır.

Ayrıca günümüzde kendisine ait fiziksel dersliği olmayan; ancak dünyanın her yerinden yüz binlerce öğrencisi ve eğitimcisi olan, uzaktan öğrenme ve çevrimiçi (online) eğitim platformu olarak gönüllüler aracılığıyla faaliyetlerine devam eden, çeşitli konularda her gün yüzlerce içerik üretip Youtube kanalında ve resmi sitesinde paylaşarak herhangi bir ücret talep etmeksizin ‘kar amacı gütmeyen kuruluş’ adı altında faaliyet gösteren Khan Academy faaliyetlerine devam etmekte ve her geçen gün daha fazla takipçiye ulaşmaktadır (<https://www.khanacademy.org/about>).

Bununla birlikte turizm ve konaklama kolaylığı sağlama açısından; Booking.com, Trivago, Airbnb ve hostelworld.com gibi site ve uygulamalar da arama yapılan konumda kendilerine ait gayrimenkulleri bulunmamasına rağmen yüz binlerce kiralık ev, oda, misafırhane ya da otel gibi konaklama imkânlarını çok kısa bir süre içerisinde bulup; fiyat, konum, konaklayacak kişi sayısı ve diğer kolaylıklar açısından filtreleyerek alternatifleri tercihimize sunmaktadırlar. Bununla birlikte dünyaca ünlü Uber ulaşım uygulamasının da, ne on binlerce şoförü ne de araç filosu bulunmaktadır. Sağlamış olduğu uygulama hizmetiyle araç sahibi ve yolcuyu bir araya getirerek dünyanın hemen her yerinde kullanıcıların ulaşım ihtiyaçlarını karşılamalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca uygulamayı kullananların, şoförün tutumu ve araçla ilgili puanlama yapmasını sağlayan bir denetim ve cezalandırma sistemini de bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen bu uygulamalar sağlamış oldukları hizmet karşılığı olarak da komisyon almaktadırlar.

Yukarıda değerlendirilen örnek uygulamalar büyük veri ve analitikler yardımıyla gerekli filtrelemeleri yaparak bütçe ve beklentilere en uygun kararların alınabilmesi için alternatif tercihleri sıralamaktadır. Değerlendirilen örnek uygulamalar turizm ve ulaştırma alanında olduğu gibi diğer sektörlerde de kullanılabilir. Buradan elde edilecek çıkarım, “Endüstri 4.0 teknolojilerinin karar alırken on binlerce alternatifi tek bir tıklama ile sınırlandırıp değerlendirme dışına çıkartarak en iyi tercihin en kısa sürede seçilebilmesine yardımcı olmasıdır.”

- ii. Endüstri 4.0; nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler ve sensörler gibi teknolojilerin üretim süreçlerine dâhil edilmesi ile birlikte üretim miktarında ve niteliğinde artış sağlanacağını öne sürmektedir. Akıllı sistemlerin sahip olduğu yazılımlar, sensörler yardımıyla toplanan verileri işleyerek verimli ve etkin bir üretim için gerekli olan bilgi ve yeteneğe dönüştürmektedirler.

Aşağıdaki tablolarda Pine bebek bezi üretim fabrikasında üretim hattında kullanılan makinelerin özellikleri verilmiştir. Tablolardaki veriler karşılaştırıldığında Endüstri 4.0 ile uyumlu makinelere geçilmesi sonucunda gerek üretim verimliliğinde gerekse üretim hızında artış gözlemlenmektedir.

Tablo 7: Pine Bebek Bezi Fabrikası Klasik Makine Model Özellikleri		Tablo 8: Pine Bebek Bezi Fabrikası Endüstri 4.0 İle Uyumlu Makine Model Özellikleri	
Menşesi	Çin	Menşesi	İtalya
Üretim Hızı	200 adet/dk (max.)	Üretim Hızı	500 adet/dk (max.)
Üretim Çeşidi	Mini-Midi-Maxi-Junior	Üretim Çeşidi	NB-Mini-Midi-Maxi-Junior
Üretim Tipi	Klasik Tip	Üretim Tipi	Side Panel (Endüstri 4.0)
Iskarta Oranı	%5	Iskarta Oranı	%2
Üretim Verimliliği	%65-75	Üretim Verimliliği	%85-90

Endüstri 4.0 ile uyumlu makinelerin kullanılmaya başlanması sonrasında işletmenin üç aylık finansal raporları incelenmiş ve üretimde olumlu yönde bir artış gözlemlenmiştir. Buna göre (Arkan, 2018):

- “Eski sistemde hasar-kayıp oranı (üç aylık süreçte) %4,65 iken; yeni sistemde %2. 07’ye düşmüştür. Klasik üretim sisteminde kullanılan enerjinin çok büyük bir kısmı ısı olarak kaybedilmektedir. Yeni sistemde ağırlık olarak otomasyon ve akıllı sistemler kullanıldığı için işletmenin enerji ödemelerinden hareketle ürün başına %27 enerji maliyetinde tasarruf sağlanmıştır.
- Endüstri 4.0 ile uyumlu sistem ile birlikte daha ince bebek bezleri üretilbildiğinden dolayı lojistik maliyetlerinde ortalama %9 tasarruf edildiği görülmüştür.

- Ayrıca 10 milyon adet bebek bezi üretimi için 60.000 kg daha az selüloz kullanımı ve maddi olarak 10 milyon bebek bezinde 48.000 USD tasarruf (800 usd/ton fiyat) sağlanmıştır.”

Arkan’ın elde etmiş olduğu bulgular, akıllı sistemlerin üretim fonksiyonunu olumlu yönde etkilediğini ve üretimde optimizasyonun sağlandığını doğrulamaktadır. Yukarıda incelenen örnek olaylardan mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek çıkarım, “Endüstri 4.0 teknolojileri en uygun alternatiflerin belirlenmesinde etkili olduğu” yönündedir.

4.3.7. Endüstri 4.0 Teknolojilerin Halkla İlişkiler ve İletişime Etkileri

7- Endüstri 4.0 teknolojilerinin halkla ilişkiler ve iletişim alanında kullanım örnekleri nelerdir?

Aşağıda değerlendirilen uygulamalar Endüstri 4.0 teknolojilerinin halkla ilişkiler ve iletişim alanında meydana getirdiği gelişmelerin işletme fonksiyonları açısından incelenmesine örnek teşkil etmektedir.

İşletmelerin devamlılık, bilinirlik ve kârlılığını önemli ölçüde etkileyen bir diğer unsur da iletişimdir. İletişim, işletmenin paydaşlarla uyum içerisinde olmasında ve geleceğe yönelik belirlenmiş olan stratejik hedeflere ulaşmada kullanılan en önemli araçlardan biridir. Bu başlık altında Endüstri 4.0 teknolojilerinin iletişim ve halkla ilişkiler boyutundaki etkileri örnek olaylar üzerinden değerlendirilecektir.

- Günümüz itibarıyla dünya nüfusu yaklaşık 7 milyar 750 milyondur. Bunun 4 milyar 540 milyonu internet kullanıcısı (%59), 3 milyar 800 milyonu (%49) ise aktif sosyal medya kullanıcısıdır. Buradan hareketle günümüzde dünya nüfusunun %60’ının çevrimiçi olduğunu ve bu sayının hızla arttığını söyleyebiliriz (Kemp, 2020). Bununla birlikte 2018 yılı dünya e-ticaret verilerine bakıldığında çevrimiçi (online) perakendenin genel perakende içindeki payı Türkiye’de %7 Fransa ve Japonya’da %9, Almanya’da %11, Amerika’da %13, İngiltere’de %17, Çin’de ise yaklaşık %25’tir (TÜSİAD ve Deloitte, 2019). E-ticaretin son yıllarda hızlı büyüme ivmesi kazanması şüphesiz markaların dijital medya reklamları ve sanal satış birimleri

oluşturmalarının etkisi ile ilgilidir. Bu nedenle işletmeler dijitalleşme, online iletişim ve halkla ilişkiler konusunda önemli yatırımlar yapmaktadırlar.

Günümüzde sosyal medya hesapları, bu hesapların erişildiği noktalar ve kredi kartları ile yapılan ödemeler yoluyla elde edilen bilgiler büyük veride biriktirilip analitik programlarla işlenerek müşteri yoğunluğunun olduğu yerlere dağıtım depoları kurulması yoluyla işletmeler dükkân ve satış temsilcisi gibi önemli maliyetlerden kurtulmaktadırlar. Böylece hem işletmeler kâr maksimizasyonu sağlamakta hem de müşteriler sanal mağazalarda onlarca farklı ürünü deneme ve değerlendirme imkânı bularak, fiyat karşılaştırması yapmakta ve alışveriş için harcayacağı süreden de tasarruf sağlamaktadır.

- ii. Son yıllarda halkla ilişkiler alanında önemli gelişmeler kaydedilmesinde etkili olan uygulamalardan biri, çağrı merkezlerinde yapay zekâ robotlarının kullanılmasıdır. Özellikle turizm, ulaşım, iletişim, danışmanlık ve finans kurumlarının sunmuş oldukları hizmetleri desteklemek ya da müşterilerin karşılaşmış oldukları sorunlarla ilgili 7/24 hizmet sağlayabilmek amacıyla işletmelerin halkla ilişkiler veya ana sayfa ekranlarında açılan **‘Size Nasıl Yardımcı Olabilirim’** yapay zekâ uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar ile sohbet sekmesinden müşterilerin öğrenmek istedikleri ya da karşılaşmış olduğu sorunla ilgili anlık cevap verilmekte ve başvurular oluşturulmaktadır. Böylelikle halkla ilişkiler, müşteri memnuniyeti, sürekli iletişim ve hizmet desteği anlamında müşteriler etkin olarak desteklenmektedirler.

Hizmet sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasına verilecek örnek olay ise, Türkiye’nin iletişim devi Turkcell’in kullanmış olduğu **‘Laftan Anlayan Sesli Yanıt Sistemi’ (Call Steering)** uygulamasıdır. Yapay zekâ tabanlı olan bu uygulama müşterilerin karşılaştıkları sorunlar ya da bilgi almak istedikleri konular hakkında menüler arasında kaybolmadan sesli ileti sayesinde müşteriye ilgili menüye zaman kaybetmeden yönlendirmektedir. Uygulama, müşterilerin çağrı merkezini aradıklarında bilgi almak istedikleri hizmetler ve yapmak istedikleri işlemler

esnasında en çok kullandıkları cümlelerin yaklaşık bir yıl süren tarama ve analiz sonucu sınıflandırılarak oluşturulmuştur. Geliştirilen bu uygulama sayesinde müşteriler çağrı merkezindeki yetkiliye ulaşma esnasında yaşanan yoğunluktan dolayı uzun zaman harcarlarken, sesli yanıt uygulaması sayesinde yapmak istedikleri işlem menüsüne yaklaşık 20 saniyede ulaşabilmektedirler. Çağrılar doğru noktalara yönlendirilmesi sayesinde müşteri memnuniyeti artarken, müşteri temsilcileri arasındaki aktarımların azalması sebebiyle çağrı merkezlerinin verimliliği de yükselmektedir. Böylece hem müşterilerin hem de çağrı merkezi çalışanlarının zaman kaybetmelerinin önüne geçilmektedir (Turkcell Global Bilgi, 2012).

Yukarıda, hizmet sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılması ile ilgili örnek olayda da görüldüğü gibi, Endüstri 4.0 ile ilişki unsurların en önemlilerinden biri olan yapay zekâ uygulamaları günlük yaşamda yer almakta ve yapılması istenen işleri kolaylaştırarak zaman, maliyet ve daha öngöremediğimiz pek çok alanda bizlere fayda sağlamaktadır. Başta iletişim markaları olmak üzere diğer sektörlerde de zamanla yaşanacak gelişmelerle birlikte yapay zekâ, müşterinin sesinden içinde olduğu ruh halini ve görüşme sonunda yapacağı testlerle müşterinin tatmin olup olmadığını tespit edebilecektir. Bunun yanında büyük veride kişiye ait oluşturulacak klasörle müşterinin beklenti ve ihtiyaçları yapay zekâ müşteri temsilcisiyle zaman zaman sorgulanacak, özel günlerine ilişkin avantajlardan ya da kullanmış olduğu paketler ve uygulamalardan yola çıkılarak kişiye özel alternatiflerden bahsedilerek müşteri bağlılığı sağlanmaya çalışılacaktır.

- iii. İşletmelerin halkla ilişkiler ve iletişim çalışmalarında önemli rol oynayabilecek bir diğer uygulama ise ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır.

“Ankara’da ‘akıllı taksi projesi’ ile vatandaş, telefondaki uygulama yardımıyla GPS konum bilgisini göndererek boş olan taksiyi adresine çağırabilecek ve uygulama sayesinde nereye gittiğini, güzergâhı, trafik yoğunluğunu ve ücreti anlık olarak takip edebilecektir. Ayrıca, çağrılan taksinin plaka ve şoför ile ilgili bilgilerini de görebilecek, yabancı dil desteği ile turistler de zorlanmadan seyahat edebileceklerdir” (<http://www.hurriyet.com.tr/gundem/ankarada-akilli-taksi-donemi-basliyor-41373355>).

Bu örnek olayda da görüldüğü gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin sağlamış olduğu bağlantılılık günlük hayatta karşılaşılan pek çok olumsuzluğa karşı pratik çözüm önerileri sunmaktadır. Bu çözüm önerileri sayesinde müşteri ilişkileri geliştirilmekte, iletişim yoluyla hizmet desteği sağlanmaktadır. Buradan mantığın akıl yürütme kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilecek çıkarım; “yukarıda bahsedilen uygulamaların başta ulaştırma ve lojistik sektöründe etkin olarak kullanılabileceği gibi, turizmde de kullanılarak müşterilerle anlık iletişim ve memnuniyet ölçülmesi sağlanabilecektir. Böylece herhangi bir sorun ya da hata gerçekleştiği anda çözüme kavuşturulabilecek, müşteri kaybı veya oluşabilecek olumsuz itibara karşı en kısa sürede önlem alınabilecektir.”

Yukarıda Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonlarına etkilerine yönelik etkilerini tespit etmek amacıyla incelenmiş olan örnek olaylarla, belirlenmiş olan alt araştırma sorularını yanıtlamak amacıyla çıkarımlar mantığı kullanılarak genellemelere gidilmiştir. Mantıksal çıkarım kurallarından tümevarım yöntemine dayanılarak elde edilen bu genellemeler Endüstri 4.0 teknolojilerinin sadece yukarıda değerlendirilen sektörlerde değil, pazarda faaliyet gösteren tüm sektör ve işletmeleri etkileyeceği yönündedir.

Bu gelişmelerle ilişki olarak gerek işletmeler, gerek toplumlar, gerek hükümetler, gerekse eğitim kurumları tarafından yapılması gerekenlere “Sonuç ve Öneriler” başlığı altında değinilecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, yaşanan gelişmeler başta işletmeleri ve üretim süreçlerini, beraberinde de günlük yaşamın çeşitli yönlerini etkilediği görülmektedir. Sanayi 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu yeni dönem, üretim ve tüketim ilişkileri ile birlikte yaşamın her alanında önemli değişikliklere neden olmaktadır. Birinci Sanayi Devriminin dünya üzerindeki etkisi; kömür, demir ve çelik gibi madenlerin işlenmesine bağlı olarak şehirler ve ülkeler arasında ulaşım altyapısının inşa edilmesi ile gerçekleşmiştir. 1900'lü yıllarda ise elektrik, fosil yakıtlara alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmış, bunun sonucunda üretim anlayışında yeni yaklaşımlar gelişmiş, ulaşım hatlarının yanı sıra enerji hatları da bağlantılilik düzeyini arttırarak toplumların yaşam seyrinde yeni hedef ve beklentiler oluşturmuştur.

Bu gelişmelerle birlikte toplumların etkileşim düzeyi artarak; iletişim, üretim, mühendislik, psikoloji, işletme, iktisat, hukuk, uluslararası ilişkiler gibi bugün de üzerinde çalışılan pek çok yeni disiplin oluşmuştur. İnternetin icat edilmesi ve 2000'li yıllarla birlikte yaygın olarak kullanılması bilgiye erişilebilirliği arttırmış ve toplumlar arası iletişimi hiç olmadığı kadar yaygın hale getirmiştir. Bununla birlikte makineleşme ve otomasyon sistemleri de devrimsel yenilikler getirerek; gerek üretim-tüketim ilişkileri ve iş hayatı, gerek eğitim, gerekse sosyal yaşamın diğer boyutlarında benzeri görülmemiş yeniliklerin neden olduğu etkilere sahne olmaktadır.

Yazındaki kuramsal çalışmalar incelendiğinde pek çok araştırmacı tarafından (Hozdic, 2015; Lee ve diğerleri, 2015; Rüßman ve diğerleri, 2015; Wan, Cai ve Zhou, 2015), Endüstri 4.0 çatı bir kavram olarak içerdiği; Nesnelerin İnterneti, Siber Fiziksel Sistemler, Yapay Zekâ, Akıllı Üretim Sistemleri, Blok Zincir, Robotik, Bulut Bilişim, Büyük Veri ve 3B Üretim teknolojileri ile anlık karar alma ve çözüm üretme, üretim, iletişim, sürekli bağlantılilik, uzaktan erişim, akıllı fabrikalar, akıllı evler, akıllı ulaşım sistemleri ve akıllı aletler yoluyla bugüne kadar toplumların hiç karşılaşmadığı hızlı bir dönüşüme sahne olacağı öngörülmektedir. Ayrıca bu devrimsel dönüşüm yeni iş kollarının oluşması, uzaktan çalışma ve kontrol, kalite, etkinlik ve verimlilik gibi fırsatların yanı sıra; veri güvenliği, siber sorunlar, işsizlik

ve buna bağılı olarak göç gibi şu anda öngörülebilien; sosyal, psikolojik, ekonomik ve siyasi pek çok öngörülemeyen riski de beraberinde getireceğı ifade edilmektedir.

İnternetin ve teknolojinin neden olduğı bu hızlı dönüşüm başta gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm dünya tarafından yakından takip edilmektedir. Dördüncü Sanayi Devriminin sunduğı internet tabanlı bağlantılılık ve akıllı üretim açısından değerlendirildiğinde Almanya, Japonya, Singapur ve Amerika gibi teknoloji ve mühendislik temeli sağlam olan ülkeler diğerlerine göre daha avantajlı konumdadırlar. Buna karşın bu ülkelerin en yüksek yaşlı nüfusuna sahip öncü ülkeler olması da pek çok riski beraberinde getirmektedir. Kahraman (2017)'a göre, Almanya'nın Sanayi 4.0 konusunda öncü ve ısrarcı olmasının başlıca nedeni doğuya kayan ucuz üretimi yeniden batıya taşımak ve otomasyon yoluyla canlandırmaktır. Bir diğer önemli etken ise; bu ülkelerde yaş ortalamasının artması ile yaşanan nüfusun yerine getiremeyeceğı üretimi gerçekleştirebilecek otomasyon altyapısını oluşturmaktır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonları üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla farklı sektör işletmelerindeki uygulamaların örnek olay incelemesi yöntemi ile değerlendirilerek, mantık kurallarına dayalı çıkarımlar yapılan bu çalışmada yaşanan gelişmeler araştırmanın ana amacı, alt amaçları ve 'araştırmada yanıt aranacak sorular' başlığı altında ifade edilen sorularla ilişkili konular, işletme fonksiyonları açısından değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgulardan anlaşılaacağı gibi, Endüstri 4.0 teknolojileri pek çok farklı sektörü ve günümüzde kullanılan iş modellerini derinden etkilemektedir. Yazılım, teknoloji ve nitelikli iş gücüne yapılan yatırımlar, sürece zamanında uyum sağlanabilmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca karar verme, iş süreçleri, verimlilik, uzaktan kontrol, yeni çalışma düzeni ve kişisel üretim hem çalışanların hem de müşterilerin tatmin düzeylerini arttıracak, serbest piyasa koşullarında işletmelerin kârlılık elde edebilmesini sağlayacaktır.

Endüstriyel gelişim sürecine bakıldığında, örneğin Birinci Sanayi Devrimi sonrası makineleşmenin neden olduğı insan gücüne olan ihtiyacın azalmasını bahane ederek gelişen Ludizm hareketinde olduğı gibi diğer süreçlerde de insanlar,

makinelerin çalışma yaşamına girerek insanların işlerini ellerinden alacaklarını düşünmüşler, buna karşı direniş göstermişlerdir. Yakın tarihimizde ise robot ve internet teknolojileriyle dünyayı robotların ele geçireceği gündeme gelmiştir. Buna karşın, her bir yeni gelişme ya da icatla birlikte yeni iş kolları oluşmuş; iddia edilen aksine daha fazla insan çalışmaya iş bulmuştur. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin sağlayacağı bağlantılılık, internet tabanlı iletişim ve üretim yöntemleriyle birlikte yeni iş kollarının oluşması beklenmekte, böylece eskiye göre daha fazla insanın oluşacak yeni iş kollarında çalışması öngörülmektedir.

Her ne kadar Endüstri 4.0, temel bileşenleri ve ilişkili teknolojilerin yıkıcı etkilerinin neden olacağı değişikliklerden dolayı işsizliğe bağlı olarak oluşacak sosyal sorunları içerse de; kişiye özel katma değeri yüksek üretim ve hizmetler bireylerin ve toplumların refah düzeylerinin artmasına da neden olacaktır. Yazındaki çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında (Gebhardt, Grimm ve Maria, 2015; Glas ve Kleemann, 2016), “geleceğin işgücünün, günümüzdeki uzmanlaşmanın aksine disiplinler arası bilgi birikimine ihtiyaç duyacağı ve sürdürülebilir gelişmeler kaydedebilmek için yaşam boyu öğrenme modelinin benimsenmesi gerektiği” yönünde bulgular bulunmaktadır. Ancak bunun için toplumsal bilincin oluşturulması, gerekli eğitim altyapısının hazırlanması, ortak bir yol haritasının belirlenmesi ve bu konuda dünya çapında birlikteliğin sağlanması gerekmektedir. Nitekim internet ve küreselleşmenin etkisiyle gün geçtikçe daha da küçülen dünyada fiziksel ihtiyaçlarını dahi karşılayamayan bölgelerde yaşayan insanların ileri teknoloji ürünlerini talep etmesi umulacak bir şey değildir.

Diğer bir açıdan değerlendirilecek olursa, nesnelerin interneti altyapısının sağladığı akıllı üretim, erişim ve bağlantılılıkla birlikte; internetin kesilmesi durumunda oluşacak belirsizlik, enerji tüketimi ve yüksek düzey bağlantılılık sağlayan 5G kablosuz erişim istasyonlarının oluşturacağı radyasyon ve manyetizmanın, insanlar, diğer canlılar ve nesneler üzerinde ne gibi sonuçlar oluşturacağı henüz bilinmemektedir. Ayrıca büyük veri ve bulutta depolanacak olan verilerin güvenliği de hem bireyler, hem şirketler hem de devletler açısından ciddi endişe oluşturmaktadır. Nitekim bir nükleer santralin, silah fabrikasının, barajın, askeri üssün, teknoloji veya biyolojik araştırma-geliştirme merkezinin veri tabanına

girilmesi yoluyla bilgilerin çalınması ya da yönetim sisteminin ele geçirilmesi çok ciddi küresel ve çevresel risklere yol açacaktır.

Yapay zekâ robotlarının geliştirilmesi günümüzde pek çok işin insana göre daha hızlı, etkili ve daha az hatayla yapılmasını mümkün kılmaktadır. Yapay zekâyı günlük yaşamın hemen her alanında kullanılmasını öngören Endüstri 4.0 iş ortamında insana olan ihtiyacın azalmasına neden olacak; buna karşın insanların hizmet, sanat, bilim ve sosyal görevlere daha fazla zaman ayırmasına katkı sağlayacaktır. Bu nedenle gelecekte insanları nesnelerden ayrıcalıklı kılacak olan şey akıl değil, duygular olacaktır. Bu da eğitim sistemlerimizin duygusal zekâyı geliştirmeye yönelik yeniden düzenlenmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Nitekim bir matematik problemini bilgisayar, insana göre çok daha hızlı çözebilmekte, verileri sınıflandırabilmekte ya da bir ürünü bir robot, insan göre çok daha hızlı üretebilmektedir. Bu nedenle büro, depolama ve montaj gibi üstün vasıf gerektirmeyen iş kolları yok olma ile karşı karşıya kalırken; sağlık, turizm, bilim, teknoloji, eğitim ve sanat alanındaki faaliyetler daha da önem kazanacaktır.

Araştırma süresi boyunca gözlem, vaka analizi, uzman görüşlerine başvurma ve yazındaki çalışmaların incelenmesi yöntemleriyle değerlendirilen bulgular sonucunda bizden sonraki araştırmacılara, işletme sahiplerine ve diğer paydaşlara önerilerimiz aşağıdaki gibidir:

Bilindiği gibi son yıllarda çevrimiçi (online) alışveriş artmakta, sosyal medya ve internet yoluyla tanıtım, iletişim, satış ve diğer hizmetler yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle tahmin edilenden çok daha fazla müşteriye çok kısa sürede ulaşma imkânı doğmaktadır. Bununla birlikte veri güvenliği hem bireylerin, hem örgütlerin/kurumların hem de devletlerin kaygılandıkları temel sorunlardan biridir. Bu nedenle Endüstri 4.0, Büyük Veri ve Veri Güvenliği konuları beraber değerlendirilerek dönüşüme karşı olan önyargıların giderilmesi ve olası tehlikelere karşı veri güvenliği alanında uzman yazılımcıların yetiştirilmesi gerekmektedir.

Araştırmanın “Dünyadaki Endüstri 4.0 Gelişmeleri” başlığı altında da değinildiği gibi, üretimde robot kullanımı ve otomasyon hızla artmaktadır ve yakın

gelecekte pek çok işin robotlar tarafından yapılacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle iş ortamına robotların dâhil edilmesi durumunda oluşabilecek kazalar, iş sözleşmeleri, maaş, vergi ve yaptırımlarla ilgili hukuki altyapının da kısa süre içinde hazırlanması tüm paydaşlar açısından yararlı olacaktır.

İşletmelerin üst düzey yöneticilerinin Endüstri 4.0 ve ilişkili teknolojiler konusunda farkındalığa sahip oldukları; buna karşın personelin eğitilmesi ve uygulamalara karşı yeterli hazırlıkların yapılmadığı yazındaki araştırmalardan anlaşılmaktadır (Güvener, 2019; Metin, 2019). Bu nedenle işletmelerin Endüstri 4.0 uygulamaları konusunda kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve üniversiteler ile birlikte hem çalışanlara, hem öğrencilere hem de toplumdaki diğer bireylere yönelik eğitim programları düzenlenmeli, tüm paydaşların dönüşüme hazırlıklı olmaları sağlanmalıdır.

Ayrıca Üç Boyutlu Yazıcılar, Otonom Robotlar ve Simülasyon uygulamaları üretimi kolaylaştıracak, kitle üretimiyle birlikte parça üretimi de yapılabilir. Böylece kişiye özel veya küçük bir tüketici grubunun beklentilerine yönelik hızlı ve özelleştirilmiş üretim yapılabilir. Bu nedenle işletmeler, eğitim kurumları ve ülkeler, yakın gelecekte oluşması öngörülen yeni meslek alanlarına önem vermeli, programlarını; yazılım, teknoloji, iletişim ve tasarım konusunda güçlendirmelidirler.

Üretim süreçlerinde etkili olan bu dönüşüm, satın almadan pazarlamaya, yazılımdan iletişime, üretimden son tüketiciye kadar olan süreçlerde önemli gelişmelere neden olduğu incelenmiş olan bulgulardan anlaşılmaktadır. Bu nedenle özellikle eğitim kurumları, geleceğin işgücü olan gençleri teknoloji ve yazılım alanında eğitmenin yanında etik kurallar ve yaratıcılığı geliştirme konusunda da desteklemelidirler.

Ayrıca sonraki çalışmalarda, Endüstri 4.0 konusu; Nesnelerin İnterneti, Yapay Zekâ, Blok Zincir, Büyük Veri, Veri Güvenliği ve Kripto Para konuları ile ilişkileri bir bütünlük içerisinde ele alınarak, bu tezdeki sonuçlarla birlikte değerlendirilirse daha geniş bir bakış açısı ve anlaşılma düzeyinin oluşacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abeyratne, S. A. and Monfared, R. P. (2016). Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distrubuted Ledger. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, 5(9), pp. 1-10.
- Agerholm, H. (2017). Robot Goes Rogue and Kills Woman on Michigan Car Parts Production Line'. **INDEPENDENT**:
<https://www.independent.co.uk/news/world/americas/robot-killed-woman-wanda-holbrook-car-parts-factory-michigan-ventra-ionia-mains-federal-lawsuit-100-a7630591.html> adresinden 11 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: **Endüstri 4.0**. **Journal of Economics**, 3(2), s. 19-30.
- Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 Revolution and The Future of Manufacturing Execution System (MSE). **Journal of Innovation Management**, 3(4), pp. 16-21.
- Andaç, S. (2019). **The Comparison of Industry 4.0 Implementations Between Turkey and EU Countries**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir University The Graduate School of Natural and Applied Science Computer Engineering, İstanbul.
- Antalya Ticaret ve Sanayi Odası. (2017). **Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti: Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi**. Antalya.
- Arkan, Ö. (2018). **Endüstri 4.0 Kavramı ve Endüstri 4.0 Dönüşümünün Üretim Maliyetlerine Etkisi Üzerine Bir Vaka Çalışması: Bebek Bezi Üretimi**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aslan, S., ve Özçelik, H. (2009). İç Denetim ve Toplam Kalite Yönetimi İlişkisi. **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 5(10), s. 109-119.

- Avcıoğlu, B. (2017). **Markaların Artırılmış Gerçeklik Kampanyaları.** <https://digitalage.com.tr/markalarin-artirilmis-gerceklik-kampanyalari/> adresinden 04 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Axa. (2017). **Axa Goes Blockchain with Fizzy.** <https://www.axa.com/en/newsroom/news/axa-goes-blockchain-with-fizzy> adresinden 14 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Aydınlı, H. İ. (2004). Sosyo Ekonomik Dönüşüm Süreci ve Sanayi Ötesi Yaklaşımlar. **Kamu - İş, İş Hukuku ve İktisat Dergisi**, 7(4).
- Banger, G. (2017). **Endüstri 4.0 Ektra** (1. Baskı). Ankara: Dorlion Yayınları.
- Bassi, L. (2017). Industry 4.0: Hope, Hype or Revolution? **3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)** pp. 1-6. Modena: IEEE.
- Başer, N. E. (2011). **I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmelerin Rolü.** Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Baydemir, T. (2018). Yeni Nesil Ulaşım. **Bilim ve Teknik Dergisi** (Sayı 606), s. 16-27.
- Baykal, N., ve Beyan, T. (2004). **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri** (1. Baskı). Ankara: Bıçakçılar Kitabevi.
- Bilgin, O. (2018). **Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye Ekonomisi: Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Bir İnceleme.** Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Bilici, F. (2015). **Pazarlamada Arttırılmış Gerçeklik ve Karekod Uygulamaları: Tüketicilerin Arttırılmış Gerçeklik Teknoloji Algılamaları Üzerine Bir Alan Araştırması.** Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Blainey, G. (2005). **Dünyanın Kısa Tarihi** (1. Baskı). (Çeviren: E. Kaliber ve O. Şen). İstanbul: 1001 Kitap Yayınları. (Eserin orijinali 2004'te yayımlanmıştır.)

- Blaxter, L., Hughes, C. and Tight, M. (1998). **How to Research**. Buckingham: Open University Press.
- Bolat, S. (2019). **Dördüncü Sanayi Devriminin Lojistik Sektörüne Etkileri: Antalya Bölgesinde Faaliyette Bulunan İşletmelerde Bir Araştırma**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014). **The Second Machine Age** (PDF kitap). London: W.W. Norton & Company Ltd.
- Carlozo, L. (2017). What Is Blockchain? **Journal of Accountancy**, 224(1), p. 29.
- Caudell, T. P. and Mizell, D. W. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Process. **In Proceedings of the 25. Hawaii International Conference on System Sciences**. 2, IEEE. pp. 659-669.
- Chen, M., Mao, S. and Lui, Y. (2014). Big Data: A Survey. **Mobile Networks and Applications**, 19(2), s. 171-209.
- Cheng, A. (2018). **How Adidas Plans to Bring 3D Printing to the Masses**. <https://www.forbes.com/sites/andriacheng/2018/05/22/with-adidas-3d-printing-may-finally-see-its-mass-retail-potential/#109a67c94a60> adresinden 04 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Clement, J. (2020). **Number of Monthly Active Facebook Users Worldwide as of 4th Quarter 2019**. <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/> adresinden 19 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Copeland, B. J. (2020). **Encyclopedia Britannica Artificial Intelligence**. **ENCYCLOPEDIA BRITANNICA**: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> adresinden 18 Ekim 2019 tarihinde alındı.

- Coşkun, Y. ve Alp, E. (2018). Finansal Piyasalarda Makinelerin Yükselişi: Finansa Yapay Zekâ Uygulamaları. **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi** (Sayı 606), s. 56-63.
- Crowe, S. (2018). **9 Self-Driving Trucks Disrupting Logistics**. THE ROBOT REPORT: <https://www.therobotreport.com/self-driving-trucks-logistics/3/> adresinden 09 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Çakır, K. (2017). **Akıllı Üretim Sistemlerinin Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerde Uygulanması**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Çakıroğlu, M. ve Karadirek, G. (2019). Birinci Sanayi Devrimi. **Sanayi Devrimleri**, (Editör K. Y. Genç). (1. Baskı). Ankara: Gece Akademi.
- Çıkıldın, M. B. (2018). **İşletmelerin Organizasyon Yapısı ve Kaynakları Açısından Endüstri 4.0 Eğiliminin Değerlendirilmesi: Antalya İli Örneği**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Dastin, J. (2019). **Exclusive: Amazon Rolls Out Machines That Pack Orders and Replace Jobs**. Reuters Technology News: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-automation-exclusive/exclusive-amazon-rolls-out-machines-that-pack-orders-and-replace-jobs-idUSKCN1SJ0X1> adresinden 06 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Davenport, T. H. ve Ronanki, R. (2018). Artificial Intelligence for the Real World. **Harvard Business Review**, pp. 1-10.
- Deane, P. (1988). **İlk Sanayi İnkılâbı**. (T. Güran, Çev.) Ankara: Türk Tarih Kurumu Basım Evi. (Eserin orijinali 1965'te yayımlanmıştır.)
- Demir, A. (2013). **Klasik Mantık** (1. Baskı). İstanbul: Osmanlı Araştırmaları Vakfı.
- Doğan, O. (2019). **Dijital Dönüşümün Yönetimi Sürecinde Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyleri**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırşehir.

D'Onfro, J. (2019). **Amazon's New Delivery Drone Will Start Shipping Packages 'In A Matter Of Months'**.

<https://www.forbes.com/sites/jilliandonfro/2019/06/05/amazon-new-delivery-drone-remars-warehouse-robots-alexa-prediction/#1bdf96f9145f> adresinden
06 Mart 2020 tarihinde alındı

Drucker, P. (1994). **Kapitalist Ötesi Toplum**. (B. Çorakçı, Çev.) İstanbul: İnkılâp Kitabevi Yayın Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Duman, A. (2019). **Endüstri 4.0 İle Akıllı Üretimin İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Vestel Buzdolabı Fabrikasında Bir Uygulama**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.

Duran, H. (2002). **Endüstri Çağının Dinamikleri** (1. Baskı). Sakarya: Değişim Yayınları.

Dworschak, B. and Zaiser, H. (2014). Competences for Cyber-Physical Systems in Manufacturing – First Findings and Scenarios. *Procedia CIRP* (25), pp. 345-350.

Efeoğlu, H. E. (2018). **Futurist Thinking in Urbanism: A Retrospective & Prospective View in the Global Context of Transforming Socio-Economic Structures**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University the Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.

Ekincioglu, O. (2019). **Lojistik Yöneticilerinin Endüstri 4.0'ın İşletme Düzeyindeki Etkilerine İlişkin Görüşleri Üzerine Nitel Bir Araştırma: Bursa Örneği**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.

Elitaş, C., ve Özdemir, S. (2014). Bulut Bilişim ve Muhasebede Kullanımı. **Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi**, 16(2), s. 93-108.

Emiroğlu, İ. (2012). **Klasik Mantığa Giriş**. (9. Baskı). Ankara: Elis Yayınları.

Endüstri 4.0 Platformu. (2016). **Endüstri 4.0 Yolculuğuna Nereden Başlamalıyım**.

Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu: <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-yolculuguna-nereden-baslamaliyim-atos-endustri-4-0-firsat-analizi/> adresinden 25 Aralık 2019 tarihinde alındı.

Endüstri 4.0 Platformu. (2019). **Dijital Dönüşümde Dev Zirve**. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu: <https://www.endustri40.com/dijital-donusumde-dev-zirve/> adresinden Ocak 2020 tarihinde alınmıştır.

Erbay, H. (2018). **A Mixed Decision Making Model/Methodology for Digital Transformation As a Roadmap for Automotive Supplier Industry**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Technical University Graduate School of Science Engineering and Technology, İstanbul.

Eroğlu, U. (2017). **İlk Yapay Zekâ Yönetmeliği**. Milliyet: <http://www.milliyet.com.tr/pazar/ilk-yapay-zeka-yonetmeliği-2394582> adresinden 20 Kasım 2019 tarihinde alındı.

Erol, M. (2002). **Sanayileşme ve Ekonomik Gelişmenin Sosyolojisi**. (1. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

European Parliament. (2016). **Industry 4.0 Analytical Study**. Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Brussels: European Parliament.

Fırat, İ. (2014). **Yalın Üretim Sistemini Uygulayan İşletmelerin Performanslarının Ölçülmesi ve Kahramanmaraş İlinde Bir Uygulama**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 46(2), s. 211-223.

Forbes Insights Team. (2018). **How AI Builds A Better Manufacturing Process**. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/insights-intelai/2018/07/17/how-ai-builds-a-better-manufacturing-process/#4e092f2d1e84> adresinden 21 Ekim 2019 tarihinde alındı.

Fritz, F., Susperregui, A. and Lizana, M. T. (2005). Enhancing Cultural Tourism Experiences with Augmented Reality Technologies. **The International**

Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage.
International VAST Symposium.

- Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. **Third International Congress on Politic, Economic and Social Studies**, Ankara. s. 149-174.
- Ganne, E. (2018). **Can Blockchain Revolutionize Interbational Trade?.** (PDF Kitap). Geneva, Switzerland: World Trade Organization.
- Garanti BBVA. (2019). **Finans Sektörünün Yeni Kahramanı: Yapay Zekâ.** Garanti BBVA: <https://www.garantibbva.com.tr/tr/blog/yapay-zeka.page> adresinden 11 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Gebhardt, J., Grimm, A. and Maria, L. (2015). Developments 4.0 - Prospects on Future Requirements and Impacts on Work and Vocational Education. **Journal of Technical Education**, 3(2), pp. 117-133.
- Genç, K. Y. (2019). İkinci Sanayi Devrimi. **Sanayi Devrimleri**. (Editör K. Y. Genç). (1. Baskı). Ankara: Gece Akademi.
- Genç, K. Y. ve Çakıroğlu, M. (2019). Üçüncü Sanayi Devrimi. **Sanayi Devrimleri**. (Editör K. Y. Genç). (1. Baskı). Ankara: Gece Akademi.
- Gharakhani, D., Rahmati, H., Farrokhi, M. R. and Farahmandian, A. (2013). Total Quality Management and Organizational Performans. **Progress in Management Sciences**, 1(1), s. 1-7.
- Glas, A. H. and Kleemann, F. C. (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), s. 55-66.
- Göç, E. (2010). **Tanzimat Dönemi ve Sanayileşme**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Gökşen, Y. (2003). Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme. **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 5(4), s. 32-48.

- Göktürk, M. (2018). **Sağlıkta 4.0 Bizi Nereye Götürüyor?**. Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Platformu: <http://www.sdplatform.com/Dergi/1087/Saglikta-40-bizi-nereye-goturuyor.aspx> adresinden 03 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Görçün, Ö. F. (2016). **Dördüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0)**. (1. baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Güvener, A. (2019). **Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışanların Teknolojik Hazıroluş Seviyelerinin Belirlenmesi**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Helfgott, R. B. (1986). America's Third Industrial Revolution. **Challenge**, 29(5), pp. 41-46.
- Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. **49th Hawaii International Conference on System Sciences**, IEEE Computer Society. pp. 3928-3937.
- Hobsbawm, E. J. (2013). **Devrim Çağı: Avrupa 1789-1848**. (7. Baskı). (Çeviren B. S. Şener). Ankara: Dost Kitabevi Yayınları. (Eserin orijinali 1975'te yayımlandı).
- Hozdic, E. (2015). Smart Factory for Industry 4.0: A Review. **International Journal of Modern Manufacturing Technologies**, 7(1), pp. 28-35.
- Iansiti, M. and Lakhani, K. R. (2017). The Truth About Blockchain. **Harvard Business Review**, pp. 1-11.
- Interbrand. (2019). **Best Global Brands 2019**. <https://www.interbrand.com/best-brands/best-global-brands/2019/ranking/> adresinden 23 Aralık 2019 tarihinde alındı.
- İslamoğlu, A. H. (2002). **Bilimsel Araştırma Yöntemleri**. (1. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Janicke, M. and Jacob, K. (2009). **A Third Industrial Revolution? Solutions to the Crisis of Resource-Intensive Growth**. Berlin: Environmental Policy Research Centre.

- Kahraman, F. (2017). **Çalışma İlişkileri Bakımından Dördüncü Sanayi Devrimi ve Sivas İlinde Farkındalık Üzerine Alan Araştırması**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Kamber, E. (2019). **Türkiye'de Endüstri 4.0 Farkındalığı**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Alanya.
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H. and Noh, S. D. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, 3(1), pp. 111-128.
- Karal, F. S. (2019). **Dijital Dönüşümün Proje Yöneticilerinin Yetkinlikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavzoğlu, T. ve Şahin, E. K. (2012). Bulut Bilişim Teknolojisi ve CBS Uygulamaları. **IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)**. Zonguldak.
- Kemp, S. (2020). **Digital 2020: Global Digital Overview**. DATAREPORTAL: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview> adresinden 22 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Kent, E. (2017). **Endüstrinin Gelişimine Bakış**. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu: <http://www.endustri40.com/endustrinin-gelisimine-bakis/> adresinden 14 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Keskenler, M. F. ve Keskenler, E. F. (2017). Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi. **Takvim-i Vekayi**, 5(1), s. 1-10.
- Khan, J. H. (2003). Impact of Total Quality Management on Productivity. **The TQM Magazine**, 15(6), pp. 374-380.
- Kobu, B. (2005). **Üretim Yönetimi**. (12. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

- Koca, F. (2019). **Sağlık Bakanlığında Yapay Zekâ Enstitüsü**. (Röportajı Yapan, A. Ajansı) Sabah Gazetesi:
<https://www.sabah.com.tr/saglik/2019/12/23/saglik-bakanligindan-yapay-zeka-enstitusu> adresinden Mayıs 2020 tarihinde alındı.
- Kocabaş, F. (2004). Endüstri İlişkilerindeki Dönüşüm. **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi** (Sayı 10).
- Koçel, T. (2015). **İşletme Yöneticiliği**. (16. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Kotler, P., Kartajaya, H. and Setiawan, I. (2017). **Pazarlama 4.0**. (Çeviren, N. Özata). İstanbul: Optimist Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Kuka Connect. (2020). **What Is New With Kuka Connct?** Kuka Connect Help Center: <https://connect.kuka.com/en/whatsnew.html#Watermark> adresinden 01 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fettke, P., Feld, T. and M. H. (2014). Industry 4.0. **Business and Information System Engineering**, 6(4), pp. 239-242.
- Lee, J., Bagheri, B. and Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. **Manufacturing Letters** (3), pp. 18-23.
- Lee, J., Kao, H.-A. and Yang, S. (2014). Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. **Procedia Cirp** (16), pp. 3-8.
- Leitao, P., Colombo, A. W. and Karnouskos, S. (2016). Industrial Automation Based on Cyber-Physical Systems Technologies: Prototype Implementations and Challenges. **Computers in Industry** (81), pp. 11-25.
- Lom, M., Pribyl, O. and Svitek, M. (2016). Industry 4.0 as a Part of Smart Cities. **In Smart Cities Symposium**. Prague: IEEE. pp. 1-6.
- Mattila, J. (2016). The Blockchain Phenomenon. **Berkeley Rauntable on the International Economy (BRIE) Working Paper**. University of California.
- McAfee, A. and Brynjolfsson, E. (2012). Big Data: The Management Revolution. **Harvard Business Review**, pp. 1-9.

- Metin, S. (2019). **İşletmelerin Dijital Dönüşüm (Endüstri 4.0) Farkındalık ve Algı Düzeyinin Değerlendirilmesi: Elazığ OSB Örneği**. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Motly, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. and Filippi, S. (2017). How Will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Study. **27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing**. Modena, Italy: Procedia Manufacturing. pp. 1501-1509
- Muzammal, M., Qu, Q. and Nasrulin, B. (2019). Renovating Blockchain with Distributed Databases: An Open Source System. **Future Generation Computer Systems** **90**, pp. 105-117.
- Nakamoto, S. (2008). **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> adresinden 23 Ekim 2020 tarihinde alındı.
- Ng, A. (2016). What Artificial Intelligence Can Do and Can and Can't Do Right Now. **Harvard Business Review**, pp. 1-4.
- Oral, O. ve Çakır, M. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi** (1), s. 172-177.
- Öner, N. (1998). **Klasik Mantık**. (8. Baskı). Ankara: Bilim Yayıncılık.
- Özdoğan, B. ve Kargın, S. (2018). Blok Zinciri Teknolojisinin Muhasebe ve Finans Alanlarına Yönelik Yansımaları ve Beklentiler. **Muhasebe ve Finans Dergisi**, s. 161-176.
- Özmen, C. (2019). Lisansüstü Programlara Öğrenci Alımında Bulanık Mantık Yaklaşımı. **Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi**, **11**(20), s. 111-137.
- Özmez, D. (2006). **Bir Üretim Organizasyonu Olarak Yalın Üretim Sistemi**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

- Özsoy, K. ve Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. **International Journal of 3D Printing Technologies and Dijital Industry**, 1(1), s. 36-48.
- Öztuna, B. (2017). **Endüstri 4.0 ile Çalışma Yaşamının Geleceği**. (1. Baskı). Ankara: Gece Kitaplığı.
- Petrack, I. J. ve Simpson, T. W. (2013). 3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition. **Research-Technology Management**, 56(6), pp. 12-16.
- Polanyi, K. (2010). **Büyük Dönüşüm Çağımızın Siyasal ve Ekonomik Kökenleri**. (9. Baskı). (Çeviren, A. Buğra) İstanbul: İletişim Yayınları. (Eserin orijinali 1944'te yayımlanmıştır.)
- Ramizov, H. (2019). **Endüstri 4.0'ın Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi Analizi**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Roblek, V., Mesko, M. and Krapez, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. **Sage Open**, 6(2), pp. 1-11.
- Rouse, M. (2019). **Self Driving Car**. <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/driverless-car> adresinden 09 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Rüßman, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Jantus, J., Engel, P. and Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. **Boston Consulting Group**, 9(1), pp. 1-14.
- Sanders, A., Elangeswaran, C. and Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 9(3), pp. 811-833.
- Say, S. ve Kınalı, F. (2017). İşletmelerde Esnek Üretim Sisteminin Maliyet Unsurları Üzerindeki Etkisi. **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi**, 20(1), s. 89-95.

- Schwab, K. (2016). **The Fourth Industrial Revolution**. (PDF Kitap). Geneva: World Economic Forum.
- Selçuk, G. (2011). Fordist Birikim Rejimi ve Kitle Kültürü. **Journal of Yaşar University**, 6(24), s. 4130-4152.
- Sercan, M. R. (2019). **Türkiye'nin Endüstri 4.0 Potansiyeli ve Seçilmiş Ülkelerle Karşılaştırılması**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Shivanand, H., Benal, M. and Koti, V. (2006). **Flexible Manufacturing System**. (eBook). New Delhi: New Age International Ltd.
- Statista. (2019). **Internet of Things (IoT) Connected Devices Installed Base Worldwide from 2015 to 2025**. <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> adresinden 19 Aralık 2020 tarihinde alındı.
- Stock, T. and Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use**. Elsevier. pp. 536-541.
- Stratton, R. and Warburton, R. (2003). The Strategic Integration of Agile and Lean Supply. **International Journal of Production Economics**, 85(2), pp. 183-198.
- Sundar, R., Balaji, A. N. and Kumar, R. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. **Procedia Engineering** 97, pp. 1875-1885.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2017). **Türkiye'nin Sanayi Devrimi: Dijital Türkiye Yol Haritası**. T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Taylan, N. (2011). **Ana Hatlarıyla Mantık Tarihçesi ve Problemleri**. (4. Baskı). İstanbul: Ensar Neşriyat.
- The Future of Life Institute. (2018). **State of California Endorses Asilomar AI Principles**. <https://futureoflife.org/2018/08/31/state-of-california-endorses-asilomar-ai-principles/> adresinden 20 Kasım 2020 tarihinde alındı.

- The World Bank. (2019). **Annual GDP Growth**. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG> adresinden 12 Aralık 2020 tarihinde alındı.
- Torğul, B., Şağbanşua, L. and Balo, F. (2016). Internet of Things: A Survey. **Advanced Technology and Science**, 4. (Special Issue), pp. 104-110.
- Trading Economics. (2019). **GDP Annual Growth Rate G20**. <https://tradingeconomics.com/country-list/gdp-annual-growth-rate?continent=g20> adresinden 12 Aralık 2020 tarihinde alındı.
- Turan, K. (2018). **Dördüncü Sanayi Devriminin Uluslararası İlişkilere Sosyo-Ekonomik Etkileri**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Turkcell Global Bilgi. (2012). **Turkcell Global Bilgi'den Türkiye'de Bir İlk: Turkcell İle Çağrı Merkezinde 'Yapay Zekâ' Dönemi Başlıyor**. <https://www.globalbilgi.com.tr/BasinBulten/Turkcell%20Global%20Bilgi'de%20Call%20Steering.pdf>. adresinden 25 Mayıs 2020 tarihinde alındı.
- TÜBİTAK. (2016). **Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Yol Haritası**. Ankara: Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı.
- Türkdoğan, O. (2009). **Bilimsel Araştırma Metodolojisi**. (6. Baskı). İstanbul: Timaş Yayınları.
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (2020). **İhracat Blokzincir Teknoloji ile Hızlanacak**. <https://www.ticaret.gov.tr/haberler/ihracat-blokszincir-teknolojisiyle-hizlanacak> adresinden 15 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- TÜSİAD ve BCG. (2016). **Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0**. İstanbul: Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği.
- TÜSİAD ve Deloitte. (2019). **E-Ticaretin Gelişimi, Sınırların Aşılması ve Yeni Normlar Raporu**. (Editörler: Ebru Dicle, Yasemin E. Avcı ve Leyla Gülyurt).

- Uçansoy, M. (2019). **Kurumlardaki Dijital Dönüşümün Stratejik Karar Alma Üzerine Etkileri**. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Uğur, İ. ve Apaydın, Ş. C. (2014). Arttırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Reklam Beğeni Düzeyindeki Rolü. **E-Journal of New World Sciences Academy**, 9(4), s. 145-156.
- Ulusoy, A. (2020). **Teşhis ve Tedavide Yapay Zekâ Devrede**. Yeni Şafak: <https://www.yenisafak.com/yazarlar/ahmetulusoy/teshis-ve-tedavide-yapay-zek-devrede-2054314> adresinden 03 Nisan 2020 tarihinde alındı.
- Ungurean, I., Gaitan, N.-C. and Gaitan, V. G. (2014). An IoT Architecture for Things from Industrial Environment. **10th International Conference in Communications**. IEEE. pp.1-4.
- United Nations. (2017). **World Population Ageing 2017 - Highlights**. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York.
- United Nations. (2019). **World Economic Stuation and Prospects Report**. United Nations.
- Uyar, A. (2017). **Arttırılmış Gerçeklik Pazarlamayı Nasıl Etkileyecek?**. Pazarlama Türkiye: <https://pazarlamaturkiye.com/artirilmis-gerceklik-pazarlamayi-nasil-etkileyecek/> adresinden 03 Mart 2020 tarihinde alındı.
- Ülken, Y. (1970). **Yirminci Yüzyılda Dünya Ekonomisi**. (2. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Ünal, E. (2018). Yapay Zekâdan Sanatçıya. **Bilim ve Teknik**, (Sayı 52), s. 58-66.
- Ünsal, E. ve Kocaoğlu, Ö. (2018). Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri. **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi**, (Sayı 13), s. 54-64.
- Walker, B. (2016). Amazon Robotics: A Case Study of How Smart Transformed an Internet Store. **The Social Contract**, pp. 12-13.

- Wan, J., Cai, H. and Zhou, K. (2015). Industrie 4.0: Enabling Technologies. **International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT)**. Harbin, China: IEEE. pp. 135-140.
- Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industry 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 12(1), pp. 1-10.
- Wilson, D. C. (2014). Arnold Toynbee and the Industrial Revolution. **The Science of History, Political Economy and the Machine Past**, 26(2), pp. 133-161.
- World Economic Forum. (2016). **The Future of Jobs Report**. Geneva: World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2018a). **Readiness for the Future Production Report**. Geneva: World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2019). **The Global Competitiveness Report**. Geneva: World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2018b). **Future of Jobs Report**. Geneva: World Economic Forum.
- World Health Organization. (2018). **Global Status Report on Road Safety 2018**. Geneva: World Health Organization.
- Xu, K., Qu, Y. and Yang, K. (2016). A Tutorial on the Internet of Things: From a Heterogeneous Network Integration Perspective. **IEEE**, 30(2), pp. 102-108.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). **Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri** (10. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 22(2), s. 546-556.
- Yılmaz, K. (2018). **Awareness Analysis of Industry 4.0**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül University Graduate School of Social Sciences, İzmir.
- Yurdakul, M. (2018). **Borsada Yapay Zekâ Devri**. Milliyet:

<https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/borsada-yapay-zeka-devri-2630067>
adresinden 12 Mart 2020 tarihinde alındı.

İnternet Kaynakları

[http://www.evropa.gov.rs/Documents/Home/DACU/Documents/Guide%20the%20LFA%20in%20PCM%20-%20final%20version%20\(draft\)%20-%207July07.pdf](http://www.evropa.gov.rs/Documents/Home/DACU/Documents/Guide%20the%20LFA%20in%20PCM%20-%20final%20version%20(draft)%20-%207July07.pdf)
(Logical Framework Approach)

https://en.wikipedia.org/wiki/Old_age adresinden 23 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır

<http://www.hurriyet.com.tr/gundem/ankarada-akilli-taksi-donemi-basliyor-41373355>

<https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf>) adresinden 17 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.

<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd> adresinden 17 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.

<https://mediacat.com/garanti-bankasinin-yapay-zekasi-ugiyle-tanisin/> adresinden 11 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://pazarlamasyon.com/artirilmis-gerceklik-ikea-apple-is-birligiyle-evinize-geliyor/> Adresinden 03.03.2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.bilgiustam.com/poka-yoke-nedir/> adresinden 3 Mayıs 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.cbronline.com/what-is/what-is-a-drone-4946842/> adresinden 11 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.

<https://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> adresinden 16 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır).

<https://www.endustri40.com/digitalization-dijitalizasyon-rehberi-siber-guvenlik/> adresinden 13 Ekim 2019 tarihinde alınmıştır.

https://www.google.com.tr/search?q=3d+printing+shoes+producing+from+adidas&sxrf=ALeKk00RuQlHNHqyADQTq2nUU8pRBC2t7w:1590491847922&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwib5PPss9HpAhVoxIsKHSiiCIsQ_AUoAXoECAwQAaw&biw=1366&bih=657 adresinden 04 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.google.com.tr/search?q=augmented+reality+glasses+in+manufacturing+process> adresinden 03 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

https://www.google.com.tr/search?q=bant+tipi+%C3%BCretim+sistemi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwit3tyN5ZbbAhWGWcWKHcADATwQ_AUI_CigB adresinden 18 Nisan 2018 tarihinde alınmıştır.

https://www.google.com.tr/search?q=decentralization+and+blockchain&sxrf=ALeKk00vRaKU5WQkDTIT7kuR3rk1Rb0G8w:1582473406865&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj7kqHqhOjnAhXK8OAKHfMoCxIQ_AUoAnoECA8QBA&biw=1366&bih=608) adresinden 09 Aralık 2019 tarihinde alınmıştır.

https://www.google.com.tr/search?q=sanayi+devrimi+a%C5%9Famalar%C4%B1&sxrf=ACYBGNSpSeRaXTZWl_7uGrXUwaVQ27l5w:1575643461237&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiOuLKmoaHmAhXC8uAKHfavDJMQ_AUoAXoECA0QAaw&biw=1366&bih=657) adresinden 06.12.2019 tarihinde alınmıştır.

<https://www.khanacademy.org/about> adresinden 20 Nisan 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.youtube.com/watch?v=46Jcg2iyKgM> adresinden 06 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.youtube.com/watch?v=Ox05Bks2Q3s> adresinden 06 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.youtube.com/watch?v=s5d8xfZQySU> adresinden 06 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

<https://www.youtube.com/watch?v=tlThdr3O5Qo> adresinden 06 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.

Slogan ve Yol Haritaları Tablosunda Harfli Olarak İfade Edilen Kaynaklar

^ahttps://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/industrie-40-in-a-global-context.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

^b<http://road4fame.eu/wp-content/uploads/2015/07/Member-States-and-Regional-Initiatives.pdf> (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

^c<https://teamneo.org/wp-content/uploads/2019/07/smart-manufacturing-iiot-roadmap.pdf> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^d<https://www.iiconsortium.org/> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^ehttps://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/industrie-40-in-a-global-context.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

^f<https://www.csis.org/analysis/made-china-2025> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^g<https://en.antaranews.com/news/120818/making-indonesia-40-to-face-industrial-revolution> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^h<http://road4fame.eu/wp-content/uploads/2015/07/Member-States-and-Regional-Initiatives.pdf> (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

ⁱ<https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/web-dp-indus-ang.pdf> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^j<https://www.export.gov/article?id=Korea-Manufacturing-Technology-Smart-Factory> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^khttps://www.pmindia.gov.in/en/major_initiatives/make-in-india/ (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^lhttps://en.wikipedia.org/wiki/Digital_India (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^m<https://www.industryforum.co.uk/resources/articles/high-value-manufacturing-strategy/> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

ⁿ<https://www.gov.uk/government/organisations/innovate-uk/about> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^o<https://www.mise.gov.it/index.php/en/202-news-english/2036690-national-industry-4-0-plan> (Erişim Tarihi: 13.12.2019)

^phttps://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

^qhttp://airp.co.uk/abenomics/_userdata/abenomics/pdf/society_5.0.pdf (Erişim Tarihi: 12.12.2019)

^Phttps://cme-mec.ca/wp-content/uploads/2018/11/Doc_Industrie-2030_Roadmap-to-2030-min.pdf (Erişim Tarihi: 16.12.2019)

^rhttps://www.gov.sg/~sgpcmedia/media_releases/edb/press_release/P-20171113-1/attachment/The%20Singapore%20Smart%20Industry%20Readiness%20Index%20-%20Whitepaper_final.pdf (Erişim Tarihi: 16.12.2019)

^s<https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf> (Erişim Tarihi: 16.12.2019)

^shttps://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2-03ocak2017.pdf (Erişim Tarihi: 16.12.2019)



ÖZGEÇMİŞ

