

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİ 4.0'IN İSTİHDAMA OLAN ETKİSİNİN PANEL VERİ İLE AMPİRİK
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS

KÜBRA UYSAL

174103005

DANIŞMAN
DOÇ. DR. MEHMET AVCI

EYLÜL, 2020

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİ 4.0'IN İSTİHDAMA OLAN ETKİSİNİN PANEL VERİ İLE
AMPİRİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS

KÜBRA UYSAL

1741030005

DANIŞMAN: DOÇ. DR. MEHMET AVCI

EYLÜL, 2020

MUĞLA

YEMİN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum **ENDÜSTRİ 4.0'IN İSTİHDAMA OLAN ETKİSİNİN PANEL VERİ İLE AMPİRİK ANALİZİ** adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin “Kaynakça”da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

07/09/2020

Kübra UYSAL



YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DÖKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞ FORMU

YAZARIN

Soyadı: UYSAL

Adı : KÜBRA

Referans No: 10355943

TEZİN ADI

Türkçe: Endüstri 4.0'ın İstihdama Olan Etkisinin Panel Veri İle Ampirik Analizi

Y.Dil : Empirical Analysis of the Impact of Industry 4.0 on Employment with Panel Data

TEZİN TÜRÜ: Yüksek Lisans

Doktora

Sanatta Yeterlilik

X

O

O

TEZİN KABUL EDİLDİĞİ

Üniversite: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Enstitü: Sosyal Bilimler Enstitüsü

Tarih: .../.../2020

TEZ YAYINLANMIŞSA

Yayınlayan:

Basım Yeri:

Basım Tarihi:

ISBN:

TEZ YÖNETİCİSİNİN

Soyadı, Adı: AVCI, MEHMET

Unvanı: Doç. Dr.

TEZİN YAZILDIĞI DİL: Türkçe

TEZİN SAYFA SAYISI: 116

TEZİN KONULARI:

Sanayi Devrimlerinin Tarihçesi

Sanayi Devrimlerinin İstihdama Etkileri

Endüstri 4.0'ın İstihdama Etkileri

AR – GE Finansman Yapısının İstihdama Etkileri

TÜRKÇE ANAHTAR KELİMELER

1. Endüstri 4.0

2. İstihdam

3. AR – GE Harcamaları

4. Panel Veri Analizi

İNGİLİZCE ANAHTAR KELİMELER

1. Industry 4.0

2. Employment

3. R&D Expenditures

4. Panel Data Analysis

1-Tezimden fotokopi yapılmasına izin veriyorum. ☐

2-Tezimden dipnot gösterilmek şartıyla bir bölümünün fotokopisi alınabilir. ☒

3-Kaynak gösterilmek şartıyla tezimin tamamının fotokopisi alınabilir. ☐

Yazarın İmzası:



Tarih: 07/09/2020

ÖZET

Son yıllarda insansı robotlar, akıllı fabrikalar, kendi kendini süren otomobiller ve hatta insan kalbi bile üretebilen üç boyutlu yazıcılar gibi teknolojiler günlük hayatımızda giderek daha fazla yer almaya başlamış durumdadır. Önceleri sadece bir filmin senaryosunda gördüğümüz teknolojiler günden güne bir gerçeklik haline gelmektedir. Bu gerçeklikler de son endüstriyel devrim olan Endüstri 4.0 veya diğer adıyla Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte günlük yaşamımıza dahil olmaktadır. Gelişen yeni teknolojiler yeni endişeleri de beraberinde getirmektedir. En büyük endişe ise son devrimin getirmiş olduğu teknolojilerin, özellikle de insansı robotların istihdam yapısı üzerinde yaratacağı değişikliklerdir. Zira bu konu iktisat literatüründe de tartışma konusudur.

Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0 ile birlikte gelen teknolojilerin istihdam üzerinde ne gibi değişikliklere sebep olacağını analiz etmektir. Bu bağlamda çalışmanın ilk bölümünde günümüze kadar yaşanmış olan teknolojik devrimlerin nasıl ortaya çıktığı, getirmiş olduğu yenilikler ve sosyo-ekonomik etkileri yaşanan ilk üç devrim içinde sırasıyla ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise Endüstri 4.0'ın nasıl ve ne zaman ortaya çıktığı ve Endüstri 4.0 ile birlikte sıklıkla anılmaya başlanan ya da bu son devrimle ilk kez adını duyuran teknolojiler tek tek günlük yaşantımızdaki örnekleri ile incelenmiştir. Üçüncü bölüme gelindiğinde ise ilk sanayi devriminden itibaren sanayi devrimlerinin işgücü piyasası üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca son devrimle birlikte oluşabilecek yeni fırsatlar ve riskler değerlendirilmiş ve bunlarla bağlantılı olarak yeni istihdam alanları ve yok olacak işler bu bölümde sunulmuştur. Dördüncü bölümde, Türkiye'nin mevcut durumu ve Türkiye imalat sanayinin teknolojik yapısı incelenmiş olup son bölümde ise Endüstri 4.0'ın istihdam üzerinde oluşturacağı etkinin analizi için panel veri analizi ile bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, yüksek ve orta – yüksek teknolojili üretim arttıkça istihdam azalmaktadır. Bu durum Endüstri 4.0'ın istihdamı baskılayacağı yönündeki endişeleri haklı çıkarmaktadır. Ayrıca literatürdeki bir diğer tartışma olan kamu tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamalarının verimliliği açısından, neo – liberal görüşün aksine kamu tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamalarının Endüstri 4.0 açısından daha verimli olabileceği tespit edilmiştir.

ABSTRACT

In recent years, technologies such as humanoid robots, smart factories, self-driving cars, and even three-dimensional printers capable of producing a human heart are increasingly taking place in our daily lives. The technologies that we have seen only in the script of a movie are becoming a reality day by day. These realities are included in our daily life with the latest industrial revolution, Industry 4.0, or the Fourth Industrial Revolution. Developing new technologies bring new concerns. The biggest concern is the changes that technologies brought by the last revolution, especially humanoid robots, will create on the employment structure. Because this issue is also the subject of discussion in the economic literature.

The aim of this study is to analyze what changes the technologies that come with Industry 4.0 will cause on employment. In this context, in the first part of the study, how the technological revolutions that have occurred up to date, the innovations it brought and the socio-economic effects have been discussed respectively in the first three revolutions. In the second part of the study, how and when Industry 4.0 emerged and the technologies that are frequently mentioned together with Industry 4.0, or which became known for the first time with this last revolution, were examined with examples in our daily life. As for the third section, the effects of industrial revolutions on the labor market have been examined since the first industrial revolution. In addition, new opportunities and risks that may occur with the last revolution have been evaluated and new employment areas and disappearing jobs are presented in this section. In the fourth chapter, Turkey has made an assessment of the current situation and Turkey's manufacturing industry is examined in the last part of the technological structure of panel data analysis for impact analysis on employment will generate Industry 4.0. According to the findings, employment decreases as high and medium - high technology production increases. This justifies the concerns that Industry 4.0 will suppress employment. In addition, it has been determined that public R&D expenditures, which are another discussion in the literature, can be more efficient in terms of Industry 4.0 in terms of efficiency of public expenditures.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, içerisinde bulunduğumuz dönemin en önemli dinamiklerinden birisi olan Endüstri 4.0'ın istihdama olan etkisini incelemekte, ayrıca AR – GE harcamalarının etkinliği açısından literatürde yer alan özel sektör – kamu sektörü tartışmalarına da katkılar sunmaktadır. Özellikle işgücü açısından ele alındığında Endüstri 4.0'ın siyasi, ekonomik, hukuki ve sosyo – kültürel açıdan etkileri ülkelerin ana gündem maddelerinden birisini oluşturmaktadır. Bu çalışmada da Endüstri 4.0'ın istihdama olan etkileri 2007 – 2017 dönemi için Belçika, Bulgaristan, Çin, Almanya, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Rusya, İsveç, Türkiye, ABD ve Güney Kore olmak üzere toplam 18 ülke verileri kullanılarak ve AR – GE harcamalarının finansman yapısı da dikkate alınarak incelenmiştir.

Tezle ilgili çalışmalarımın tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Mehmet AVCI hocama; tüm hayatım boyunca bana destek olan ve sevgilerini üzerimden hiç eksik etmeyen canım aileme; zor zamanlarımda yanımda olan ve bana her konuda yardımcı olan değerli hayat arkadaşım Soner UYSAL'a teşekkür ederim.

Kübra UYSAL

MUĞLA, 2020

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLolar VE ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
RESİMLER LİSTESİ.....	vi
GRAFİKLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
GİRİŞ.....	1

BÖLÜM I

ENDÜSTRİYEL GELİŞİMİN TARİHİ.....	2 – 16
1.1. Makine Dönemi: Endüstri 1.0.....	2
1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı.....	2
1.1.2. Birinci Sanayi Devrimi'nin getirdiği yenilikler.....	2
1.1.3. Birinci Sanayi Devrimi'nin etkileri.....	4
1.2. Elektrik Dönemi: Endüstri 2.0.....	5
1.2.1. İkinci Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı.....	5
1.2.2. İkinci Sanayi Devrimi'nin getirdiği yenilikler.....	6
1.2.3. İkinci Sanayi Devrimi'nin etkileri.....	10
1.3. Elektronik Dönemi: Endüstri 3.0.....	11
1.3.1. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı.....	11
1.3.2. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği yenilikler.....	11
1.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin etkileri.....	14

BÖLÜM II

TEKNOLOJİK DEVRİM: ENDÜSTRİ 4.017 – 54

2.1. Endüstri 4.0 Neye İfade Etmektedir?.....	17
2.2. Endüstri 4.0 Terminolojisi.....	20
2.2.1. 3D yazıcılar	20
2.2.2 Nesnelerin İnterneti.....	25
2.2.3. Akıllı Fabrikalar.....	30
2.2.4. Siber- Fiziksel Sistemler (CPS).....	33
2.2.5. Büyük Veri.....	35
2.2.6. Bulut Bilişim Sistemi.....	39
2.2.7. Artırılmış Gerçeklik.....	44
2.2.8. Sistem Entegrasyonu.....	47
2.2.9. Yapay Zeka - Otonom Robotlar.....	51

BÖLÜM III

YENİ TEKNOLOJİLERİN İSTİHDAMA ETKİSİ 55 – 70

3.1. İlk Üç Sanayi Devriminin İstihdama Etkileri.....	55
3.2. Endüstri 4.0 ve İstihdama Etkileri.....	58
3.2.1. Yapay Zeka ve Akıllı Süreç Otomasyonlarının İstihdama Olan Etkileri.....	58
3.2.2. Endüstri 4.0'ın İstihdam Açısından Getirdiği Fırsatlar ve Riskler.....	63
3.2.3. Yeni Teknolojilerin İstihdama Etkisi İle İlgili Literatür Taraması.....	67

BÖLÜM IV

ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNDE DÜNYANIN VE TÜRKİYE’NİN DURUMU.....	71 – 83
---	----------------

4.1. Bazı Teknolojik Göstergeler Bazında Dünya’nın ve Türkiye’nin Mevcut Durumu.....	71
--	----

4.2 Türkiye İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı.....	76
---	----

4.2.1. Türkiye imalat sanayinin gelişimi.....	76
---	----

4.2.2. Türkiye imalat sanayinin teknoloji düzeyi.....	78
---	----

BÖLÜM V

ENDÜSTRİ 4.0’IN İSTİHDAMA ETKİSİNİN PANEL VERİ İLE AMPİRİK ANALİZİ.....	84 – 91
--	----------------

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	92
------------------------------------	-----------

KAYNAKÇA	94
-----------------------	-----------

TABLolar VE ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Tablo 2.1.</u> Büyük Veri ve Bulut Bilişim Karşılaştırma Tablosu.....	43
<u>Tablo 5.1.</u> Modelde Kullanılan Değişkenler.....	85
<u>Tablo 5.2.</u> Değişkenlerin Doğal Logaritmik Dönüşümü.....	86
<u>Tablo 5.3.</u> Hausman Test Sonucu.....	86
<u>Tablo 5.4.</u> Heteroskedasitenin Sınanması.....	87
<u>Tablo 5.5.</u> Otokorelasyonun Testi.....	87
<u>Tablo 5.6.</u> Robust Tahmin Sonuçları.....	88
<u>Şekil 2.1.</u> Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.....	18
<u>Şekil 2.2.</u> Endüstriyel Gelişimin Aşamaları.....	19
<u>Şekil 2.3.</u> 3V Modeli	34
<u>Şekil 2.4.</u> Büyük Verinin Avantajları.....	36
<u>Şekil 2.5.</u> Geleceğin Akıllı Fabrikasının 15 Bileşeni	38
<u>Şekil 2.6.</u> Endüstri 4.0 Yatay Entegrasyon Örneği.....	48
<u>Şekil 2.7.</u> Endüstri 4.0 Dikey Entegrasyon Örneği.....	49
<u>Şekil 2.8.</u> Endüstri 4.0 Uçtan Uca Entegrasyon Örneği.....	50

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim 1.1</u> James Watt'ın Geliştirdiği Buhar Makinesi.....	3
<u>Resim 1.2.</u> Arkwright'ın İplik Eğirme Makinesi.....	4
<u>Resim 1.3.</u> Telefonun İcadı- Alexander Graham Bell	7
<u>Resim 1.4.</u> Thomas Edison'un Ampülü.....	7
<u>Resim 1.5.</u> Otto'nun İçten Yanmalı Motoru.....	8
<u>Resim 1.6.</u> Ford Montaj Hattı.....	9
<u>Resim 1.7.</u> İlk Uçuş.....	9
<u>Resim 1.8.</u> Beş Nesil Bilgisayarlar.....	13
<u>Resim 2.1.</u> Choc Creator ile Basılmış Bir Çikolata.....	22
<u>Resim 2.2</u> Barilla'nın 3D Yazıcı ile Ürettiği Makarna Örnekleri.....	22
<u>Resim 2.3.</u> Smoothfood Projesi Örneği.....	23
<u>Resim 2.4.</u> 3D Basılı Köprü.....	24
<u>Resim 2.5.</u> Ikea'nın AR uygulaması.....	46
<u>Resim 2.6</u> Robotlar ve İnsanların İş birliği İçinde Çalışmasına Örnek Bir Görsel.....	52

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik 2.1.</u> 2013- 2021 Yılları Arasında 3D Yazıcının Küresel Pazar Büyüklüğü (Milyar Dolar).....	21
<u>Grafik 2.2.</u> Nesnelerin İnterneti ile Bağlanan Cihaz Sayısı.....	26
<u>Grafik 2.3.</u> 2015'ten 2021'e Dünya Çapında Büyük Veri Hacmi (Exabyt).....	33
<u>Grafik 2.4.</u> 2013- 2018 ve 2019- 2022 Yılları Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulumları.....	53
<u>Grafik 2.5.</u> İşbirlikçi Robotların Dünya Robotik Pazarındaki Payı.....	54
<u>Grafik 3.1.</u> Seçilmiş Yedi Ülkenin Verimlilik Artışı, 1950- 2015.....	57
<u>Grafik 3.2.</u> İnsan ve Makine Arasındaki İş bölümü (%).....	65
<u>Grafik 4.1.</u> AR- GE Harcamalarının GSYH İçindeki Payı (2007- 2017).....	72
<u>Grafik 4.2.</u> 2007- 2017 Yılları Arası AR- GE İnsan Kaynağı (Milyon Kişi Başına).....	73
<u>Grafik 4.3.</u> 2006- 2016 Yılları Arası Bilimsel Yayın Sayıları.....	74
<u>Grafik 4.4.</u> 2007- 2017 Yılları Arası Patent Başvuru Sayıları.....	75
<u>Grafik 4.5.</u> Sanayi ve İmalat Sanayi Katma Değerlerinin GSYH İçindeki Payları (1980- 2018).....	77
<u>Grafik 4.6.</u> Türkiye İmalat Sanayi Katma Değerinin GSYH İçindeki Payı (1990- 2018).....	78
<u>Grafik 4.7.</u> Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre Üretim Değeri (%).....	79
<u>Grafik 4.8.</u> Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre Katma Değeri (%).....	80
<u>Grafik 4.9.</u> Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre İhracat Miktarı (%).....	81

<u>Grafik 4.10.</u> Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre İthalat Miktarı (%).....	82
<u>Grafik 4.11</u> Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre İstihdam Miktarı (%).....	83

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR	: Artırılmış Gerçeklik
BMBF	: Almanya Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı
COBOL	: Common Business Oriented Language
CPS	: Siber – Fiziksel Sistemler
EBSO	: Ege Bölgesi Sanayi Odası
ENIAC	: Electronic Numerical Integrator And Computer
FORTRAN	: Formula Translating System
GPS	: Global Positioning System
HTML	: Hyper Text Markup Language
HTTP	: Hyper Text Transfer Protocol
IFR	: Instrument Flight Rules
PLC	: Programlanabilir Mantık Denetleyiciler
ROS	: Robot İşletim Sistemleri
UNIVAC	: Universal Automatic Computer
URL	: Uniform Resource Loader
VR	: Sanal Gerçeklik
WEF	: Dünya Ekonomik Forumu

GİRİŞ

Üretim sürecinde işgücünün yerini alabilecek her türlü yeniliklerin getireceği sonuçlar, kapitalist üretimin başlangıcı olarak kabul edilen birinci sanayi devriminden bu yana tartışma konusu olagelmıştır. Birinci Sanayi Devrimi, su ve buharla çalışan üretim biçimleri kullanılarak başlatılan tarihin önemli gelişmelerinden biridir. Daha sonra, 20.yy'ın başında elektrikle çalışan seri üretim teknolojilerinin uygulanması İkinci Sanayi Devrimi olarak adlandırılmıştır. Bundan sonra, üretimin daha ileri otomasyonunu desteklemek için, 1970'lerin ortalarında fabrikalarda elektronik ve bilgi teknolojisini popülerleştirerek Üçüncü Sanayi Devrimi başlamıştır. Bu üç sanayi devriminin gelişmesi yaklaşık iki yüzyıl sürmüş ve istihdama olan etkileri literatürde geniş yer bulmuştur. Tartışmaların temel noktası, teknolojik yeniliklerin getireceği yeni iş kollarının ve verimlilik artışlarının getireceği ek istihdamın, yok edeceği iş kolları sonucu kaybolan istihdamı aşıp aşamayacağıdır. Günümüzde ise akıllı fabrikalar, yapay zeka, otonom robotlar gibi terimlerle karşımıza çıkan Endüstri 4.0, istihdamın geleceği ile ilgili endişeleri önceki sanayi devrimlerine kıyasla oldukça artırmış durumdadır. Bu çalışmada da Endüstri 4.0'ın istihdama olan etkileri 2007 – 2017 dönemi için Belçika, Bulgaristan, Çin, Almanya, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Rusya, İsveç, Türkiye, ABD ve Güney Kore olmak üzere toplam 18 ülke verileri kullanılarak ve AR – GE harcamalarının finansman yapısı da dikkate alınarak incelenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde endüstriyel gelişimin tarihi ile ilgili teorik bilgilere yer verilmekte, ikinci bölümünde ise Endüstri 4.0'ın tam olarak neyi ifade ettiği teknik bazı detaylar da verilerek açıklanamaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde tüm bu sanayi devrimlerinin istihdama olan etkileri literatürdeki tartışmalardan örnekler de verilerek analiz edilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise bazı yenilik göstergeleri kullanılarak Türkiye'nin Endüstri 4.0'ın neresinde olduğu betimlenmektedir. Çalışmanın beşinci ve son bölümünde ise Endüstri 4.0 – istihdam ilişkisi, AR – GE harcamalarının finansman yapısı da dikkate alınarak panel veri yardımıyla analiz edilmektedir.

BÖLÜM I

ENDÜSTRİYEL GELİŞİMİN TARİHİ

1.1. Makine Dönemi: Endüstri 1.0

1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı

Endüstriyel gelişimin tarihi açısından “Sanayi Devrimi” kavramı ilk kez 1799 yılında Fransız diplomat Louis – Guillaume Otto’nun ülke yetkililerine gönderdiği bir mektupta geçmektedir. Söz konusu mektupta Otto, artık Fransız milletinin de Avrupa – Amerikan sanayileşme yarışına girdiğini belirtmektedir (Ruimy, 2013).

Her ne kadar Sanayi Devrimi’nin başladığı tarih tartışmalı olsa da, literatür incelendiğinde ilk sanayi devriminin yaşandığı dönemle ilgili genel kanının 1760-1830 dönemi olduğu görülmektedir. Günümüz teknolojilerine giden yol ise, bu dönemde keşfedilen buhar gücü ile açılmıştır. Brown (2016)’ya göre dönemin başlangıcından önce insanlar ev ve gemi inşa etmek, yemek pişirmek ve ısıtmak gibi eylemler için ağaçları kullanmışlardır. Daha sonra yakacak yeni bir şey arayışına girmişler ve kömürü bulmuşlardır. Zamanla daha da derine doğru kazmaya başlamışlardır ve kömür madenleri suyla dolmuştur. Karaoğlu (2016)’ya göre maden ocaklarına dolan suyun dışarı atılabilmesi için 1712 yılında Thomas Newcomen tarafından Newcomen makinesi olarak bilinen bir makine geliştirilmiştir.

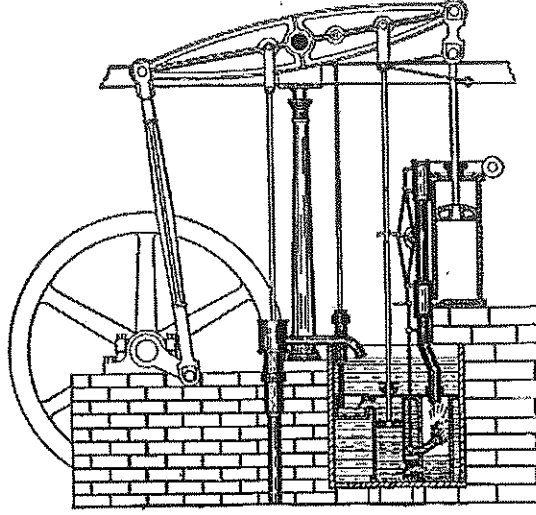
1.1.2. Birinci Sanayi Devrimi'nin getirdiği yenilikler

Buhar Makinesi

Sanayi Devrimi’nin başlangıcı olarak kabul edilen buhar makinesi, 1764 yılında James Watt tarafından yukarıda bahsi geçen Newcomen makinesinin geliştirilmesi ile icat edilmiştir. Newcomen makinesi yalnızca maden ocaklarından su çekilmesi için kullanılmıştır. Watt’ın geliştirmiş olduğu buhar makinesi sayesinde ise sadece nehirlerin kıyısında inşa edilebilen fabrikalar için bu kısıtlama kalkmış, istenilen her yerde fabrikaların kurulabilmesi sağlanmış ve böylece ticari üretime geçiş için önemli bir adım atılmıştır (McKie, 2015). Bu yeni makine ile birlikte 1765- 1776 yılları arasında verimlilik yaklaşık üç kat artmıştır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014: 15). 1802 yılında ise Richard Trevithick James Watt’ın motorunu daha fazla geliştirerek yüksek basınçlı bir motor üretmiş ve 1804 yılında ilk buharla çalışan lokomotifi test etmiştir

(Castilla, 2013). Aşağıda resmi gösterilen bu buluş ulaşım teknolojisi için adeta devrim niteliğindedir.

Resim 1.1: James Watt'ın Geliştirdiği Buhar Makinesi

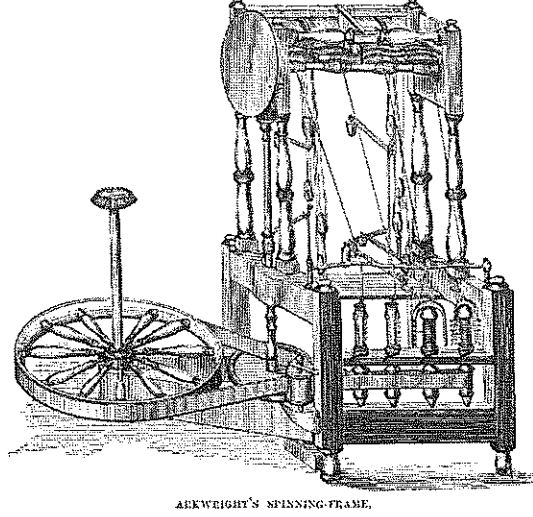


Kaynak: <https://study.com/academy/lesson/james-watts-steam-engine-facts-lesson-for-kids.html>

Tekstil

Sanayi Devrimi esnasında tekstil endüstrisi de önemli gelişmeler yaşamıştır. 1733 yılında John Kay tarafından icat edilen “uçan mekik” adlı makine dokumacılığa yardımcı olan önemli bir buluştur. Bu buluş sayesinde dokuma kolaylaşmış ve eskisinden daha fazla üretim yapılma imkanı sağlamıştır. Üretimin artması sonucu iplik ihtiyacı da artmıştır ve 1765 yılında James Hargreaves tarafından “Spinning Jenny” isimli iplik eğirme makinesini icat edilmiştir. Bu makine sayesinde yirmi yıl içinde bir makinenin eğirebileceği iplik sayısı altıdan sekize yükselmiştir. Bu, tekstil endüstrisinin artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilmesi için büyük bir gelişme olmuştur. 1769 yılında Richard Arkwright güç kaynağı olarak suyun kullanıldığı bir iplik eğirme makinesi icat etmiştir. 1779 yılında Crompton, Hargreaves ve Arkwright'in makinelerinin bazı noktalarını birleştirerek daha da geliştirilmiş bir makine icat etmiştir. 1790'lı yıllarda James Watt'ın buhar motoru pamuk fabrikalarında kullanılmaya başlanmıştır ve böylelikle dokuma sanayisi hızla gelişmiştir (Trueman, 2015).

Resim 1.2: Arkwright'ın İplik Eğirme Makinesi



Kaynak: <https://pixels.com/featured/arkwright-spinning-frame-granger.html>

1.1.3. Birinci Sanayi Devrimi'nin etkileri

Sanayi Devrimi'nin etkileri birçok açıdan olumlu ve olumsuz yönde ele alınabilir. İktisadi açıdan bakılacak olursa yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi, mevcut üretim tekniklerinin iyileştirilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, enerji kaynağının kömüre dönmesiyle birlikte daha yüksek miktarda üretim yapılması ve yeni oluşturulan ulaştırma ağları sayesinde malzemelerin daha yüksek üretim seviyelerine erişmesi gibi olumlu etkilerden bahsedilebilir. Ancak bu olumlu etkilerin sonuçları ayrı bir tartışma konusu olmakla birlikte olumsuz etkileri de literatürde tartışma konusu olmuştur. Kentleşme ve nüfus dengesiz bir biçimde artmıştır. Arun (2018)'e göre İngiltere'nin nüfusu aniden artmıştır ve bunun bir sonucu olarak çevre kirlilikleri yaşanmıştır¹.

Sanayi Devrimi'nin olumsuz sonuçlarını iktisadi açıdan değerlendirilecek olursak en önemli olumsuz etkisi istihdam üzerine olmuştur. Öyle ki Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkan makinelerinin daha fazla iş yapabilmesi, tarım işçilerinin tarım sektöründen

¹ Birinci sanayi devrimi ile başlayan çevresel sorunların günümüzde hala önemli bir tartışma konusu olduğunu da unutmamak gerekir.

endüstri sektörüne kaymasına sebep olmuştur (LaFleur, 2017: 11- 12). Ayrıca zanaatkarlar içinde benzer bir durum söz konusudur. Öyle ki zanaatkarların daha önceden kendi elleriyle yaptığı işleri makinelere kaptırması, kendi işlerini günde 18 saat düşük ücretle çalışarak yapmalarına ve kendilerini vasıfsız hissetmelerine sebep olmuştur (Haftacı ve Arıcı, 2018: 50).

Sanayi sektöründe gerçekleşen bu endüstrileşme olgusu ile birlikte işçilerin işverenleriyle arasındaki iletişim kopukluğu, temel haklarından yoksun bırakılmaları gibi sebeplerle sendikalaşma olgusu ortaya çıkmıştır ve 1800'lerin sonlarına doğru sendikalar yaygınlaşmaya başlamıştır (Pıçak ve Kadah, 2017: 201- 202). İşçilerin temel haklarından yoksun bırakılmaları bir yana günümüzde de varlığı tartışılan çocuk işçiliği konusunun 19. yüzyılın ortalarında yaygın olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Tekstil ve madencilik sektörlerinde çocuk işçiler çok ağır şartlarda çalıştırılmıştır. Öyle ki genellikle 5 yaşına geldiklerinde çalıştırılmaya başlanan çocuk işçilerin 18 yaşına gelmeden öldüğü tespit edilmiştir. Dokuma endüstrisinde 1850- 1890 yılları arasında çocuk istihdamı %1'den %43'e çıkmıştır ve çocuk işçiler günlük 12 saatten fazla ve molasız çalışmışlardır (Chung, 2005).

1.2. Elektrik Dönemi: Endüstri 2.0

1.2.1. İkinci Sanayi Devrimi'nin Ortaya Çıkışı

İlk Sanayi Devrimi 18. yüzyılda başlamıştır ve o dönemde öncelikle tekstil üretimi ve buhar gücüne odaklanılmıştır. 19. yüzyılın ortalarında başlayan ve "Endüstri 2.0" olarak adlandırılan İkinci Sanayi Devrimi önceden var olan endüstriler için bir büyüme ve çelik, petrol ve elektrik gibi alanlar için bir gelişme dönemi olmuştur (Vale, 2016a). İkinci Sanayi Devrimi'nde öncü konumda olan iki ülke Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'dır (Akbulut, 2011: 3). İlk Sanayi Devrimi esnasında ortaya çıkan ve İngiltere'nin gizli tutmaya çalıştığı teknikleri, İngiliz Samuel Slater'ın Amerika Birleşik Devletleri'ne tanıtmasıyla Sanayi Devrimi İngiltere dışına yayılmış ve endüstrileşme Amerika Birleşik Devletleri'nde de başlamıştır (Brown, 2016). Arkwright tarafından icat edilen makinelerin rolüyle birlikte fabrika sistemi de dahil olmak üzere onu destekleyen yönetim tekniklerinin kullanılması Amerika'nın sanayileşmesini önemli ölçüde hızlandırmıştır (Conrad, 1995: 1- 28). İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte, İlk Sanayi Devrimi'nin oldukça sınırlı olan ve yerleştirilmiş

telgraf ve demiryolu ağıları, kanalizasyon ve alt yapı sistemleri gibi önceden mevcut olan teknolojik sistemleri çok daha geniş bir faaliyet ve ürün yelpazesine genişletilmiştir. Bu genişleme içerisinde en önemli olan iki yenilik ise elektrik gücü ve telekomünikasyondur (Mokry, 1998: 2). Elektrik ve telekomünikasyon dışında da birtakım gelişmeler yaşanmıştır. Bilim adamları buhar yerine kullanılabilecek diğer enerji kaynakları üzerinde araştırmalar yapmışlardır.

1.2.2. İkinci Sanayi Devrimi'nin Getirdiği Yenilikler

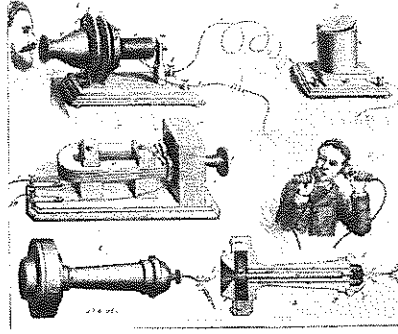
Çelik

İkinci Sanayi Devrimi'nin endüstriyel seri üretimini tanımlayan yeniliklerinden birisi çelik üretimidir. 1856 yılında Henry Bessemer ile birlikte çelik endüstrisi genişlemiştir (Mokry, 1998: 3). Çelik; gemilerin, köprülerin ve binaların yapımı gibi işler için daha az maliyetli ve daha dayanıklı olduğundan demirin yerini almıştır. Böylelikle daha kaliteli demiryolları inşa edilmiş ve demiryolu yapım maliyetleri düşmüştür (Vale, 2016a). Demiryolu yapım tekniklerinin geliştirilmesinin bir sonucu olarak ulaştırma, haberleşme ve nakliye sistemleri de geliştirilmiştir.

Telekomünikasyon

İkinci Sanayi Devrimi içinde geliştirilen teknolojilerden bir diğeri ise telekomünikasyondur. 1858 yılında ilk mesaj Atlantik okyanusuna döşenen sualtı telgraf kablosu ile gönderilmiştir. Transatlantik haberleşme kablosu fikri ilk olarak 1839 yılında ortaya çıkmıştır. 1840 yılında Samuel Morse tarafından geliştirilen alfabe sayesinde ise telgraf ile haber taşınabilmiştir (Geere, 2011). İletişimde bir sonraki aşama ise Alexander Graham Bell'in 1876 yılında telefonu icat etmesi ile meydana gelmiştir. Telefon ile uzun mesafeler boyunca sinyal iletmek için tel kullanılmıştır (Benjamin, 1903: 334). Telefonun icadı insanların birbirleriyle konuşma yoluyla daha hızlı ve eş zamanlı iletişim kurmalarına izin vermiştir.

Resim 1.3: Telefonun İcadı- Alexander Graham Bell



Kaynak: <http://thisdaythen.blogspot.com/2012/03/10th-march-1876-alexander-graham-bell.html>

Elektrik

1800'lü yılların sonlarına gelindiğinde Amerikalı Thomas Edison bir dizi icat geliştirmiş ve 1093 patentle dünya rekoruna sahip olmuştur. Bu icatlar arasında en bilinenleri fonograf (ses kayıt cihazı) ve elektrik ampulüdür (Josephson ve Conot, 2018). Edison'un ampülü icat etmesinin ardından General Electric ve Siemens A.G. gibi şirketlerin devreye girmesiyle elektrik üretimi ve dağıtımı yaygınlaşmıştır. Aynı zamanda bu şirketler sayesinde fabrikalarda elektrik, su ve buharla çalışan motorların yerini almıştır ve daha verimli çalışmaya katkıda bulunmuşlardır (Haftacı ve Arıcı, 2018: 51).

Resim 1.4: Thomas Edison'un Ampülü

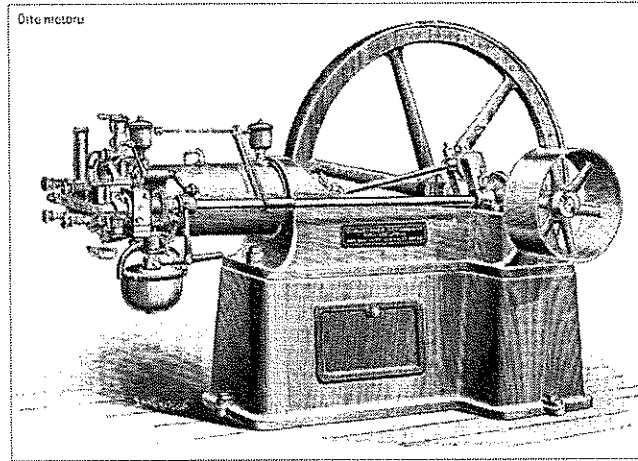


Kaynak: <https://tr.pinterest.com/pin/530158187365272734/?lp=true>

İçten Yanmalı Motor

Elektriğin fabrikalarda kullanılmasının ardından 1860 yılında Belçikalı mühendis Lenoir tarafından otomobillerde kullanılabilecek olan ve petrolle çalışan içten yanmalı motor patentlenmiştir. Ancak bu motorun otomobillerde kullanılması 1863 yılını bulmuştur. Lenoir'in motorunun gücünün az olması sebebiyle 1876 yılında Alman mühendis Otto, bugün benzin motorlarına da adını veren ilk dört zamanlı motor olan Otto Motor'u geliştirmiştir (Laukkonen, 2013). 1885 yılına gelindiğinde ise Otto'nun birlikte çalıştığı Gottlieb Daimler, Wilhelm Maybach'ın ortaklığı ile birlikte Otto'nun geliştirmiş olduğu içten yanmalı motorun daha da gelişmesini sağlamışlardır. Daimler-Maybach motoru küçük, hafif, hızlı, benzinle enjekte edilmiş bir karbüratör kullanmaktaydı ve dikey bir silindire sahipti. Motorun boyutu, hızı ve verimliliği otomobil tasarımında bir devrime izin vermiştir. Daimler 1886'da dünyanın ilk dört tekerlekli motorlu taşıtını tasarlamıştır ve ilk başarılı içten yanmalı motorlardan birini icat eden mucit olarak kabul edilmektedir. Daimler 1890 yılında tasarımlarını üretmek için Daimler Motoren- Gesellschaft'ı kurmuştur. On bir yıl sonra da Maybach, Mercedes otomobilini tasarlamıştır (Khayal, 2017).

Resim 1.5: Otto'nun İçten Yanmalı Motoru

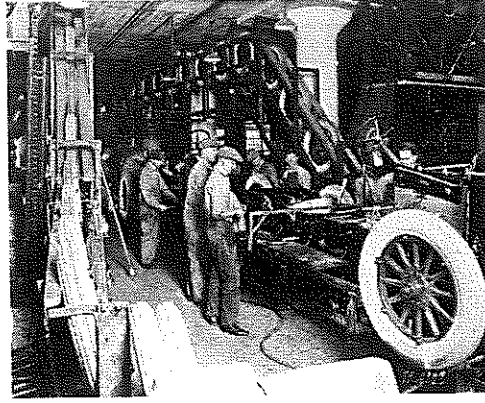


Kaynak: <http://www.moment-expo.com/icten-yanmali-motorlarin-dogusu>

Fordizm

Sanayi tarihinin en popüler isimlerinden biri olan Henry Ford 1903 yılında Ford fabrika yöntemlerine ait bir özellik olan “son montaj hattı” sayesinde seri üretim ile ilk otomobili kitlelere ulaştırmıştır (Horgan, 1921: 437- 450). Bu üretim tekniği, üretimin hız kazanmasına katkıda bulunmasının yanı sıra daha düşük maliyetli, daha yüksek kaliteli ve daha güvenilir ürünler üretilmesine yol açmıştır.

Resim 1.6: Ford Montaj Hattı

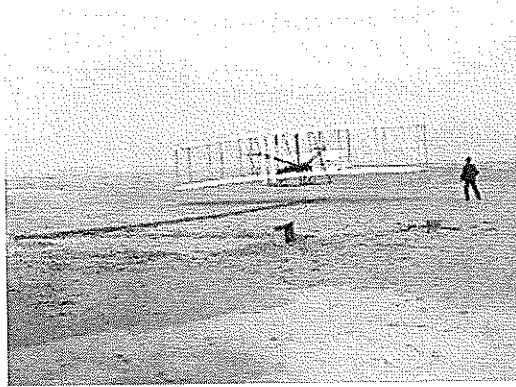


Kaynak: <http://www.moment-expo.com/icten-yanmali-motorlarin-dogusu>

Uçak

İkinci Sanayi Devrimi dönemi içerisinde yaşanan bu çok önemli gelişmelerin bir diğeri ise Wright Kardeşlerin geliştirmiş olduğu Flyer isimli ilk motorlu uçaktır. Wright kardeşler pek çok denemeden sonra 1903 yılında ilk insanlı uçuşu gerçekleştirmeyi başarmışlardır. Bu ilk uçuş 12 saniye sürmüştür (Bellis, 2018).

Resim 1.7: İlk Uçuş



Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer

1.2.3. İkinci Sanayi Devrimi'nin Etkileri

İkinci Sanayi Devrimi Avrupa ve Amerika'da endüstriyi ve ticareti çeşitli şekillerde değiştirmiştir. Enerji ve kas kullanımına odaklanan İlk Sanayi Devrimi'ne karşı, İkinci Sanayi Devrimi daha çok bilgi teknolojisinin kullanımına odaklanmıştır. Sektörlerdeki koşullar değiştikçe sosyal ve politik koşullarda onlarla birlikte değişmiştir.

İlk sanayi çağının teknolojik devrimlerini takiben, atölyeler ve küçük dökümhaneler seri üretim yapan büyük fabrikalar tarafından desteklenmiştir (Hirschman ve Mogford, 2009). Ürünlerin üretim biçimi değişmiştir; artık bir ürünü baştan sona yapmaktan usta sorumlu değildir. Montaj hattının tanıtılmasıyla, işçiler sadece bir işin bir unsurunu yapmışlardır (Rees, 2016). Bu, üretim hızını artırmış ve üretim maliyetlerini düşürmüştür. Bu durum aynı zamanda üretimin daha az vasıflı işçi gerektirdiğini de ifade etmektedir. Bu işçiler makinelerle yer değiştirmiştir, zanaatkarlar artık sanayileşmeden önce sahip olduğu aynı ekonomik veya sosyal statüye sahip değildir.

Fabrikalardaki üretim biçiminde bir değişiklikte elektriğin fabrikalarda kullanılması ile olmuştur. Ticari elektriğin gelişmesi, endüstrilerin büyük şehirlerdeki işgücü arzından yararlanmasını sağlamıştır. Elektrikle üretim yapılan bu endüstrilerde daha çok mavi yakalı işçi çalıştırılmış ve bu işçilere daha fazla ödeme yapılmıştır (Goldin ve Katz, 1996).

Endüstriyel üretkenlikteki büyük kazançlar, kurumsal verimlilik ve çok daha düşük nakliye maliyetleri ile birlikte, ulusal pazarlar daha çok göç eden insanlar tarafından oluşturulmuştur (Guest, 2005: 140- 164). Göçmenler tehlikeli ve ağır işler için ideal emek kaynağı olarak görülmüştür; zira göçmenler genellikle daha düşük ücret ve daha kötü çalışma koşullarını kabul edebilmekteydiler. Bu nedenle göçmenlerle birlikte işçi sınıfı gelirlerinin büyümesi yavaşlamıştır. Aynı zamanda göçmenler sermayenin ve işgücünün arzını artırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunduğu da söylenebilir (Hirschman ve Mogford 2009). Sanayide büyüme ile artan yaşam standartları ve paranın satın alma gücü, yeni teknolojilerin daha önce hiç olmadığı kadar orta sınıf ve işçi sınıflarının günlük hayatlarına ulaşmasıyla hızla artmıştır. Nüfusun artması ile birlikte zengin bir girişimci sınıf ve büyüyen bir orta sınıf ortaya çıkmıştır (Engelman, 2015). Ancak herkes bu dönemin ekonomik refahından eşit pay alamamıştır. Devrim “kapitalist” tarzda hem zenginliğin hem de yoksulluğun uç noktalarını yaratmıştır.

Hızlı endüstrileşme şehir işçileri için kalitesiz yaşam ve tehlikeli çalışma koşullarına dönüşmüştür. İkinci Sanayi Devrimi sırasında fabrikalar insan emeğinden tam olarak yararlanmışlar; fakat işçi haklarını bir kenara bırakmışlardır. Çoğu kentsel işçi kalabalık mahallelerde yaşamış ve çok uzun saatler çalışmışlardır. Uzun saatler, iş güvenliği eksikliği, hava kirliliğine sürekli maruz kalma ve sağlık sigortasının olmayışı sanayi işçileri için günlük gerçeklerdir (Engelman, 2015). İşçi sendikalarının da bu koşulların bir sonucu olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Brooks, 2018).

1.3. Elektronik Dönemi: Endüstri 3.0

1.3.1. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin Ortaya Çıkışı

Dijital devrim olarak da adlandırılan Üçüncü Sanayi Devrimi teknolojinin analog, elektronik ve mekanik cihazlardan bugün mevcut olan dijital teknolojiye ilerlemesini ifade etmektedir (Vale, 2016b). Üçüncü Sanayi Devrimi yaklaşık olarak 1940 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da bilgisayarların geliştirilmesi ile başlamıştır (Smith, 2014). İkinci Sanayi Devrimi ve Üçüncü Sanayi Devrimi arasındaki zamanın bu kadar uzun sürmesinin sebebi ise dünya savaşıdır (Özdoğan, 2017: 12).

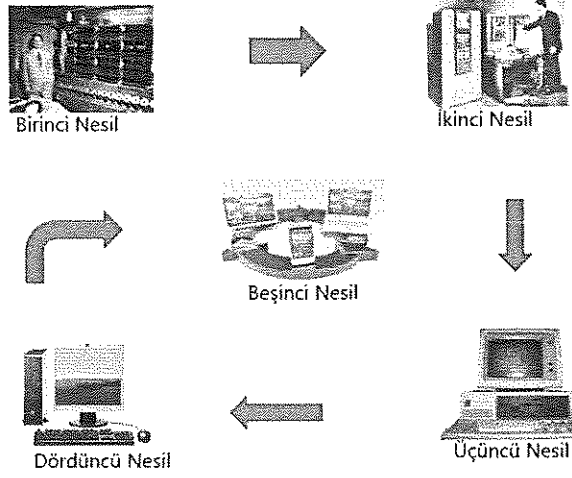
1.3.2. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin Getirdiği Yenilikler

Transistör ve Bilgisayar

Çağdaş bilgisayarın gelişmesinin önünü açan transistör 1947 yılında tanıtılmıştır. Günlük olarak kullandığımız televizyon, cep telefonu ve bilgisayar gibi ekipmanların işleyişi transistörlere dayanmaktadır. Birinci Sanayi Devrimi yıllarında nasıl buhar motoru kilit bir role sahipse, Üçüncü Sanayi Devrimi yılları için de transistörün aynı öneme sahiptir (Plaza, 2018). 1950'lerde ve 1960'larda kamusal ve askeri alanlar başta olmak üzere ve diğer pek çok alanda bilgisayar sistemleri kullanılmaya başlanmıştır (Özdoğan, 2017: 13). Bilgisayarlar beş nesil şeklinde sınıflandırılmaktadır. Her nesil bir önceki üzerine iyileştirmeler yapılarak geliştirilmiştir. İlk bilgisayar sistemlerinde vakum tüpleri kullanılmıştır ve boyut olarak bir odanın tamamını kaplamaktadır. Bu bilgisayarlar çok fazla elektrik harcamaktadır ve çok fazla ısı ürettikleri için sürekli arızalanmaktadır. Birinci nesil bilgisayarlar yalnızca bir görevi yerine getirebilmektedir ve bu işlem çok uzun sürmektedir. UNIVAC ve ENIAC isimli bilgisayarlar birinci nesil bilgisayarlara örnektir. UNIVAC aynı zamanda ilk ticari

bilgisayar olarak halka tanıtılmıştır. İkinci nesil bilgisayarlarda ise vakum tüplerinin yerini transistörler almaktadır ve böylelikle bilgisayarların boyutu küçülmekte, hızı artmakta ve daha verimli çalışmaktadır. İkinci nesil bilgisayarlar şifreli ikili makine dilinden sembolik dillere geçmiştir ve bu da programcılarının kelimelerle talimat vermesini sağlamıştır. Bu bilgisayarlarda COBOL ve FORTRAN gibi üst düzey programlama dilleri kullanılmaktadır. Bunlar aynı zamanda verilen talimatları hafızalarında saklayabilen ilk bilgisayarlardır. Bu neslin ilk bilgisayarları atom enerjisi endüstrisi için geliştirilmiştir. Üçüncü nesil bilgisayarların ayırt edici özelliği ise entegre devrenin (IC) gelişimidir. Entegre devrelerde, transistörlerin boyu küçültülmüş ve bilgisayarların hızını ve verimliliğini önemli ölçüde artıran yarı iletkenler adı verilen silikon çiplere yerleştirilmiştir. Bilgisayarlar ilk kez kitleler için erişilebilir hale gelmiştir çünkü önceki nesil bilgisayarlara göre daha küçük ve daha ucuzlardır. Dördüncü nesil bilgisayarların doğmasına ise mikroişlemciler neden olmuştur. Mikroişlemciler çok sayıda entegre devrenin tek bir silikon çip üzerine inşa edilmesiyle oluşturulmuştur. Tüm bileşenlerin tek bir çip üzerinde toplandığı ilk mikroişlemci 1971 yılında geliştirilen Intel 4004'tür. Sadece uzman kişiler tarafından kullanmak için değil de evde kullanım içinde üretilen ilk kişisel bilgisayar 1981 yılında IBM ve 1984 yılında APPLE tanıtmıştır. Bu bilgisayarlar daha sonra internet ağlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Beşinci nesil bilgisayarlar ise yapay zekaya dayanmakta ve günümüzde hala geliştirilmektedir. Bu bilgisayarlarda ses tanıma gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Paralel işleme ve süper iletkenlerin kullanılması, yapay zekanın gerçeğe dönüştürülmesine yardımcı olmaktadır. Kuantum hesaplama, moleküler ve nanoteknolojinin gelecek yıllarda bilgisayarların yüzünü kökten değiştireceği söylenmektedir. Beşinci nesil bilgisayarların amacı kendi kendine organizasyon yapabilen cihazlar geliştirmektir (Beal, 2010).

Resim 1.8: Beş Nesil Bilgisayarlar



Kaynak: <http://www.tutorialpoint.net/2015/10/five-1st-second-third-fourth-fifth-generation-of-computers-with-pictures.html>

Moore Yasası

Transistörlerin gelişim aşamasında Electronics Magazine dergisi Intel'in kurucularından olan Gordon Moore'dan sonraki 10 yıllık süre zarfında elektronik alanındaki gelişmelerle ilgili bir yazı yazmasını istemiştir. Moore 1965 yılında "Entegre Devrelere Daha Fazla Bileşen Sıkıştırmak" başlıklı bir makale yayınlamıştır. Moore öngörüsünü entegre devrenin kullanılmasından bu yana endüstrinin hızla gelişmesine dayandırmıştır. Teknikler geliştikçe ve devrelerdeki bileşenler küçüldükçe bir bileşen üretmenin maliyetinin azaldığını iddia etmiştir. Moore yasasına göre bir devredeki transistörlerin sayısı her iki yılda bir ikiye katlanmaktadır ancak maliyetler azalmaktadır. Entegre bir devreye daha fazla bileşen sıkıştırmak sadece cihazların daha güçlü hale geldiği anlamına gelmemektedir aynı zamanda daha küçük oldukları anlamına da gelmektedir. Devre üretimindeki bu gelişmeler bugün akıllı telefonlar ve dizüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir cihazların varlığını mümkün kılmaktadır (Strickland, 2009).

İnternet

Üçüncü Sanayi Devrimi denince akla gelen en önemli yeniliklerden birisi ise İnternet Teknolojisinin gelişimidir. Sadece "ağ" olarak da adlandırılan internet, kısaca dünya çapında bir bilgisayar ağları sistemidir (Rouse, 2014). İnternet askeri kökenli bir

projeden gelmektedir. ARPANET (İleri Araştırma Projeleri Ajansı Ağı) internetin öncüsü olan deneysel bilgisayar ağıdır. ABD Savunma Bakanlığı'nın bir bölümü olan ARPA (İleri Araştırma Projeleri Ajansı) tarafından 1960'lı yılların sonlarında geliştirilmiştir (Featherly, 2016). 1971 yılına gelindiğinde Ray Tomlinson tarafından ARPANET aracılığıyla bir bilgisayardan başka bir bilgisayara e- posta (elektronik posta) gönderimi test edilmiştir. E- posta sayesinde insanlar farklı makinelerle birbirlerine dosya gönderip alabileceklerdir (Swatman, 2015). 1986 yılında ise Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Vakfı (NSF) NSFnet olarak bilinen ağı oluşturmuştur. ARPANET gibi eski ağlar daha az kullanışlı hale gelmiştir ve NSFnet'in genel olarak modern internetin öncüsü olarak kabul edildiği söylenmektedir (Cooney, 2008).

1989 yılında Tim Berners- Lee tarafından internette köprüler (linkler) ve kullanıcı dostu bir arayüz kullanan yeni bir iletişim sistemi oluşturmuştur. Bu yeni sistemin adı World Wide Web (WWW)'dir. Amacı, araştırmacılara sürekli olarak e- posta alışverişi yapmak zorunda kalmadan belgelerini paylaşımlarını sağlamaktır (Dennis, 2019). Her web sayfasında link veya köprü metin bağlantıları adı verilen cümleler vardır. Bu linklere tıklamak doğrudan sizi o web sayfasına aktarmaktadır (Rouse, 2014). Tim Berners- Lee aynı zamanda web ağının temeli olan üç temel teknolojiyi oluşturmuştur. Bunlar HTML, URL ve HTTP'dir. Bir web sayfası oluşturmak için kullanılan köprü metin bağlantıları HTML ile oluşturulmaktadır. HTML web için bir biçimlendirme dilidir. URL web üzerindeki her bir kaynağı tanımlamak için kullanılan bir tür adrestir. HTTP ise HTML belgelerinin internet üzerinden tarayıcılar ve web sunucuları arasında iletilmesini sağlamaktadır (Anthony, 2013).

1.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin Etkileri

Bilgisayarlaşmanın günümüz endüstriyel üretimine katkısı ise PLC (Programlanabilir Mantık Denetleyicileri)'ler sayesinde olmuştur. Bu teknoloji endüstriyel süreçleri otomatikleştirmektedir (Immel, 2012). Otomasyon ile birlikte verimlilik ve üretim artmıştır (Grigg, 2018). Manuel olarak birkaç kişi tarafından yapılan ve bitirilmesi günlerce süren işlerin bilgisayarlaşma ile birlikte çok daha az işçiyle ve çok daha kısa sürede yapılması nedeniyle verimlilikte büyük bir artış ve maliyetlerde önemli bir düşüş sağlanmıştır. Maliyetlerin düşmesi, fiyatların da düşmesini sağlamıştır. Daha

düşük fiyatlar ve kişisel bilgisayarların internetin gelişmesi ile birlikte yüksek performansa kavuşması, dünya çapında milyonlarca insana çevrimiçi alışveriş, reklam ve tanıtım imkanı sağlamıştır. Bu durum işletmelerin pazar paylarının artmasına da olumlu katkıda bulunmaktadır (Haftacı ve Arıcı, 2018: 54). İnternetin verimlilik artışı üzerindeki etkileri ise şunlardır (Rivlin ve Litan, 2001):

- Mal ve hizmet üretmek ve dağıtmak için gereken işlem maliyetinde çarpıcı bir düşüş sağlamaktadır.
- Özellikle firmaların, üretim ve dağıtım ağlarını daha etkin yönetmelerini ve hem şirket içinde hem de alıcılarla ve iş ortaklarıyla daha yalın iletişim kurmalarını sağlamaktadır.
- Rekabeti artırmakta, fiyatları şeffaflaştırmakta ve bireysel ürün ve hizmetler için pazarları genişletmektedir.
- Pazarlama ve fiyatlandırmanın etkinliğini artırmaktadır.
- Tüketicilerin daha kolay tercihte bulunmasını sağlamakta ve böylelikle memnuniyetlerini artırmaktadır.

İnternetin en önemli özelliği, bilgiyi hızlı, kolay ve ucuz bir şekilde iletebiliyor olmasıdır. Ödeme yapmak, finansal bilgilerin işlenmesi ve iletilmesi ve kayıtların saklanması dahil olmak üzere rutin işlemler, web tabanlı teknolojiyle daha ucuza yapılabilir. İnternet teknolojisini kullanarak şirketler üretim maliyetlerini düşürebilmektedirler. İnternetin iş yaşamında yönetim için kullanılması, ekonomik sektörlerde verimliliği artırabilmektedir. Potansiyel verimlilik kazanımlarının birçoğu, tedarik zincirlerini daha etkin bir şekilde yönetmek için web tabanlı teknolojiden faydalanmaktadır. Bu tasarruflar, firma içinde daha iyi zamanlamadan şirket genelinde bilgi paylaşımına veya tedarik zincirindeki diğer firmalarla daha etkin bir etkileşime girerek ortaya çıkabilmektedir (Rivlin ve Litan, 2001).

Hem 18. yüzyılın sonlarında başlayan İlk Sanayi Devrimi hem de 100 yıl sonra gelen İkinci Sanayi Devrimi, bu devrimler ile gelen icatların ardından insanların olumsuz etkilendiği yönler olmuş olsa da; aynı zamanda birçok insanın hayatını ölçülemez biçimde iyileştirmiştir. Eski ekonomik yapıları ortadan kaldırmış, kitlesel ölçekte yeni ekonomik fırsatlar yaratmış ve toplumu dönüştürmüştür. Ancak Barroso (2007)'ye

göre bu iki sanayi devrimi de çevremizi ve iklimimizi ciddi şekilde etkilemiştir. Endüstride kullanılan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarının kullanılması dünyadaki karbon emisyonlarında büyük bir artışa yol açmıştır. Ayrıca “The Third Industrial Revolution” kitabının yazarı Jeremy Rifkin (2017)’ye göre fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarındaki çarpıcı artış dünyanın sıcaklığını yükseltmekte ve de insan uygarlığı ve ekosistemlerin geleceği için tehdit oluşturmaktadır. Liserre, Sauter ve Hung (2010) bu sebeplerden dolayı çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirebilmek için sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiğini öne sürmektedirler. Demirkol (2018) ise günümüzde sürdürülebilir enerji uygulamasının halen ilerleme kaydetmekte olduğunu belirtmektedir.

1950- 1960’lı yıllarda hakim olan üretim sistemi daha önce de bahsedilen Ford fabrika yöntemlerine ait olan montaj hattı ile seri üretimdir. Bu üretim sistemine Fordizm adı verilmektedir. Seri üretimin yükselişi ile birlikte mavi yakalı işçilere olan talep artmıştır. Ancak 1970’li yıllara gelindiğinde bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte üretim sistemi de tamamen yeniden tasarlanmıştır ve seri üretim sistemi yerini esnek üretim sistemine bırakmıştır. Esnek üretim, vasıfsız işgücüne olan talebi önemli ölçüde azaltmıştır ve artık sosyal ve teknik becerilere sahip yeni işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yeni durumun ardından sendikaların yapısında da bazı değişiklikler söz konusu olmuştur. Çünkü geleneksel sendikalar beyaz yakalı işçilere göre değil, mavi yakalı işçilere göre şekillenmiştir (Soyak, 2011: 237- 239).

Üçüncü Sanayi Devrimi’nin istihdama olan etkisinden özetle bahsedecek olursak; otomasyon ile birlikte emek, otomatik bir sistem ile değiştirilmiştir. Bu durum niteliksiz işgücü için olumsuz bir sonuç doğursa da, birtakım teknik bilgi ve beceriye sahip nitelikli işgücü için bir hayli olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Otomasyon aynı zamanda işin türünü de etkilemektedir. Artık fiziksel çalışma yerine teknik beceriye ve bilgiye dayalı çalışmaya olan önem artmıştır. Ayrıca Üçüncü Sanayi Devrimi’nin getirmiş olduğu yeni üretim sistemleri ile işçilerin çalışması gereken saatler azalmıştır çünkü artık bir üretimin tamamlanması için gereken süre bir hayli kısalmıştır.

BÖLÜM II

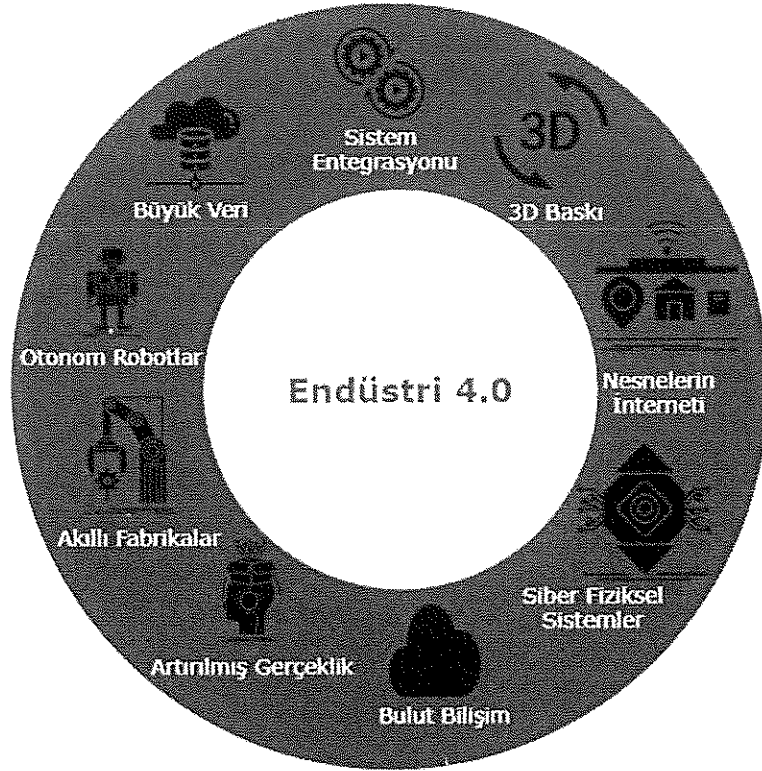
TEKNOLOJİK DEVRİM: ENDÜSTRİ 4.0

2.1. Endüstri 4.0 Neyi İfade etmektedir?

Üretim işlemlerinin su ve buhar gücü ile mekanizasyonu ile tetiklenen sanayi devrimi (Endüstri 1.0), elektrik enerjisinin kullanımı ve montaj hatları vasıtasıyla seri üretim imkanı sağlamış (Endüstri 2.0) ve bilgi teknolojisi ve modern elektronik kullanarak endüstriyel üretimin otomasyon süreçlerini (Endüstri 3.0) oluşturmuştur. Bugün yeni bir endüstriyel gelişim aşamasının başlangıcındayız. “Dördüncü Sanayi Devrimi” olarak da bilinen Endüstri 4.0 terimi özetle; kendi kendini organize eden dijital ağa bağlı sistemler olarak tanımlanabilir (IGM, 2016: 4).

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) kurucusu ve yönetim kurulu başkanı ve “Dördüncü Endüstri Devrimi” kitabının yazarı Klaus Schwab, Endüstri 4.0’ı *“yaşadığımız, çalıştığımız ve ilişkide bulunduğumuz yolu temelden değiştirecek bir teknolojik devrim”* olarak tanımlamaktadır. Endüstri 4.0 kavramı WEF’in 2016 yılında yapmış olduğu yıllık toplantısında yapılan tartışmalar ile popüler hale gelmiştir. Schwab aynı zamanda Endüstri 4.0’ı fiziksel, biyolojik ve dijital olarak ortaya çıkan birbiriyle ilişkili üç mega trend kümesi olarak tanımlamaktadır. Fiziksel mega trendler; gelişmiş robotik, özerk taşıtlar (örn. dronlar), 3D yazıcılar ve yeni malzemeleri (örn. nano teknolojik malzemeler) içermektedir. Biyolojik mega trendler arasında biyoteknoloji, nöroteknoloji ve genom projeleri gibi inovasyonlar yer almaktadır. Muhtemelen en önemlileri olan dijital mega trendler ise yapay zeka, nesnelerin interneti, blok zinciri, bulut teknolojisi, büyük veri, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi gelişmeleri içermektedir (Schwab, 2017: 15-34). Endüstri 4.0’ın kullandığı teknolojiler aşağıdaki şekilde gösterilmektedir ve çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ayrıca üzerinde durulacaktır.

Şekil 2.1. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Endüstri 4.0 terimine ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda Alman Hükümeti'nin Yüksek Teknoloji Stratejisi'ne dayalı yeni bir sanayi politikası geliştirme önerisinde değinilmiştir (Vogt, 2016). Yüksek teknoloji stratejisinde belirtilen hedefler Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF) tarafından "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020" çerçevesinde sürdürülmüş ve genişletilmiştir (BMBF, 2010: 11). Alman Hükümeti, yüksek teknoloji stratejisinin daha da geniş çapta uygulanması için Yüksek Teknoloji Stratejisi Eylem Planı'na geçmiştir ve Endüstri 4.0 bu projelerden birisidir. Almanya'nın Yüksek Teknoloji Stratejisi 5 eylem alanı tanımlamaktadır. Bunlar; iklim/enerji, sağlık/beslenme, mobilite, güvenlik ve iletişimdir. Eylem planı ileriye dönük 10 projeyi ise şu şekilde sıralamaktadır (Lydon, 2014):

- Karbonsuz, enerji açısından verimli ve iklime uyaranmış şehirler

- Petrolün alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynakları
- Bireyselleştirilmiş tıpla hastalıklarla mücadele
- Koruyucu önlemler ve beslenme yoluyla sağlığın iyileştirilmesi
- Yaşlılar için bağımsız yaşam
- Sürdürülebilir hareketlilik
- Ekonomi için internet tabanlı hizmetler
- Endüstri 4.0
- Güvenli kimlikler

Endüstri 4.0'ın Almanya için nihai amacı, Alman üretim merkezi için (özellikle imalat sanayinde) küresel pazarda sürdürülebilir bir rekabet gücü sağlamaktır (Bernardini, 2015). Endüstri 4.0 küresel üretim rekabet ortamını değiştirerek, ucuz işgücüne dayanan düşük maliyetli bölgelerin rekabet avantajını azaltmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerini ve süreçlerini benimseyen firmalar küresel rakipler karşısında kazanç elde edebileceklerdir (MITI, 2018: 13).

Şekil 2.2. Endüstriyel Gelişimin Aşamaları



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.2. Endüstri 4.0 Terminolojisi

2.2.1. 3D yazıcılar

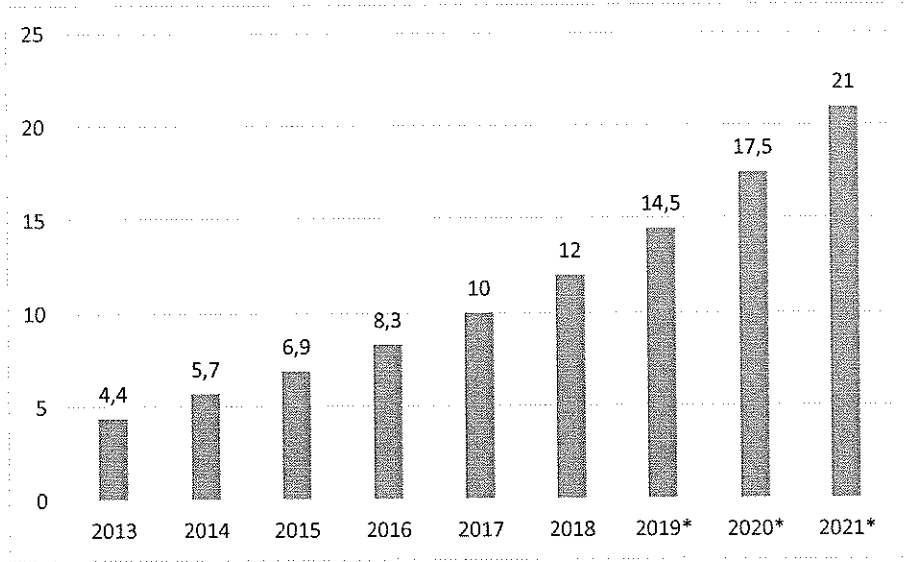
3D (üç boyutlu) yazıcılar aslında Endüstri 4.0 döneminde üretilmiş yeni bir yöntem değildir ancak bu yazıcıları ticarileştirmek bu dönemde mümkün olmuştur (Hughes, 2017). 3D yazıcılar mürekkep püskürtmeli bir yazıcınıninkine benzer bir baskı ucu kullanarak ve gerekli hammaddeleri ısı ile eriterek katman katman aşağıdan yukarıya doğru bir fiziksel obje oluşturmaktadır (Woodford, 2018). Günümüzde 3D baskı için çelik, alüminyum ve titanyum gibi hammaddeler kullanılması düşünülmektedir (Zimmermann, 2018). Üç boyutlu teknoloji geleneksel seri üretim teknolojilerinden tamamen farklı bir üretim yöntemidir. Bu teknoloji bilgisayarda tasarlanmış olan bir ürünü kısa bir süre içinde fiziksel bir nesneye çevirebilmektedir (Gür, Ünay ve Dilek, 2017: 96- 97). Üç boyutlu yazıcıların fabrikanın rekabet edebilirliğini ve esnekliğini artırabilen dört temel faydası bulunmaktadır. Bunlar (Gür, Ünay ve Dilek, 2017: 97- 100; Hughes, 2017; Jimenez, 2017: 22; Öztuna, 2017: 63- 65):

- 3D baskı kullanarak pazara girme süresi önceden aylar sürüyorken, bu süre birkaç haftaya düşebilecektir. Bunun nedeni 3D baskısının birkaç gün içinde veya saatte doğrudan tasarım dosyasından üretim sürecine kadar son ürün prototiplerine sahip olunmasına imkan tanınmasıdır. Geleneksel yöntemlerde yeni bir ürün yapılabilmesi için makineler yeniden yapılandırılmalı ve tüm üretim hattı değiştirilmelidir. Bu durum 3D baskı sürecinden daha zaman alıcı ve maliyetlidir.
- Geleneksel yöntemde bir ürünü özelleştirmek için tüm ürün hattının değişmesi gerekmektedir. Ancak 3D yazıcı ile kişiselleştirilmiş ürün üretmek daha hızlıdır ve ekstra maliyet olmadan elde edilebilmektedir. 3D baskı, talep kapasiteleri ve hızlı teslimat konusunda yüksek üretim esnekliği sunarak, düşük hacimli ve yüksek düzeyde özelleştirilmiş ürünler üretme konusunda tercih edilen üretim metodudur.
- 3D baskı ile atık neredeyse sıfırdır. Ürünler en verimli şekilde üretilmekte ve geleneksel üretim metotları kullanılmasından ziyade son ürünlerin optimizasyonu mümkündür.
- Bu teknoloji aynı zamanda bir tak ve üret (plug and produce) sistemi de oluşturabilmektedir. Çünkü 3D yazıcılar doğrudan müşteri tarafından kontrol

edilebilme olanağı yaratmaktadır. Bu uygulamada müşteriler ne istediklerine karar vermekte ve 3D yazıcı bunu üretmeye başlamaktadır.

3D yazıcı eski bir teknoloji olsa da son gelişmeler ve yenilikler ile birlikte daha dinamik bir pazar oluşmasına yol açmıştır. Grafik 2.1’de de gösterildiği gibi 3D yazıcının pazar büyüklüğü yıllar geçtikçe artmaktadır. 2021 yılına gelindiğinde küresel 3D yazıcı pazar büyüklüğünün 21 milyar dolara çıkması beklenmektedir.

Grafik 2.1. 2013- 2021 Yılları Arasında 3D Yazıcının Küresel Pazar Büyüklüğü (Milyar Dolar)

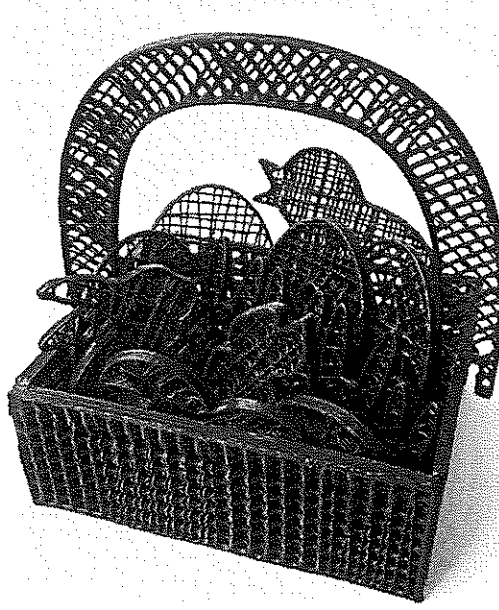


Kaynak: The Statistics Portal (Statista)

(*) Küresel Pazar Büyüklüğüne İlişkin Tahmini Değerler

3D yazıcılar; gıda endüstrisi, mimari, sağlık ve eğitim gibi pek çok farklı alanda uygulama imkanı sağlamıştır (Gebhardt ve Fateri, 2013). 2012 yılında Choc Edge isimli şirket dünyanın ilk 3D çikolata yazıcısı olan Choc Creator’ü piyasaya sunmuştur. Bu yazıcı sayesinde istenilen desen ve şekilde çikolatalar hazırlanabilmesi mümkündür (Hipolite, 2014).

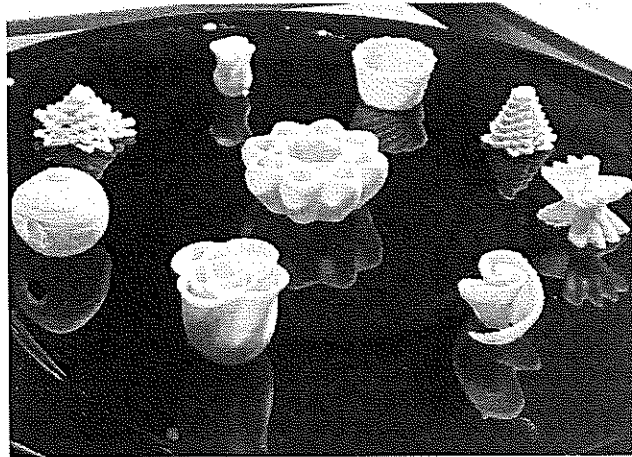
Resim 2.1. Choc Creator ile Basılmış Bir Çikolata



Kaynak: <https://3dprint.com/85806/choc-creator-2-0-plus/>

İtalyan makarna markası olan Barilla; 3D baskı ile makarna üretimi için 2015 yılında kendi 3D yazıcısını kurmuştur. Bu sayede elle veya geleneksel üretim yöntemleriyle yapılamayacak, sadece hayal gücü ile kurgulanmış herhangi bir boyutta veya şekilde makarnalar üretebileceklerdir (Siniauer, 2017).

Resim 2.2. Barilla'nın 3D Yazıcı ile Ürettiği Makarna Örnekleri



Kaynak: <https://news.italianfood.net/2018/10/29/barilla-rana-patented-pasta/pasta-barilla-3d/>

Londra'daki Food Ink ise dünyanın ilk üç boyutlu baskı restoranıdır. Yiyeceklerden mobilyalara kadar her şey 3D yazıcı kullanılarak oluşturulmuştur (Dailymail, 2016). Bu yazıcıları geliştirenler katı gıdaları yutmakta zorluk çeken insanların hedef kitle olduğunu söylemektedir (Dittrich ve Thelen, 2016: 256- 257). Avrupa Birliği tarafından finanse edilen "Smoothfood" projesi ile yemeklerin doğal tadı ve görünümü bozulmadan jöle kıvamında yumuşak dokulu gıdalar üretililebilecektir. Bu proje çiğneme ya da yutma sıkıntısı çeken insanlar için sadece yemek yemelerini kolaylaştırmakla kalmayıp lezzetli ve bol çeşitli bir çözüm de sağlamış olacaktır (Collins, 2014).

Resim 2.3. Smoothfood Projesi Örneği

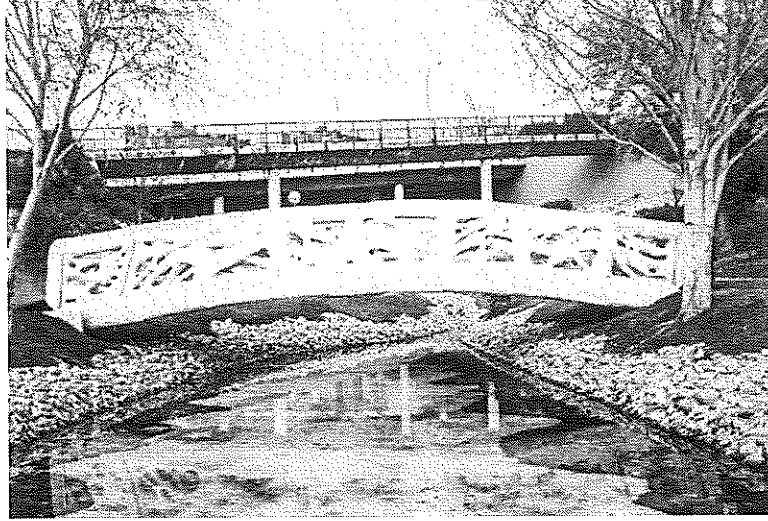


Kaynak: <http://cosimagretton.co.uk/smooth-food/>

Mimarlar çalışmalarını fiziksel bir boyutta sunmak için bugüne kadar plan ve çizim yöntemlerini kullanmışlardır. Bugün 3D baskı teknolojisi sayesinde mimarlar projelerini üç boyutlu grafikler şeklinde üretilip müşteriye sunma imkanına sahiptirler (Dragu, 2018). İnşaat sektörü için 3D baskı teknolojisinin ilk örneği İspanya'nın Madrid şehrinde yapılmış olan üç boyutlu yaya köprüsüdür. Katalonya Gelişmiş Mimari Enstitüsü tarafından toplam uzunluğu 12 metre ve genişliği ise 1.75 metre olan yapı mikro betonarme olarak basılmıştır (Valencia, 2017). 3D mimariye bir örnek ise Hollanda'nın Eindhoven bölgesi için planlanmış olan ilk 3D baskılı ev projesidir. Tamamlandığında kiralanacak olan 3D evlerin Eindhoven Teknoloji Üniversitesi

tarafından basılması planlanmaktadır. Üniversite bu evlerin dünyanın 3D beton baskısına dayanan ilk ticari konut projesi olduğunu söylemektedir (Frearson, 2018).

Resim 2.4. 3D Basılı Köprü



Kaynak: <https://www.archdaily.com/804596/worlds-first-3d-printed-bridge-opens-in-spain>

Üç boyutlu baskının büyük başarı sağladığı diğer bir alan ise tıp teknolojisidir. Hindistan merkezli Novabeans firması bir kaza esnasında kulağını kaybeden bir çocuk için 3D basılmış bir yapay insan kulağı geliştirmiştir (Koslow, 2015). Sağlık sektöründe kullanılan 3D yazıcıların bir diğer örneği ise Organovo Şirketi'nin geliştirmiş olduğu karaciğer ve böbrek hücreleri üretmek için kullanılan üç boyutlu biyo-yazıcıdır. Kozmetik firması L'Oreal de hayvan deneylerini engellemek adına ürünlerini test ederken kullanacağı insan cildi dokusunu basmak için bu yazıcıları kullanmaktadır (Molitch- Hou, 2015 ve Scott, 2017). Miami'deki Nicklaus Çocuk Hastanesi ise 5 yaşındaki bir kız çocuğu için, üç boyutlu bir kalp üretmiş ve ameliyat başarıyla sonuçlanmıştır (Zaleski, 2015). Avustralya'da gerçekleştirilmiş olan 3D baskılı çene implantı ise 3D yazıcıların tıp alanında sağladığı diğer başarılarıdır (O'Neal, 2018).

Alman otomobil üreticisi Audi 2017 yılında bir 3D baskı merkezi kurmuştur ve bu merkezde prototip ve yedek parça üretmektedir. Porsche, Mercedes- Benz, Volkswagen ve Rolls Royce gibi otomobil üreticisi firmalarda 3D baskısını kullanmaktadır (Zahnd, 2018). Ayrıca tekstil sektörü içinde örnek verecek olursak;

Nike, Adidas ve Under Armour gibi ayakkabı firmaları da 3D yazıcı kullanmaktadırlar.

2.2.2 Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things- IoT) Endüstri 4.0'ın temel yapıtaşlarından birisidir. Nesnelerin İnterneti ile ilgili pek çok farklı tanım bulunmaktadır. Fakat ortak bir tanım çıkaracak olursak; internete bağlı, veri toplayan ve paylaşan pek çok fiziksel cihazın birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşime girmesi olarak tanımlayabiliriz (Ali, 2016:12; Schwab, Nadella ve Davis, 2018:98). Suryadevara ve Mukhopadhyay (2015)' e göre Nesnelerin İnterneti teknolojisinin temel amacı; interneti kullanarak herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerden, herhangi bir şeye erişebilme ve kontrol edebilme anlamında yeni olanaklar sunmaktır (Ali, 2016).

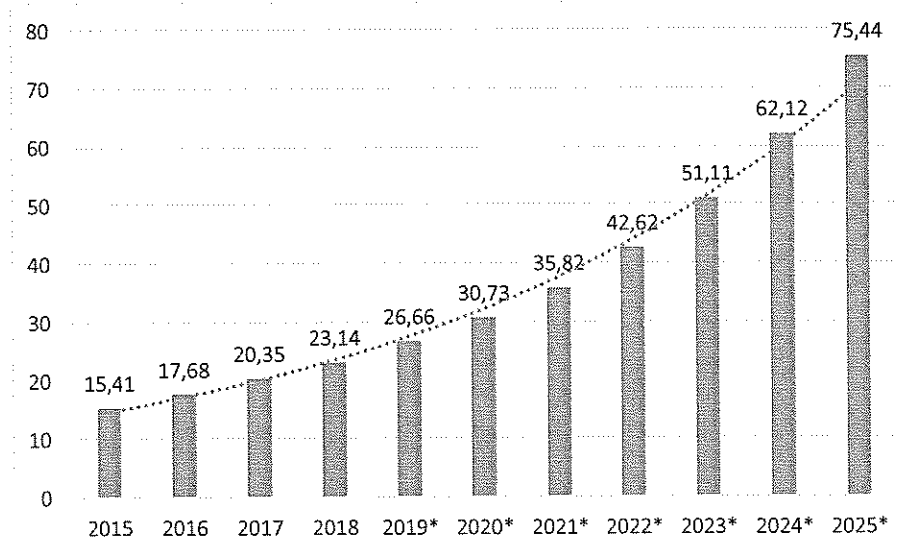
Kevin Ashton (2015) "Nesnelerin İnterneti"'nin veri toplamak ve iletmek için aslında günlük yaşantımızda farkında olmadan da olsa kullandığımız sensörleri kullanmakta olduğunu söylemektedir. Akıllı telefonlar, kameralar ve GPS alıcıları gibi pek çok farklı cihaz sensörler içermektedir (Bude ve Bergstrand, 2015:1- 2). Zaten cihazlardan elde edilen bilgileri uzaktan kontrol edebilmemiz sensörler ve telsiz frekans belirleyicileri (RFID) gibi kablosuz teknolojiler sayesinde olmaktadır (Schwab, 2016:28). Genel bir Nesnelerin İnterneti sistemi tipik olarak aşağıdaki beş bileşenden oluşmaktadır (Miraz vd., 2018):

- Sensörler: Esas olarak verilerin toplanması ve aktarılması için kullanılır.
- Bilgi İşlem Düğümü: Bir sensörden alınan veri ve bilgiler için bir işlemcidir.
- Alıcı: Bilgi işlem düğümleri veya diğer ilgili cihazlar tarafından gönderilen mesajların toplanmasını kolaylaştırır.
- Aktüatör: Bilgi işlem düğümü tarafından alınan karara dayalı olarak, sensörden ve / veya internetten alınan bilgilerin işlenmesi, ardından bir fonksiyonun gerçekleştirilmesi için ilgili cihazın başlatılmasını sağlar.
- Cihaz: Başlatılması istenilen görevi yerine getirir.

Akıllı telefon ile açılabilen ampul, eve gelmeden evin ısını ayarlayabilmek için kullanılan akıllı termostat ve çocuklar için GPS takipli akıllı saatler gibi cihazlar Nesnelerin İnterneti teknolojisine örnek verilebilir. Dizüstü bilgisayarlar ya da akıllı telefonlar sensörler ile donatılmış olsa da Nesnelerin İnterneti teknolojisine örnek değildir. Çünkü insan eyleminden bağımsız olarak ağ ile iletişim kurulabilen cihazlar için Nesnelerin İnterneti terimi kullanılmaktadır (Ranger, 2018a).

Nesnelerin İnterneti terimi yeni kullanılmaya başlanmakla birlikte aslında eski bir terimdir. 1999 yılında Proctor & Gamble (P&G)'da sunum yaparken Kevin Ashton RFID etiketlerinin tedarik zincirlerini daha verimli hale getirmedeki rolünü tanımlamak için Nesnelerin İnterneti teriminden bahsetmiştir. O yıllarda bir üretim tesisinde ya da depoda elektronik olarak veri toplama ve analiz için bilgisayarları kullanma fikri çok yeniydi. Son yıllarda ise sensörlerin sayısında büyük bir artış yaşanmıştır (Kenton, 2018). Statista'dan elde edilen bilgilere göre 2015 yılında Nesnelerin İnterneti teknolojisi ile kurulu 15,4 milyar olan cihaz sayısının 2020'de 30,7 milyar cihaza ve 2025'te 75,4 milyar cihaza çıkacağı tahmin edilmektedir (Bkz. Grafik 2.2).

Grafik 2.2. Nesnelerin İnterneti ile Bağlanan Cihaz Sayısı



Kaynak: The Statistics Portal (Statista)

(*) Dünya Geneline Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ile Kurulan Cihazların Tahmini Sayısı

Schwab, Nadella ve Davis (2018:99- 101) Dünya Ekonomik Forumu için hazırlamış oldukları çalışmalarında Nesnelerin İnterneti teknolojisinin üç temel özelliğinden bahsetmektedirler:

- Birincisi, bir ortamdaki olayları yansıtan ve yeni bağlamsal veri kaynakları sağlayan verilerin akıllı analitikle birleştirilmesini sağlamaktadır. Firmalara ve bireylere performansın nasıl olduğuna dair verileri gösterir ve değer artırma imkanlarının olup olmadığını tahmin etmelerine yardımcı olan cihaz performansı verilerini sağlar. Ayrıca insanların nasıl, ne zaman ve niçin eylemde bulunduklarının etkilerini gösteren kullanıcı etki verileri de sunmaktadır. Bu etkinleştirme yeteneği bildiklerimizi yeniden şekillendirmemize ve kararları nasıl almamız gerektiğine öncelik verecektir.
- İkincisi, bu cihazlar verimliliği ve üretkenliği artıran şekillerde iletişim kurmakta ve koordine etmektedir. Hem uçtan uca otomasyon hem de insan- makine iş birliğinin yeni biçimleri, rutin işleri kolaylaştıracak ve bireylerin yaratıcılık ve problem çözme becerilerini daha yüksek dereceli zorluklara uygulama yönünde geliştirecektir.
- Üçüncüsü ise, vatandaşlara değer sağlamak için yeni yollar sağlayan akıllı- etkileşimli nesnelerin oluşturulmasıdır.

Ayrıca Nesnelerin İnterneti kullanım türüne bağlı olarak Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) ve Tüketici Nesnelerin İnterneti (CIoT) olarak sınıflandırılmaktadır (Miraz vd., 2018). Endüstriyel Nesnelerin İnterneti endüstriyel ortamda var olan sensör verilerini, makineden makineye iletişim ve otomasyon teknolojilerini ifade etmektedir. Endüstri şirketlerinin kararlarını daha hızlı alabilmelerini sağlayan bilgiler sunarak verileri izleyen, toplayan, değiştiren ve analiz eden sistemler oluşturmak için internet teknolojisi yoluyla bağlanan bir cihaz ağıdır. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti işletmeler için rekabet avantajı anlamına da gelmektedir. Örneğin; enerji kullanımı ve envanter seviyeleri hakkındaki verileri izleyerek bir firma toplam maliyetini önemli ölçüde düşürebilmektedir. Nesnelerin İnterneti'nin endüstrilere sağladığı faydalardan bir diğeri ise işletmelerin öngörücü bakımlarıdır. Yani bir makine veya bir parça bozulmadan önce sistemden gelen veriler sayesinde şirketlerin sorunları çözmek için harekete geçmesini sağlamaktadır. Ayrıca ürünler internete bağlandığında üreticiler

müşterilerin ürünleri nasıl kullandığına dair verileri kaydedip analiz edebilmektedirler. Bu sayede üreticiler müşteri merkezli ürün yol haritası oluşturabilmekte ve müşterilere uyarlanmış ürün önerisi yapabilmektedirler (Rouse, 2018; Kenton, 2018). Tüketici nesnelerin interneti ise internete bağlı, veri toplayan ve paylaşan akıllı telefonlar, giyilebilir teknolojiler ve giderek artan sayıda akıllı ev aleti gibi kişisel cihazları ifade etmektedir. Genellikle evlerde ve ofislerde kullanılabilecek şekilde bireysel kullanıcılar için tasarlanmıştır (Wong, 2016). Esas olarak bireysel cihazları verileri merkezi bir konumda olacak şekilde entegre etmek ve bu verilere her yerden istenildiği zaman ulaşılabilmesi için geliştirilmiş bir teknolojidir. Nesnelerin İnterneti tüketiciler için büyük kolaylık sağlamak ve endüstriler içinse verimliliği artırabilen yeni veri kaynakları sunmaktadır.

Her yıl ocak ayında Las Vegas'ta CES (Tüketici Elektronik Fuarı) düzenlenmektedir. Yeni nesil teknolojiler bu fuarda pazara sunulmaktadır (Çakır, 2018). CES'te tanıtılan Nesnelerin İnterneti cihazlarından bazıları şunlardır (Walker, 2014);

- Akıllı Fırın: Dacor Discovery Iq isimli akıllı fırın; akıllı telefon ile kontrol edilebilen internet tabanlı bir cihazdır. Bu cihaz tarifleri indirip kaydedebilmekte ve pişirme talimatlarını içeren videoları gösterebilmektedir. Hatta bu cihaz sayesinde daha eve gitmeden fırının ısınması için komut da verilebilmektedir.
- Akıllı Diş Fırçası: Kolibree akıllı diş fırçası fırçalama tekniğini ve aynı zamanda diş fırçalama alışkanlıklarını takip edebilmektedir. Daha sonra dişlerin nasıl daha iyi fırçalanacağına dair bilgileri toplayıp akıllı telefona göndermektedir.
- Akıllı Tulum: Mimo bebek tulumu bebeğin vücut ısısını, solunum hızını ve aktivite seviyesini izlemektedir. Bu tulum ile aynı zamanda bir ısıtıcıyla eşleştirilip bebek uyanmak üzereyken sütün ısıtılması bile sağlanabilmektedir.
- Akıllı Yatak: Beddit isimli uyku izleme cihazı yatak ile çarşaf arasına yerleştirilmektedir ve nabızı, nefesi, horlamayı ve hareketleri izleyerek uyku düzeninin kapsamlı bir raporunu akıllı telefona göndermektedir. Gönderdiği veriler ile ışığında ertesi gün daha kaliteli bir uyku için öneriler sunmaktadır.

Amazon, Google ve Apple gibi firmalar da akıllı hoparlörleri ile bu teknoloji içerisinde yer almaktadırlar (Gagliardi, 2018). Akıllı hoparlörler ses tanıma teknolojisi ile çalışmaktadır. "Hey Siri" gibi uyandırma komutu ile kontrol edilir ve aldığı komutu

internet üzerinden arama yaparak kullanıcıya cevap verir veya diğer cihazlarla iletişim kurabilir (McLaughlin, 2018). Akıllı hoparlörler internet bağlantısına ek olarak bluetooth desteği de sağlamaktadır. Bu doğrudan akıllı telefon veya tabletlerden müzik dinlemeye imkan sağlamaktadır. Ses tanıma ve internet bağlantısı sayesinde akıllı bir hoparlör hava durumu bildirimi, televizyon açıp kapama, evin ısını ayarlama, ışıkları açıp kapama, mesaj yazma, sesli kitap dinleme, çeviri yapma ve internetten yemek siparişi vermek gibi eylemlerde kullanıcılara yardımcı konumdadır (Silva, 2018).

Bir devlet, bir şirket veya bir kurum için Nesnelerin İnterneti cihazları biraz daha farklı boyuttur ve genellikle gerçek zamanlı olarak işlenebilecek ve görselleştirilebilecek veri toplamaya odaklanmaktadır. Bazı örnekleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sewpaul, 2016):

- Kamu hizmeti şirketleri, enerji ve su ihtiyaçlarını daha doğru tahmin ederek tedarik zincirindeki israfı en aza indirebilmektedirler.
- Su, gürültü ve hava kalitesi verilerini kaydeden gelişmiş çevresel sensörler, ekosistemi ve insan sağlığını olumsuz etkilemeden önce kirlilik kaynaklarını ve etkilerinin anlaşılmasına ve daha temiz bir hava sağlanmasına yardımcı olmaktadır.
- Kamu güvenliğinden sorumlu kuruluşlar, deprem ve sel gibi doğal afetler için gelişmiş erken uyarı sistemleri sayesinde yaklaşmakta olan tehlikeyi tespit edebilmekte ve risk altındaki topluluklara doğru zamanda ve en uygun şekilde yardım sağlayabilmektedir.
- Şirketler ve hükümetler, araç filolarından parçalara ve ürünlere, sağlık hizmeti numuneleri ve ilaçlara kadar her şeyin mevcut konumunu takip edebilmektedir.
- Belediyeler; otoparkları, toplu taşıma ihtiyaçlarını ve hatta çöp kutularının dolup dolmadığını gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte ve bu sayede daha iyi hizmet sağlamakta ve ilerisi için plan yapabilmektedirler.

2.2.3. Siber- Fiziksel Sistemler (CPS)

Bilgi işlem ve iletişim teknolojileri yavaş yavaş fiziksel ortamda her türlü nesne ve yapıya gömülmeye başlamış durumdadır. Toplumsal etkiye ve ekonomik faydaya sahip olan uygulamalar bu teknolojilerle adeta yeniden yaratılmaya başlamış durumdadır. Bilgi işlem dünyasının siber dünya ile fiziksel dünya arasındaki iletişimini köprüleyen bu sistemlere “Siber- Fiziksel Sistemler” denmektedir (Rajkumar vd., 2010: 731). Temel bileşenleri; mobil cihazlar ve robotlar da dahil olmak üzere makineler, gömülü sistemler, sensörler, internet ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerdir (Bendel, 2016: 34). Bu terimden ilk olarak 2006 yılında Helen Gill tarafından ABD’deki Ulusal Bilim Vakfı (NSF)’de söz edilmiştir; ancak bu kavram Endüstri 4.0 ile birlikte popüler hale gelmiştir (Lee ve Seshia, 2017: 5). İnternet insanların birbirleriyle etkileşimde bulunma şeklini değiştirmiştir, benzer şekilde Siber- Fiziksel Sistemler ise etrafımızdaki fiziksel dünyayla etkileşim kurma şeklimizi değiştirecektir (Rajkumar vd., 2010: 731). Siber- Fiziksel Sistemler dünyayı algılamakta, verileri bilgisayarlarla işlemekte ve böylelikle fiziksel dünyayı etkilemekte ve değiştirmektedir (He ve Jin, 2016).

Lee vd. (2014) imalat sanayiinde Siber- Fiziksel Sistemler’i uygulanabilir hale getirmek ve geliştirmek için kılavuz niteliğinde beş aşamalı bir yapı önermişlerdir. Bu yapıya da “5C Mimarisi” adını vermişlerdir. Genel olarak Siber- Fiziksel Sistemler iki ana bileşenden oluşmaktadır. Birincisi, fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri toplama ve siber dünyadan geri bildirim sağlayan gelişmiş bir bağlantı; ikincisi ise siber alanı inşa eden akıllı veri yönetimi; yani analitik ve hesaplama yeteneğidir. Bununla birlikte, genel olarak bu koşul uygulama amacı için çok teoriktir ve belirli de değildir. Fakat 5C Mimarisi Siber- Fiziksel Sistemler’in nasıl kurulacağını açıkça tanımlamaktadır.

5C Mimarisi şu şekilde bölümlere ayrılmıştır (Lee vd., 2015: 19- 20):

- Akıllı Bağlantı (Smart Connection): Bu seviye fiziksel dünyadan doğru ve gerçek zamanlı veriler elde etmekle başlamaktadır. Veriler çeşitli yaklaşımlarla değerlendirilmekte ve ardından internet veya sensör ağları gibi araçlar üzerinden kesintisiz ve sorunsuz bir şekilde merkezi sunucuya aktarılmaktadır.
- Veriden Bilgiye Dönüşüm (Data- to- Information Conversion): Bu seviye, esas olarak toplanan verilerin sistemin mevcut durumunu anlamak ve böylece

üreticilerin karar vermesini desteklemek için yararlı bilgilere dönüştürüleceği veri – bilgi işlemiyle ilgilidir.

- Siber Seviye (Cyber Level): Bu seviye tüm bilgilerin depolandığı bir siber alanı ifade etmektedir. Siber alanı basitçe veri depolamak için kullanan mevcut endüstriyel araçların aksine, analitik araçların benimsendiği filodaki makinelerin kendi kendini karşılaştırmasını sağlayan bireysel makinelerin durumu hakkında daha iyi bir görüş sağlamak için kullanılmaktadır. Öte yandan makinenin gelecekteki davranışını tahmin etmek için makine performansı ile önceki bilgiler arasındaki benzerlikler ölçülebilmektedir.
- Biliş Seviyesi (Cognition Level): Biliş seviyesi izlenen sistem hakkında kapsamlı bir bilgi üretmekte ve sistemdeki farklı bileşenlerin etkisini ilişkilendirmek için bilgi sağlamaktadır. Bireysel makine durumunun yanı sıra karşılaştırmalı bilgiler mevcut olduğundan, bakım işlemini optimize etmek için görevlerin önceliği konusunda karar da verebilmektedir.
- Yapılandırma Seviyesi (Configuration Level): Yapılandırma seviyesi siber alandan fiziksel alana geri bildirimdir ve makinelerin kendi kendilerini yapılandırmasını ve kendi kendine uyarlanmasını sağlamak için denetim kontrolü görevi görmektedir. Bu seviye biliş seviyesinde yapılan düzeltici ve önleyici kararları sisteme uygulamak için kontrol sistemi görevi görmektedir.

Siber- Fiziksel Sistemler karmaşık sistemlerin kontrolünde ve işletilmesinde pek çok avantaj sağlamaktadır. Bu teknoloji verimliliğin artmasına katkıda bulunmaktadır ve süreçler insan müdahalesine gerek kalmadan otomatik işlemektedir. İnsanlar genellikle sadece kontrol işlemlerini yerine getirmektedir. Bu sayede işlemlerin hızı artmaktadır ve aynı zamanda iş güvenliği de sağlanmaktadır. Öte yandan teknolojinin karmaşıklığından doğan birtakım dezavantajları da vardır. Bileşenlerin veya altyapı bileşenlerinin arızalanması durumunda tüm süreci etkileyen bir zarar ortaya çıkabilmektedir. En önemli tehlike ise güvenlik ile alakalıdır. Ağa bağlı bir yapıya sahip olduğundan dolayı sisteme bilgisayar korsanları tarafından saldırılar da yapılabilmektedir. Bu duruma karşı sistem ciddi biçimde korunmalıdır (Litzel, 2017).

Siber- Fiziksel Sistemler'in uygulamalarına; arabadan arabaya iletişim, sağlık hizmeti, akıllı şebeke örnek olarak verilebilir. Arabadan arabaya iletişim sayesinde araçlar yakındaki araçları tespit edip iletişim kurabilmekte, olası çarpışmaları

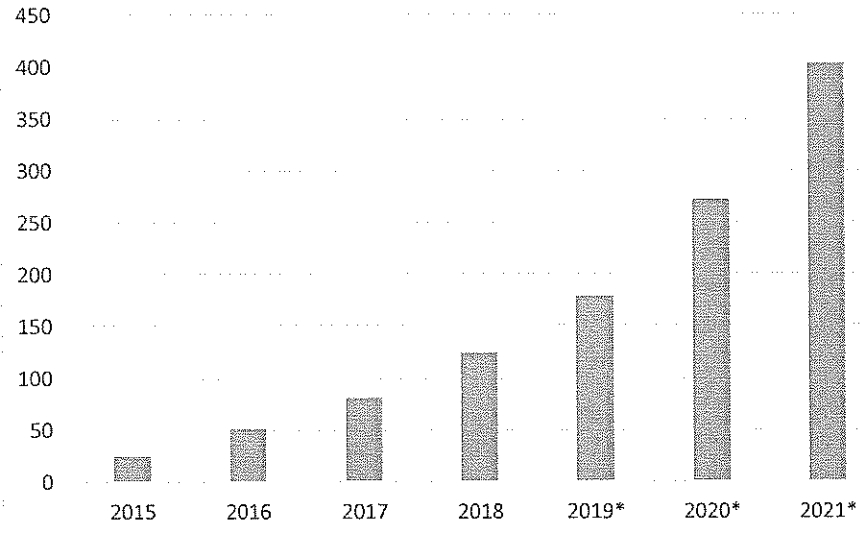
önleyebilmektedir. Siber- Fiziksel Sistemler ile donatılmış bir araç hız sınırını hatırlatıp olası kazalarda uyarı da bulunmak için fiziksel durum bilgilerini kablosuz bir ağ üzerinden sunmaktadır. Ayrıca trafikle alakalı bilgiler öğrenilmekte ve internet üzerinden gitmek istenilen yerler aratılabilmektedir (Rawat ve Bajracharya, 2017: 8-11). Siber- Fiziksel Sistemler'in sağlık hizmetlerine uygulanması sonucu, sensörler sayesinde hastanın durumu uzaktan gözlemlenebilmekte ve hastanın sağlık verileri toplanabilmektedir (Haque, Aziz ve Rahman, 2014: 1- 5). Akıllı şebeke geleneksel bir elektrik şebekesine paralel çalışan elektrik gücü sağlamak için kullanılan, kendi kendini yönetilebilirlik özelliklerine sahip dijital teknolojiye dayalı bir elektrik şebekesidir (Amin, 2018). Siber- Fiziksel Sistemler bu sistem içerisinde; verimliliği artırmak, enerji tüketimini ve maliyetini azaltmak için izleme, analiz, kontrol ve iletişimi sağlamaktadır (Karnouskos, 2011).

Gelecekte tüm sektörlerde Siber- Fiziksel Sistemler'in mevcut olacağı söylenmektedir. Böylece üretim sistemleri hız, esneklik ve maliyet etkinliği sağlayacak şekilde kendi kendini yapılandıracak, ayarlayacak ve optimize edebilecektir.

2.2.4. Büyük Veri

Dijital dünyada sensör ağları gibi bazı veri kaynakları ile toplanan veriler kısa süre içinde ve Grafik 2.3'te de gösterildiği gibi büyük bir hızla artmaktadır. Bu tür veri hacimlerini işlemek için depolama ve bilgi işlem kaynaklarına çok büyük bir kapasitenin gerektiği oldukça açıktır. Literatürde Büyük Veri ile ilgili pek çok tanım bulunmaktadır. Cuzzocrea, Song ve Davis (2011)'e göre ise yüksek performanslı uygulamaların ürettiği çok büyük miktarda yapılandırılmamış veri anlamına gelmektedir. McAfee ve Brynjolfsson (2012) şirketlerin Büyük Veri teknolojisini nasıl başarılı bir şekilde kullanacaklarına dair kılavuz niteliğinde bir yazı hazırlamışlardır. Bu kılavuza göre ilk iş olarak yönetici bir denetim ekibi seçmelidir, bu ekipte bir veri bilimcisi olmalı ve beşten fazla çalışan içermemelidir. Daha sonra bu ekipte oluşturulan bir ekip ile toplantı yapılmalı ve Büyük Veri'nin yaratacağı beş avantaj ortaya konulmalıdır. Bu avantajlar ortaya konulduktan sonra; deneme, ölçüm, paylaşım ve çoğaltma şeklinde bir inovasyon süreci başlatılmalıdır. Son olarak eğer mümkünse şirket Büyük Veri'nin bazı analitik zorluklarını üçüncü kişilere gönderebilmektedir.

Grafik 2.3. 2015'ten 2021'e Dünya Çapında Büyük Veri Hacmi (Exabyte)

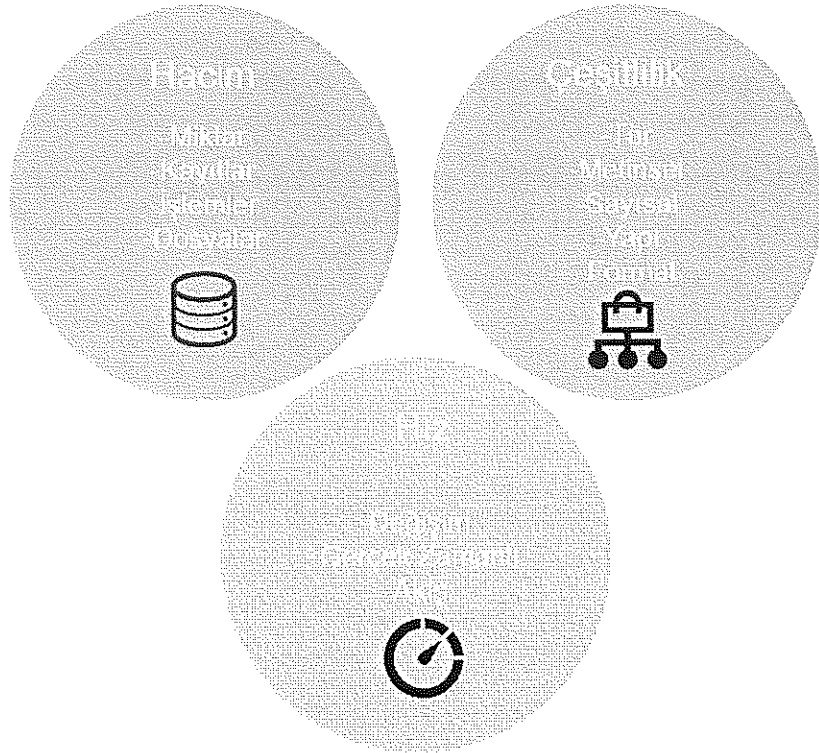


Kaynak: The Statistics Portal (Statista)

(*) Büyük Veri Hacminin Tahmini Değerleri

Büyük Veri'ler 3V şeklinde de tanımlanmaktadır. Yani; hacim (Volume), çeşitlilik (Variety) ve hız (Velocity). Hacim veri miktarını, çeşitlilik veri türlerinin sayısını ve hız veri işlem hızını belirtmektedir (Dave, 2013). Hacim boyutu fiziksel olarak aşırı büyüyen veri miktarını temsil etmektedir. Veri artışı mevcut depolama kapasitesinin büyümesinden daha da hızlıdır (Ivanov, Korfiatis ve Zicari, 2013:2- 11). Çeşitlilik boyutu birden fazla veri türünü (metinsel, sayısal), formatları, yapıları vb. ifade etmektedir. Veriler çok farklı konumlardan akabilmekte ve zaman içerisinde değişebilmektedir. Değişkenlik ayrıca veri çeşitleri arasındaki ilişkileri ifade etmektedir. Büyük Veri gelen verileri çeşitli kategorilerde sınıflandırabilmektedir. (Becker vd., 2013: 1- 5). Hız formatı ise verilerin çok hızlı bir şekilde büyümesiyle birlikte veri değişiminin hızını ifade etmektedir. Büyük Veri, gelen veri akışını depo etmeye ve aynı zamanda tıkanıklık olmaması için gerçek zamanlı olarak işlemeye yardımcı olmaktadır (Whishworks, 2017).

Şekil 2.3. 3V Modeli



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

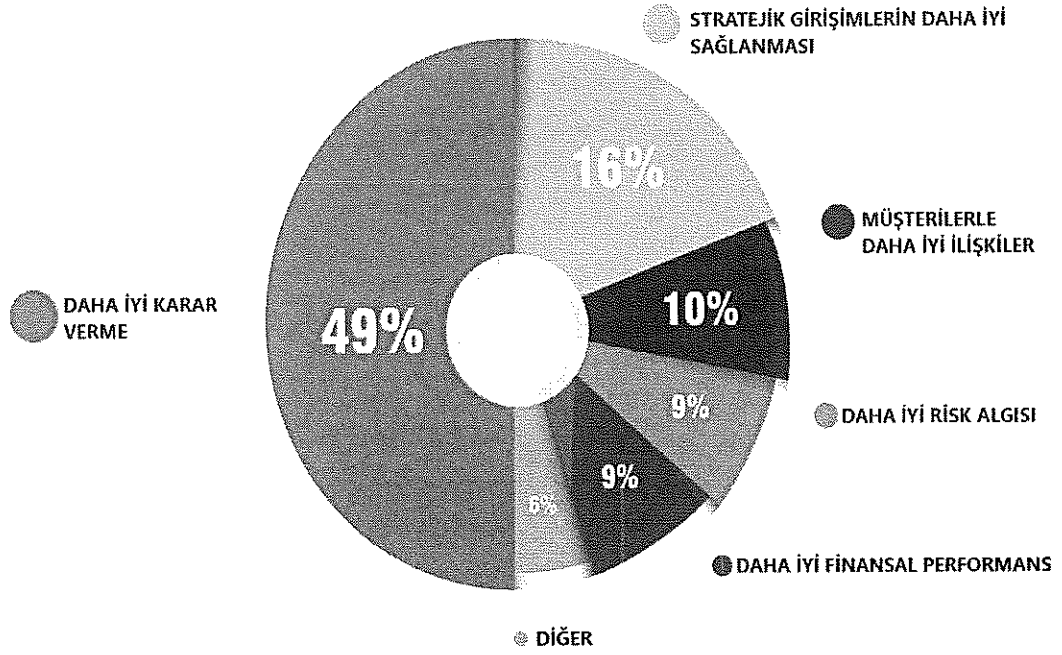
Büyük Veri’yi devletler, üretim şirketleri ve finansal kurumlar büyük hacimli veri setlerinin analizinde kullanabilmektedirler. Örneğin, üreticiler Büyük Veri sayesinde üretkenliği ve ürünlerin kalitesini artırabilmektedir. Toplanan verilerin uygun şekilde analiz edilmesi sayesinde imalat sanayiinde atık yönetimi bile geliştirilebilmektedir (Magusara, 2017). Devletler, trafikte kontrol için video izleme uygulamaları (MOBESE) ile eş zamanlı olarak oluşturulan büyük ölçekli görsel verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için Büyük Veri analitiğini kullanmaktadır (Singh vd., 2016). Büyük Veri tıp sektörü içinde de kullanılmaktadır. Stanford ve Columbia Üniversitelerinden araştırmacılar, iki ilacın (Paxil ve Pravastatin) etkileşimlerini incelemek için Stanford, Harvard ve Vanterbilt hastanelerinin elektronik hasta kayıtlarını taramışlardır. Bu ilaçların ikisini de aynı anda alan 130 hastanın hemen hemen hepsinde glisemik seviye çok yüksek çıkmıştır. Aynı araştırmacılar, bu iki ilacın adlarını içeren “çok yüksek kan şekeri seviyesi” veya “bulanık görme” gibi kelimeleri içeren Google, Microsoft ve Yahoo’da ki aramaları analiz ederek benzer bir

sonuca varmışlardır. Valais Üniversitesi'ndeki e- sağlık birimi başkanı Henning Müller, Dünya Sağlık Örgütü'nün sosyal ağlarda (Facebook, Twitter gibi) salgınları ve ilerlemelerini incelemek için bazı anahtar sözcükleri analiz ettiğini söylemektedir. Bu sayede hastalıklarla ilgili önlemler alınabileceğini dile getirmiştir. Google'da mevsim gribi ile mücadele etmek için benzer bir yöntem geliştirmiştir. Aynı zamanda Penn Üniversitesi'nden bir biyoloji profesörü H1N1 salgını sırasında atılan tweetleri analiz etmiştir ve insanların aşı karşıtı olduğunu, bu nedenle hastalığın yayılmasının muhtemel olduğunu tespit etmiştir (Zaugg, 2014).

Büyük Veri sistemi verileri gerçek zamanlı olarak güncellenebilmekte ve aynı zamanda gerçek zamanlı olarak yayınlatabilmektedir. Örneğin, bir tweet atılırken Twitter'ın veri yapısına eklenmekte ve mikro saniye sonra zaman çizelgelerinde yayınlanmaktadır (Kitchin ve McArdle, 2016).

Büyük Veri teknolojisi kuruluşlara değişim ve büyüme için bir fırsat sağlamaktadır. Büyük Veri araçları büyük miktarlarda veri depoladığından işletmeye maliyet avantajı sağlayabilmekte ve iş sürecinin daha verimli hale getirecek yolları belirlemede yardımcı olmaktadır. İşletmelerin verileri ivedilikle analiz etmelerine ve daha hızlı kararlar almalarına yardımcı olarak yeni veri kaynaklarını kolayca belirleyebilmelerini sağlamaktadır (Kubina vd., 2015: 564). Veri analitiği ile müşteri ihtiyaç eğilimlerini bilerek müşterilerin isteklerine göre ürünler oluşturabilmektedirler. Aynı zamanda Büyük Veri'leri analiz ederek mevcut piyasa koşullarını daha iyi anlayabileceklerdir. Örneğin müşterinin satın alma davranışlarını analiz ederek bir şirket en çok satılan ürünleri tespit edebilmekte veya bu eğilime göre ürünler üretebilmektedirler (Oza, 2018).

Şekil 2.4. Büyük Veri'nin Avantajları



Kaynak: Peer- Research Big Data Analytics Surveys

2.2.5. Akıllı Fabrikalar

Üretim şirketleri hızlı teknolojik değişikliklerin yarattığı zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu şirketler uluslararası rekabetin yoğun olması nedeniyle piyasada ayakta kalabilmek için üretimlerini tamamen dijitalleştirmeli ve gerektiğinde kişiselleştirilmiş ürünler de üretebilmelidir. Son yıllarda Siber- Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri ve Bulut Bilişim Sistemleri gibi teknolojilerden faydalanarak yeni bir sanayileşme kavramı olarak ortaya çıkan Endüstri 4.0'ın ana bileşenlerinden birisi de Akıllı Fabrikalar'dır.

Akıllı fabrika; Nesnelerin İnterneti, Siber- Fiziksel Sistemler, Büyük Veri, Yapay Zeka ve İnternet teknolojilerini kullanarak, akıllı sensörler ve algılama, bilgi işlem ve analitik ve esnek kontrol teknolojilerinden oluşan, üretimde yeni bir yaklaşımı tanımlamaktadır. Bu teknolojiler, bilgi edinme, aktarma, yorumlama, analiz etme ve üretim sürecini amaçlandığı şekilde kontrol etmek için birbirine bağlanmaktadır. (Lee, 2015: 231). Ağlar üzerinden bağlanan sensör ve kaynak kullanımının artması nedeniyle, günümüzde endüstride erişilebilen veri miktarı hiç olmadığı kadar

büyüktür. Geleneksel sistemler ve yapılar bu veri hacimlerini işleme ve kullanma yeteneğine sahip değildir; bu nedenle, yeni nesil akıllı fabrikalarda yaratılan büyük veri hacimlerini işleme ve kullanma yeteneğine sahip yeni yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Lee vd. (2015)'e göre bu tür fabrikalarda Siber- Fiziksel Sistemler büyük verileri yönetmek için kullanılabilir ve bilgileri üretim sürecindeki bileşenler arasında haber iletme, sağlamlık ve esnekliği artırmak için kullanmaktadır (Magnusson, 2017:21- 24).

Akıllı bir fabrikada hem her şey yani insanlar, makineler ve kaynaklar birbirlerine bağlı olmakta ve birbirleriyle iletişim kurmakta hem de fabrika makinelerin sorunlarını otomatik olarak tespit edip bakımını yapmak için yeterli bilgi ile donatılmaktadır. Buna ek olarak; endüstriyel işlemlerin optimizasyonunu sağlamak için tüm değer zinciri boyunca bağlanan sensörler sayesinde gerçek zamanlı olarak takip yapılabilmektedir (Qin, Liu ve Grosvenor, 2016: 174). Akıllı fabrikalar, etkileşimsel ve akıllı nitelikteki üretim süreçlerine esnek ve uyarlanabilir olma avantajlarına sahiptir. Bu, hızla değişen bir pazara hızlı bir şekilde yanıt verilmesine ve üretim ortamındaki artan karmaşıklığı yönetebilmeye de izin vermektedir (Liebert, 2016: 11).

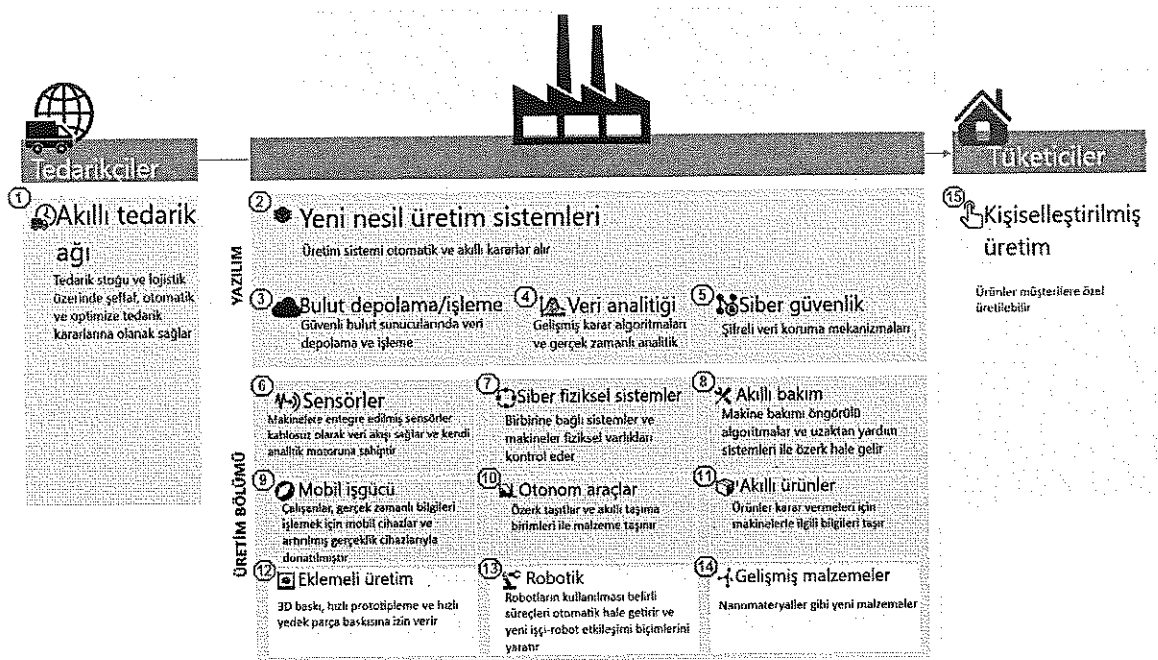
Akıllı Fabrika esnek ve ağ bağlantılı bir üretim gerektirmektedir. Esneklik, işletme kaynaklarının farklı üretim süreçlerini gerçekleştirebilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Aynı zamanda çalışanların da çok geniş bir nitelik yelpazesine sahip olmaları gerekmektedir. Ağ bağlantılı kavramı ise, bir ürünün üretimi ile ilgili tüm bilgilerin gerçek zamanlı olarak, sürece dahil olan tüm sistemler ve insanlar arasında paylaşılmasını ifade etmektedir. Bu özellikle makine arızası, siparişte gecikmeler, eksik parçalar, personel veya kaynaklar hakkındaki bilgileri kapsamaktadır. Bu nedenle, çeşitli sistemlerden gelen verilerin entegrasyonu esastır. (Hartweg, 2014: 3).

Yıldız (2018)'e göre Akıllı Fabrikalar, makineler kendilerini ve üretim süreçlerini yönetmeye başladığından ve bu nedenle artık insan gücüne ihtiyaç duyulmayacağından ötürü “Karanlık Fabrikalar” olarak da adlandırılmaktadır. Akıllı Fabrikalar sorunlarla ilgili daha iyi analiz ve daha hızlı işlem yapabilmekte, bu da üretim sürecinde verimliliğin artmasını sağlamaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018: 205).

Akıllı üretim hem tedarikçiler ve üreticiler, hem de müşteriler için daha verimli ve etkili bir iletişim için çeşitli faydalar sağlamaktadır. Müşteri talebi ile sınırlı iletişimin

olduğu bir ortamda, bir üretim tesisinin ve tedarikçilerinin kullanıcıların ihtiyaçlarına gerçek zamanlı olarak uyum sağlayabilmesi son derece zordur. Ancak akıllı üretim sayesinde müşteriler ve üretim tesisleri arasında kolayca iletişim kurabilmek artık mümkündür. Müşteriler üretim süreci boyunca kaydedilen verilerden yararlanabilmektedir. Müşteri ürünün nasıl ve nerede yapıldığı hakkında bilgi sahibi olabilmekte ve üretim süreçlerinin oluşturulmasında güçlü bir ses haline gelmektedir (McKewen, 2015).

Şekil 2.5. Geleceğin Akıllı Fabrikasının 15 Bileşeni



Kaynak: <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/>

Günümüzde pek çok şirket üretim işlemlerini daha hızlı, daha ucuz hale getirmek veya atıklarını azaltmak için Akıllı Fabrika teknolojisini kullanmaktadır. Bunun bir örneği otomobil üretimi yapan BMW Group şirkettir. BMW'nin fabrikası kesintisiz otomasyon süreciyle günde yaklaşık 1100 otomobil üretmektedir. Ayrıca fabrikada bir insan tarafından gerçekleştirilen görevleri optimize etmek için kullanılan 1400'den fazla robot bulunmaktadır (Rao, 2018). Akıllı Fabrika sayesinde işin tamamlanma süresi ve doğal kaynak kullanımı önemli ölçüde azalmaktadır. Bir montaj hattındaki üretim süresi geleneksel fabrika da 40 saat iken Akıllı Fabrika ile birlikte 20 saate

kadar düşmüştür. BMW üretim ortalamasına göre üretim, otomobil başına %50 daha az enerji ve %70 daha az su gereksinimi anlamına gelmektedir. Uzun vadede BMW bir aracın yıllık maliyetini ve üretim süresini %5 azaltmayı planlamaktadır (Jukna, 2017). Çin'deki Danfoss ve Foxconn, İtalya'daki Rold ve Suudi Arabistan'daki Saudi Aramco gibi şirketler de Akıllı Fabrika teknolojisini kullanan diğer şirketlere örnektir.

2.2.6. Bulut Bilişim Sistemi

Bulut Bilişim terimi verilerin geleneksel bir şekilde bilgisayarın sabit diskinden değil, internet üzerinden depolanabildiği ve erişilebildiği anlamına gelmektedir. Yani internet bağlantısı olan herhangi bir cihazdan herhangi bir yerde, yedeklenen verilere ulaşılabilmektedir (Ilie, 2015: 6). Günlük yaşantımızda neredeyse hepimiz farkına varmadan da olsa bulut kullanmaktayız. Popüler bulut hizmetleri ise şunlardır; Netflix, Google Fotoğraflar, Google Haritalar, Facebook ... Bulut Bilişim sayesinde her türlü belge ve dosyayı yedeklemek mümkündür. Yedekleme yaparak, bilgisayarın bozulması veya telefonun çalınması gibi durumlarda verilerin kaybolması engellenmektedir. Yeni bir telefon alınması durumunda da bulutta depolanan bilgileri telefona yüklemek mümkündür. Ayrıca bulutta yedeklenen bilgiler her türlü cihazda (bilgisayar, telefon, tablet vb.) kullanılabilmekte ve üzerinde bir değişiklik yapılması durumunda değişiklik diğer tüm cihazlarda da uygulanmaktadır. Bu teknoloji sayesinde cihazın depolama alanı boşalmaktadır.

Çeşitli bulut sağlayıcıları tarafından sunulan birden fazla bulut hizmeti vardır. Şu anda yaygın olarak kullanılan üç bulut modeli şunlardır; Altyapı Hizmeti (IaaS- Infrastructure as a Service), Platform Hizmeti (PaaS- Platform as a Service) ve Yazılım Hizmeti (SaaS- Software as a Service) (Bokhari vd., 2016: 890- 895). Altyapı Hizmeti, bu üç servis modeli arasında kullanılan en geniş çaplı hizmettir. Bu model bir bilgisayar altyapısı sunmaya odaklanmıştır. Tüm sunucular, bağlantılar, yazılım ve diğer kaynaklar, bulut sağlayıcısı tarafından sunulmaktadır. Kullanıcılar bunu aynı organizasyonda barındırılan altyapının tamamı gibi görmektedir. Bu hizmetin avantajları; talep üzerine bir altyapının hızlı bir şekilde artırılması veya azaltılması, yatırımın geri dönüşünde daha düşük risk, insan kaynakları ve donanım maliyetlerinin azaltılması, bilgisayar gücünün otomatik ölçeklendirilmesi vs.'dir (Jaiswal, 2018: 6-

7). Bu tür hizmet servislerine, Amazon İnternet Servisleri, Cisco, Microsoft Azure ve Google Hesaplama Motoru örnek olarak verilebilir (Watts, 2017). Platform Hizmeti, Altyapı Hizmeti ile aynı hizmeti sunmaktadır fakat seviyeyi bir adım daha ileriye götürmektedir. İnternet üzerinden geliştiriciler veya müşteriler tarafından yeni uygulamalar ve yazılımlar oluşturmak için bir platform sunmaktadır. Bulut sunucuları, depolama alanları ve ağların yanı sıra, sağlayıcı ayrıca ana katman uygulamaları olarak bilinen işletim sistemleri, veri tabanları, web sunucuları vb. gibi hizmetleri de sağlamaktadır (Ranger, 2018b). Platform Hizmeti modelinin birtakım avantajları vardır. Örneğin; sanal ekipler arası iş birliği, çeşitli depolardan internet servislerini bağlama, güvenlik, ölçeklendirme için altyapı hizmetleri sayesinde maliyet tasarrufu gibi (Velte vd., 2010: 13- 15). Platform Hizmetlerine örnek olarak, Windows Azure, Google Uygulama Motoru ve OpenShift verilebilir (Watts, 2017). Yazılım Hizmeti de Platform Hizmetinin üstünde bir katmandır. Yazılım Hizmeti doğrudan bir web tarayıcısından veya mobil uygulamadan çalıştırılmaktadır. Abonelik yoluyla çevrimiçi olarak erişime hazır uygulamalar bu modelin kapsamına girmektedir. Günlük olarak muhtemelen en çok kullanılan bulut servis modeli Yazılım Hizmeti modelidir. Modelin; hızlı ölçeklenebilirlik, internet ile herhangi bir yerden erişilebilirlik, bakım ve destek ve özel hizmet sunumu gibi bazı avantajları vardır (Folch, 2011: 14; Jaiswal, 2018: 8). Yazılım Hizmeti modelinin örneklerinden bazıları Microsoft OneDrive ve Google Dökümanlar vs.'dir.

Servislerin geliştirilip müşterilere ulaştırıldığı altyapı bulutlardan oluşmaktadır. Altyapılar farklı tiplerde olabilmekte ve bulut tarafından sağlanan hizmetler hakkında farklı bilgiler sunmaktadırlar. Bir bulut dağıtım modeli öncelikle sahiplik, boyut ve erişim kontrolü ile ayırt edilebilen belirli bir bulut ortamını temsil etmektedir. Bulut dağıtım modelleri Genel Bulut, Özel Bulut, Hibrit Bulut ve Topluluk Bulutu olarak dörde ayrılmaktadır (Folch, 2011: 15; Ilie, 2015: 14; Jaiswal, 2018: 8 – 11; Simonfy, 2015: 25 – 27):

- Genel Bulut: Harici Bulut olarak da bilinen bu bulut tipi internet üzerinden halka açık uygulamaların kullanılabilirliğini sağlayan standart bulut bilişim modeline dayanmaktadır. İnternet üzerinden sağlanan hizmetten herkesin bilgisi olmakta ve herkes faydalanabilmekte; fakat kullanıcılar başkalarının bilgilerine ulaşamamaktadırlar. Ayrıca işletmelerinde veri merkezleri üzerinde

denetimi bulunmamaktadır. Bu tür bulutlar kullanılarak bilgi teknolojileri altyapısının maliyeti düşürülebilmektedir. Genel olarak Genel Bulut, pazardaki hizmetlerini hızlı bir şekilde sağlamak isteyen bir kuruluş için, birçok müşteriye geniş bir şekilde erişime sahip olması ve bilgi teknolojileri kaynaklarıyla ilgili düşük yatırım ile mükemmel bir çözümdür.

- Özel Bulut: Bu tür bir kuruluş birden fazla müşterisi olan tek bir kuruluş için sağlanmıştır ve yalnızca o kurumun çalışanları buluta erişebilmektedir. Özel bulut sahibine ölçeklenebilirlik, esneklik, otomasyon ve izleme sağlayan şirkete ait veri merkezini ifade etmektedir. Özel Bulutlar özel bir altyapı kullanmakta ve kullanıcılara bilgi vermektedir. Bir özel bulut tipinin en büyük avantajı bazı kritik uygulamaları ve karmaşık iç- dış düzenlemeleri kontrol etmesidir. Ayrıca özel bir bulutta bir uygulamayı test etmenin maliyeti genel buluttan daha düşüktür ve müşterilerle ilgili bilgiler Genel Bulut'tan daha iyi korunmaktadır. Son yıllarda kendi veri merkezlerine sahip olan büyük kuruluşların çoğunluğu, sanallaştırma teknolojisi ile Özel Bulut tabanlı çözümlere dönüşmüştür.
- Hibrit Bulut: Bu bulut tipi Genel ve Özel Bulut'un bir bileşimidir. Bir kuruluş, hizmetlerini sadece kendi altyapısında değil bir bölümü de Genel Bulut'ta bulundurabilmektedirler. Kuruluşlar hassas bilgileri koruyarak zaten var olan bilgi teknolojileri altyapılarına erişebilmekte ve gerek olmadığında bilgiyi silebilmektedirler.
- Topluluk Bulutu: Topluluk Bulut'u belirli bir kullanıcı veya kuruluş grubu için hazırlanmıştır. Bu tür bulutun özellikleri Genel Bulut ile çok fazla benzemektedir fakat kullanımı yalnızca belirli bir bulut kullanıcısı topluluğu içindir. Topluluk üyeleri sadece altyapı oluşturma ve geliştirme sorumluluğunu paylaşmaz, aynı zamanda izin verilen tarafların da bu altyapıya ulaşmasını sağlamaktadır.

Ren ve Cao (2013)'e göre günümüzde bulut üretiminin başlangıç aşamasında olduğu söylenmektedir çünkü pek çok şirket bulut üretimini anlama açısından bazı sıkıntılar yaşamaktadır. Bulut üretimi 2010 yılında ilk kez kullanılmaya başladığından beridir artan sayıda araştırma olmuştur. Araştırma konularının çoğu kavramsal ve temel etkinleştirme teknolojilerine odaklanmaktadır. Bazıları, teknik olarak bulut bilişimi

hizmet sistemleri gibi üretim ile ilgili konularda üretim yaparken, diğerleri de kaynak paylaşımına, hizmet modellerine ve benzerlerine odaklanmayı amaçlamaktadır. Genel olarak, iki düzeyde bulut üretimi hizmet sistemi vardır (Hao, 2016):

- Düşük Seviye: Bu üretim şekli sosyal paylaşım ağlarının işletme paylaşımını destekleyebilecek üretim şeklidir. Gerçek zamanlı iletişim ve bilgi paylaşımı sağlamaktadır. Ticari hizmetler ve ürünler, sağlayıcılar tarafından bu portalda kategorize edilmekte ve yayınlanmaktadır. Talep sahiplerinin en uygun ürün veya hizmetleri tahsis etmelerine yardımcı olmak için arama ve eşleştirme algoritmaları kullanılmakta ve uygun ürün ve hizmetler talep sahiplerine gösterilmektedir. Bu seviye hizmet sistemine en bilindik örnek ise e- ticaret sitesi Alibaba'dır.
- Yüksek Seviye: Şirketin idare departmanlarının üretim bölümüyle tam entegrasyonunu sağlayan ve farklı fabrikalarda üretim sürecinde iş birliği sunan bir firmadan firmaya (B2B) bulut üretim platformudur.

Tanımlamalara bakıldığında Bulut Bilişim ve Büyük Veri aynı şeyler gibi görünmektedir. Bulut Bilişim teknolojisi; kullanım kolaylığı, kaynaklara erişim, arz ve talebin kaynak kullanımında düşük maliyet ve aynı zamanda Büyük Veri'lerin işlenmesinde kullanılan ekipmanların kullanımını en aza indirerek Büyük Veri'ler için uygun bir çerçeve sağlamaktadır. Hem Bulut Bilişim hem de Büyük Veri yatırım maliyetini düşürürken bir şirketin değerini artırmaya da vurgu yapmaktadır. Fakat benzer yönleri olsa da aslında ikisinin çalışma yöntemleri farklıdır (Techdifferences, 2018).

Tablo 2.1. Büyük Veri ve Bulut Bilişim Karşılaştırma Tablosu

<i>BÜYÜK VERİ</i>	<i>BULUT BİLİŞİM</i>
Çok büyük miktarda veriyi tanımlamak için kullanılan bir terminolojidir.	Verileri fiziksel bir sabit sürücü yerine uzaktan bir sunucuya depolamak için kullanılan bir teknolojidir.
Analiz için işlenebilecek yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış veya yapılandırılmamış verileri ifade etmektedir.	Bulut bu durumda altyapı hizmeti (IaaS) görevi gören interneti ifade etmektedir.
İş anlayışını sağlamak için daha ayrıntılı analiz edilen veri setlerinden kalıpların kilidini açmak için bilgisayarlar kullanılmaktadır.	Kişisel bir bilgisayar veya yerel bir sunucu kullanmak yerine verileri ve bilgileri analiz etmek için internet üzerinden çok sayıda bulut sunucusu ağı kullanılmaktadır.
Her türlü veriyi birçok farklı formatta içermektedir.	Bilgi işlem kaynaklarını hesaplamak için yeni bir paradigmadır.
Bulut Bilişim olmadan Büyük Veri var olabilmektedir.	Bulut Bilişim kaynakları için Büyük Veri teknolojisi gerekmektedir.

Kaynak: <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-big-data-and-cloud-computing/>

Bulut Bilişim işletmeler için birçok fayda sağlamaktadır. Günümüz iş dünyasındaki web destekli cihaz (örn. akıllı telefonlar, tabletler) sayısındaki artış sayesinde verilere istenildiği anda ve istenildiği yerden erişim çok daha kolaydır. Muhtemelen en çok faydayı bu şekilde sağlamaktadır. Ilie (2015) bulut teknolojisini kullanmanın diğer avantajlarını şu şekilde sıralamaktadır:

- **Düşük Maliyet:** Masaüstü yazılımı kuruluşlar için maliyetli olmaktadır. Birden fazla kullanıcı için lisans satın almaya çok fazla ücret ödemek zorunda kalacaklardır. Ancak bulut bilişim daha az maliyetlidir ve bu nedenle kuruluş giderlerini düşürmektedir.

- Neredeyse Sınırsız Depolama: Bir bulutun kullanılması verilerin depolanması için büyük bir alana erişim sağlamaktadır.
- Yedekleme ve Kurtarma: Önemli belgeleri yedeklemek ve daha sonra fiziksel bir cihaza depolamak çok kolaydır.
- Otomatik Yazılım Entegrasyonu: Verileri yedeklemek için bulut kullanıcısının özel bir çaba sarf etmesine gerek yoktur. Yazılım entegrasyonu sayesinde veriler buluta otomatik olarak depolanmaktadır.
- Bilgiye Kolay Erişim: Yukarıda da değindiğim gibi kullanıcı buluta kaydolduktan sonra verilerine istediği zaman ulaşabilmektedir.
- Hızlı Dağıtım: Uygun işlevsellik yöntemi seçildikten sonra tüm sistem birkaç dakika içinde çalışmaya hazır hale gelmektedir.

2.2.7. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik (AR - Augmented Reality) sanal ve gerçek unsurların bilgisayar ortamında etkileşime girdiği bir teknolojidir (Drascic ve Milgram, 1996: 123). Genelde Artırılmış Gerçeklik ile Sanal Gerçeklik (VR) karıştırılmaktadır. Sanal Gerçeklik gerçek ortamın veya durumun bilgisayar tarafından üretilen bir simülasyonu veya yeniden yaratılmasıdır. Artırılmış Gerçeklik ise bilgisayarla yapılan geliştirmeleri gerçek dünyayla etkileşime sokarak mevcut gerçekliği zenginleştiren bir teknolojidir. Bir başka deyişle, Sanal Gerçeklik gerçek yaşam ortamının dijital bir yeniden yaratımını sunarken, Artırılmış Gerçeklik sanal unsurları gerçek dünyaya örtüştürmektedir (Augment, 2015).

Günümüzde Artırılmış Gerçeklik kavramı yaygın olarak kullanılmaktadır; lakin bu kavramın kökeni 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Uygun maliyetli cihazların eksikliği Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının kullanılmasının önünde büyük bir engel teşkil etmekteydi. Fakat günümüzde mobil cihazların yaygın olarak kullanılması bu engeli ortadan kaldırmıştır (De Pace vd., 2018: 17). Artırılmış Gerçeklik nesneleri tanımlamak için Artırılmış Gerçeklik yazılımı yüklü, iyi donanımlı bir cihaz (akıllı telefon, tablet veya akıllı gözlük gibi) aracılığıyla kamera özelliğini kullanmaktadır. Bir kullanıcı kamera ile görüntü tanıma özelliğini kullandığında ve nesneyi aradığında, cihaz onu video akışını analiz eden bilgisayarlı görüntü teknolojisi ile tanımaktadır.

Ardından kullanılan cihaz buluttan bilgi indirmektedir. Böylece kullanıcıların gördüğü şey kısmen gerçek ve kısmen sanal olmaktadır. Temel fark, bir ekrandaki 2B (iki boyutlu) görüntüden, nesnenin üzerine yerleştirilmiş 3B (üç boyutlu) bir görüntüye geçiştir. Artırılmış Gerçeklik, verilere gerçek zamanlı olarak bakma ve dokunmatik ekran, ses veya hareketle kontrol etme imkanı sunmaktadır. Örneğin, bir operatör dur kelimesini söyleyerek üretimi durdurabilmektedir. Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile robotlarla kolayca etkileşime girilebilmekte ve bu sayede makinelerin performansını kontrol etme imkanı sağlanmaktadır (Polignano, 2018: 30). Özetle, bazı teknolojilerle birlikte Artırılmış Gerçeklik dört temel görevi yerine getirmektedir. İlk temel görev, bir kamera ya da gözlük gibi başa takılan bir ekran kullanarak artırılması gereken gerçeği yakalamaktır. İkinci temel görev, sanal maddenin yerleştirilmesi gereken olası konumu belirlemektir. Üçüncü temel görev, internete veya gerekli veri tabanına bağlı olarak sanal konuları oluşturmaktır. Son temel görev ise, gerçek dünyayı sanal cisimlerle birleştirmek ve Artırılmış Gerçeklik sistemini kullanarak görselleştirmektir (Yao, 2018: 28- 29).

Artırılmış Gerçeklik'i deneyimlemek için kullanılabilecek üç farklı temel Artırılmış Gerçeklik sistemi vardır (Curran, 2016):

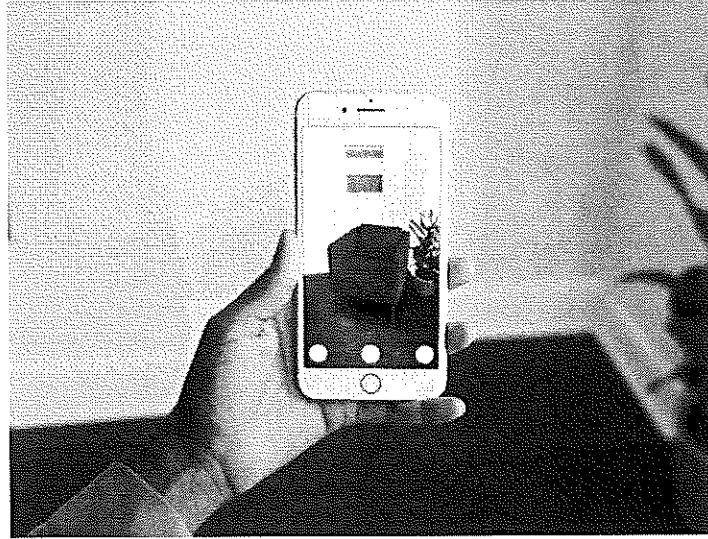
- Mekansal Sistem: Bu sistemde sanal içerik GPS verileri tarafından yönlendirilmekte ve veriler konum ve yön takibine dayanmaktadır. Bu sistem Akıllı telefonların yayılması ve GPS'in kullanılması ile birlikte gelişmiştir. Örneğin; akıllı bir telefonda harita destekli bir uygulamayı açınca telefonun kamerasını bulduğunuz bölge üzerinde yavaşça hareket ettirirken ekrana restoranlar ve kafeler gibi işletmelerin konumunu ve diğer müşteriler tarafından yapılmış derecelendirmeleri göstermesi gibi.
- 2 Boyutlu Artırılmış Gerçeklik Sistemleri: 2B Artırılmış Gerçeklik sisteminde sağlanan sanal içerik, gerçek dünyadaki belirli bir nesnenin algılanmasına dayanmakta ve sanal içerik genellikle önceden tanımlanmış bir şekilde tepki vermektedir. Birçok oyuncak şirketi bu teknolojiden yararlanmaktadır. Örneğin; genellikle üzerinde QR koduna benzeyen sembollerin olduğu kartlar şeklinde tasarlanmıştır. Oyuncak şirketlerinin uygulaması akıllı telefonda çalıştırıldığında ve bu kart üzerindeki semboller kamera ile okutulduğunda ekranda bir video gibi hareket halinde 3B modeller gözükmemektedir. Bu sistem

nesneyi tanımlamak için bir işaretleyiciye veya bir tür görüntü tanıma aracına ihtiyaç duymaktadır.

- 3 Boyutlu Artırılmış Gerçeklik Sistemleri: Bu sistemde sanal içerik fiziksel ortamın taranmasına dayanmakta ve fiziksel ortamla ilgili etkileşimli sanal içerik sağlanmaktadır. Örneğin; bir tamirciye motoru sökerken veya bakım yaparken gerçek zamanlı talimatlar verilebilmektedir. Bu, Artırılmış Gerçeklik'in en gelişmiş şeklidir.

Artırılmış Gerçeklik uygulamaları sayesinde tüketiciler ürünü ya da hizmeti satın almadan önce deneyimleme fırsatı elde etmektedirler. Apple tarafından piyasaya sürülen ARKit ve Google tarafından piyasaya sürülen ARCore Artırılmış Gerçeklik uygulamalarına örnektir (Blum, 2018). Apple'ın ARKit teknolojisi kullanılarak oluşturulan Ikea Place uygulaması da Artırılmış Gerçeklik teknolojisine bir başka örnektir. Bu uygulama mobilya satın almadan önce nesneleri odanın dijital görüntüsüne yerleştirerek tasarlamaya olanak sağlamaktadır (Marr, 2018).

Resim 2.5. Ikea'nın AR uygulaması



Kaynak: <https://www.wired.com/story/ikea-place-ar-kit-augmented-reality/>

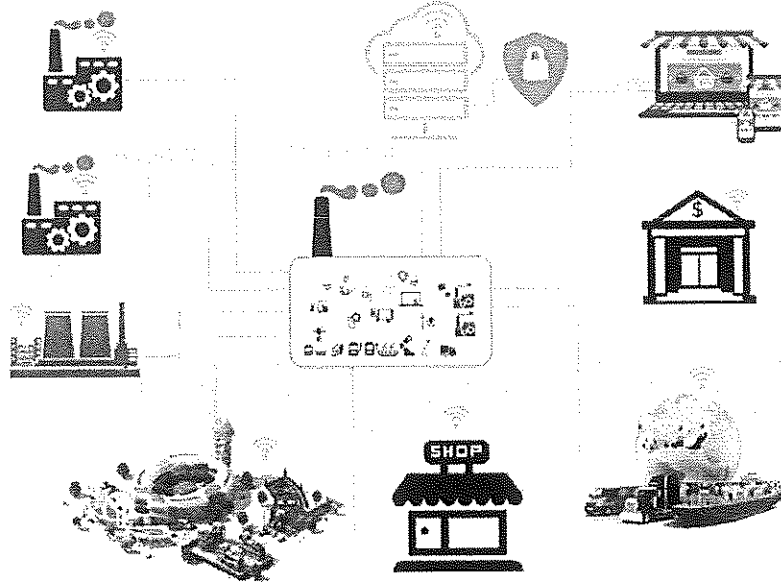
2.2.8. Sistem Entegrasyonu

Sistem Entegrasyonu, mühendislik ve bilgi teknolojisi alanlarında yaygın olarak uygulanan bir süreçtir. Daha büyük bir sistem oluşturmak için çeşitli bilgi işlem sistemlerinin ve yazılım paketlerinin birleşimini içermektedir ve Endüstri 4.0'ı en iyi şekilde çalışmaya iten şey budur. Sistem Entegrasyonu, alt sistemler ve yazılım uygulamalarının kombinasyonu ile yeni işlevler yaratarak bir sisteme değer katmaktadır (EBSO, 2015: 21).

Büyüme ve genişleme, boyutuna ve doğasına bakılmaksızın her firma için önemli iki gereksinimdir. Firmalar entegrasyon yoluyla kendilerini büyütebilmekte ve genişletebilmektedirler. Şirketlerin piyasadaki rakipleri arasında yerlerini oluşturmak için kullandıkları birçok strateji vardır. Ancak literatür incelendiğinde en çok kullanılan stratejilerin yatay entegrasyon, dikey entegrasyon ve uçtan uca entegrasyon olduğu görülmektedir.

Yatay entegrasyon; tedarikçiden üreticiye, distribütörden servislere üretim sürecinin tüm parçalarının birbirine bağlandığı bir entegrasyon türüdür. Şirket içindeki ve birkaç farklı şirket arasındaki süreci ifade etmektedir (Nováková, 2017: 18). Benzer bir tanıma göre ise; yatay entegrasyon, değer zincirindeki şirketler veya kuruluşlar arasında rekabeti azaltmak ve iş birliğini sağlamak için değer ağlarının bütünleşmesidir (Chen, 2017: 590). Üstün ürünler ve hizmetler sunabilmek için birden fazla organizasyon iş birliği yapmaktadır. Şirketler arası yatay entegrasyon sayesinde ilgili şirketler iş birliği içinde yeni bir dijitalleştirilmiş ekosistem oluşturmaktadır. Bilgi, finans ve iş gereçleri bu şirketler arasında etkin bir şekilde akabilmektedir (Wang vd., 2016: 2). Yatay entegrasyonun temel amacı, ürün farklılaşmasını artırmak, şirketin boyutunu büyütmek ve yeni pazarlara ulaşmaktır (Farooq, 2014). Birçok firma bu stratejiyi aynı sektörde sürdürdüğünde, sektörel konsolidasyona (oligopol veya tekel) yol açmaktadır (Jurevicius, 2013). Yatay entegrasyona örnek olarak Facebook'un Instagram'ı satın alması gösterilebilir. Facebook bu sayede pazar payını artırmıştır ve rekabeti azaltmıştır (Tarver, 2019a).

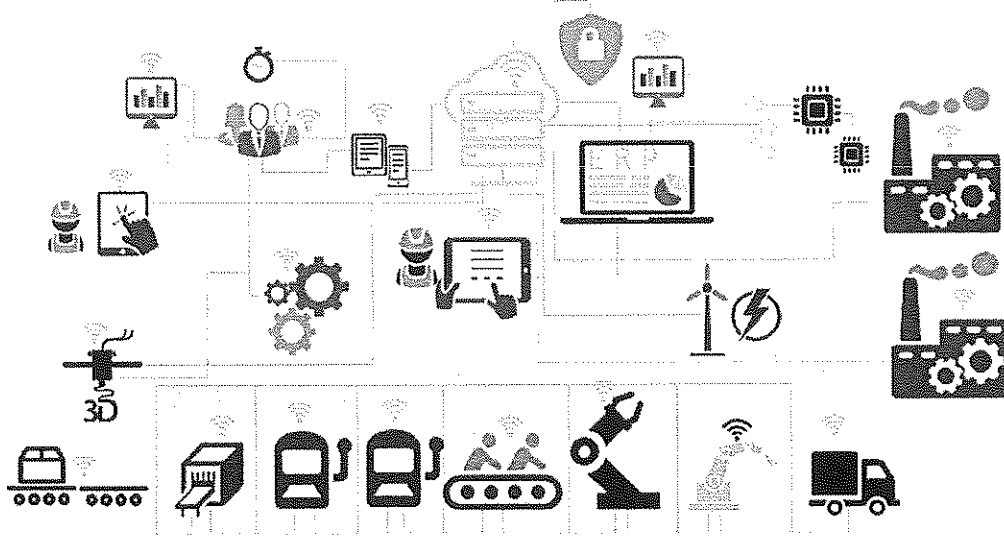
Şekil 2.6. Endüstri 4.0 Yatay Entegrasyon Örneği



Kaynak: http://www.akillifabrika.org/Endustri_4.0_ve_Sistem_Entegrasyonlari,cnt-6

Dikey entegrasyon ise esnek ve yeniden yapılandırılabilir bir üretim sistemi oluşturmak için çeşitli hiyerarşik alt sistemlerin entegrasyonudur (Frank vd., 2019). Dikey entegrasyon, kurum içindeki ürün yaşam döngüsüne dahil olan tüm unsurlar arasında kesintisiz bağlantı sağlanması durumudur. Pazarlama, tasarım, mühendislik, üretim ve satış faaliyetlerinin tümü bütünleştirilmiştir. Bu şekilde şirket içindeki kaynaklar daha verimli ve daha etkin kullanılabilir (Chen, 2017:590). Dikey entegrasyon ileriye doğru ve geriye doğru olmak üzere temelde ikiye ayrılmaktadır. İleriye doğru entegrasyon, şirketin ürünü son müşteriye ulaştırmak için hizmet sağlayan bir şirketle birleşmesi veya şirketi satın alması durumudur. Örneğin bir otomobil üreticisinin bir otomotiv bayisi satın alması ileriye doğru entegrasyondur. Bir şirketin, bir üretici veya tedarikçi ile satın alma veya birleşme yoluyla anlaşma yapması ise geriye doğru entegrasyondur. Bu entegrasyon türü, verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlamak için yapılmaktadır. Bir otomobil üreticisinin lastik üreticisi ile birleşmesi ise geriye doğru entegrasyona örnektir (Tarver, 2019b).

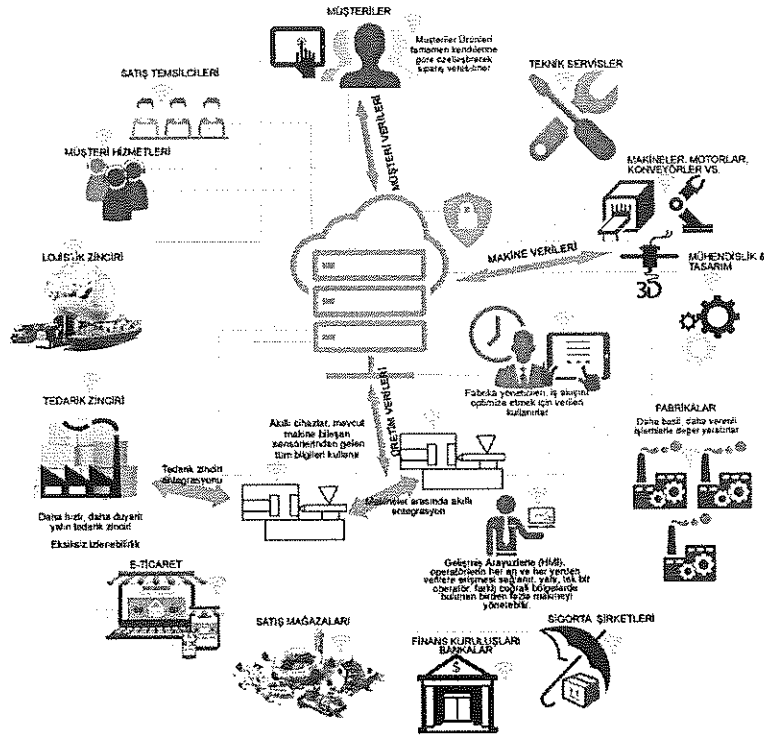
Şekil 2.7. Endüstri 4.0 Dikey Entegrasyon Örneği



Kaynak: http://www.akillifabrika.org/Endustri_4.0_ve_Sistem_Entegrasyonlari,cnt-6

Uçtan uca entegrasyon ise muhtemelen yeni üretim çağındaki en yaygın kullanılan entegrasyon çeşididir. İlk olarak fabrika alanında makineden makineye entegrasyon sağlanmıştır. Böylece makineler üretim sisteminin tam anlamıyla ayrılmaz bir parçası olmaktadır. İkincisi, müşteriler üretim sistemine entegre etmek artık mümkündür. Böylece üreticilerin müşterilerden kolayca ve zamanında geri bildirim alması sağlanmaktadır. Üçüncüsü ise, ürün- tahsilat entegrasyonu mümkün olup, kullandığı ürünün durumunun üretici tarafından doğrudan izlenmesini sağlamaktadır. Böylelikle, değer zinciri ürünün müşteri hizmetlerine genişletilecektir (Chen, 2017). Uçtan uca entegrasyonu uygulamak için, müşteri gereksinimlerinden ürün mimarisine kadar tüm değer yaratma süreci planlanmalıdır (Posada vd., 2015). Buradaki amaç tam sayısallaştırma ve dolayısıyla gerçek dünyayı sanal tasvirde bulunmaktır. Temel gereksinim, teknik sistemlerin artan karmaşıklığının üstesinden gelebilmek için modelleme olanakları yaratmaktır. Bu nedenle, ürün geliştirmeden üretim sistem mühendisliği, üretim ve hizmete kadar tüm değer zinciri boyunca Siber- Fiziksel Sistemler'den destek sağlanmaktadır (He ve Jin, 2016: 18).

Şekil 2.8 Endüstri 4.0 Uçtan Uca Entegrasyon Örneği



Kaynak: http://www.akillifabrika.org/Endustri_4.0_ve_Sistem_Entegrasyonlari,cnt-6

Son çeşit entegrasyon ilk ikisine dayanmaktadır ve değer zincirinin her aşamasında (yani mühendislik, tasarım, planlama, servis ve bakım) uygun bir ürün modelinin kullanılmasını sağlayan güçlü bir yazılım aracı zinciri oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu araç zinciri, akıllı fabrikaların ürün tasarımının üretim üzerindeki etkilerini öngörmesini sağlamak ve böylece müşteriye özel ürünler üretmeyi mümkün kılmaktadır (Foidl ve Felderer, 2016).

Endüstri 4.0, stratejik düzeyde yatay değer ağları yaratmaya, iş süreci seviyesinin tüm değer zinciri boyunca uçtan uca entegrasyon sağlamaya ve dikey olarak entegre ve ağ bağlantılı üretim sistemlerinin tasarımına olanak tanıyabilmektedir (Kagermann vd., 2013). Şirketlerin yatay entegrasyonu ve fabrikaya dikey entegrasyon, ürün yaşam döngüsünün gerçekleştirilmesi gereken birkaç aşamayı içermesi nedeniyle mühendislik sürecinin uçtan uca entegrasyonunun iki temelini oluşturmaktadır (Wang vd., 2016).

2.2.9. Yapay Zeka - Otonom Robotlar

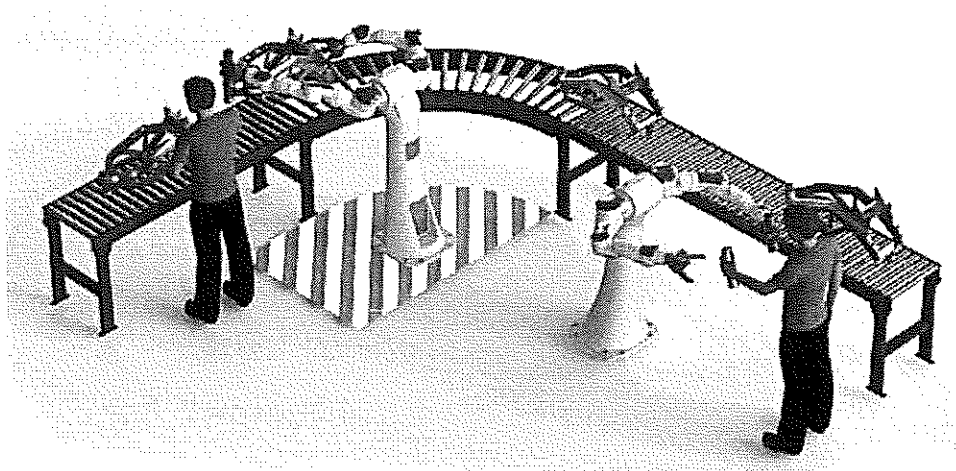
Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi son gelen teknolojilerle birlikte üretim, seri üretimden özelleştirilmiş üretime doğru hızla kaymaktadır. Günümüzde pazarın değişen taleplerini karşılayabilmek için üretim sistemlerinde robot tabanlı üretim oldukça önemlidir (Pedersen vd., 2015: 282). Robot; makine, elektronik, bilgisayar, sensör ve Yapay Zeka gibi birçok disiplinin ileri teknolojilerini birleştiren bir tür otomasyon cihazıdır ve insansız durumdaki bazı görevleri programlayarak gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca robot Yapay Zeka'nın formlarından yalnızca birisidir (Wu vd., 2017: 1).

Yapay Zeka, insan zekasıyla bütünleşebilen veya bütünleşebilen bir zekayı taklit edebilecek yazılımın geliştirilmesini amaçlayan, zekanın doğasına ve bilgisayar yazılımı tarafından sunulan imkanlara ilgi ile başlamıştır (Simon, 1995: 95- 96). Yapay Zeka yıllar içerisinde önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir ancak Yapay Zeka uygulayıcıları tarafından geliştirilen ve evrensel olarak kabul edilen bir tanım henüz mevcut değildir (Nascimento ve Bellini, 2018). İmalat sektörünün Endüstri 4.0'a doğru gelişmesinde itici güç olarak görülen Yapay Zeka, imalat sektöründeki Yapay Zeka ile ilgili teknolojilerden bahsederken genellikle “akıllı üretim” olarak tanımlanmaktadır (Zhou vd., 2018: 11- 12). Akıllı üretim ise, Nesnelerin İnterneti teknolojisi ile birbirine bağlanan makinelerin, üretim için gerekli parçaları insanların bilişsel işlevlerini taklit ederek ve onlardan en az yardımı alarak birleştirebildiği bir üretim sistemidir (Bughin vd., 2017: 53). Üreticiler Endüstri 4.0 ile birlikte geleceğin kendini kontrol edebilen Akıllı Fabrika'sını mümkün kılan gelişmiş otomasyonun temel bir unsuru olarak Otonom Robotlar'ı kullanmaktadırlar (Küpper vd., 2019). Otonom Robotlar Yapay Zeka'nın robotik teknolojisi ile birleşimidir (Owen- Hill, 2017). Yapay Zeka robotik alanının olanaklarını artırma potansiyeline sahiptir. Yapay Zeka'lı robotlar üretim alanında giderek daha karmaşık işleri gerçekleştirebilmekte ve hatta insanlarla birlikte çalışabilmektedir. Yapay Zeka tabanlı çözümler, çevrelerindeki bilgileri algılayabilme yeteneğine de sahiptir. Bu yetenek sayesinde üretim robotları insanlarla etkileşimde bulunabilmekte ve insanlardan talimat bile alabilmektedirler (Dorfman, 2018). İnsanlarla doğrudan iş birliği içinde çalışan bu robotlara “cobot (colloborative robot)” denmektedir. Cobot işbirlikçi robot anlamına

gelmektedir (Mahler, 2016). Gelişmiş işbirlikçi robotların fabrikadaki çalışma ortamı için pek çok olumlu sonuçları vardır. Bunlar (Küpper vd., 2019; ERNI, 2019: 26):

- Robotlar insanlarla birlikte çalışırken Nesnelerin İnterneti, Yapay Zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojiler daha üretken çalışmaya imkan tanımaktadır. Gelişmiş robotların insanların ağır kaldırmak gibi yapmakta zorlandığı görevleri üstlenmesi nedeniyle daha yüksek verimlilik sağlanmaktadır.
- Robotlar daha doğru ve kaliteli işler üretmek konusunda daha iyi performans göstermektedirler. Robotlar nadiren hata yapmaktadır ve insanlardan daha hassas çalışmaktadırlar.
- Robotlar insanlar için tehlikeli sayılabilecek işleri üstlenebilmektedirler. Kötü çalışma koşulları (dar alan, kötü aydınlatma ve zararlı kimyasallar gibi) içerisinde de çalışabilmektedirler ve bu sayede iş güvenliğini artırmaktadırlar.
- Robotların sağladığı faydalardan bir diğeri ise özelleştirilmiş ürün üretimi konusundadır. Robotlar hızlı bir şekilde üretim sürecinde değişiklik yapabilmektedirler ve bu sayede üretim alanında rekabetçi kalabilmektedirler.

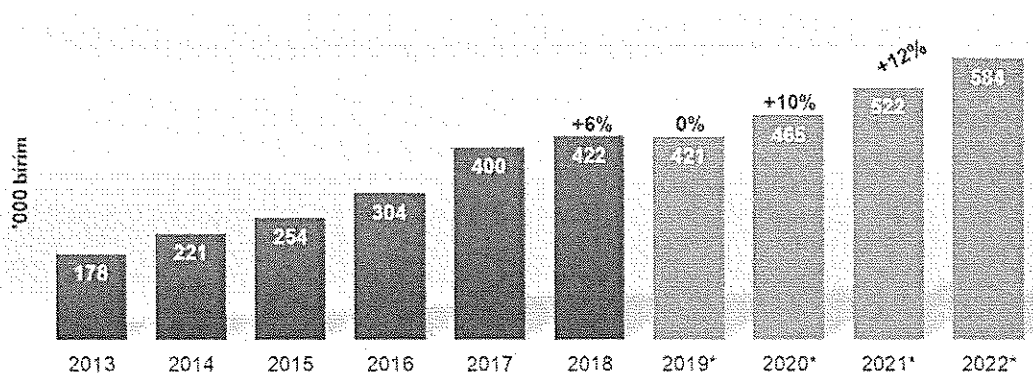
Resim 2.6. Robotlar ve İnsanların İş birliği İçinde Çalışmasına Örnek Bir Görsel



Kaynak: <https://www.sirris.be/blog/will-your-next-employee-be-cobot>

Günümüzde üretim aşamasında robotları kullanan pek çok şirket vardır. Bunlardan en bilinenleri Apple, Tesla, Adidas, Zara, Nissan gibi şirketlerdir. Bunların haricinde araba paylaşımı uygulaması Uber de tüm sürücülerini robotlarla değiştirmeyi hedeflemektedir (Msn, 2017). Robotik teknolojisi üzerinde araştırmalar yapan diğer bazı şirketler arasında en yaygın olarak bilinen şirketler ise Amazon, Facebook ve Microsoft'tur. Amazon şirketine ait bir araştırma- geliştirme ve bilgisayar donanımı şirketi olan Amazon Lab126 "Vesta" isimli bir robot üzerinde çalışmaktadır. Bu robotun bir ev robotu olduğu, gelişmiş kameralarla bilgisayarlı görme yazılımına sahip olduğu ve evde gezinebilen bir robot olduğu söylenmektedir (Crowe, 2019). Ayrıca halihazırda Amazon'un depolarında kullanmakta olduğu robot sayısı 100.000'den fazladır (Vincent, 2019a). Facebook'un Yapay Zeka araştırma laboratuvarı olan FAIR'da Yapay Zeka araştırmalarını ilerletmek amacıyla robotik alanında birtakım çalışmalar yapmaktadır (Vincent, 2019b). Microsoft'un robotik alanındaki ilk yatırımı 2006 yılında piyasaya sürdüğü bir robotik geliştirme ve yazılım paketi olan MRDS'ydı. Daha sonra endüstriyel robotik uygulamalar için ROS (Robot İşletim Sistemi) üzerinde çalışmaya başlamıştır ve çalışmalarını halen sürdürmektedir (Crowe, 2018; Foley, 2018).

Grafik 2.4. 2013- 2018 ve 2019- 2022 Yılları Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulumları

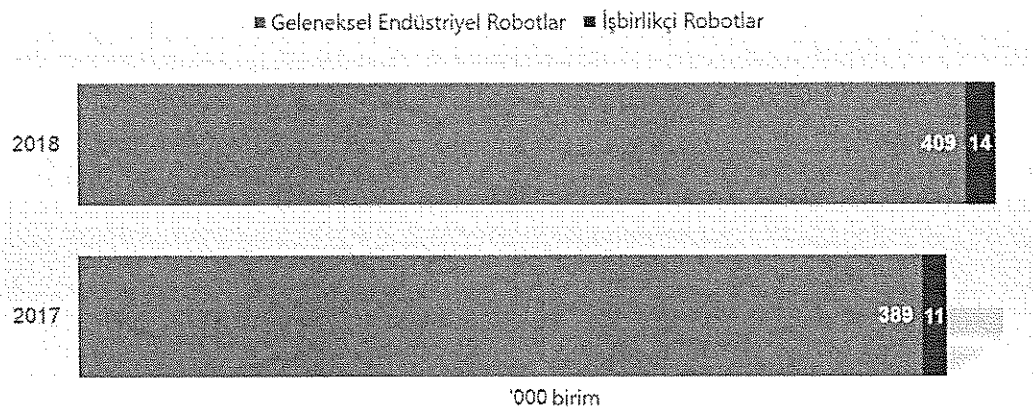


Kaynak: IFR International Federation of Robotics

(*) Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulumlarına İlişkin Tahmini Değerler

IFR (2019)'a göre, dünya robot pazarının önemli ölçüde büyüdüğü görülmektedir. Grafik 2.4'de de gösterildiği gibi 2018 yılı içerisinde 422.000 adet endüstriyel robot satışı yapılmıştır ve bu rakam 2017 yılına göre %6 artmıştır. Küresel robot pazar hacmi 16,5 milyar \$'a yükselmiştir ve küresel stok 2,4 milyon robotun üzerine çıkmıştır. Kıtalar açısından bakacak olursak Asya dünyanın en büyük endüstriyel robot pazarıdır. 2018 yılında Çin ve Kore Cumhuriyeti'ndeki tesislerin sayısı düşerken, Japonya'daki tesislerin sayısı önemli ölçüde artmıştır. Toplamda Asya %1 oranında büyümüştür. Avrupa %14 ve Amerika ise bir önceki yıla göre %20 oranında büyümüştür. Dünyanın en büyük beş endüstriyel robot pazarı, 2018 yılındaki küresel tesislerin %74'ünü temsil etmektedir. Bunlar; Çin, Japonya, Kore Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'dır. Çin %36'lık bir pazar payıyla dünyanın en büyük endüstriyel robot pazarı olmaya daha önceki yılda olduğu gibi 2018 yılında da devam etmektedir. Ancak bir önceki yıla oranla robot kurulumu %1 daha azdır. Kore Cumhuriyeti de aynı şekilde robot kurulumu açısından bir önceki yıla oranla %5'lik bir düşüş yaşamıştır. Diğer üç ülke ise ortalamanın üzerinde bir büyüme göstermişlerdir. Grafik 2.5 de ise 2018 yılında kurulu 422.000'den fazla endüstriyel robottan 14.000'den azının işbirlikçi robotlar (cobot) olduğu belirtilmiştir. 2017 yılında bu sayı yaklaşık olarak 11.100'dür. Yani 2017 yılından 2018 yılına kadar cobot kurulumu %23 oranında artmıştır.

Grafik 2.5. İşbirlikçi Robotların Dünya Robotik Pazarındaki Payı



Kaynak: IFR International Federation of Robotics

BÖLÜM III

YENİ TEKNOLOJİLERİN İSTİHDAMA ETKİSİ

3.1. İlk Üç Sanayi Devriminin İstihdama Etkileri

Teknolojik gelişmelerin işsizliğe yol açtığı endişesi yalnızca Endüstri 4.0 döneminde değil, İlk Sanayi Devrimi'nden bu yana kendisini göstermektedir. Bu duruma en iyi örnek ise William Lee örneğidir. William Lee 1589 yılında çorap örme makinesini icat etmiştir ve bu icadın işçileri rahatlatacağı düşüncesi içerisinde, buluşun patentini almak için Kraliçe 1. Elizabeth'e gitmiştir. Kraliçe ise bu icadın istihdam üzerinde olumsuz etkileri olacağı düşüncesiyle kendisine patent vermeyi reddetmiştir (Acemoğlu ve Robinson, 2012). Büyük olasılıkla kraliçenin endişesi zanaatkarların işlerinin yok olmasıydı. Zanaatkarların işlerinin elinden alınması sonucu yeni teknolojilere direnmesi beklenebilirdi.

Birinci Sanayi Devrimi ile birlikte zanaatkarların işlerini makinelerin alması sonucu 1810 – 1820 yılları arasında Luddite İsyanları gerçekleşmiştir. Luddite İsyanları neticesinde işleri ellerinden alınan işçiler makine kırma eyleminde bulunmuşlardır (Adams vd., 2000: 375). İşçilerin bu eylemi gerçekleştirmekteki amacı eski çalışma koşullarına dönmektir. Ancak İngiliz Hükümeti teknolojik ilerlemeyi durdurmaya çalışan gruplar hakkında sert bir tutum sergilemiştir. İsyancıların aktif olduğu bölgelere askeri güç göndermiştir ve makine kırma suçunu ölümle cezalandırmıştır (Merchant, 2014).

Kraliçe Elizabeth başta teknolojik gelişmeyi reddetmesine rağmen, zamanla tutumunu değiştirmiştir. Bu tutum değişikliğinin iki olası açıklaması vardır. İlk olarak, kraliyet üzerinde parlamento üstünlüğü kurulmasından sonra, İngiltere'de mülk sahibi sınıflar siyasi olarak baskın hale gelmişlerdir. Çeşitli üretim teknolojilerinin yayılmasının ardından mülk sahipleri üretilen malların ihracatından faydalanmaktaydı ve zanaatkarlar buna karşı çıkacak bir politik güce sahip değillerdi. İkincisi ise; mucitler, tüketiciler ve vasıfsız işçilerin yeni teknolojik değişimlerden büyük ölçüde faydalanmış olmalarıdır (Frey ve Osborne, 2013: 9). Makineleşmenin istihdam konusunda yarattığı kaygılara rağmen, vasıfsız işçilerin sanayi devriminin en büyük faydalanıcıları olduğu iddia edilmiştir. Sanayileşme sırasında İngiltere'deki işçilerin yaşam standartları hakkında literatürde çeşitli tespitler mevcuttur. Örneğin; Clark

(2007), 1760 – 1860 yılları arasındaki reel ücretlerin kişi başına GSYH’den daha hızlı arttığını tespit etmiştir. Feinstein (1998) ise reel ücretlerin 1820 – 1850 yılları arasında neredeyse iki katına çıktığını ve bu artıştan vasıfsız işçilerin, ortalama vasıftaki işgücünden daha fazla yararlandığını iddia etmektedir. Son olarak Allen (2009), 19. yüzyılın ikinci yarısında işçi başına çıktı genişlerken, ücretlerin durgunlaştığını belirtmektedir. Bu durum ilgili dönemde bölüşümün sermaye sahiplerinin lehine olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Buhar makinesinin icadıyla başlayan Sanayi Devrimi’yle birlikte artan hammadde ihtiyacıyla birlikte tarım sektöründe verimlilik artmıştır. Ancak daha önceleri kas gücüyle yapılan tarımsal faaliyetlerin gittikçe makineler tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu durum istihdamın genellikle imalat, madencilik veya inşaat sektörlerine kaymasına neden olmuştur (Ernst vd., 2018: 5).

İkinci Sanayi Devrimi döneminde Henry Ford tarafından tanıtılan seri üretim montaj hattı ile birlikte düşük vasıflı ya da vasıfsız işgücüne yönelik talep artmıştır (Meyer, 2004). Böylelikle vasıfsız işgücüne olan talep artarken, kalifiye zanaatkarların rolü gittikçe azalmıştır. Ayrıca yeni üretim sistemi ile birlikte önceden tek kişinin yapmış olduğu iş, çok daha fazla sayıda işçi tarafından yapılmaya başlanmış ve toplam çalışma süresi azalmıştır (Bekar, 2013: 15- 16; Stronge ve Harper, 2019: 12).

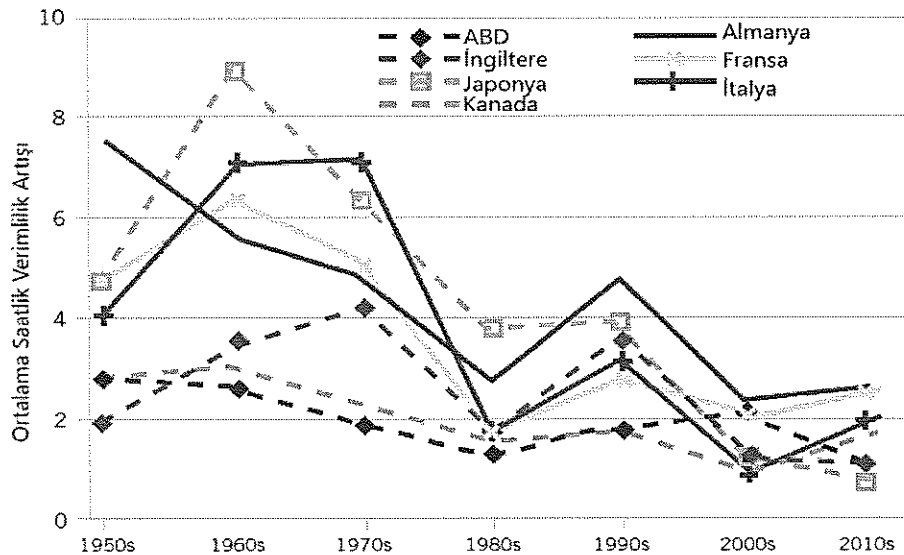
Ford’un seri üretim montaj hattı iş bölümü ile birlikte çok sayıda vasıfsız işgücüne ihtiyaç duymuş olsa da, elektriğin icadı ile birlikte üretim sürecinin birçok aşaması otomatikleşmiştir ve bu da makineleri kullanmaları için nitelikli mavi yakalı üretim işçilerine olan talebi de artırmıştır. Sadece vasıflı mavi yakalı işçilere olan talep artmamış, aynı zamanda yüksek eğitim kazanma eğiliminde olan beyaz yakalılara olan talep de artmıştır (Goldin ve Katz, 1996: 11). Çünkü ulaşım devrimi sonrası nakliye maliyetleri düşmüştür ve böylelikle pazar büyüklüğü genişleyip, rekabetçilik artmıştır. Firmalar büyüdükçe daha fazla yönetimsel çalışana ihtiyaç duymuşlardır. Yönetimsel işlerin yerine getirilmesi içinse eğitilmiş beyaz yakalı işçilere ihtiyaç duyulmuştur (Chandler, 1977: 37).

Bilgisayarların tanıtımına dayanan Üçüncü Sanayi Devrimi döneminde ise bilgisayarların kullanılabilmesi için eğitilmiş işçilere yönelik talep iyice artmıştır. Bilgisayarlaşma her ne kadar büro işleri ve bilgi işleme görevlerine olan talebi artırsa

da, aynı zamanda bu görevlerin otomatikleştirilmesine de izin vermektedir (Autor vd., 2003: 1284). Aynı zamanda bilgi ve işlem teknolojilerinin ortaya çıkması yeni teknolojilere yapılan yatırımlara da hız vermiştir. Bilgisayarları tasarlamak, uygulamak ve bakımını yapmak otomasyon sürecinde kaybedilenlerden çok daha az istihdam olanağı sunmasına rağmen tamamen yeni bir sektörün ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Öyle ki verimlilik artışı hızlanmıştır ve bu durum yeni istihdam olanakları sunmuştur (Ernst vd., 2018: 6).

Bilgisayar Devrimi ile birlikte artan iyi eğitilmiş işgücü ihtiyacı daha çok hizmet sektörüne kaymıştır. Artan eğitilmiş işgücü talebi aynı zamanda eğitim oranında da artışa sebep olmuştur. (Chuah vd., 2018). Uzun vadede teknolojik ilerleme işgücüne olan ihtiyacı artırmıştır. Ancak yeni teknolojilerin yıkıcı etkileri göz ardı edilmemelidir. Teknolojinin neden olduğu iş kayıpları hemen gerçekleşirken, yeni işlerin yaratılması genellikle zaman alan bir süreçtir (LaFleur, 2017: 19). Bununla birlikte bilgisayarlaşmaya dayanan Üçüncü Sanayi Devrimi, önceki iki teknolojik değişim dalgasından çok daha az ekonomik fayda sağlamıştır ve seçilen yedi ekonomideki ekonomik kalkınmaya uzun vadeli bir bakış açısıyla bakıldığında verimlilik artışında bir yavaşlama tespit edilmiştir (Bkz. Grafik 3.1). Bu aynı zamanda kişi başına GSYH'ye de benzer şekilde yansımıştır (Ernst vd., 2018: 6).

Grafik 3.1. Seçilmiş Yedi Ülkenin Verimlilik Artışı, 1950- 2015



Kaynak: (Ernst vd., 2018)

Geçmiş sanayi devrimlerinin getirdiği değişimler, günümüzde yaşanan son sanayi devrimi olan Dördüncü Sanayi Devrimi'nin neler getirebileceği konusunda bir bakış açısı sunmaktadır. Nitekim LaFleur (2017) geçmiş teknolojik devrimlerden birinci ve ikincisinin önde gelen ülkeleri olan İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kişi başına GSYH ile ölçülen yaşam standartlarındaki değişiklikleri incelemiştir ve yaşanan teknolojik değişikliklerin etkisinin uzun yıllar sonra ortaya çıktığını saptamıştır. Bundan dolayı teknolojik bir devrimin etkilerini gerçek zamanlı olarak tespit etmek oldukça güçtür.

1960'lı yıllardan sonra gelişmiş ülkelerde işgücü verimliliği artışı Üçüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği olumlu katkıya rağmen, zaman zaman kesintiye uğramıştır. 2008 Küresel Kriz'in ardından verimlilik artışı daha da azalmış, kişi başına düşen GSYH son yıllarda çok az artmıştır. Bu, teknolojideki hızlı gelişmelere rağmen devam eden verimlilik artışında kalıcı bir zayıflık yaratmıştır (LaFleur, 2017: 11). Özetle; ilk üç sanayi devrimi açısından bakıldığında, literatürde işsizlik konusundaki endişeler bir nebze gerçekleşmiş olsa da, birçok ekonomist teknolojik yeniliklerin özellikle verimlilikle birlikte istihdam için olumlu sonuçlar doğurduğunu iddia etmektedir.

3.2. Endüstri 4.0 ve İstihdama Etkileri

3.2.1 Yapay Zeka ve Akıllı Süreç Otomasyonlarının İstihdama Olan Etkileri

Günümüzde; yaşama, çalışma ve iletişim biçimlerimizi değiştirecek bir dijital dönüşüm içerisinde olduğumuz açıktır. Bilgi işlem teknolojisi endüstrisinde gerçekleşen bu dönüşüm, dijital teknolojilerin ortaya çıkması konusunda büyük bir etkiye sahip olmaktadır. *Yapay Zeka* bu teknolojilerden birisidir. Bu aşamada konuya ekonomik açıdan bakmak yararlı olacaktır.

Genel olarak Yapay Zeka'nın ekonomik kullanımı beş kategoriye ayrılmaktadır (Wisskirchen vd., 2017):

- *Gelişmiş Makine Öğrenimi*: Makinelere programlanmadan öğrenme olanağı sağlayan bir tür Yapay Zeka'dır. Makineler yeni verilere maruz kaldıklarında kendilerini yeni duruma göre değiştirmeyi öğrenebilmektedir. Yani bir makine

hata yaparsa, tüm sistemler bunu akılda tutmakta ve bir dahaki sefere aynı hatanın yapılması önlenmektedir.

- *Robotik Otomasyon:* İş süreçlerini otomatikleştirmeyi amaçlayan bir teknolojidir. Robotlar insan işçilerden daha az hata yaparak çalışmakta ve maliyetleri düşürmektedir.
- *Kaydileştirme:* Otomatik veri kaydı ve veri işleme sağlamaktadır. Özerk yazılım gerekli bilgileri toplamakta ve ihtiyacı olan çalışana göndermektedir.
- *Esnek Ekonomi:* Bu tür ekonomide geçici ve esnek işler yaygındır. İşletmeler tam zamanlı çalışan yerine bağımsız ve serbest çalışabilen işçiler talep etmektedirler. Buna çalışanların işyerinde olmadan herhangi bir yerden çevrimiçi platformları kullanarak çalışması örnek olarak verilebilir.
- *Özerk Araçlar:* Sensörler kullanılarak ve insan müdahalesi olmadan kendi kendini yönetme gücüne sahip olan araçlardır.

Yapay Zeka teknolojisinin önümüzdeki günlerde dünya ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağı tahmin edilmektedir. McKinsey Global Enstitüsü Yapay Zeka'nın ekonomi üzerindeki bu etkilerini değerlendirmek amacıyla bir rapor hazırlamıştır. İlgili raporda beş geniş Yapay Zeka kategorisinden bahsedilmektedir. Bunlar; doğal dil işleme, bilgisayarlı görme, sanal asistanlar, robotik süreç otomasyonu ve ileri seviye makine öğrenimidir. McKinsey, sektörlerde bu beş teknolojinin farklı şekillerde kullanılabileceğini söylemektedir ve araştırmasını bu teknolojilere dayandırarak gerçekleştirmiştir. Raporda, Yapay Zeka'nın potansiyel olarak 2030 yılına kadar yaklaşık 13 trilyon \$ 'lık ekonomik çıktı ekleyebileceğini ve bunun da küresel GSYH'yi her yıl yaklaşık %1,2 artıracığı belirtilmektedir. Yine rapora göre Yapay Zekayla birlikte dünyanın önde ekonomileri, verimlilikte %20 ile %25 arasında bir ek bir artış gerçekleştirmeyi beklerken, gelişmekte olan ekonomilerde ise bunun yarısı kadar bir artış beklenmektedir (Bughin vd., 2018).

Hemen hemen her sektörün Yapay Zeka'dan etkilenmesi beklenmektedir. Fakat en büyük dönüşümün özellikle beş sektörde yaşanacağı düşünülmektedir. Bunlar; sağlık, taşımacılık, finans, imalat ve sigortadır (Overton, 2019).

Sağlık Sektörü: Modelleri tanımlamak için tasarlanmış bir Yapay Zeka alt kümesi olan makine öğrenimi, sağlık hizmeti sağlayıcılarına otomatik bilgiler vermek için

algoritmalar ve veriler kullanılmaktadır. Yapay Zeka'yı sağlık endüstrisine entegre etmek; görevleri otomatikleştirmek, sağlık hizmetlerini daha hızlı ve daha düşük maliyetle sunmak ve hastalara ilişkin büyük veri setlerini analiz etmek gibi çok sayıda fayda sağlamaktadır (Phaneuf, 2019).

Taşımacılık Sektörü: Taşımacılık sektöründe Yapay Zeka için küresel pazarın 2023 yılına kadar 3,5 milyar \$'a ulaşması öngörülmektedir. Taşımacılık sektöründe en çığır açan Yapay Zeka teknolojilerinden birisi özerk araçlardır. Özerk araçlar taşımacılık sektörüne zaten girmiştir ve hali hazırda bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri taşımacılık sektöründe özerk kamyonları kullanmaktadır. McKinsey raporuna göre küresel çapta, malların %65'i kamyonlarla taşınmaktadır ve otonom kamyonların kullanılmasıyla birlikte bakım ve yönetim giderlerinin %45 oranında düşmesi beklenmektedir (Joshi, 2019).

Finans Sektörü: Deloitte Finansal Hizmetler Merkezi Yapay Zeka'nın finansal sektördeki yükselişini tartışmak için, öncü olan finansal hizmet şirketlerini araştırmasına dahil ederek bir rapor hazırlamıştır. Araştırmaya katılan tüm firmalarının %70'i üretim ortamlarında makine öğrenimini² (Machine Learning-ML), %60'ı ise doğal dil işlemeyi (Natural Language Processing-NLP) kullanmaktadır (Columbus, 2019).

İmalat Sektörü: Yapay Zeka teknolojisi en fazla imalat sektöründe kullanılmaktadır. Yapay Zeka'nın makine öğrenimi, bilgisayarlı görme ve doğal dil işleme teknolojileri ile birlikte fabrikaların yakın gelecekte büyük bir dönüşüm uğrayacağı öngörülmektedir. Yapay Zeka imalat sanayinin otomatikleştirilmesine yardımcı olmaktadır ve insan yeteneğinin ötesinde yüksek bir doğruluk ve üretkenlik seviyesine ulaşılmasıyla sonuçlanmaktadır. Yapay Zeka imalat sektörüne; üretim, kalite kontrolü, tasarım gibi pek çok konuda yardımcı olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre; imalat sanayi pazarındaki Yapay Zeka ürünlerinin 2018 yılında 0,98 milyar \$ değerinde olduğu ve bunun 2026 yılında yaklaşık 23 milyar \$'a ulaşacağı, 2019 yılından 2026 yılına kadar ise %48,6'lık bir büyüme oranının olacağı tahmin edilmektedir (VMR, 2019).

² Makine Öğrenimi (ML) ve Doğal Dil Süreçleri (NLP) ile ilgili ayrıntılı teknik bilgiler için Diri (2014) ve Seker (2015)'e bakılabilir.

Sigorta Sektörü: Sigorta sektörü de diğer bazı sektörler gibi Yapay Zeka teknolojisinden önemli ölçüde faydalanmaktadır. Sigorta şirketleri, müşterileri hakkında bilgi edinmek ve kişiselleştirilmiş hizmetler sunmak için Yapay Zeka'yı kullanabilmektedirler. Sigorta sektöründe Yapay Zeka'nın kullanımıyla ilgili bir örnek verecek olursak müşteri bilgilerini toplayan cihazlardan söz edebiliriz. Örneğin; bu cihaz bir araca monte edildiğinde müşterinin ortalama hangi hızda sürdüğü, aşırı hız yapıyorsa frenleri nasıl kullandığı vb. hakkında bilgiler toplamaktadır. Müşteri hakkında bir profil oluşturmakta ve böylece kaza riskini tahmin edebilmektedir (Alaba, 2019).

Yeni Zelanda Yapay Zeka Forumu (AIFNZ), yapay zekanın ekonomik etkilerine dair bir araştırma yapmıştır ve Yapay Zeka'nın ekonomi üzerindeki ana potansiyel etkilerini detaylı bir aşağıdaki biçimde sunmuştur (AIFNZ, 2018).

- Makineler daha fazla iş yapmaya başladıkça maliyetlerde düşüşe, verimlilik ve büyüme oranlarında artışa neden olacaktır.
- En yüksek verimlilik kazanımları üretim ve taşımacılık gibi sermaye yoğun sektörlerde, çünkü operasyonel süreçleri otomasyona duyarlıdır.
- Araştırmacılar Yapay Zeka'nın işgücüne nasıl etki edeceği konusunda hemfikir olmasalar da pek çoğu Yapay Zeka tarafından en fazla risk altında olan grubun düşük vasıflı işgücü olduğu konusunda hemfikirdir. Çünkü düşük nitelikli işlerin otomatikleştirme potansiyeli yüksek nitelikli işlerden daha yüksektir.
- Bazı işlerin niteliği değişebilirken pek çoğu ise değişmeden devam edecektir.
- Otomasyon Yapay Zeka'yı yaratan, programlayan, bakımını yapan ve destekleyenler için yeni işler üretecektir.

Akıllı Süreç Otomasyonu; Yapay Zeka, bilgisayar teknolojisi, bilişsel sistemler, gelişmiş analitik ve makine öğrenimi de dahil olmak üzere yeni teknolojilerin Robotik Süreç Otomasyonu³ ile bir kombinasyonudur. Yeni teknolojilerin gelmesi ile birlikte geleneksel üretim süreçleri karmaşıklaşmıştır. Tüm bu karmaşık süreçleri yalnızca Robotik Süreç Otomasyonu ile otomatikleştirmek artık mümkün değildir ve burada

³ Robotik süreç otomasyonu (RPA), tıpkı insan işçilerin yaptığı gibi uygulamalar arasında temel görevleri yapmak için kolayca programlanabilen yazılımı ifade etmektedir (Frankenfield, 2018).

devreye Akıllı Süreç Otomasyonu girmektedir (Maan, 2019). Akıllı Süreç Otomasyonu; dijital süreçleri yönetmek, otomatikleştirmek ve entegre etmek için bir araya gelen teknolojilerin toplamıdır (Gomez, 2019).

Akıllı Süreç Otomasyonu'nun iş dünyası için birtakım faydaları mevcuttur ve aşağıda sıralanmaktadır (Ayehu, 2018; Gomez, 2019; WorkFusion, 2019):

- Akıllı Süreç Otomasyonu; robotlar, insanlar ve süreçler arasındaki işleri koordine etmeye yardımcı olmaktadır.
- Günümüz küresel pazarında rekabette önde olmak için işletmeler dijital dönüşümü benimsemeye çalışmaktadır. Akıllı süreç otomasyonunun kullanılması bunu kolaylaştırmaktadır ve çalışanları güçlendirmektedir. Basit işler artık insan girdisine ihtiyaç duymadığından; çalışanlar becerilerini, zamanlarını ve çabalarını daha önemli işlerde uygulama fırsatı bulmaktadır. Bu da şirketler için rekabet avantajlarını sağlayabilecek inovasyonları beslemektedir.
- İş süreçlerinde emek yoğun görevler insandan makineye kaydırıldığında, işler çok daha verimli bir şekilde gerçekleşmektedir. İş, daha hızlı ve doğru yapılabilir. Bu da daha fazla üretkenlik ve daha az çalışma saati anlamına gelmektedir.
- Firmalar için piyasa talebindeki ani değişikliklere bağlı olarak gerektiğinde ölçeklendirme hem zor hem de maliyetlidir. Akıllı Süreç Otomasyonu bu sorunu çözmektedir. Süreci destekleyen teknolojiler ile birlikte hızlı değişiklikler yapılabilen ve yazılım robotlarının bazı iş yüklerini üstlenmesi sayesinde talepteki ani değişiklikler sorunsuz bir şekilde karşılanabilmektedir. Bu, kuruluşların iş süreçlerini sürekli iyileştirmelerine de yardımcı olmaktadır.
- Akıllı Süreç Otomasyonu; Yapay Zeka ve makine öğrenimi tarafından desteklendiğinden, büyük miktarlarda veriyi analiz etme ve değer elde etme becerisine sahiptir. Bu, genel organizasyon performansının analizini sağlamaktadır. Yapay Zeka destekli otomasyon sayesinde tüm süreç baştan izlenebilmekte; sürecin gidişatı, oluşabilecek olumsuzluklar öngörülebilme ve işletmeler için daha iyi karar almakta kullanılabilecek bir eyleme dönüştürülebilmektedir.
- Uçtan uca tüm süreçlerin otomatikleştirilmesi sayesinde hata riskini (hatalı veri girişi gibi) en aza indirmek mümkündür ve böylece sistem üretim esnasında durgunluk yaşamayacaktır. Yapay Zeka, insanların tespit etmesi çok uzun sürebilecek olumsuzlukları anında tespit etme yeteneğine sahiptir. Olumsuzlukların hızlı bir

şekilde tespit edilmesi ve sistemin bu olumsuzlukları çözme kabiliyetine sahip olması sayesinde, sistem kesintileri önemli ölçüde azaltılabilmekte ve hatta tamamen önlenebilmektedir.

3.2.2. Endüstri 4.0'ın İstihdam Açısından Getirdiği Fırsatlar ve Riskler

Dijitalleşme ile endüstri büyük bir dönüşüm yaşamaktadır. Makineler, üretimden tedarik zincirlerine kadar Nesnelerin İnterneti ve Siber Fiziksel Sistemler gibi teknolojiler ile birbirlerine bağlıdır ve doğrudan birbirleri ile iletişim kurabilmektedirler. Endüstri 4.0'ın kazandırmış olduğu bu gibi teknolojiler, şirketler için sayısız fırsat sunarken aynı zamanda çeşitli riskler de getirebilmektedir.

Yeni teknolojilerle birlikte gelen fırsatlar ve risklere bazı örnekler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Heinemann, 2019; Huber, 2016; Kessler, 2017; Lindner, 2017; Regotz, 2018):

Fırsatlar

•Esnek Çalışma Saatleri:

İnsanların çalışma biçimleri Endüstri 4.0 ile birlikte önemli ölçüde değişecektir. Artık rutin iş süreçleri algoritmalarla formüle edilebilmekte ve makinelere bırakılabilmektedir. Bu, Akıllı Fabrika'lar da iyi planlanmış süreçler ve oluşturulmuş güçlü bir ağ ile günümüzde zaten mümkündür. Bu sayede işçiler için daha fazla zaman kalmaktadır, esnek çalışma saatleri mümkün olmaktadır ve vardiyalı çalışma gereksiz hale gelmektedir.

•Kaynakların Korunması:

Üretimde kullanılan robotlar çalışma esnasında sürekli aynı işi yapmaktan sıkılmayacak ve dikkati dağılmayacağından, monoton işler için robotlar kullanıldığında hata oranı insan işgücünün yaptığı işe oranla önemli ölçüde azalacaktır. Ayrıca verimlilik artışının istihdamı olumlu etkilemesi de muhtemeldir.

Riskler

•Ekonomik Zorluklar:

Dijital dönüşüm, şirketlere yüksek riskli ekonomik yatırım kararları yüklemektedir. Otomasyona geçmek veya fabrikalarda güçlü bir ağ sistemi oluşturmak için yüksek miktartlı yatırımlar gerekmektedir. Yazılım, uygulama ve bu yeni uygulamalarla ilgilenmesi gereken personel oldukça yüksek maliyetlidir. Şirketlerin yaptıkları yatırımların geri dönüşü çok doğru değerlendirilmelidir; aksi takdirde otomasyonun yaratacağı büyük fırsatlar çok daha büyük riskler oluşturabilecektir. Bununla bağlantılı olarak her şirket, ürünlerinin ve iş modellerinin güncel olup olmadığını da takip etmelidir. Ürünlerin talepleri öngörülebilir gelecekte düşerse bu endüstriyel dönüşüm şirketler için faydalı değildir.

•İşin ve İstihdamın Azalması:

Otomasyon ile birlikte düşük ve orta dereceli endüstriyel işlerin bir kısmı yok olma tehlikesi altındadır ve başka alanlara yeniden bağlanabilecekleri kesin değildir. Sadece şirketlerin değil eğitim ve sağlık sektörünün de bu konu da başa çıkması gereken büyük zorluklar vardır. Otomasyon ile işsiz kalanların yeni işler kazanabilmesi için eğitilmeleri gerekmektedir. Yeterli düzeyde eğitim almadıkları takdirde diğer sektörlerde de istihdam olanakları olmayabilecektir.

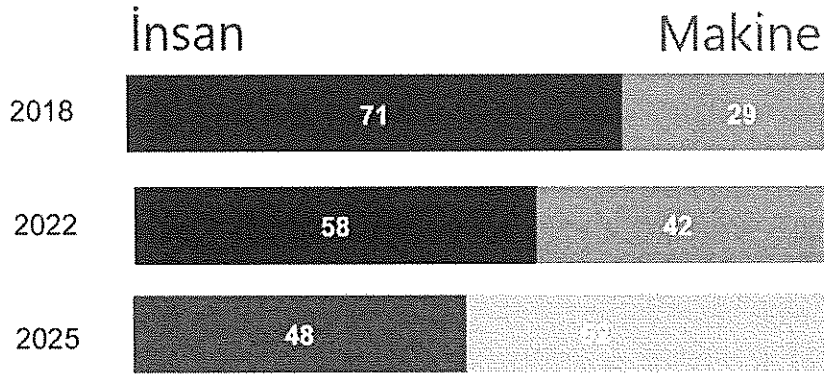
Fabrikadan benzersiz parçalar

Dördüncü Sanayi Devrimi'nde bilişim teknolojisi ve otomasyon sistemleri geliştikçe ifade edilen en büyük kaygılardan biri işgücünün robotlarla yer değiştirip değiştirmeyeceğidir. Her ne kadar bazı işler değişmeden devam etse de bazılarının değişmesi ya da tamamen yok olması beklenmektedir. Bu aşamada Endüstri 4.0 ile birlikte yok olma tehlikesi altında olan işlerden bahsetmek yararlı olacaktır.

2018 yılında Dünya Ekonomik Forumu yüksek teknolojiyi kapsayan 12 sektör ve 20 ülke üzerinde çalışarak *İşlerin Geleceği* isimli bir rapor hazırlamıştır. Dünya Ekonomik Forumu bu raporda makinelerin insanlar tarafından yapılan işlerin yerini almaya başladığını tespit etmiştir. Raporda ele alınan 12 sektördeki toplam çalışma saatlerinin 2018 yılında ortalama %71'i insanlar tarafından, %29'u makineler tarafından gerçekleştirilmektedir. 2022 yılına gelindiğinde bu ortalamanın insanlar

tarafından gerçekleştirilen kısmının %58'e, makineler tarafından gerçekleştirilen kısmının ise %42'ye kayması; 2025 yılında ise makinelerin toplam çalışma saatlerinin %52'sini alması beklenmektedir (WEF, 2018a).

Grafik 3.2. İnsan ve Makine Arasındaki İş bölümü (%)



Kaynak: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/shareable-infographics/>

Her ne kadar bu oranlar otomasyonun insan işgücü ve makine arasındaki dengede bozulmalara yol açacağı yönünde gözükse de; yeni işler yaratılması açısından olumlu bir etkiye sahip olabileceği de öngörülmektedir. Dünya Ekonomik Forumu raporunda; 2022 yılına gelindiğinde, 75 milyon işin Yapay Zeka, Robotik ve otomasyonla yer değiştireceğini ancak 133 milyon yeni işin yaratılabileceğini öne sürmektedir (WEF, 2018a).

2022 yılına kadar 133 milyon yeni istihdam alanının oluşturulması öngörülen işler şunlardır (WEF, 2018a):

- 1- Veri Analistleri ve Veri Bilimciler
- 2- Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi Uzmanları
- 3- Dijital Genel Müdürlük ve Dijital Operasyon Yöneticileri
- 4- Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri ve Analistleri
- 5- Satış ve Pazarlama Uzmanları
- 6- Büyük Veri Uzmanları

- 7- Dijital Dönüşüm Uzmanları
- 8- Yeni Teknoloji Uzmanları
- 9- Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri
- 10- Bilgi Teknolojisi Hizmetleri Uzmanları

Yeni yaratılacak olan işler iş dünyasında daha büyük bir paya sahip olurken, bazı eski meslekler ise içerdikleri görevlerin otomatikleştirilmesi sebebiyle önemini yitirecektir. 2022 yılına kadar önemini yitireceği öngörülen işler ise şunlardır (WEF, 2018a):

- 1- Veri Girişi Görevlileri
- 2- Mali Müşavirler ve Muhasebeciler
- 3- İdari ve Yönetici Sekreterler
- 4- Fabrikada Montaj Yapan İşçiler
- 5- Müşteri Hizmetleri Çalışanları
- 6- Ticari Hizmetler ve İdari Çalışanlar
- 7- Hesap Denetim Uzmanları
- 8- Stok Takip Uzmanları
- 9- Posta Servisi Görevlileri
- 10- Genel Müdürlük ve Operasyon Yöneticileri

Bu yeni yaratılacak olan işler için birtakım beceriler gerekmektedir. 2022 yılına kadar ortaya çıkacak olan bu işler için hem satış danışmanları gibi “insan merkezli” özellikleri hem de yazılım ve uygulama geliştiricileri gibi “teknolojik yeniliğe” dayalı rolleri barındırmalıdır. Bu işler hem programlama hem de sistem analizi gibi çeşitli teknolojik yeterlilik biçimlerini ve duygusal zeka, yaratıcılık ve eleştirel düşünme gibi “insan” becerilerini gerektirmektedir (WEF, 2018a).

Rapora göre, yeni yaratılacak işler için en çok talep görececek ilk 10 beceri (WEF, 2018a):

- 1- Analitik düşünme ve yenilikçilik
- 2- Aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri
- 3- Yaratıcılık, özgünlük ve inisiyatif
- 4- Teknoloji tasarımı ve programlama
- 5- Eleştirel düşünme ve analiz
- 6- Karmaşık problem çözme

- 7- Liderlik ve sosyal etki
- 8- Duygusal zeka
- 9- Akıl yürütme ve problem çözme
- 10- Sistem analizi ve değerlendirme

Pazarın teknolojiye doğru kayması nedeniyle, bir zamanlar kariyer için şart olarak kabul edilen bazı beceriler ise ihtiyaç duyulmaz hale gelmektedir. Bunlar (WEF, 2018a):

- 1- El becerisi, dayanıklılık ve hassasiyet
- 2- Hafıza, sözel, işitsel ve mekânsal yetenekler
- 3- Finansal, maddi kaynakların yönetimi
- 4- Teknoloji kurulumu ve bakımı
- 5- Okuma, yazma, matematik ve aktif dinleme
- 6- Personel yönetimi
- 7- Kalite kontrol ve güvenlik bilinci
- 8- Koordinasyon ve zaman yönetimi
- 9- Görsel, işitsel ve konuşma yetenekleri
- 10- Teknoloji kullanımı, izleme ve kontrol

Teknolojik gelişmelerle birlikte teknik beceriler çalışanları teknolojinin önünde tutmak için yeterli olmayacaktır. Dünya Ekonomik Forumu; problem çözme, eleştirel düşünme ve empati gibi insan merkezli becerilerin insanları makineler karşısında avantajlı bir konumda tuttuğunu belirtmektedir (Parke, 2018).

3.2.3. Yeni Teknolojilerin İstihdama Etkisi İle İlgili Literatür Taraması

Teknolojik gelişmenin istihdam üzerindeki etkileri açısından literatürde iki tip görüşün var olduğu görülmektedir. *İyimser görüşe göre* teknolojik ilerleme, Japonya'da olduğu gibi verimliliği ve istihdamı artıracak; çalışma hayatının standartlarını da iyileştirecektir. *Kötümser görüşe göre* ise, teknolojik gelişmeler işsizliğe yol açacaktır. Kötümserlerin temel savı emek yerine gittikçe makinelerin ikame edilmesinin istihdamı azaltacağı yönündedir (Orhan ve Savruk, 2014: 16).

Literatür taramasına Wolter vd. (2015) tarafından yapılan çalışmayla başlanacaktır. Söz konusu çalışmada yazarlar beş farklı senaryo analizinin istihdama olan etkilerini tek tek incelemişlerdir. Beş adımlı senaryonun her biri birbiriyle bağlantılıdır ve çalışmanın sonunda istihdama olan toplam etki ile ilgili de tahminde bulunmaktadır. Senaryo (1), firmaların yeni ekipmanlara yaptıkları yatırımlarla başlamaktadır. Bu senaryoyu, devletin altyapı yatırımları yapmasını içeren Senaryo (2) izlemektedir. Senaryo (3), ilk iki senaryoya bağlı olarak verimlilikteki artışı konu edinmektedir. Senaryo (4) ise, ilk dört senaryonun da etkisiyle ekonomideki iş yapısı nasıl bir değişikliğe uğrayacağını ele almaktadır. Çalışmada bu dört kısmı senaryonun toplam etkisi, temel bir senaryo⁴ ile karşılaştırılmaktadır. Senaryo (5) ise, potansiyel olarak artan mal talebinin istihdama olan etkisini yine temel senaryoyla karşılaştırarak vermektedir. Elde edilen bulgular ilk dört senaryonun toplam etkisi, katma değerdeki artışa rağmen, mevcut durum senaryosundan yaklaşık olarak 100.000 daha az çalışanın istihdam edileceğini göstermektedir. Senaryo (5) de analize dahil edildiğinde, yani talepteki muhtemel artış da dikkate alındığında toplam etki dikkatleri toplam istihdamdan, istihdamın yapısına çekmektedir. Analize göre 2030 yılına kadar imalat sektöründeki iş kayıpları, hizmet sektöründeki istihdamı ivmelendirecektir.

Bogliacino, Piva ve Vivarelli (2012), Avrupa Birliği ülkelerinde faaliyet gösteren 667 şirketten elde ettikleri verilerle; satışların, ücretlerin, AR – GE harcamalarının ve yatırımların istihdam üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre AR – GE harcamaları ile istihdam arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Buna göre bir şirketin mevcut AR – GE harcamasını ikiye katlaması durumunda, istihdamının da %2,3 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Başka bir çalışmada Piva ve Vivarelli (2005) 575 şirket bazında 1992 – 1997 yılları arasını kapsayan verileri kullandıkları çalışmalarında, firmaların yeniliğe yönelik yatırımları ile istihdamları arasında zayıf da olsa pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer bir biçimde Piva ve Vivarelli (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada, 710 Avrupalı şirkete ait 2002 – 2013 dönemi mikroverileri dikkate alınmış; şirketlerin yaptıkları AR – GE harcamaları ile istihdamları arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir.

⁴ Temel senaryo, Endüstri 4.0 açısından herhangi belirgin bir gelişmenin gözlenmediği senaryoyu temsil etmektedir. Böylece Endüstri 4.0'ın nasıl bir etki göstereceği tahmin edilebilmektedir.

Brouwer, Kleinknecht ve Reijnen (1993), imalat sanayiinde faaliyet gösteren 859 firmanın 1983 – 1988 dönemini kapsayan verilerini kullanarak AR – GE harcaması ile istihdam büyümesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre düşük AR – GE yoğunluğuna sahip firmalar için istihdam büyümesi ile AR – GE harcamaları arasında zayıf da olsa negatif bir ilişki varken; firmaların AR – GE yoğunluğu arttıkça bu ilişki güçlü ve pozitif yönde olmaktadır.

Ben, Nicola ve Vogler – Ludwig (2016), Almanya Federal Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı adına yaptıkları çalışmada, Endüstri 4.0 kapsamındaki yatırımların Almanya’da 2030 yılına kadar yaklaşık 580.000 yeni iş yaratacağını; 310.000 işi ise yok edeceğini, bunun da toplam istihdamda 270.000 kişilik bir artışa neden olacağını belirtmektedirler.

Autor ve Salomons (2018), teknolojik gelişmenin istihdamı nasıl etkileyebileceği ile ilgili dört farklı kanalı ele almışlardır. Buna göre teknolojik yeniliğin sektör – içi etkisi, ileri ve geri bağlantı etkileri olmak üzere sektörler arası etkisi ve nihai talep etkisi olmak üzere dört etki mekanizması vardır. Yazarlar çalışmada toplam faktör verimliliğindeki artışı yeniliğin bir göstergesi olarak kabul etmektedirler. Elde edilen bulgulara göre toplam faktör verimliliğindeki artışın istihdam üzerindeki doğrudan negatif etkisi, dolaylı pozitif etkisinden küçüktür. Yani teknolojik ilerleme ile istihdam arasında pozitif bir ilişki söz konusudur.

Klette ve Forre (1995), Norveç imalat sanayisini 1982 – 1992 dönemi için incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, AR – GE harcamaları ile istihdam arasında istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif ilişki olmadığı gibi, AR – GE yoğunluğu yüksek sektörlerde istihdamda azalma olduğu da gözlemlenmiştir.

Bayraktar ve Uysal (2019), Türkiye’de AR – GE harcamalarının ve nüfusun istihdama olan etkisini 1998 – 2017 dönemini dikkate alarak incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre nüfusta meydana gelecek %1’lik bir artış, istihdamı %2,77 oranında ve pozitif yönde etkilemekteyken; AR – GE harcamalarının istihdam düzeyinde anlamlı bir etkisi yoktur. Ancak yazarlar, uyguladıkları nedensellik testi ile birlikte nüfus ve AR – GE harcamalarından istihdama doğru tek yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir. Buna göre nüfus ve AR – GE harcamalarındaki artışın istihdamı artıracığı iddia edilmektedir.

Gerçekler, Özmen ve Mucuk (2019), AR – GE harcamaları ile istihdam arasındaki ilişkiyi G7 ülkeleri açısından ele almaktadır. 1990 – 2016 dönemi verileri kullanılarak yapılan analizden elde edilen bulgulara göre, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya için AR – GE harcamaları ile işsizlik arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Ayrıca Kanada’da AR – GE harcamalarından işsizliğe doğru, ABD’de ise işsizlikten AR – GE harcamalarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur.

Şahinoğlu ve Varıcı (2019), teknolojik gelişme ile istihdam arasındaki ilişkiyi Türkiye açısından ele almışlardır. Yazarlar teknolojik gelişme göstergesi olarak yüksek teknoloji ihracatı değişkenini kullanmışlardır. 1989 – 2017 dönemine ait veriler kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, teknolojik gelişme ile istihdam arasında negatif bir ilişki söz konusudur. Aynı ilişki kadın istihdamı dikkate alındığında da geçerlidir. Buna göre teknolojik ilerleme kadın istihdamını da olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca yazarlar teknolojik ilerleme ile istihdam edilen kişilerin eğitim düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna da ulaşmışlardır. İstihdam edilen kişilerin eğitim düzeyi ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada Aydın (2018), 1981 – 2015 dönemi verilerinden yola çıkarak AR – GE harcamaları ile yükseköğretim mezunu kişilere olan emek talebi arasında pozitif bir ilişki tespit etmektedir.

BÖLÜM IV

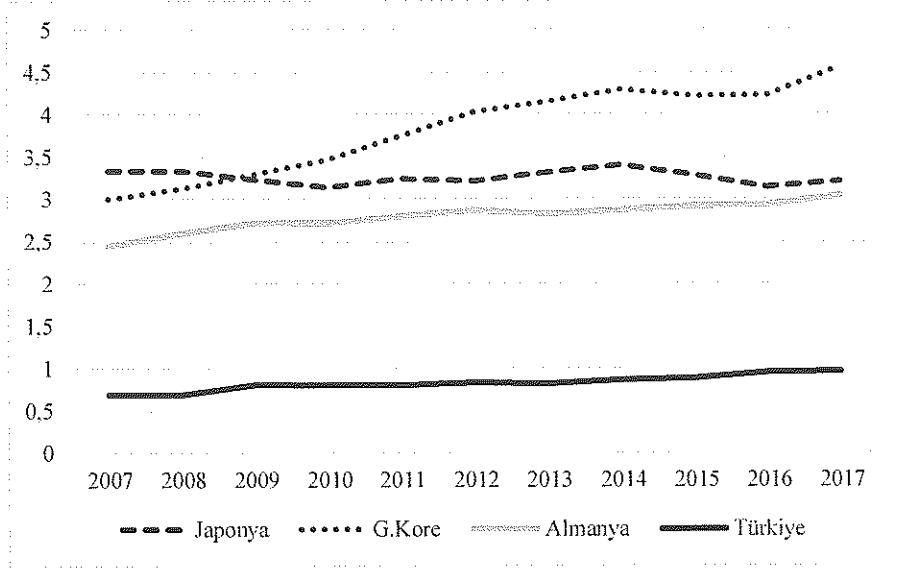
ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİNDE DÜNYANIN VE TÜRKİYE'NİN DURUMU

4.1. Bazı Teknolojik Göstergeler Bazında Dünyanın ve Türkiye'nin Mevcut Durumu

Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinin neresinde olduğunu tespit etmek için bazı temel göstergeler bazında, Endüstri 4.0'da öncü ülkelerle karşılaştırmalı bir analiz yapmakta yarar vardır. WEF (2018b)'nin hazırlamış olduğu rapora göre Endüstri 4.0'da öncü olan ilk üç ülke; Japonya, G. Kore ve Almanya'dır.

Grafik 4.1'de Türkiye'nin 2007- 2017 yılları arası AR-GE harcamalarının GSYH içindeki payı Japonya, Kore ve Almanya ile karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Görüldüğü üzere AR- GE harcamalarının en yüksek olduğu iki ülke Japonya ve G. Kore'dir. G. Kore 2007 yılında GSYH'nın %3,12 oranında harcama yaparak %3,33 oranında harcama yapan Japonya'nın gerisinde kalmışken, 2017 yılına gelindiğinde %4,55 harcama oranıyla Japonya'nın önüne geçmiştir. Bu ülkelerde AR-GE harcamalarının GSYH içindeki payının Türkiye'nin oldukça üstünde olduğu görülmektedir. 2007- 2017 yılları arası AR- GE harcamalarının Türkiye ortalaması %0,82 iken G. Kore'nin ortalaması %3,82'dir. Türkiye'nin AR- GE harcamaları, 2007 yılında %0,69 iken 2017 yılında bu oran %0,96'ya yükselmiştir. Her ne kadar Türkiye'nin AR- GE harcamaları artmış gözükse de bu artış Endüstri 4.0'da öncü ülkeler ile kıyaslandığında yeterli gözükmemektedir. Dünya Bankası'nın 2019 AR-GE yoğunluğu verilerine baktığımızda ilk sırada %4,58 oranla İsrail gözükmemektedir ve Türkiye ise aynı listenin 37. sırasındadır.

Grafik 4.1. AR- GE Harcamalarının GSYH İçindeki Payı (2007- 2017)



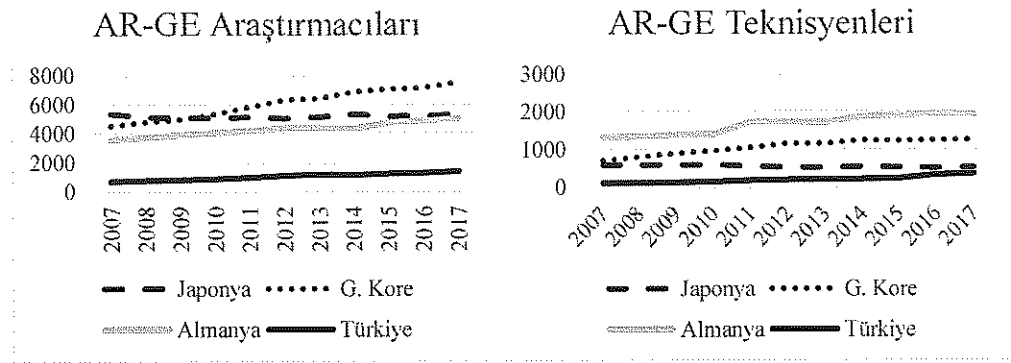
Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

AR- GE harcamalarını inceledikten sonra AR- GE ile ilgili araştırmalar yapan, yazılım geliştiren araştırmacı sayılarına ve bilimsel-teknik görevleri yapan teknisyen sayılarına da bakmak, teknoloji göstergelerinin yorumlanması açısından tamamlayıcı olacaktır. Bu amaçla, Grafik 4.2’de 2007- 2017 yılları arası milyon kişi başına düşen AR- GE insan kaynağı sayılarına yer verilmiştir. AR- GE araştırmacı sayılarına bakıldığında G. Kore’nin analizdeki diğer ülkeler arasında açık ara önde olduğu görülmektedir. 2017 yılı için G. Kore’de milyon kişi başına AR- GE araştırmacı sayısı 7514, Japonya’da 5304, Almanya’da 5036 ve Türkiye’de ise 1385’tir. Tıpkı Grafik 4.1’dekine benzer bir şekilde G. Kore 2007 yılında Japonya’nın gerisinde iken 2010 yılından itibaren AR- GE araştırmacı sayısı bakımından Japonya’nın önüne geçmiştir. Türkiye’de milyon kişi başına düşen AR- GE araştırmacı sayısında 2007- 2017 yılları arasında yaklaşık 2 kat artış gözükmemektedir. 2007 yılında kişi başına düşen AR-GE araştırmacı sayısı 713 iken 2017 yılında bu sayı 1385’e yükselmiştir.

2017 yılında milyon kişi başına düşen AR-GE teknisyen sayıları incelenecek olduğunda ise karşılaştırmaya aldığımız ülkeler içinde lider konumda olan ülkenin 1932 kişi ile Almanya olduğu görülmektedir. Almanya’yı milyon kişi başına düşen 1253 kişi ile G. Kore, 520 kişi ile de Japonya izlemektedir. Fakat 2007- 2017 yılları

arasındaki artış oranına bakıldığında en fazla artışın G. Kore’de olduğu görülmektedir. Japonya’da ise 2007 yılında milyon kişi başına 583 AR- GE teknisyeni çalışırken bu sayı 2017 yılına gelindiğinde 520’ye düşmüştür. Türkiye’de 2007- 2017 yılları arası AR- GE teknisyeni sayısı 3 kat artış göstermiştir. Hem AR- GE araştırmacı sayısı hem de AR-GE teknisyen sayısındaki artış oranları Türkiye için olumlu bir durum da olsa diğer ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye’nin çok daha fazla AR- GE insan kaynağına ihtiyacı olduğu görülmektedir. Türkiye 2017 yılı için Dünya Bankası sıralamasına bakıldığında araştırmacı sayısı bakımından 45. sırada ve teknisyen sayısı bakımından ise 44. sıradadır.

Grafik 4.2.2007- 2017 Yılları Arası AR- GE İnsan Kaynağı (Milyon Kişi Başına)

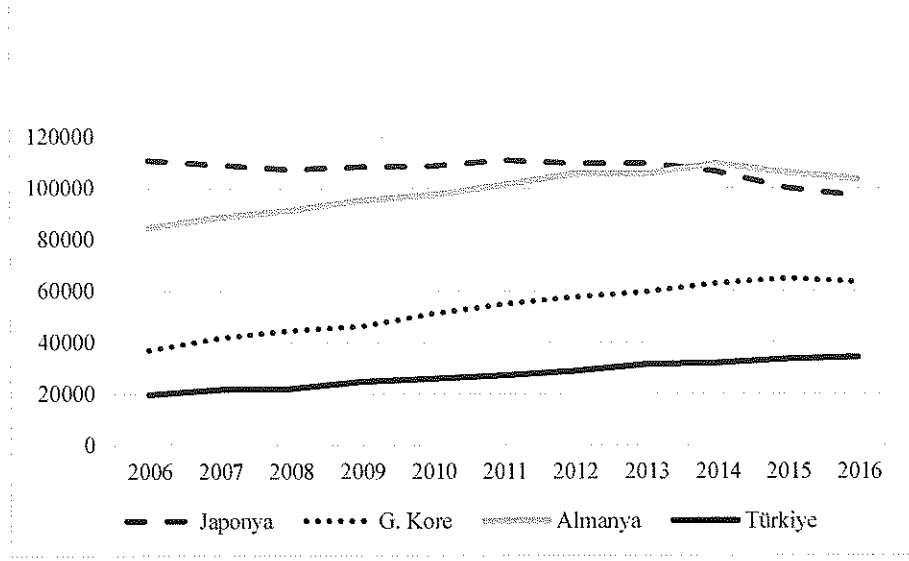


Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Bilimsel alanlarda yeni araştırmalar ile bilimin ilerlemesini sağlayan yayınlar da teknolojik gelişmişliğin bir ölçütüdür. Grafik 4.3, 2006- 2016 yılları arasında yayınlanmış olan bilimsel yayın sayılarını göstermektedir. Karşılaştırmaya alınan ülkeler arasında son yıllarda Almanya’nın bilimsel yayın sayısı bakımından ilk sıraya yükseldiği görülmektedir. 2015 yılı Dünya Bankası bilimsel yayın sayısı verilerine bakıldığında küresel çapta ilk sırada 429139 yayın sayısı ile Amerika Birleşik Devletleri yer alırken, 2016 yılında ise ilk sırada 426165 yayınla Çin bulunmaktadır. Aynı listede 2016 yılı için Almanya 4. sırada, Japonya 6. sırada, G. Kore 9. sırada ve Türkiye ise 16. sıradadır. Türkiye ile karşılaştırdığımız üç ülkenin bilimsel yayın sayısı bakımından ilk onda olduğu görülmektedir. Japonya 2006- 2014 yılları arasında Almanya’nın önünde iken 2014 yılı itibariyle bilimsel yayın sayısı bakımından Almanya’nın gerisine düşmüştür. Japonya seçtiğimiz diğer ülkelerle

karşılaştırıldığında 2006 yılından 2016 yılına kadar olan sürede düşüş yaşamış tek ülkedir. Diğer üç ülke de yayın sayılarını artırmıştır. En fazla artış oranı ise Türkiye'dedir. Türkiye'nin 2006 yılında 19546 yayını varken 2016 yılına gelindiğinde bu sayı 33902'ye ulaşmıştır. Her ne kadar artış oranı diğer ülkelerden fazla olsa da yine bu veriler gösteriyor ki Türkiye bilimsel yayın sayısı bakımından da Endüstri 4.0'da öncü ülkelerin gerisinde kalmaktadır.

Grafik 4.3. 2006- 2016 Yılları Arası Bilimsel Yayın Sayıları

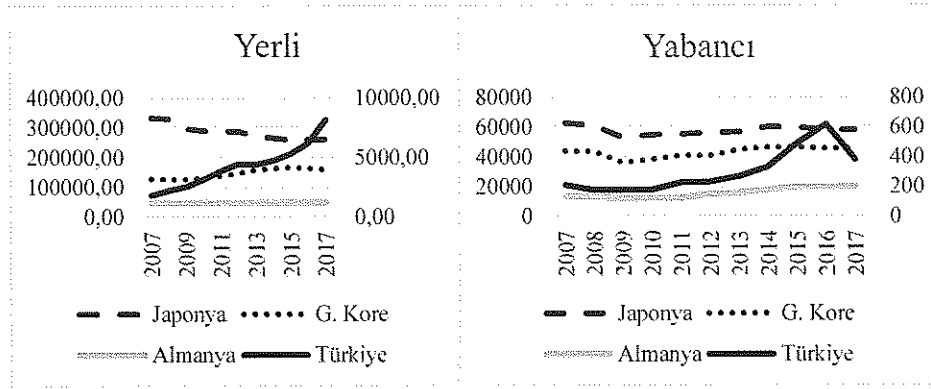


Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecindeki mevcut durumunu değerlendirmek için kullanacağımız son gösterge ise patent başvuru sayılarıdır. Grafik 4.4'de 2007- 2017 yılları arası başvuru sahibinin ilgili bölgenin sakini olduğu yerli patent başvuru sayısı ve başvuru sahibinin ilgili bölge dışından olduğu yabancı patent başvuru sayıları verilmiştir. Yine Dünya Bankası sıralamasına bakacak olursak, yerli patent başvuru sayısı bakımından 2017 yılında ilk sırada olan ülke 1245709 patent başvuru sayısı ile Çin, yabancı patent başvuru sayısı bakımından ise ilk sırada 313052 patent başvuru sayısı ile Amerika Birleşik Devletleri yer almaktadır. Yerli patent başvuru sayısı dünya sıralamasında Çin'i Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, G. Kore ve Almanya takip etmektedir. Yabancı patent başvuru sayısı dünya sıralamasında ise Amerika Birleşik Devletleri'ni Çin, Japonya, G. Kore ve Almanya takip etmektedir. Yine incelediğimiz

diğer üç göstergede olduğu gibi Japonya 2007- 2017 yılları arasında bir düşüş göstermiştir fakat buna rağmen G. Kore'ye, Almanya'ya ve özellikle de Türkiye'ye göre açık ara öndedir. G. Kore, Almanya ve Türkiye'nin yerli patent başvuru sayıları sırasıyla; 159084, 47785 ve 8175'tir. Yine aynı sırayla yabancı patent başvuru sayıları ise; 45691, 19927 ve 380'dir. Görüldüğü üzere Türkiye patent başvuru sayısı bakımından analize aldığımız diğer ülkelerle kıyaslanamayacak kadar kötü durumdadır.

Grafik 4.4. 2007- 2017 Yılları Arası Patent Başvuru Sayıları (Sağ Eksen Türkiye; Sol Eksen Diğer Ülkeler)



Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinde nerede olduğunu tespit etmek adına dört farklı gösterge ile analiz gerçekleştirdik. Endüstri 4.0'da öncü ülkelerle kıyaslandığında Türkiye'nin AR- GE faaliyetlerine mutlaka öncelik vermek zorunda olduğu görülmektedir. Yıllar içerisinde AR- GE harcamalarında artış gözleniyor olsa da yine de diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Türkiye dijital gelecekte başarılı olabilmek için teknoloji ithal eden ülke konumundan teknoloji üreten ülke konumuna gelmelidir. Yeni fikirler ve teknoloji üretebilmek adına da AR- GE için yapılan harcamaların artırılması gerekmektedir. Endüstri 4.0'a uyum sağlayabilmek açısından bu adeta bir zorunluluktur. Bunun için eğitim ve sanayi konusunda daha yenilikçi adımlar atılmalıdır. Eğitim sistemi Endüstri 4.0'ın istediği yeni beceri türlerine uyumlu hale getirilmelidir. İlkokuldan itibaren bilim ve teknoloji ağırlıklı bir eğitim sistemi uygulanmalıdır. Ayrıca üniversite- sanayi iş birlikleri kurulabilir.

Üniversitelerin araştırma merkezlerinde oluşturulan yazılımların üretime dönüştürülebilmesi adına bu iş birliği önemlidir.

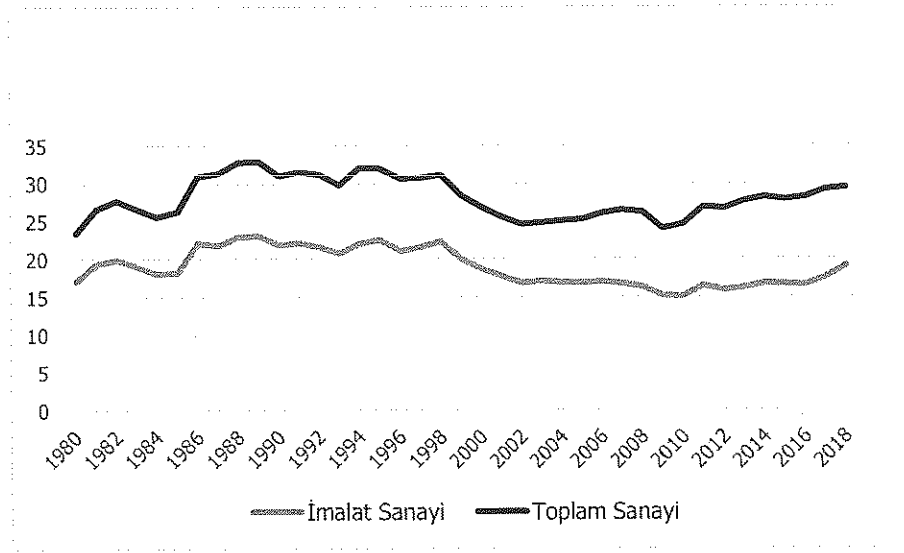
Türkiye düşük işgücü maliyetleri ve coğrafi konumu açısından avantajlı konumda gibi görünse de, Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği işgücü maliyetlerinin düşme etkisi nedeniyle bu artık bir avantaj olmaktan çıkabilir. Bu nedenle Türkiye'nin küresel olarak rekabet avantajı sağlayabilmesi için Endüstri 4.0 sürecine mutlaka uyum sağlaması gerekmektedir.

4.2 Türkiye İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı

4.2.1. Türkiye İmalat Sanayinin Gelişimi

İmalat sanayi ekonomiler için kilit bir sektördür ve sürdürülebilir ekonomik büyüme yaratmada önemli bir rol oynamaktadır. İmalat sanayinin ekonomik büyüme ve gelişme açısından önemi toplam üretim, istihdam ve gelir artışı yaratılışında rol oynamasıdır. Grafik 4.5'de de görüldüğü gibi toplam sanayinin yönünü imalat sanayi belirlemektedir. Ayrıca üreticiler için yeniliğe giden yol, yaşanan hızlı değişimleri takip edebilmek AR- GE faaliyetleri ile başlar. AR- GE yatırımlarının büyük çoğunluğu imalat sanayinde üretilen ürünlerle karşılık bulmaktadır ve AR- GE'nin imalat sanayindeki önemi Endüstri 4.0 ile çok daha fazla artmıştır. Çünkü günümüzde artık üretim sistemi büyük bir değişim eğilimindedir. Birbirine bağlı cihazlarla donatılmış akıllı fabrikalarda esnek üretim sistemi yaygınlaşmıştır ve üretimi müşterilerin istekleri doğrultusunda uyarlamak hayati öneme sahiptir. AR- GE faaliyetlerini sürekli geliştirmek üreticilere hem küresel pazarda daha başarılı olma şansı verecektir hem de rekabet avantajlarını geliştirmek için yeni yollar bulmalarını sağlayacaktır.

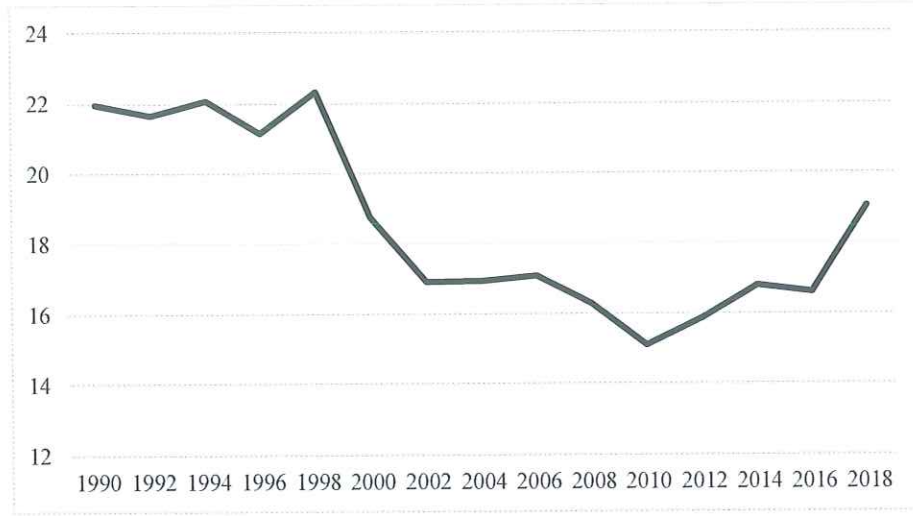
**Grafik 4.5. Sanayi ve İmalat Sanayi Katma Değerlerinin GSYH İçindeki Payları
(1980- 2018)**



Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Grafik 4.6, Türkiye ekonomisinde 1990- 2018 yılları arasında imalat sanayi katma değerinin GSYH içindeki payı göstermektedir. 1990 yılına bakıldığında %21,9 oranında olan imalat sanayi katma değerinin GSYH içindeki payı 1998 yılından 2002 yılına kadar bir gerileme yaşamıştır. 1998 yılında %22,3 olan oran 2002 senesine gelindiğinde %16,9 olmuştur. Bu gerilemeye sebep olarak o yıllarda yaşanan krizler gösterilebilir. 2006 – 2010 yılları arası imalat sanayinin GSYH içindeki katma değer payına bakacak olursak, yine bir düşüş yaşandığı görülmektedir. 2006 yılında %17 olan katma değer payının 2010 yılına kadar düşüş yaşayıp %15,1'e gerilediği görülmektedir. Fakat daha sonra 2018 yılına kadar tekrar artış eğilimi göstermektedir. 2018 yılı GSYH içindeki imalat sanayi katma değer payına bakıldığında bu değer %19'a çıkmış olduğunu görülmektedir. Bu artışın sebebi düşük katma değerli üretimdeki artış mı yoksa yüksek katma değerli üretimdeki artış mı bu ilerleyen kısımlarda ele alınacaktır.

Grafik 4.6. Türkiye İmalat Sanayi Katma Değerinin GSYH İçindeki Payı (%)

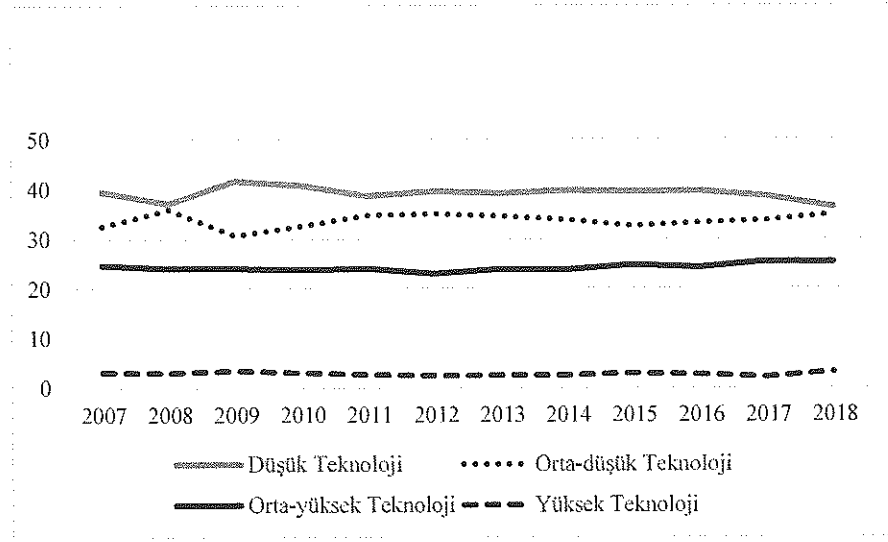


Kaynak: Dünya Bankası WDI Veritabanı kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.2.2. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeyi

Günümüzde yaşanan son sanayi devrimi olan Endüstri 4.0 ile ülkeler ekonomik olarak büyüme şansı yakalamışlardır. Ülkelerin Endüstri 4.0 sürecine katılabilmek için yüksek teknolojiye ürün üretebilen sektörlerde gelişmeye ihtiyaç vardır. Grafik 4.7’de de görüldüğü üzere Türkiye’de daha çok düşük ve orta- düşük teknolojiye üretim üzerine yoğunlaşmıştır. 2007 yılında imalat sanayinde düşük teknolojiye üretimin payı %39 seviyelerindedir ve 2016 yılına bakıldığında bu değerin hala yaklaşık %39 seviyelerinde olduğu görülmektedir. 2007 yılından 2008 yılına geçildiğinde %2 oranında bir düşüş gerçekleşmişse de bir sonraki yıl tekrar artış eğilimi göstermiştir. 2017 ve 2018 yıllarına bakıldığında ise bu uzun yıllar düzenli olarak devam eden seyrin bozulduğu görülmektedir. 2018 yılına gelindiğinde imalat sanayindeki düşük teknolojiye üretimin payı %36 seviyelerine düşmüştür. Bununla birlikte orta- düşük teknolojiye ve yüksek teknolojiye üretimin payı artmıştır. Düşük teknolojiye üretimin payı azalırken yüksek teknolojiye üretimin payının artması devamlılığı olduğu takdirde sanayinin geleceği açısından umut vaat eden bir gelişmedir.

Grafik 4.7. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre Üretim Değeri⁵ (%)

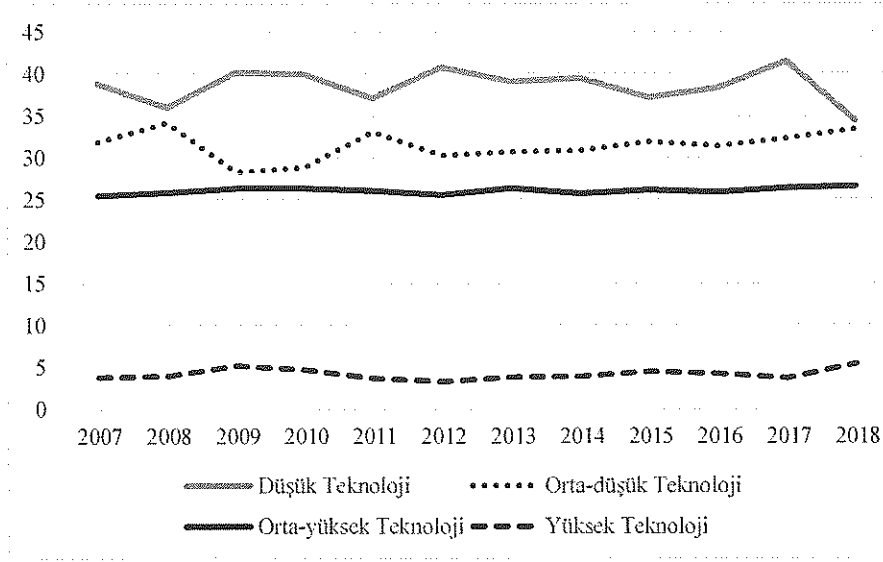


Kaynak: TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

İmalat sanayindeki teknolojik değişimi takip edebilmek için üretim değerine ek olarak katma değer payını da incelemekte yarar vardır. Bu amaçla Grafik 4.8 Türkiye imalat sanayinin teknoloji düzeylerine göre katma değer oranlarını göstermektedir. Buna göre düşük teknoloji grubuna giren üretimin toplam imalat sanayi içindeki payı düzenli bir artış ya da azalış seyri izlememiştir. 2007 yılına baktığımızda yaklaşık %39 seviyelerinde olan katma değer 2018 yılına bakıldığında %34'e kadar düştüğü görülmektedir. 2017 yılında düşük teknoloji katma değer %41 seviyelerindedir ve 2018 yılına baktığımızda gerileme oranı oldukça olumlu gözükmemektedir. Bu gerileme tıpkı üretim değerinde olduğu gibi orta- düşük teknoloji ve yüksek teknoloji katma değerdeki artış sebebiyle olmuştur. Endüstri 4.0'dan fayda sağlayabilmemiz için katma değeri yüksek ürünler üretebilmemiz gerekmektedir. Bu ürünlerin büyük çoğunluğu ise yüksek ve orta- yüksek teknoloji imalat sanayi grubundadır. Bu nedenle her ne kadar düşük teknoloji ile kıyaslandığında bu oran düşük olsa da imalat sanayinin hem yüksek teknoloji üretim değerinde hem de katma değerinde artış görülmesi ülkemiz açısından uzun dönem için oldukça olumlu göstergelerdir.

⁵ Bu sınıflandırmada ve bundan sonra Türkiye açısından verilecek teknoloji sınıflandırmasında NACE REV.2 baz alınmıştır. Söz konusu sınıflandırma ile ilgili ayrıntılı bilgi için Eurostat (2008)'e bakılabilir.

Grafik 4.8. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre Katma Değeri (%)

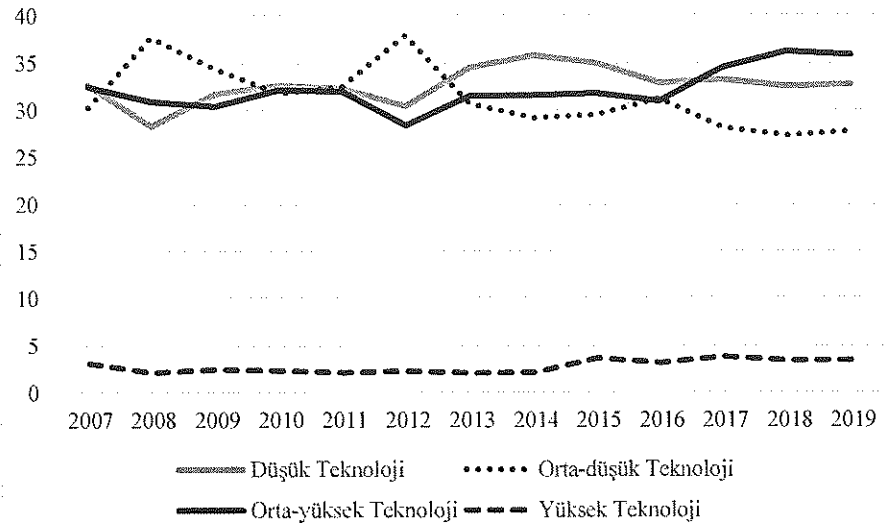


Kaynak: TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

İhracat açısından bakılacak olursa, Grafik 4.9’da Türkiye için durumun çok da iç açıcı olmadığını görülmektedir. 2007 yılında %32,7 olan düşük teknoloji düzeyindeki ihracat miktarı 2019 yılına gelindiğinde hala %32,7 oranındadır. Aynı yılları karşılaştırmaya devam edilecek olursa, yüksek teknoloji düzeyindeki ihracat miktarının ise %3,2’den %3,4’e çokta kayda değer olmayan bir şekilde yükseldiği söylenebilir. Ayrıca 2018 yılı imalat sanayi toplam ihracat miktarına bakıldığında 2019 yılına göre daha yüksek olduğu, 2019 yılındaki bu düşüşün sebebinin ise yüksek teknoloji ve orta- yüksek teknoloji yoğunluğuna sahip payın düşüşünden ötürü olduğunu görülmektedir. Genel olarak orta grup teknoloji düzeylerini incelediğinde ise, zaman içerisinde orta- düşük teknoloji yoğunluğunda bir düşüş ve orta- yüksek teknoloji yoğunluğunda ise bir yükseliş olduğu görülmektedir. 2008 yılında %37,7 oranında olan orta-düşük teknolojili ihracatı miktarı 2019 yılına gelindiğinde %27,7’ye gerilemiştir. Orta- yüksek teknolojili ihracat miktarı ise %30,9’dan %35,8’e yükselmiştir. Bu durum olumlu bir gelişme olarak görülebilir fakat imalat sanayinin yüksek teknolojili ürün ihracatının payı Endüstri 4.0’da öncü olan ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Dünya Bankası verilerine bakıldığında 2018 yılında

Türkiye'nin yüksek teknoloji ihracatı %2- 3 seviyelerinde iken G. Kore için bu oran %36, Çin için %31, İngiltere için %23, Almanya için ise %16'dır.

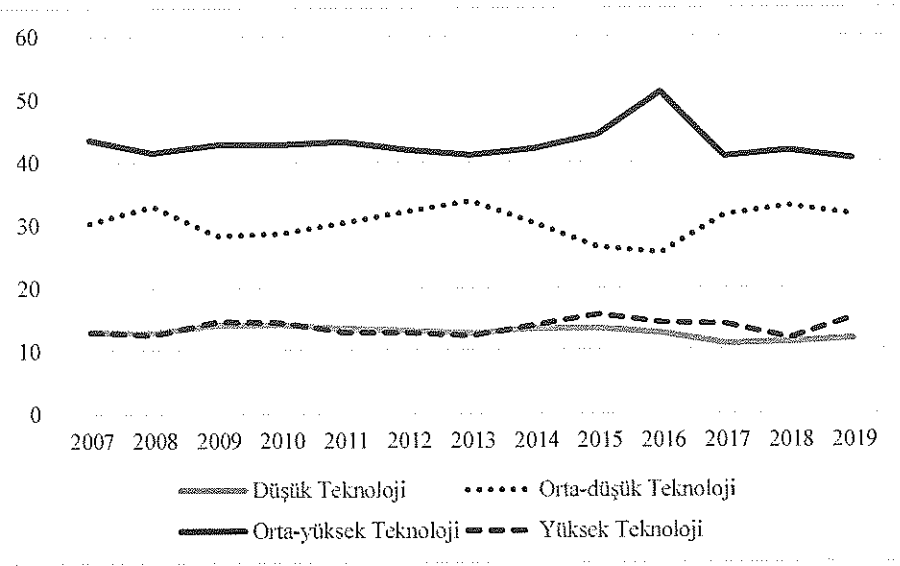
Grafik 4.9. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre İhracat Miktarı (%)



Kaynak: TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Grafik 4.10'de ise Türkiye imalat sanayinin teknoloji düzeylerine göre ithalat miktarı gösterilmektedir. İthal edilen ürünler teknoloji seviyelerine göre incelendiğinde en yüksek payın orta- yüksek teknoloji grubunda olduğu görülmektedir. Ayrıca incelemeye alınan ilk yıl itibarıyla %13 olan yüksek teknoloji ithalat oranının 2019 yılında %15 seviyelerine yükselmiş olması ve 2019 yılı yüksek teknoloji ihracat oranının ise %3 seviyelerinde olması Türkiye'nin orta- yüksek ve yüksek teknolojili ürün grubu ithalatçısı olduğunu göstermektedir. Bu da kronik cari açık bakımından tetikleyici bir unsur olmaktadır. Türkiye'nin mevcut durumun üstesinden gelebilmek için imalat sanayi sektöründe yüksek katma değerli ürün üretip ihraç etmesinden başka çaresi yoktur.

Grafik 4.10 Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Düzeylerine Göre İthalat Miktarı (%)

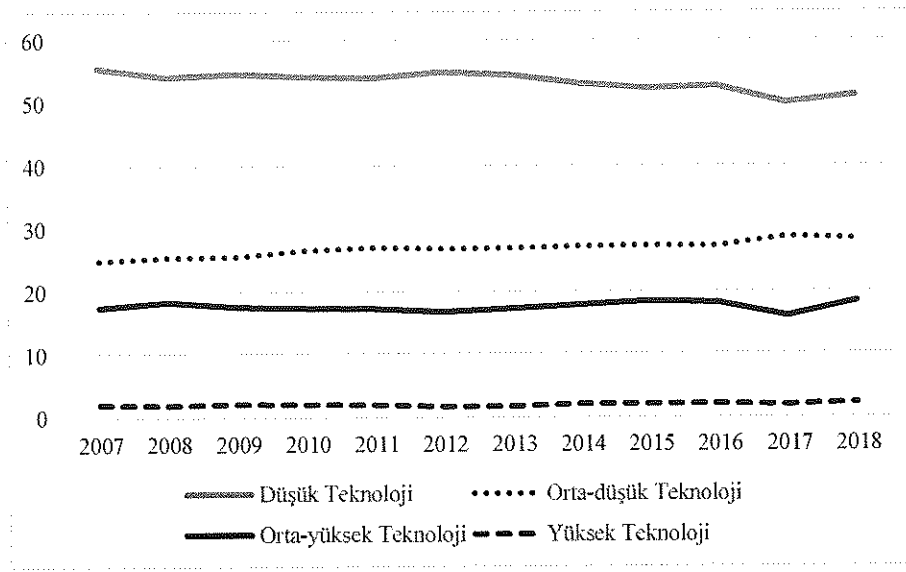


Kaynak: TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye’de imalat sanayinin nasıl bir performans gösterdiğini tespit etmek adına teknoloji düzeylerine göre üretim değeri, katma değeri, ihracat ve ithalat miktarlarını belirli bir yıl aralığı seçilerek ve TÜİK verilerinden yararlanılarak incelendikten sonra, istihdam açısından da durum tespiti yapmakta yarar vardır. Grafik 4.11’de imalat sanayindeki istihdamın teknoloji gruplarındaki dağılım yüzdesi verileri gösterilmektedir. Türkiye’de imalat sanayinde istihdam miktarı açısından hakim olan teknoloji grubunun düşük teknoloji grubu olduğunu görülmektedir. Düşük teknoloji grubunu ise orta- düşük teknoloji grubu izlemektedir. İncelenen yıllar itibariyle 2017 yılı hariç imalat sanayinde düşük teknoloji oranı %51’den aşağı hiç düşmemiştir. 2017’de ise bu oranda aşırı bir fark gözlenmemiştir ve %49- 50 seviyelerindedir. Orta-düşük teknoloji düzeyindeki istihdama bakıldığında, 2007 yılında yaklaşık %25’lik bir orana sahip olan istihdam miktarının 2018 yılına gelindiğinde %28 seviyelerine çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde orta- yüksek teknoloji düzeyindeki verilerde de orta-düşük teknoloji düzeyindeki kadar olmasa da bir artış gözlemlenmektedir. Yüksek teknoloji yoğunluğuna sahip alanlardaki istihdam ise 2007’den beri neredeyse hep aynı oranda seyretmiştir. Genel olarak bakıldığında, artma eğilimindeki iki teknoloji düzeyinin orta- düşük ve orta yüksek teknoloji düzeyleri olduğu, azalma eğilimindeki teknoloji düzeyinin ise düşük teknoloji düzeyi olduğu görülmektedir. Yani düşük

teknoloji düzeyindeki azalma orta grup teknoloji düzeyindeki artıştan dolayıdır. Ancak yüksek teknoloji düzeyinde herhangi bir artış görülmemektedir. Bu durum aslında imalat sanayinin üretim değeri, katma değeri, ihracat ve ithalat miktarlarını incelediğimizde gördüğümüz genel tabloyla da uyumludur.

Grafik 4.11. Türkiye İmalat Sanayi İstihdamının Teknoloji Düzeylerine Göre Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

BÖLÜM V

ENDÜSTRİ 4.0'IN İSTİHDAMA ETKİSİN PANEL VERİ İLE AMPİRANALİZİ

Ampirik analizlerde kullanılan veri türleri temel olarak zaman serisi, yatay kesit ve panel veri⁶ olmak üzere üçlü bir sınıflamaya tabi tutulabilir. Zaman serisi verilerinde bir süre boyunca ya da belirli bir zaman aralığında bir veya daha fazla değişkenin değerleri gözlemlenmektedir. Yatay kesit verilerinde bir veya daha fazla değişkenin değerleri, “aynı andaki” birim için bir araya getirilmektedir. Panel veriler ise zaman serileri ve yatay kesit verilerinin kombinasyonudur (Dymond, 2015: 574). Yani panel veri analizlerinde yatay kesit gözlemleri belirli bir zaman dilimi için bir araya getirilmektedir (Baltagi, 2005: 1).

Panel veri analizleri zaman içerisinde bireyler, firmalar, ülkeler gibi birimlerle ilgili olduğundan, bu birimlerdeki verilerde heterojenlik olması çok yüksek ihtimallidir. Panel veri tahmini teknikleri bu tür heterojenliği, “birime özgü” değişkenlere izin vererek açık bir şekilde dikkate alabilmektedir. Yatay kesit verileri ile zaman serilerinin kombinasyonu olan panel veri analizleri, birçok değişkeni dikkate alabildiği için daha bilgilendirici olabilmekte, değişkenler arasında daha az eşzamanlılık, daha fazla serbestlik derecesi ve daha fazla verim sağlayabilmektedir. Ayrıca birimlerin dinamik tepkilerinin ölçülmesinde zaman serilerine ve yatay kesit analizlerine göre panel veri analizi daha avantajlıdır (Gujarati, 2004: 637 – 638).

Panel veriyle gerçekleştirilen regresyon analizinde kullanılan doğrusal model temel şekliyle aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Somuncu, 2019: 64).

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}x_{it} + \varepsilon_{it}$$

Yukarıdaki eşitlikte i indisi n adet yatay kesit birimini, t indisi zaman dilimini, y_{it} t zaman diliminde bağımlı değişkenin i 'inci biriminin değerini, x_{it} t zaman diliminde bağımsız değişkenin i 'inci birim değerini, ε_{it} sıfır ortalama ve sabit varyanslı hata terimini, β ise eğim katsayısını göstermektedir. (Somuncu, 2019: 64). Veri setindeki

⁶ Panel veriler literatürde mikro panel veri, karma veri ya da havuzlanmış (pooled) veri gibi isimlerle de anılmaktadır. Her ne kadar bu yöntemler arasında küçük farklılıklar olsa da panel veri bütün bunları kapsayacak biçimde kullanılmaktadır (Tari, 2011:475). Panel veri, mikro panel veri, havuzlanmış veri gibi terimlerin kapsamı ve farklılıkları ile ilgili ayrıntılı bilgi için Gujarati (2004)'e bakılabilir.

her bir kesit için eşit uzunlukta zaman serileri söz konusuysa, bu şekildeki panel verilere dengeli (balanced) panel veriler; farklı uzunluklardaki zaman serilerinden meydana gelmişse dengesiz (unbalanced) panel veriler denmektedir (Özer ve Çiftçi, 2009: 41). Bu çalışmada eşit uzunlukta zaman serileri (2007 – 2017 yılları arası) kullanılmıştır. Yani bu çalışmada dengeli panel veri analizi kullanılmıştır. Analizde Belçika, Bulgaristan, Çin, Almanya, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Rusya, İsveç, Türkiye, ABD ve Güney Kore olmak üzere toplam 18 ülke verileri dikkate alınmıştır. Söz konusu ülkeler AR – GE harcamalarının GSYH'ye oranı bakımından nispeten yüksek ülkeler olduğu için tercih edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenler ise aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

Tablo 5.1. Modelde Kullanılan Değişkenler

Değişken Adı	Değişkenin Gösterimi	Değişken Türü
Toplam İstihdam (kişi/yıl)	Y*	Bağımlı değişken
Yüksek ve Orta – Yüksek Teknolojili Üretim (ABD Doları/yıl)	X1*	Bağımsız değişken
Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu (ABD Doları/yıl)	X2*	Bağımsız değişken
Patent Başvuruları (Yerleşik) (sayı/yıl)	X3*	Bağımsız değişken
Patent Başvuruları (Yerleşik Olmayan) (sayı/yıl)	X4*	Bağımsız değişken
Özel Sektör Tarafından Gerçekleştirilen AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl)	X5*	Bağımsız değişken
Kamu Tarafından Gerçekleştirilen AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl)	X6*	Bağımsız değişken
Yükseköğretim Kurumları Tarafından Gerçekleştirilen AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl)	X7*	Bağımsız değişken
Kar Amacı Gütmeyen Kuruluşlar Tarafından Gerçekleştirilen AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl)	X8*	Bağımsız değişken
Yurtdışı Yerleşikler Tarafından Gerçekleştirilen AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl)	X9*	Bağımsız değişken

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır. (Y, X1, X2, X3, X4 verileri Dünya Bankası WDI veritabanından; kalan değişkenler ise Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat) veritabanından elde edilmiştir.)

Panel veri analizine kullanılan değişkenler kişi sayısı, başvuru sayısı ve ABD Doları gibi birim bazında farklılık içerdiğinden modele *doğal logaritmaları* alınarak eklenmiştir. Bu nedenle doğal logaritmik dönüşümle birlikte değişkenler aşağıdaki şekliyle modele eklenmiştir.

Tablo 5.2. Değişkenlerin Doğal Logaritmik Dönüşümü

Değişkenin Doğal Logaritmik Dönüşümü	Doğal Logaritmik Dönüşümle Birlikte Değişkenin STATA’da Kullanılan Adı
$\ln(Y^*)=Y$	Y
$\ln(X1^*)=X1$	X1
$\ln(X2^*)=X2$	X2
$\ln(X3^*)=X3$	X3
$\ln(X4^*)=X4$	X4
$\ln(X5^*)=X5$	X5
$\ln(X6^*)=X6$	X6
$\ln(X7^*)=X7$	X7
$\ln(X8^*)=X8$	X8
$\ln(X9^*)=X9$	X9

Analize öncelikle panel veri analizinde sabit etkilerin mi rassal etkilerin mi geçerli olduğunu araştırmakla başlanmıştır. Bu amaçla modele Hausman testi uygulanmış ve aşağıdaki sonuç elde edilmiştir.

Tablo 5.3. Hausman Test Sonucu

Hausman İstatistiği (chi2(9))	24.96
Prob>chi Değeri	0.0030

H_0 : Modelde rassal etkiler mevcuttur.

H_1 : Modelde rassal etkiler mevcut değildir.

Ki – kare test istatistiği 24.96 [0.003] olduğundan dolayı modelde sabit etkiler geçerlidir. Yani H_0 hipotezi reddedilir. Bu aşamadan sonra modelin varsayımları incelenmiştir. İlk olarak eşit varyans varsayımının sağlanıp sağlanmadığı Levene, Brown ve Forsythe’nin Testi kullanılarak sınanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 5.4. Heteroskedasitenin Sınanması (Levene, Brown ve Forsythe’nin Testi)

	Test İstatistiği (df(17,179))	Prob>F Değerleri
<i>W0</i>	= 4.7763	0.00000002
<i>W50</i>	= 3.2136	0.00004845
<i>W10</i>	= 4.4350	0.00000013

H_0 : Modeldeki birimlerin varyansları eşittir.

H_1 : Modeldeki birimlerin varyansları eşit değildir.

Buna göre $W0 = 4.7763[0.00000002]$, $W50 = 3.2136[0.00004845]$ ve $W10 = 4.4350[0.00000013]$ olduğundan, modelde farklı varyans olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani H_0 hipotezi reddedilir. Farklı varyans araştırmasından sonra modelde otokorelasyon sorunu olup olmadığına da bakılmalıdır. Bu aşamada modeldeki otokorelasyon araştırılmış ve aşağıdaki sonuç elde edilmiştir.

Tablo 5.5. Otokorelasyonun Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın Durbin-Watson ve Baltagi-Wu’nun Yerel En İyi Değişmez Testleri İle Sınanması

Durbin – Watson	= 0.57296872
Baltagi – Wu LBI	= 0.85805525

H_0 : Modelde birinci mertebeden otokorelasyon yoktur.

H_1 : Modelde birinci mertebeden otokorelasyon vardır.

Durbin-Watson ve Baltagi-Wu “yerel en iyi değişmez” testlerinin istatistikleri kritik değer olan 2’den küçük olduğu için otokorelasyon olduğu yorumu yapılmaktadır. Yani H_0 hipotezi reddedilir. Modelde hem farklı varyans hem de otokorelasyon olduğundan, varsayımların sağlanamadığı durumlarda sağlam sonuçlar veren robust panel regresyon kullanılmıştır. Bu aşamada robust panel regresyon sabit etkiler geçerliliği dikkate alınarak kurulmuş ve aşağıdaki nihai sonuç elde edilmiştir.

Tablo 5.6.. Robust Tahmin Sonuçları*

İstihdam (Kişi)	Katsayı	Robust Standart Hata	<i>t</i>	<i>P</i> > <i>t</i>
Yüksek ve Orta – Yüksek Teknolojili Üretim (ABD Doları/yıl) (X1*)	−0.724505	0.0217629	−3.33	0.004
Gayrisafı Sabit Sermaye Oluşumu (ABD Doları/yıl) (X2*)	0.1420749	0.0321791	4.42	0.000
Yerleşik Kişilerin Patent Başvuruları (sayı/yıl) (X3*)	−0.0032899	0.0337776	−0.10	0.924
Yerleşik Olmayan Kişilerin Patent Başvuruları (sayı/yıl) (X4*)	0.0206066	0.0179791	1.15	0.268
Özel Sektör AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl) (X5*)	0.0573176	0.0124889	4.59	0.000
Kamu AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl) (X6*)	−0.0569019	0.026688	−2.13	0.048
Yükseköğretim Kurumları AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl) (X7*)	0.0047616	0.0014034	3.39	0.003
Kar Amacı Gütmeyen Kurumlar AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl) (X8*)	−0.0277144	0.0075797	−3.66	0.002
Yurt Dışındaki Yerleşiklerin AR – GE Harcamaları (ABD Doları/yıl) (X9*)	0.000599	0.0089928	0.07	0.948
Ssabıt	15.27695	0.7362997	20.75	0.000
R ²	within=0.5033 between= 0.4247 overall= 0.4151			
sigma_u= 1.4727044 sigma_e= 0.02571105 rho= 0.9996953				

*%95 güven aralığında

Yukarıdaki sonuçlara göre, kullanılan değişkenlerden X3, X4 ve X9'un istatistiksel olarak anlamsız sonuç verdiği görülmektedir. Buna göre istihdam edilen kişi sayısı üzerinde yerleşik ve yerleşik olmayan patent başvuruları ile yurt dışı yerleşikler tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamalarının bir etkisi yoktur. Modelde kullanılan diğer bağımsız değişkenlerin tamamı %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermiştir. Anlamlı sonuçlarla birlikte regresyon aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

Buna göre yüksek ve orta – yüksek teknolojlili üretim (X1*) %10 arttığında, istihdam edilen kişi sayısının %0,725 azaldığı söylenebilir. Aynı şekilde kamu tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları (X6*) %10 arttığında, istihdam edilen kişi sayısı %0,057 azalmaktadır. Yine kar amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları %10 arttığında, istihdam edilen kişi sayısı %0,028 azalmaktadır. Buraya kadar yorumlanan değişkenler negatif etkiye sahip olanlardır. Bunun yanında istihdam edilen kişi sayısı ile pozitif ilişkili olan değişkenler de mevcuttur. Buna göre gayri safi sabit sermaye oluşumu (X2*)(yani yatırımlar) %10 arttığında, istihdam edilen kişi sayısı %1,42 artmaktadır. Benzer biçimde özel sektör tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları (X5*) %10 arttığında istihdam edilen kişi sayısı %0,57 artmaktadır. Son olarak yükseköğretim kurumları tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamalarındaki %10'luk artışın istihdam edilen kişi sayısını %0,05 oranında artırdığı söylenebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bağımlı değişken olarak kullanılan değişkenin “kişi sayısı” bazında olmasıdır. İstihdam edilen kişi sayısında gerçekleşen azalmalar, toplam aktif işgücünün normal bir oranda artması durumunda dahi, işsizlik oranına daha yüksek yansıtacaktır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Üretim sürecinde kullanılan makine/ekipmanların ve bunların teknik özelliklerinde meydana gelen değişmelerin, üretim sürecinin ana aktörlerinden olan işgücüne olan etkileri, kapitalist üretim tarzının başlangıcı olarak kabul edilen birinci sanayi devrimine kadar uzanmaktadır. Birinci sanayi devrimiyle birlikte gelen makineleşme, küçük atölyelerde gerçekleşen üretimin daha yüksek kapasiteli fabrikalarda yapılmasına olanak tanımıştır. Böylece üretim daha kitlesel bir nitelik kazanmış, artan üretim kapasitesi işgücüne olan ihtiyacı da artırmıştır.

İkinci sanayi devriminin ana sembolü olan Henry Ford'un montaj tipi seri üretim sistemi, iş bölümü ile birlikte vasıfsız işgücüne olan talebi artırsa da, elektriğin icadı ile birlikte üretim sürecindeki otomatikleşmenin hızla artması, nitelikli işgücüne olan talebi de artırmıştır. Bunun sonucunda zamanla mavi yakalı üretim işçilerine olan ihtiyaçla birlikte, yönetsel ihtiyaçların artmasından dolayı beyaz yakalılara olan ihtiyaç da artmıştır. Bu durum ikinci sanayi devrimi ile birlikte istihdam yapısındaki değişimin belirgin biçimde değiştiğini de göstermektedir.

Bilgisayarların iş hayatına girmesi, üçüncü sanayi devriminin ortaya çıkmasında itici bir güç olmuş ve buna bağlı olarak eğitilmiş işgücüne olan talep artmıştır. Bilgisayarların üretilmesi, yazılımı, bakımı gibi konularda yeni istihdam olanakları ortaya çıksa da otomatikleşmenin getirdiği istihdamı baskılayıcı etkinin bahsi geçen yeni istihdam olanaklarından daha büyük bir etkiye sahip olduğu, ancak verimlilik artışı da hesaba katıldığında istihdama olan etkinin çok tartışmalı bir konu olduğu görülmektedir.

Kendi kendini koordine edebilen dijital ağı bağlı sistemler olarak nitelendirilen ve literatüre Endüstri 4.0 olarak geçen dördüncü sanayi devrimine istihdam açısından bakılacak olursa, ana vurgunun üretim sürecinde işgücü yerine teknolojinin yoğun olarak kullanılması olduğu görülmektedir. Ancak Endüstri 4.0 yalnızca bazı işlerin yok olacağı anlamına gelmemektedir. Tıpkı önceki üç sanayi devriminde olduğu gibi Endüstri 4.0 yeni işlerin doğmasına da neden olacaktır. Ayrıca yine Endüstri 4.0 ile birlikte yaşanacak verimlilik artışı, istihdamı da olumlu yönde etkileyebilecektir. Bu nokta literatürdeki tartışmaların ana konusunu oluşturmaktadır. Öyle ki literatür incelendiğinde bulguların genelde iki noktada kutuplaştığı görülmektedir. Kötümser

görüŖe göre Endüstri 4.0 ile birlikte teknoloji işgücünün yerini alacak, bu da toplam istihdamı baskılayacaktır. İyimser görüşe göre ise, yeni iş imkanları ve verimlilikteki artışla birlikte Endüstri 4.0 toplam istihdama olumlu etki edecektir.

Bu çalışmada, literatürdeki bu tartışmalara binaen Belçika, Bulgaristan, Çin, Almanya, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Rusya, İsveç, Türkiye, ABD ve Güney Kore olmak üzere toplam 18 ülke verileri 2007 – 2017 periyodu dikkate alınarak Endüstri 4.0 – istihdam ilişkisi açısından incelenmiştir. Panel veri kullanılarak gerçekleştirilen analizde toplam istihdam bağımlı değişken olarak alınırken; yüksek ve orta – yüksek teknoloji üretilim, yerleşik ve yerleşik olmayanlar tarafından yapılan patent başvuruları ile özel sektör, kamu, yükseköğretim kuruluşları, kar amacı gütmeyen kuruluşlar ve yerleşik olmayanlar tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Elde edilen istatistiksel olarak anlamlı bulgulara göre yüksek ve orta – yüksek teknoloji üretilim ile toplam istihdam arasında negatif yönlü bir ilişki söz konusudur. Bu sonuç üretilim sürecinde otomasyonun artması ile tutarlıdır. Ancak bu aşamada AR – GE harcamalarının toplam istihdama etkisinin finansman yapısına göre farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Öyle ki kamu ve kar amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları istihdama negatif etki etmektedir. Yüksek ve orta – yüksek teknoloji üretilimin de istihdamla negatif ilişkisi göz önüne alındığında, neo – liberal görüşün aksine, kamu sektörünün yaptığı AR – GE harcamalarının Endüstri 4.0 açısından verimli sonuç verdiği söylenebilir. Zira modelden elde edilen verilere göre, özel sektör ve yükseköğretim kurumları tarafından gerçekleştirilen AR – GE harcamaları istihdama olumlu etki etmektedir. Yani yüksek teknoloji üretilim arttıkça azalan istihdam, özel sektörün yaptığı AR – GE harcamaları ile artmaktadır. Öte yandan gayri safi sabit sermaye (yatırımlar) ile istihdam arasında pozitif ilişki tespit edildiğini de belirtmekte yarar vardır.

Çalışmadan elde edilen bulgular hem Endüstri 4.0'ın istihdama etkisi hem de AR – GE harcamalarının finansman tipine göre etkinliği açısından oldukça önemlidir. Öyle ki Endüstri 4.0'ın istihdama olan etkisi açısından kötümser görüşü destekleyen bulgularla birlikte, verimlilik açısından da özel sektörün değil, kamu sektörünün AR – GE harcaması yapmasının daha yararlı olacağını destekleyen bulgular elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Acatech. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Securing the Future of German Manufacturing Industry, Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion. <https://www.acatech.de/Publikation/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/> Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2019.

Acemoglu, D. ve Robinson, J. A. (2012). Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty. New York: Crown Publishers.

Adams, P. V., Langer, E. D., Hwa, L., Stearns, P. N. ve Wiesner-Hanks, M. E. (2000). Experiencing World History. New York and London: New York University Press.

AIFNZ. (2018). The Potential Economic Impacts of AI Literature Review. AI Forum of New Zealand.

Akbulut, U. (2011). Sanayi Devrimleri Dünyanın Gidişini Değiştirdi. <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/SANAY%C4%B0DEVIR%C4%B0M%C4%B0-D%C3%9CNYANIN-G%C4%B0D%C4%B0-C5%9E%C4%B0N%C4%B0-DE%C4%9E%C4%B0-C5%9ET%C4%B0RD%C4%B0-HAZ%C4%B0RAN-2011.pdf> Erişim Tarihi: 5 Aralık 2018.

Alaba, S. (2019). How will AI and Data Technology Transform the Insurance Industry? <https://bigdata-madesimple.com/how-will-ai-and-data-technology-transform-the-insurance-industry/> Erişim Tarihi: 29 Ekim 2019.

Ali, B. (2016). Internet of Things based Smart Homes. Luleå Teknoloji Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri, Elektrik ve Uzay Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi.

Allen, R. C. (2009). Engels' pause: Technical change, capital accumulation, and inequality in the british industrial revolution. Explorations in Economic History, 46(4), ss: 418-420

Amin, S. M. (2018). Smart Grid. <https://www.britannica.com/technology/smart-grid>
Erişim Tarihi: 21 Ocak 2019.

Anthony, S. (2013). The World Wide Web is 20 years old today. <https://www.extremetech.com/computing/154572-the-world-wide-web-is-20-years-old-today> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Arun. (2018). 10 Major Effects of the Industrial Revolution, <https://learnodo-newtonic.com/industrial-revolution-effects> Erişim Tarihi: 9 Kasım 2018.

Augment. (2015). Virtual Reality vs. Augmented Reality. <https://www.augment.com/blog/virtual-reality-vs-augmented-reality/> Erişim Tarihi: 3 Nisan 2019.

Autor, D. and Solomons, A. (2018). Is Automation Labor-displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share, Nber Working Paper Series, Working Paper 24871.

Autor, D. H., Levy, F. ve Murnane, R. J. (2003). The Skill Content Of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *Quarterly Journal Of Economics*, 118(4). s. 1284.

Aydın, E. (2018). Türkiye’de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(31), ss.461 – 471.

Ayehu. (2018). 5 Tangible Benefits Intelligent Process Automation Brings to the Table. <https://ayehu.com/5-tangible-benefits-intelligent-process-automation-brings-to-the-table/> Erişim Tarihi: 4 Kasım 2019.

Baltagi, B., H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd edition), Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Barroso, J. M. (2007). Europe’s Energy Policy and the Third Industrial Revolution. https://carloscoelho.eu/ed/files/SPEECH-07-580_EN-%20discurso%20barroso.pdf
Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.

Bayraktar, M., ve Uysal, Ö. (2019). Türkiye’de Ar-Ge Yatırımlarının ve Nüfusun İstihdam Üzerindeki Etkisi, Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Ek Sayı (Aralık 2019), ss.23 – 41.

Beal, V. (2010). The Five Generations of Computers. https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Hardware_Software/FiveGenerations.asp Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Becker, D., King, T. D., McMullen, B., Lalis, L. D., Bloom, D., Obaidi, A. ve Fickett, D. (2013). Big Data Quality Case Study Preliminary Findings. MITRE Technical Report. <https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/13-2568.pdf> Erişim Tarihi: 22 Ocak 2019.

Bekar, P. A. (2013). Türk İş Hukukunda Esneklik. Doğu Akdeniz Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. <http://i-rep.emu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11129/3343/1/BekarPinar.pdf> Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019.

Bellis, M. (2018). The History of the Airplains and Flight. <https://www.thoughtco.com/airplanes-flight-history-1991789> Erişim Tarihi: 12 Aralık 2018.

Ben, K., Nicola D. und Vogler – Ludwig, K. (2016). Arbeitsmarkt 2030 - Wirtschaft und Arbeitsmarkt im Digitalen Zeitalter: Prognose 2016, https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/52096/ssoar-2016-kriechel_et_al-Arbeitsmarkt_2030_-_Wirtschaft_und.pdf?sequence=1 Erişim Tarihi: 14 Ekim 2019.

Bendel, O. (2016). 300 Keywords Informationsethik Grundwissen aus Computer-, Netz- und Neue-Medien-Ethik sowie Maschinenethik. Springer Gabler.

Benjamin, M. (1903). Alexander Graham Bell. Scientific American, 88(18), ss. 334.

Bernardini, L. D. (2015). Industry 4.0 or Industrial Internet of Things – What’s Your Preference? <https://www.automationworld.com/industry-40-or-industrial-internet-things-whats-your-preference> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

BMBF. (2010). Ideas. Inovation. Prosperity. Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The High-Tech Strategy for Germany.

Bogliacino, F., Piva, M. and Vivarelli, M. (2012). R&D And Employment: An Application of The LSDVC Estimator Using European Microdata, *Economics Letters*, 160, pp.56 – 59.

Bokhari, M. U., Shallal Q. M. ve Tamandani, Y. K. (2016). Cloud computing service models: A comparative study. 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), ss. 890-895.

Brooks, B. R. (2018). The Industrial Revolution in America. <https://historyofmassachusetts.org/industrial-revolution-america/> Erişim Tarihi: 19 Aralık 2018.

Brouwer, E., Kleinknecht A. And Reijnen, O. N. J (1993). Employment Growth And Innovation At The Firm Level, *Journal of Evolutionary Economics*, 3: 153 – 159.

Brown, C. S. (2016). When Everything Changed: the Industrial Revolution, <https://newsela.com/read/BHP-U9-2-industrial-revolution/id/3930/> Erişim Tarihi: 7 Kasım 2018.

Brynjolfsson, E. ve McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age* (L. Göktem, Çev.) İstanbul: Türk Hava Yolları Yayınları.

Bude, C. ve Bergstrand, A. K. (2015). Internet of Things: Exploring and Securing a Future Concept. KTH Royal Teknoloji Enstitüsü Bilgi Ve İletişim Teknolojisi. Lisans Tezi.

Bughin, J., Hazan, E., Ramaswamy, S., Chui, M., Allas, T., Dahlstrom, P., Henke, N., ve Trench, M. (2017). Artificial Intelligence – The Next Digital Frontier? McKinsey Global Institute.

Bughin, J., Seong, J., Mayika, M., Chui, M., Joshi, R. (2018). Notes From The Ai Frontier: Modeling The Impact Of Ai On The World Economy. McKinsey Global Institute.

Castilla, A. (2013). La maquina de vapor: James Watt y Richard Trevithick (yII), <https://economyayfuturo.es/la-maquina-de-vapor-james-watt-y-richard-trevithick-y-ii-3/> Erişim Tarihi: 7 Kasım 2018.

- Chandler, A. D. (1977). *The Visible Hand*. Massachusetts and London, England : The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge.
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers, *Engineering*, 3(5), ss. 588-595.
- Chung, D. (2005). Industrial Child Labor in Britain, <https://www.zum.de/whkmla/sp/dabin/Industrial%20Child%20Labour%20in%20Britain.htm> Erişim Tarihi: 11 Kasım 2018.
- Cilliers, E. J. (2017). The challenge of teaching generation Z. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*. 3(1). ss. 188-198.
- Clark, G. (2007). *A farewell to alms : A Brief Economic History of the World*. New Jersey: Princeton University Press.
- Collins, K. (2014). EU funds 3D-printed 'smoothfood' for care homes. <https://www.wired.co.uk/article/eu-3d-printed-food> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.
- Columbus, L. (2019). Why AI Is The Future of Financial Services. <https://www.forbes.com/sites/louisacolumbus/2019/08/15/why-ai-is-the-future-of-financial-services/#65a6d5023847> Erişim Tarihi: 27 Ekim 2019.
- Conrad, J. (1995). "Drive That Branch ": Samuel Slater, the Power Loom, and the Writing of America's Textile History. *Technology and Culture*, 36(1), ss. 1-28
- Cooney, M. (2008). NSFnet celebrates 20 years of Internet obscurity, inspiration. <https://www.networkworld.com/article/2344976/nsfnet-celebrates-20-years-of-internet-obscurity--inspiration.html> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.
- Crevier, D. (1993). *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*. New York: Basic Books.
- Crowe, S. (2018). ROS for Windows 10: Microsoft gets back into robotics. <https://www.therobotreport.com/ros-for-windows-microsoft-robotics/> Erişim Tarihi: 13 Eylül 2019.
- Crowe, S. (2019). 10 Robotics Companies to Watch in 2019. <https://www.therobotreport.com/robotics-companies-to-watch-in-2019/> Erişim Tarihi: 13 Eylül 2019.

Curran, C. (2016). How will People Create Content for Augmented Reality? <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/how-will-people-create-content-for-augmented-reality/> Erişim Tarihi: 3 Nisan 2019.

Cuzzocrea, A., Song, I. ve Davis, K. C. (2011). Analytics over large-scale multidimensional data: The big data revolution!. 14th International Workshop on Data. ss. 101-104.

Çakır, M. (2018). CES Nedir? Bilmeniz Gerekenler! <https://www.technicablog.net/teknoloji/ces-nedir-bilmeniz-gerekenler.html> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Dachs, B. (2018). The impact of new technologies on the labour market and the social economy. Science and Technology Options Assessment, European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA).

Dailymail. (2016). Is this the future of fine dining? Restaurant where all the food and even the table is 3D printed- but it will cost you £250 a head. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3685998/Is-future-fine-dining-Restaurant-food-table-3D-printed-cost-250-head.html> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Dave, P. (2013). Big Data - What is Big Data – 3Vs of Big Data – Volume, Velocity and Variety – Day 2 of 21. <https://blog.sqlauthority.com/2013/10/02/big-data-what-is-big-data-3-vs-of-big-data-volume-velocity-and-variety-day-2-of-21/> Erişim Tarihi: 22 Ocak 2019.

De Pace, F., Manuri, F., Sanna, A. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. Am J Compt Sci Inform Technol, 6(1), s. 17.

Degryse, C. (2016). Here Are The New Social Risks Of The Fourth Industrial Revolution. <https://www.socialeurope.eu/here-are-the-new-social-risks-of-the-fourth-industrial-revolution> Erişim Tarihi: 19 Kasım 2019.

Demirkol, B. (2018). Endüstri 3.0. <https://rpa4turkey.blog/2018/07/05/endustri-3-0/> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.

Dennis, M. A. (2019). Sir Tim Berners-Lee. <https://www.britannica.com/biography/Tim-Berners-Lee#accordion-article-history> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Diri, B. (2014), Makine Öğrenmesine Giriş (Machine Learning – ML), Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Ders Notu, http://www.siskon.com.tr/dosya/PDF/Makale/Makina_Ogrenmesi.pdf Erişim Tarihi: 16 Şubat 2019.

Dittrich, C. ve Thelen, K. (2016). Food- Printer- Essen wie gedruckt. UGBforum, 5, 256-257. <https://www.ugb.de/lebensmittel-im-test/food-printer/> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Dorfman, P. (2018). 3 Advances Changing the Future of Artificial Intelligence in Manufacturing. https://www.autodesk.com/redshift/future-of-artificial-intelligence/?utm_source=Marketo&utm_medium=Email&utm_campaign=Redshift%20newsletter%20Weekly-2018-01-11T11:00:00.000-08:00&mkt_tok=eyJpIjoiTIRVMU1XRTRNRGMwTVdObSIsInQiOiJSK0lBMUxRallXdjhlRDFzWXVRdGR2 Erişim Tarihi: 12 Eylül 2019.

Dragu, A. (2018). How Architects Are Using 3D Printing Today. <https://3duniverse.org/2018/10/12/how-architects-are-using-3d-printing-today/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Drascic, D. ve Milgram, P. (1996). Perceptual Issues in Augmented Reality. SPIE Vol. 2653: Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III, San Jose, California, ss. 123-134.

Dymond, L., H. (2015). *A Recent History of Economic Thought: Contributions of the Nobel Laureates to Ecoomic Science*, Lulu Publishing.

EBSO (2015). Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek. Ege Bölgesi Sanayi Odası Araştırma Müdürlüğü.

Engelmann, A., Heinrich, P., ve Schwabe, G. (2017). Mobiles Lernen für Industrie 4.0: Probleme, Ziele, Lernarrangements. Wirtschaftsinformatik.

Engelmann, A. ve Schwabe, G. (2018). Enabling Workers to Enter Industry 4.0: A Layered Mobile Learning Architecture. 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).

Engelman, R. (2015). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. <http://ushistoryscene.com/author/ryan-engelman-2/> Erişim Tarihi: 19 Aralık 2018.

ERNI. (2019). Smart Factories. ERNI Management Services AG. Experience Magazine, 1, s.26

Ernst, E., Merola, R. ve Samaan, D. (2018). The Economics of Artificial Intelligence: Implications for the Future of Work. International Labour Organization.

EUROSTAT (2008), NACE REV.2 Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2020.

Farooq, U. (2014). Horizontal Integration Definition, Example, Advantages & Disadvantages. <http://www.studylecturenates.com/management/horizontal-integration-definition-example-advantages-disadvantages> Erişim Tarihi: 29 Temmuz 2019.

Featherly, K. (2016). ARPANET. <https://www.britannica.com/topic/ARPANET#accordion-article-history> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Feinstein, C. H. (1998). Pessimism Perpetuated: Real Wages and the Standard of Living in Britain during and after the Industrial Revolution. The Journal of Economic History, 58(3), ss. 649-651.

Fisk, P. (2017). Education 4.0 ... the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life. <https://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/> Erişim Tarihi: 14 Kasım 2019.

Foidl, H. ve Felderer, M. (2016). Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management. ERP Future 2015 - Research, Munich, 245.

Folch, A. (2011). Interface Development for Eucalyptus Based Cloud. Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi, Temel Bilimler Fakültesi, Bilgi Sistemleri Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14597/70010.pdf> Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

Foley, M. J. (2018). Microsoft is Bringing the Robot Operating System to Windows 10. <https://www.zdnet.com/article/microsoft-is-bringing-the-robot-operating-system-to-windows-10/> Erişim Tarihi: 13 Eylöl 2019.

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*. 210, ss. 15-26.

Frankenfield, J. (2018). Robotic Proses Automation (RPS). <https://www.investopedia.com/terms/r/robotic-process-automation-rpa.asp> Erişim Tarihi: 3 Kasım 2019.

Frearson, A. (2018). Eindhoven to build “world’s first “3D-printed houses that people will live inside. <https://www.dezeen.com/2018/06/04/eindhoven-university-technology-project-milestone-3d-printed-concrete-houses/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Frey, C. B. ve Osborne, M. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?* University of Oxford.

Gagliardi, N. (2018). Smart Speakers are Now the Fastest-Growing Consumer Technology. <https://www.zdnet.com/article/smart-speakers-are-now-the-fastest-growing-consumer-technology/> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Gebhardt, A. ve Fateri, M. (2013). 3D Printing and its applications. <https://www.rtejournal.de/ausgabe10/3562> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Geere, D. (2011). How The First Cable Was Laid Across The Atlantic. <https://www.wired.co.uk/article/transatlantic-cables> Erişim Tarihi: 5 Aralık 2018.

Gerçekker, M., Özmen, İ. ve Mucuk, M. (2019). Ar-Ge Harcamaları Ve İşsizlik Arasındaki Nedenselliğin Ampirik Analizi: G7 Ülkeleri Örneği, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 41(2), ss.413 – 431.

Goldin, C. Ve Katz, L. F. (1996). *The Origins of Technology-Skill Complementarity*. <https://www.nber.org/papers/w5657> Erişim Tarihi: 18 Aralık 2018.

Gomez, G. (2019). What is Intelligent Process Automation (IPA)?
<https://blog.bizagi.com/2019/07/04/what-is-intelligent-process-automation-ipa/>
Erişim Tarihi: 3 Kasım 2019.

Grigg, J. (2018). The Effects of Automation on Manufacturing.
<https://www.productionmachining.com/columns/the-effects-of-automation-on-manufacturing> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.

Guest, A. M. (2005). Frontier and Urban-Industrial Explanations of US Occupational Mobility in the late 1800s. *Social Science Research*. 34(1), ss. 140-164.

Gujarati, D., N. (2004). *Basic Econometrics* (4th Edition), McGraw-Hill Companies.

Gür, N., Ünay, S. Ve Dilek ř. (2017). SANAYİYİ YENİDEN DÜşÜNMEK-Küresel Teknolojik Dönüşümün Dünya ve Türkiye Ekonomisine Yansımaları. İstanbul: Seta
Haftacı, V. ve Arıcı, M. S. (2018). Teknolojiden Ekonomiye 21. Yüzyıl Dünya ve Türkiye. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.

Hao, Y. (2016). Cloud Manufacturing: Strategic Alignment between Manufacturing Industry and Cloud Computing. Vaasa Üniversitesi, Teknoloji Fakóltesi, Üretim Bölümü. Doktora Tezi. https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-715-1.pdf Erişim Tarihi: 23 Mart 2019.

Haque, S. A., Aziz, S. M. ve Rahman, M. (2014). Review of Cyber-Physical System in Healthcare. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 20.

Hartweg, E. (2014). Smart Factories – Self-Organizing Production Units.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Smart-Factories-%E2%80%93-Self-Organizing-Production-Units-Hartweg/fc064992a163d395feadd0eb434b98e7a2053697?navId=citing-papers>
Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

He, K. ve Jin, M. (2016). Cyber-Physical System for Maintenance in Industry 4.0. Jönköping Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi.
<https://pdfs.semanticscholar.org/3f7a/9df1f8e337aedcf32f0eebf7238f5011b069.pdf>
Erişim Tarihi: 21 Ocak 2019.

Heinemann, S. (2019). Digitalisierung in Der Industrie 4.0 – Chancen und Risiken. <https://www.haufe-akademie.de/blog/themen/digital-business/digitalisierung-in-der-industrie-4-0-chancen-und-risiken/> Erişim Tarihi: 1 Kasım 2019.

Hipolite, W. (2014). Mmmm Chocolate – Choc Edge Debuts Chocolate 3D Printer Choc Creator V2. <https://3dprint.com/7690/choc-edge-choc-creator-v2/> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Hirschman, C. ve Mogford, E. (2009). Immigration and the American Industrial Revolution From: 1880 to 1920. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2760060/#R36> Erişim Tarihi: 19 Aralık 2018.

Horgan, J. (1921). Henry Ford: Captain of Industry. Studies: An Irish Quarterly Review, 10(39), 437-450.

Huber, W. (2016). Industrie 4.0 und Die Risiken. <https://www.computerwoche.de/a/industrie-4-0-und-die-risiken,3324008> Erişim Tarihi: 1 Kasım 2019.

Hughes, A. (2017). Industry 4.0 is About More Than Data: 3D Printing in Manufacturing. <https://blog.insresearch.com/industry-4.0-is-more-than-data-3d-printing-in-manufacturing> Erişim Tarihi: 13 Ocak 2019.

Hussin, A. A. (2018). Education 4.0 Made Simple: Ideas For Teaching. International Journal of Education & Literacy Studies. 6(3), s. 92-98.

IBM. (2014). Let's Build A Smarter Planet. https://www.presidion.com/wp-content/uploads/2015/08/Daimler_Group.pdf Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

IFR. (2019). Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd> Erişim Tarihi: 24 Eylül 2019.

IGM. (2016). AUSWIRKUNGEN DER DIGITALISIERUNG / INDUSTRIE 4.0 AUF DIE BESCHÄFTIGUNG. Eine Argumentationshilfe der IG Metall, s. 4.

Ilie, S. C. (2015). Cloud Computing- Impact on Business. Aalborg Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi.

https://projekter.aau.dk/projekter/files/207512928/4.4_Cloud_Computing.pdf Erişim Tarihi: 16 Mart 2019.

Immel, R. L. (2012). Programmable Logic Controller Evolution. <https://www.manufacturing.net/article/2012/03/programmable-logic-controller-evolution> Erişim Tarihi: 6 Ocak 2019.

Intelitek. (2018). What is Education 4.0? <https://www.intelitek.com/what-is-education-4-0/> Erişim Tarihi: 14 Kasım 2019.

Ivanov, T., Korfiatis, N. ve Zicari, R. V. (2013). On the inequality of the 3V's of Big Data Architectural Paradigms: A case for heterogeneity. ArXiv Prepr.

Jabbar, S. (2016). Inequality in Industry 4.0. https://www.huffpost.com/entry/inequality-in-industry-40_b_9011630?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAF36VlqBigjP_-yOK7bHnjIX6Y6yy8Eg0B5v-Ddng-oYTXDLyYTgO_Pp7J7dta0eU_A5nsEV4VWHvEE_DWPpvxwmmmfcoU7NDvLIla5E8x-TAaHvxPubgI-oihVtSmFAamQrwWEaG1bzmfvIprnEdVOd93Ww7w8lk5q6R3HRJ_sC Erişim Tarihi: 19 Kasım 2019.

Jaiswal, J. K. (2018). Cloud Computing for Big Data Analytics Projects. Helsinki Metropolia Uygulamalı Bilimler Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145896/Masters%20Thesis%20Jitendra%20Kumar%20Jaiswal%20ME%20IT%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Erişim Tarihi: 19 Mart 2019.

Jimenez, M. (2017). What is the Impact of the Industry 4.0 in the Process Industry? Delft Teknoloji Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:c4a8ac12-2b71-4780-8d01-55d6a9bed6ca/datastream/OBJ/download> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Josephson, M. ve Conot, R. E. (2018). Thomas Edison. <https://www.britannica.com/biography/Thomas-Edison> Erişim Tarihi: 6 Kasım 2018.

Joshi, N. (2019). How AI Can Transform The Transportation Industry. <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/07/26/how-ai-can-transform-the-transportation-industry/#1be389614964> Erişim Tarihi: 27 Ekim 2019.

Jukna, L. (2017). BMW and the Smart Revolution in German Manufacturing. <https://www.livingmap.com/smart-factory/bmw-and-the-smart-revolution-in-german-manufacturing/> Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

Jurevicius, O. (2013). Horizontal Integration. <https://www.strategicmanagementinsight.com/topics/horizontal-integration.html> Erişim Tarihi: 29 Temmuz 2019.

Karaoğlu, Ö. (2016). Endüstriyel Devrimler Tarihi ve Endüstri 1.0., <https://www.linkedin.com/pulse/endustriyel-devrimler-tarihi-ve-end%C3%BCstri-10-ozkan-karaoglu> Erişim Tarihi: 7 Kasım 2018.

Karnouskos, S. (2011). Cyber-Physical Systems in the SmartGrid. 2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics, ss. 20-23.

Kenton, W. (2018). The Internet of Things (IoT). <https://www.investopedia.com/terms/i/internet-things.asp> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Kessler, S. (2017). Chancen und Risiken Von Industrie 4.0. <https://ebusiness2020.wordpress.com/author/stephenkessler1/> Erişim Tarihi: 1 Kasım 2019.

Khayal, O. M. E. S. (2017). The History of the Internal Combustion Engine. https://www.researchgate.net/publication/312846370_THE_HISTORY_OF_THE_INTERNAL_COMBUSTION_ENGINE Erişim Tarihi: 12 Aralık 2018.

Kitchin, R. ve McArdle, G. (2016). What makes Big Data, Big Data? Exploring the Ontological Characteristics of 26 datasets. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053951716631130#articleCitationDownloadContainer> Erişim Tarihi: 23 Ocak 2019.

Klette, T., J. And Forre, S., E. (1995). Innovation and Job Creation In An Open Small Economy: Evidence From Norwegian Manufacturing Plants 1982 – 92, Statistics Norway Research Department Discussion Papers, No.159.

- Koslow, T. (2015). Novabeans is Now 3D Printing Artificial Ear Prosthetics. <https://3dprintingindustry.com/news/hear-the-news-novabeans-is-now-3d-printing-artificial-ear-replacements-60508/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.
- Kubina, M. ve Varmus, M. & Kubinova, I. (2015). Use of Big Data for Competitive Advantage of Company. *Procedia Economics and Finance*, 26, ss. 561-565.
- Küpper, D., Lorenz, M., Knizek, C., Kuhlmann, K., Maue, A., Lässig, R. ve Buchner, T. (2019). Advanced Robotics in the Factory of the Future. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future.aspx> Erişim Tarihi: 12 Eylül 2019.
- LaFleur, M. (2017). The impact of the technological revolution on labour markets and income distribution. *Frontier Issues*. Department of Economic & Social Affairs.
- Laukkonen, J. (2013). History of the Internal Combustion Engine. <http://www.crankshift.com/history-internal-combustion-engine/> Erişim Tarihi: 12 Aralık 2018.
- Lee, Edward Ashford. A. ve Seshia, S. A. (2017). *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*. MIT Press.
- Lee, Jay. (2015). Smart Factory Systems. *Informatik Spektrum*, 38(3), ss. 230-235.
- Lee, Jay., Bagheri, B. ve Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0- Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 3, ss. 18-23.
- Liebert, A. (2016). Industry 4.0 – The Intended Impact of Cyber Physical Systems in a Smart Factory on the Daily Business Processes. *Linnæus Üniversitesi. Lisans Tezi*.
- Lindner, D. (2017). Risiken und Nachteile Von Industrie 4.0. <https://agile-unternehmen.de/risiken-nachteile-von-industrie-4-0/> Erişim Tarihi: 1 Kasım 2019.
- Lisserre, M., Sauter, T. ve Hung, J. Y. (2010). Future Energy Systems. *IEEE Industriel Electronics Magazine*. <http://docshare01.docshare.tips/files/20257/202573063.pdf> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.
- Litzel, N. (2017). Was its ein Cyber-phisches System (CPS) ? <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-cyber-phisches-system-cps-a-668494/> Erişim Tarihi: 21 Ocak 2019.

Lydon, B. (2014). Industry 4.0 - Only One-Tenth of Germany's High-Tech Strategy. <https://www.automation.com/automation-news/article/industry-40-only-one-tenth-of-germanys-high-tech-strategy> Erişim Tarihi: 13 Ocak 2019.

Maan, B. (2019). Intelligent Process Automation For The Inteligent Enterprise. <https://www.digitalistmag.com/cio-knowledge/2019/07/29/intelligent-process-automation-for-intelligent-enterprise-06199597> Erişim Tarihi: 3 Kasım 2019.

Magnusson, L. (2017). Event-Driven Architecture for Data Collection in Smart Factories. KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Üretim Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi.

Magusara, M. (2017). What is Big Data and Why Does It Matter? <https://www.business2community.com/big-data/big-data-matter-01926829> Erişim Tarihi: 22 Ocak 2019.

Mahler, R. (2016). What are Collaborative Robots? <https://www.surecontrols.com/what-are-collaborative-robots/> Erişim Tarihi: 12 Eylül 2019.

Marr, B. (2018). 9 Powerful Real-World Applications Of Augmented Reality (AR) Today. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/07/30/9-powerful-real-world-applications-of-augmented-reality-ar-today/#229e254a2fe9> Erişim Tarihi: 5 Nisan 2019.

McAfee, A. ve Brynjolfsson, E. (2012). Big Data: The Management Revolution. Harwards Business Rewiew, 90(10), ss. 60-68

McKewen, E. (2015). Benefits of Using Smart Manufacturing in the Value Chain. <https://www.cmtc.com/blog/benefits-of-using-smart-manufacturing-in-the-value-chain> Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

McKie, R. (2015). James Watt and the sabbath stroll that created the industrial revolution. <https://www.theguardian.com/technology/2015/may/29/james-watt-sabbath-day-fossil-fuel-revolution-condenser> Erişim Tarihi: 7 Kasım 2018.

McLaughlin, M. (2018). What a Virtual Assistant is and How it Works. <https://www.lifewire.com/virtual-assistants-4138533> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Merchant, B. (2014). You've Got Luddites All Wrong. https://www.vice.com/en_us/article/ae379k/luddites-definition-wrong-labor-technophobe Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019.

Meyer, S. (2004). The Degradation of Work Revisited: Workers and Technology in the American Auto Industry, 1900-2000. http://www.autolife.umd.umich.edu/Labor/L_Overview/L_Overview3.htm Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019.

Michael, S. (2018). What is a PLC? An Introduction to Programmable Logic Controllers. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-plc-introduction-to-programmable-logic-controllers/> Erişim Tarihi: 7 Ocak 2019.

Miraz, M. H., Ali, M., Excell, P. S. ve Picking, R. (2018). Internet of nano-things, things and everything: Future growth trends. *Future Internet*, 10(8), s. 3

MITI. (2018). Industry 4WRD : NATIONAL POLICY ON INDUSTRY 4.0. Ministry of International Trade and Industry.

Mokry, J. (1998). The Second Industrial Revolution , 1870-1914. <https://pdfs.semanticscholar.org/769c/a06c2ea1ab122e0e2a37099be00e3c11dd52.pdf> Erişim Tarihi: 3 Aralık 2018.

Molitch- Hou, M. (2015). L'Oreal Teams with Organovo to 3D Print Skin Tissue. <https://3dprintingindustry.com/news/loreal-teams-with-organovo-to-3d-print-skin-tissue-46169/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. 2017. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11). ss. 12-20.

Msn. (2017). 30 Companies Already Replacing Humans with Robots. <https://www.msn.com/en-in/money/photos/30-companies-already-replacing-humans-with-robots/ss-BBy8O3h> Erişim Tarihi: 13 Eylül 2019.

Nascimento, A. M. ve Bellini C. G. P. (2018). Artificial intelligence and industry 4.0: The next frontier in organizations. *Brazilian Administration Review*, 15(4).

Newman, P. (2019). Iot Report: How Internet of Things Technology Growth is Reaching Mainstream Companies and Consumers. <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-report> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Nováková, D. (2017). Industry 4.0 as an example of a top-down vs. horizontal Europeanization. Charles Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fakóltesi, Uluslararası Çalışmalar Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120269300> Erişim Tarihi: 29 Temmuz 2019.

O'Neal, B. B. (2018). Australian Woman Receives 3D Printed Jaw Implant After Tumor Removal. <https://3dprint.com/231547/australian-woman-receives-3d-printed-jaw-implant-tumor-removal/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Orhan, S., Savruk, F. (2014). Emek – Teknoloji – İşsizlik İlişkisi, ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi, 2(2), pp. 9-24

Overton, J. (2019). AI predictions for 2019-2021. DXC Technology's Analytics Group.

Owen-Hill, A. (2017). What's the Difference Between Robotics and Artificial Intelligence? <https://blog.robotiq.com/whats-the-difference-between-robotics-and-artificial-intelligence> Erişim Tarihi: 12 Eylül 2019.

Oza, H. (2018). Many Benefits of Big Data Analytics for Your Company. <https://www.dataversity.net/many-benefits-big-data-company/#> Erişim Tarihi: 23 Ocak 2019.

Özdoğan, O. (2017). Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları. İstanbul: Pusula Yayıncılık.

Özer, M. ve Çiftçi, N. (2009). AR – GE Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23, pp. 39 – 49.

Öztuna, B. (2017). ENDÜSTRİ 4.0-(Dördüncü Sanayi Devrimi) ile Çalışma Yaşamının Geleceği. Ankara: Gece Kitaplığı.

Parke, M. (2018). World Economic Forum: Machines are taking over (most, but not all) jobs. <https://workingnation.com/world-economic-forum-survey-future-jobs/> Erişim Tarihi: 13 Kasım 2019.

Pedersen, M. R., Nalpantidis, L., Andersen, R. S., Schou, C., Bøgh, S., Krüger, V. ve Madsen, O. (2015). Robot skills for manufacturing: From concept to industrial deployment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 37. ss. 282-291.

Phaneuf, A. (2019). AI and machine learning are changing our approach to medicine and the future of healthcare. <https://www.businessinsider.com/artificial-intelligence-healthcare> Erişim Tarihi: 27 Ekim 2019.

Pıçak, M. ve Kadah, H. (2017). Dünden Bugüne Ekonomi Yazıları. Türkiye’de Sendikalaşmanın Tarihsel Gelişimi içinde (ss. 201-202). Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Vakıf Yayınları.

Piva, M. and Vivarelli, M. (2005). Innovation and Employment: Evidence from Italian Microdata, *Journal of Economics*, 86(1), pp. 65–83.

Piva, M. and Vivarelli, M. (2017). Is R&D Good for Employment? Microeconomic Evidence from the EU, *IZA Discussion Papers*, No. 10581.

Plaza, I. M. (2018). William Shockley and the Invention of the Transistor. <https://www.bbvaopenmind.com/en/william-shockley-and-the-invention-of-the-transistor/> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Polignano, F. (2018). INDUSTRY 4.0: Analysis of the economic impact of AR devices inside PRIMA INDUSTRIE. Torino Politeknik Üniversitesi, İşletme ve Mühendislik Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. <https://webthesis.biblio.polito.it/8819/1/tesi.pdf> Erişim Tarihi: 2 Nisan 2019.

Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., De Amicis, R., Pinto, E. B., Eisert, P., Döllner, J. ve Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 35(2), ss.26-40.

Qin, J., Liu, Y. ve Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52. 173-178.

Rajkumar, R., Lee, I., Sha, L., & Stankovic, J.A. (2010). Cyber-physical systems: The next computing revolution. Design Automation Conference, 731-736.

Ranger, S. (2018a). What is the IoT? Everything You Need to Know About the Internet of Things Right Now. <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Ranger, S. (2018b). What is Cloud Computing? Everything You Need To Know About The Cloud, Explained. <https://www.zdnet.com/article/what-is-cloud-computing-everything-you-need-to-know-from-public-and-private-cloud-to-software-as-a/> Erişim Tarihi: 19 Mart 2019.

Rao, R. (2018). BMW- Internet of Things (IoT) Driven. <https://techutzpah.com/bmw-internet-of-things-iot-driven/> Erişim Tarihi: 20 Ocak 2019.

Rawat, D. B. ve Bajracharya, C. (2017). Vehicular Cyber Physical Systems. Springer.

Rees, J. (2016). Industrialization and Urbanization in the United States, 1880-1929. <http://oxfordre.com/americanhistory/view/10.1093/acrefore/9780199329175.001.0001/acrefore-9780199329175-e-327> Erişim Tarihi: 19 Aralık 2018.

Regotz, M. (2018). Industrie 4.0 – Chancen und Risiken. <https://syna.ch/aktuell/industrie-4-0-chancen-risiken> Erişim Tarihi: 1 Kasım 2019.

Ren, N. ve Cao, M. W. (2013). Research on the path to forming WBS in cloud manufacturing environment. Advances in Information Sciences and Service Sciences, 5(6), s. 467

Rifkin, J. (2017). How the Third Industrial Revolution Will Create a Green Economy. https://www.huffingtonpost.com/jeremy-rifkin/third-industrial-revolution-green-economy_b_8286142.html Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.

Rivlin, A. M. ve Litan, R. E. (2001). The Economy and the Internet: What Lies Ahead? <https://www.brookings.edu/research/the-economy-and-the-internet-what-lies-ahead/> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2019.

Rouse, M. (2014). Internet. <https://searchwindevelopment.techtarget.com/definition/Internet> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

- Rouse, M. (2018). Industrial Internet of Things (IIoT). <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.
- Ruimy, G. (2013). We are the globalization generation, <https://standard.asl.org/we-are-the-globalization-generation/> Erişim Tarihi: 5 Kasım 2018.
- Sadi, S. E. (2015), Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing), YBS Ansiklopedi, 2(4), ss.14 – 22.
- Samson, T. (2011). Koomey's Law: Computing Efficiency Keeps Pace with Moore's Law. <https://www.infoworld.com/article/2620185/green-it/koomey-s-law--computing-efficiency-keeps-pace-with-moore-s-law.html> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.
- Schröder, T. (2019) A regional approach for the development of TVET systems in the light of the 4th industrial revolution: the regional association of vocational and technical education in Asia. International Journal of Training Research, 17(1), ss. 83-95
- Schwab, K. (2017). Dördüncü Sanayi Devrimi (Z. Dicleli, Çev.) İstanbul: Optimist.
- Schwab, K. Nadella, S. ve Davis, N. (2018). Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution-A Guide to Building a Better World. Currency: New York.
- Scott, C. (2017). Organovo's 3D Printed Liver Tissue Shows Extended Survival and Function in Animal Test Subjects. <https://3dprint.com/174905/organovo-liver-tissue-function/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.
- Sewpaul, V. (2016). Internet of Things. http://kzntopbusiness.co.za/site/kzn-chamber-news-desk/view/8453/4051/2016/12/05/Vindosh_Sewpaul__Internet_of_things Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.
- Simon, H. A. (1995). Artificial intelligence: An empirical science. Artificial Intelligence, 77(1), ss. 95-127.
- Singh, D., Vishnu, C. ve Mohan, C. K. (2016). Visual Big Data Analytics for Traffic Monitoring in Smart City. IEEE International Conference on Machine Learning and Applications.

https://www.researchgate.net/publication/309463142_Visual_Big_Data_Analytics_for_Traffic_Monitoring_in_Smart_City Erişim Tarihi: 22 Ocak 2019.

Silva, R. (2018). What is a Smart Speaker? <https://www.lifewire.com/smart-speaker-4145037> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Siniauer, P. (2017). 3D Printers Make Incredible Pastas Your Nonna Could Only Dream About. <https://www.saveur.com/3d-printers-pasta-barilla> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

Smith, Y. (2014). Current Problem Associated with the End of the Third Industrial Revolution. <https://www.nakedcapitalism.com/2014/05/problems-associated-with-end-of-third-industrial-revolution.html> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Somuncu, S. (2019). Ülke Kredi Notunun Makroekonomik ve Finansal Belirleyicileri: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Bir Panel Veri Uygulaması, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilimdalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Soyak, A. (2011). Teknoekonomi. İstanbul: Der Yayınları.

Strickland, J. (2009). How Moore's Law Works. <https://computer.howstuffworks.com/moores-law3.htm> Erişim Tarihi: 4 Ocak 2019.

Stronge, W. ve Harper, A. (2019). The Shorter Working Week: A Radical and Pragmatic Proposal. Autonomy Research. <http://autonomy.work/wp-content/uploads/2019/02/Shorter-working-week-docV5.pdf> Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019.

Swatman, R. (2015). 1971: First Ever Email. <http://www.guinnessworldrecords.com/news/60at60/2015/8/1971-first-ever-email-392973> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.

Şahinoğlu, T. ve Varıcı, M. (2019). Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği, Turkish Studies Information Technologies and Applied Sciences, 14(4), ss.617 – 640.

Şekkeli, Z. H. ve Bakan İ. (2018). Akıllı Fabrikalar. Journal of Life Economics, 5(4). ss. 204-219.

- Tarı, R. (2011). *Ekonometri*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Tarver, E. (2019a). Examples of Horizontal Integration. <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-are-some-examples-horizontal-integration.asp> Erişim Tarihi: 29 Temmuz 2019.
- Tarver, E. (2019b). Horizontal vs. Vertical Integration: What's the Difference? <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-difference-between-horizontal-integration-and-vertical-integration.asp> Erişim Tarihi: 15 Ağustos 2019.
- Techdifferences. (2018). Difference Between Cloud Computing and Big Data. <https://techdifferences.com/difference-between-cloud-computing-and-big-data.html> Erişim Tarihi: 23 Mart 2019.
- Trueman, C. N. (2015). The Cotton Industry and the Industrial Revolution, <https://www.historylearningsite.co.uk/britain-1700-to-1900/industrial-revolution/the-cotton-industry-and-the-industrial-revolution/> Erişim Tarihi: 8 Kasım 2018.
- UNCTAD. (2019). Structural transformation, Industry 4.0 and inequality: Science, technology and innovation policy challenges. Trade and Development Board Investment, Enterprise and Development Commission, United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ciid43_en.pdf Erişim Tarihi: 19 Kasım 2019.
- Vale, R. (2016a). Second Industrial Revolution: The Technological Revolution, <https://richmondvale.org/blog/second-industrial-revolution-the-technological-revolution> Erişim Tarihi: 15 Kasım 2018.
- Vale, R. (2016b). Third Industrial Revolution: The Digital Revolution. <https://richmondvale.org/en/blog/third-industrial-revolution-the-digital-revolution> Erişim Tarihi: 3 Ocak 2019.
- Valencia, N. (2017). World's First 3D Printed Bridge Opens in Spain. <https://www.archdaily.com/804596/worlds-first-3d-printed-bridge-opens-in-spain> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.
- Velte, T., Velte, A. ve Elsenpeter, R. (2010). Cloud Computing: A Practical Approach. The McGraw-Hill Companies.

Vincent, J. (2019a). Amazon Warehouse Workers are Getting Utility Belts that Ward Off Robots. <https://www.theverge.com/2019/1/21/18191338/amazon-robot-warehouse-tech-vest-utility-belt-safety> Erişim Tarihi: 13 Eylöl 2019.

Vincent, J. (2019b). Facebook is Experimenting with Robots to Push Its AI Research Forward. <https://www.theverge.com/2019/5/20/18632323/facebook-robotics-ai-research-experiments> Erişim Tarihi: 13 Eylöl 2019.

Vogt, M. (2016). Industrie 4.0 eine deutsche Lösung für alle Probleme?! <https://www.management-circle.de/blog/industrie-4-0-eine-deutsche-loesung-fuer-alle-probleme/> Erişim Tarihi: 13 Ocak 2019.

VMR. (2019). Global Artificial Intelligence in Manufacturing Market By Offering (Hardware, Software, Services) By Technology (Machine Learning, Computer Vision, Others) By Application (Material Movement, Production Planning, Others) By Geographic Scope and Forecast to 2026. Verified Market Research. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/global-artificial-intelligence-in-manufacturing-market-size-and-forecast-to-2026/> Erişim Tarihi: 29 Ekim 2019.

Walker, T. (2018). Smart Refrigerators That Let You Know When The Milk Is On The Turn, Toothbrushes That Keep Track Of Dental Hygiene And Tennis Rackets That Help You Play Better: Welcome To 'The Internet Of Things'. <https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/smart-refrigerators-that-let-you-know-when-the-milk-is-on-the-turn-toothbrushes-that-keep-track-of-9053681.html> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Wang, S., Wan, J., Li, D. ve Zhang, C. (2015). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks. ss. 1-10

Watts, S. (2017). SaaS vs PaaS vs IaaS: What's The Difference and How To Choose. <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/> Erişim Tarihi: 19 Mart 2019.

WEF. (2018a). The Future of Jobs Report 2018. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018> Erişim Tarihi: 12 Kasım 2019.

WEF. (2018b). Readiness For The Future of Production Report 2018. http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf Erişim Tarihi: 30 Kasım 2019.

Whishworks. (2017). Understanding the 3Vs of Big Data- Volume, Velocity and Variety. <https://www.whishworks.com/blog/big-data/understanding-the-3-vs-of-big-data-volume-velocity-and-variety> Erişim Tarihi: 22 Ocak 2019.

Wisskirchen, G., Biacabe, B. T., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G. J. ve Brauchitsch, B. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. IBA Global Employment Institute.

Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T. and Neuber – Pohl, C. (2015). Industry 4.0 and the Consequences For Labour Market and Economy, Institute For Employment Research, IAB Forschungsbericht Results From the Project Work of IAB 8/2015.

Wong, W. (2016). What's the Difference Between Consumer and Industrial IoT? <https://www.electronicdesign.com/iot/what-s-difference-between-consumer-and-industrial-iot> Erişim Tarihi: 17 Ocak 2019.

Woodford, C. (2018). 3D Printers. <https://www.explainthatstuff.com/how-3d-printers-work.html> Erişim Tarihi: 13 Ocak 2019.

WorkFusion. (2019). Benefits of Intelligent Automation that will surprise you. <https://automationacademy.com/en/blog/benefits-intelligent-automation-will-surprise-you> Erişim Tarihi: 4 Kasım 2019.

Wu, Q., Liu, Y. ve Wu, C. (2017). An overview of current situations of robot industry development. ITM Web of Conferences 17.

Yao, X. (2018). Industry 4.0 in Logistics. Torino Politeknik Üniversitesi, Makine-Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Mühendisliği Yüksek Lisans Programı. Yüksek Lisans Tezi. <https://webthesis.biblio.polito.it/7078/1/tesi.pdf> Erişim Tarihi: 3 Nisan 2019.

Zahnd, P. A. (2018). 3D Printing in the Automotive Industry. <https://3dprintingindustry.com/news/3d-printing-automotive-industry-3-132584/>

Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Zaleski, A. (2015). How 3D Printing Saved a 5-years-old's life. <http://fortune.com/2015/10/07/3d-printing-saved-a-5-year-olds-life/> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2019.

Zaugg, J. (2014). L'engouement de la m decine pour le big data. <https://largeur.com/?p=4185> Erişim Tarihi: 23 Ocak 2019.

Zhou, J., Li, P., Zhou, Y., Wang, B., Zang, J., ve Meng, L. (2018). Toward New-Generation Intelligent Manufacturing. *Engineering*, 4(1), ss. 11–20.

Zimmermann, S. (2018). Industry 4.0- 3D Printing in Manufacturing Industries. <https://atos.net/en/blog/industry-4-0-3d-printing-manufacturing-industries> Erişim Tarihi: 14 Ocak 2019.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kübra UYSAL

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 04.04.1991

Medeni Hali : Evli

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise : Kaya Bayazıtöğlü Lisesi / Yabancı Dil (2005 – 2010)

Ön lisans : Anadolu Üniversitesi / Adalet (2018 – 2020)

Lisans : Dumlupınar Üniversitesi / İngiliz Dili ve Edebiyatı (2011 – 2013)

Lisans : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi / İktisat (2013 – 2017)