

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEORİSİ PROGRAMI**

**ÜRETİMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ETKİLERİ: TÜRKİYE
EKONOMİSİ AÇISINDAN BİR ANALİZ**

Özlem Özkan KESBİÇ

Danışman

Doç. Dr. Ece DEMİRAY EROL

MANİSA – 2020

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEORİSİ PROGRAMI**


**ÜRETİMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ETKİLERİ: TÜRKİYE
EKONOMİSİ AÇISINDAN BİR ANALİZ**

Özlem Özkan KESBİÇ

Danışman

Doç. Dr. Ece DEMİRAY EROL

MANİSA – 2020

| | | | |
|---|--|-------------------|--------------|
|  | <p style="text-align: center;">T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ</p> <p style="text-align: center;">YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ FORMLARI</p> <p style="text-align: center;">Tez Savunma Sınavı Tutanağı</p> | Doküman Kodu | FRYL-031 |
| | | Yayınlanma Tarihi | 26/03/2018 |
| | | Revizyon No/Tarih | 2/23/03/2018 |
| | | Sayfa | 1/1 |

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 28.05.2020 tarih ve 19/Ek4 sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 9. Maddesi gereğince Enstitümüz İktisat Anabilim Dalı İktisat Teorisi Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Özlem ÖZAN KESBİÇ'in "Üretimde Dijital Dönüşüm ve Etkileri: Türkiye Ekonomisi Açısından Bir Analiz" konulu tezi incelenmiş ve aday 29.06.2020 tarihinde saat 14.00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 90 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna OY BİRLİĞİ
DÜZELTME yapılmasına * OY ÇOKLUĞU
RED edilmesine ** ile karar verilmiştir

ÜYE
Doç. Dr. Ecce EROL
E. Duruk

BASKAN
Ati GİMAT
F. Duruk

ÜYE

DOÇ. DR. M. HAKAN YALÇINKAYA

Evet Hayır

Tez, burs, ödül veya Teşvik programına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımı gereksizdir.

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir. İkinci tez savunma sınavında da başarısız olan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

** Bu halde adayın Enstitü ile ilişkisi kesilir.

Hazırlayan
Enstitü Sekreteri

Onaylayan
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Üretimde Dijital Dönüşüm ve Etkileri: Türkiye Ekonomisi Açısından Bir Analiz” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

29/06/2020

Özlem Özan KESBİÇ

ÖZET

ÜRETİMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ETKİLERİ: TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN BİR ANALİZ

Endüstri 4.0; modern teknolojilerle, modern değer zincirlerini bir araya getiren üretimde ortaya çıkan dijital dönüşümün yarattığı son sanayi devrimidir. Bu dönüşüm, gerçek ve sanal sistemleri, bilişimi, Nesnelerin İnterneti ile çeşitlenen İnternet servislerini içinde barındırır. Endüstri 4.0; internet, iletişim, bilişim, sensör, otomasyon, yapay zekâ – makine öğrenmesi ve robotik teknolojilerin üretim süreçlerini önemli biçimde etkilemesi ve değiştirmesi ile meydana gelen bir süreçtir. Günümüzde sanayi üretiminde yaşanan büyük değişimler ve sanayi devrimleri, ülkeleri rekabet gücü elde edebilmek için söz konusu değişim hareketine uyum sağlamak zorunda bırakmıştır, elde etmek istedikleri bu rekabet gücü için bazı stratejiler geliştirmişlerdir. Bu süreç 2011 yılında başlamış ve Endüstri 4.0 olarak adlandırılmıştır. Bu süreçten en önemli iki beklenti, yüksek verimlilik ve yüksek katma değer elde etme beklentisidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin süreci yakalayıp sürdürebilmeleri, gelecekte uluslararası konjonktürün neresinde olacaklarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda, çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde 4. Sanayi Devriminin ortaya çıkışı, vizyonu, bileşenleri, tasarım ilkeleri, faydaları, fırsatları ve zorluklarına yer verilmiştir. İkinci bölümde ise, Endüstri 4.0'ın etkileri ve bileşenleri kapsamında dünyadaki uygulamaları ortaya konulmuştur. Son olarak üçüncü bölümde, endüstri 4.0 kapsamında Türkiye ekonomisinin durumu ve rekabet gücü analiz edilmiş ve ortaya konulan swot analizi sonucu, Türkiye'nin bu konuda Endüstri 4.0 uyumuna yönelik vizyonu ve olası politikaları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Analiz sonucunda ülkemizde gerek özel kesim gerekse kamu kesiminde Endüstri 4.0 farkındalığının başladığı, fakat henüz yeterli seviyeye ulaşmadığı tesbit edilmiştir.

ABSTRACT

DIGITAL CONVERSION AND EFFECTS IN PRODUCTION: AN ANALYSIS IN TERMS OF TURKEY'S ECONOMY

Industry 4.0; It is the latest industrial revolution created by the digital transformation in production that combines modern technologies with modern value chains. This transformation includes real and virtual systems, informatics, Internet services that diversify with the Internet of Things. Industry 4.0; internet, communication, informatics, sensor, automation, artificial intelligence - machine learning, and robotic technologies significantly affect and change production processes. The major changes and industrial revolutions experienced in industrial production today have forced countries to adapt to this change movement in order to achieve competitive power, and they have developed some strategies for this competitive power they want to achieve. This process started in 2011 and was called Industry 4.0. The two most important expectations from this process are high efficiency and high added value. The ability of developed and developing economies to capture and sustain the process is very important in terms of determining where they will be in the international conjuncture in the future. In this context, the study consists of three parts. In the first part, the emergence, vision, components, design principles, benefits, opportunities and challenges of the 4th Industrial Revolution are included. In the second part, applications in the world within the scope of the effects and components of Industry 4.0 are presented. Finally, the third section, the state of the industry 4.0 scope of Turkey's economy and competitiveness analyzed and disclosed SWOT analysis of the result, Turkey has tried to put forward the vision and possible policies for the Industry 4.0 fit it. As a result of the analysis, it was determined that the awareness of Industry 4.0 started in both private and public sectors in our country, but it has not yet reached a sufficient level.

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın hazırlanma aşamasında katkı ve yorumlarıyla tezimin şekillenmesinde emeği olan, tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ece DEMİRAY EROL' a teşekkürlerimi sunarım.

Çok değerli aileme, hayatımın her aşamasında, sevgi, destek ve güveniyle yanımda olduklarından dolayı teşekkür ederim.

Özlem Özkan KESBİÇ

Manisa, 2020



İÇİNDEKİLER

| | |
|------------------------|-------------|
| ÖZET..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| ÖNSÖZ..... | v |
| İÇİNDEKİLER..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | ix |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | x |
| GRAFİKLER LİSTESİ..... | xi |
| KISALTMALAR..... | xii |
| GİRİŞ..... | xiii |

BİRİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ: ENDÜSTRİ 4.0

| | |
|--|-----------|
| 1.1. ENDÜSTRİYEL GELİŞMENİN AŞAMALARI..... | 1 |
| 1.1.1. Endüstri Devrimlerinin Sonuçları ve Faydaları..... | 6 |
| 1.2.1. Önceki Endüstri Devrimlerinden Endüstri 4.0 'a Geçişin Farklılıkları..... | 7 |
| 1.2. ENDÜSTRİ 4.0 'IN ORTAYA ÇIKIŞI..... | 8 |
| 1.3. ENDÜSTRİ 4.0 'IN AMACI..... | 10 |
| 1.4. ENDÜSTRİ 4.0 'IN MODÜLER YAPISI..... | 15 |
| 1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler..... | 16 |
| 1.4.2. Eklemeli Üretim..... | 18 |
| 1.4.3. Nesnelerin İnterneti..... | 20 |
| 1.4.4. Akıllı Robotlar & Cobots..... | 22 |
| 1.4.5. Büyük Veri Analitiği..... | 25 |
| 1.4.6. Bulut Bilişim..... | 27 |
| 1.4.7. Artırılmış Gerçeklik & Sanal Gerçeklik..... | 29 |
| 1.4.8. Siber Güvenlik..... | 31 |
| 1.4.9. Yatay ve Dikey Haberleşme..... | 32 |
| 1.4.10. Endüstri 4.0'ın Diğer Bileşenleri..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 1.4.10.1. Yıkıcı İnavasyon..... | 33 |
| 1.4.10.2. Karanlık Fabrikalar..... | 40 |
| 1.4.10.3. Öngörücü Bakım..... | 46 |
| 1.4.10.4. Önleyici Bakım..... | 47 |
| 1.4.10.5. Kişiselleştirmiş Üretim..... | 48 |
| 1.4.10.6. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi..... | 50 |
| 1.4.10.7. Dijital Üretim İkizi..... | 51 |
| 1.4.10.8. Akıllı Şehirler..... | 53 |
| 1.5. ENDÜSTRİ 4.0 'IN DİZAYN PRENSİPLERİ..... | 54 |
| 1.5.1. Birlikte Çalışabilirlik..... | 55 |
| 1.5.2. Sanallaştırma..... | 57 |
| 1.5.3. Merkezi Olmayan Karar Yapıları..... | 57 |
| 1.5.4. Gerçek Zamanlı Veri Yönetimi ve Analitiği..... | 58 |
| 1.5.5. Hizmet Oryantasyonu..... | 61 |
| 1.5.6. Modülerlik..... | 64 |
| 1.6. ENDÜSTRİ 4.0 ' IN FAYDALARI VE FIRSATLARI..... | 66 |
| 1.7. ENDÜSTRİ 4.0 'IN BAŞLICA ZORLUKLARI..... | 73 |

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0' IN ETKİLERİ VE DÜNYADAKİ UYGULAMALARI

| | |
|--|-----------|
| 2.1. ENDÜSTRİ 4.0 'IN ETKİLERİ..... | 76 |
| 2.1.1. Büyüme..... | 77 |
| 2.1.2. İşsizlik..... | 79 |
| 2.1.3. Çalışma Biçimi..... | 81 |
| 2.1.4. Müşteri Beklentileri..... | 85 |
| 2.1.5. Akıllı Ürünler..... | 90 |
| 2.1.6. Yeni İş Modelleri..... | 91 |
| 2.1.7. Hükümet..... | 93 |
| 2.1.8. Ülke, Bölge ve Şehirler..... | 96 |
| 2.1.9. Eşitsizlik..... | 99 |
| 2.1.10. Orta Sınıf..... | 104 |
| 2.1.11. Sosyal Yapı..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| 2.2. ENDÜSTRİ 4.0' IN DÜNYADAKİ UYGULAMALARI | 105 |
| 2.2.1. Siber Fiziksel Sistemler..... | 105 |
| 2.2.2. Eklemeli Üretim..... | 106 |
| 2.2.3. Nesnelerin İnterneti..... | 107 |
| 2.2.4. Akıllı Robotlar - Kobotlar..... | 109 |
| 2.2.5. Büyük Veri Analitiği..... | 110 |
| 2.2.6. Bulut Bilişim..... | 112 |
| 2.2.7. Artırılmış Gerçeklik & Sanal Gerçeklik..... | 113 |
| 2.2.8. Siber Güvenlik..... | 114 |
| 2.2.9. Yatay Ve Dikey Haberleşme..... | 115 |
| 2.2.10. Karanlık Fabrikalar..... | 115 |
| 2.2.11. Öngörücü Bakım..... | 116 |
| 2.2.12. Yönlendirici Bakım..... | 117 |
| 2.2.13. Yapay Zeka..... | 117 |
| 2.2.14. Sensörler..... | 118 |
| 2.2.15. Akıllı Fabrikalar..... | 119 |
| 2.2.16. Dijital İkiz..... | 121 |
| 2.2.17. Akıllı Bağlantılı Ürünler..... | 122 |

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

REKABET GÜCÜ AÇISINDAN ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRKİYE

| | |
|--|-----|
| 3.1. ENDÜSTRİ 4.0 'IN DÜNYADAKİ DURUMU VE REKABET GÜCÜ ... | 123 |
| 3.2. ENDÜSTRİ 4.0 'IN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU VE REKABET GÜCÜ | 138 |
| 3.2.1. Swot Analiz..... | 151 |
| SONUÇ | 156 |
| KAYNAKÇA | 159 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Şekil 1: Sanayi Devrimi Tarihsel Süreci..... | 6 |
| Şekil 2: Üretim İşletmelerinde Ortaya Çıkacak Değişiklikler..... | 8 |
| Şekil 3: Yıkıcı İnavasyonun Pazar Yapısı..... | 35 |
| Şekil 4: Kondratief dalgaları..... | 36 |
| Şekil 5: Önleyici Bakım Süreci..... | 48 |
| Şekil 6: Akıllı Sistemlerin Entegrasyonu..... | 54 |
| Şekil 7: Dijital Dönüşümün Talep Ettiği Nitelikler..... | 84 |
| Şekil 8: Dijital Teknolojinin Yayılma Hızı..... | 85 |
| Şekil 9: BCG Üretim Maliyeti Endeksi, 2014(ABD=100)..... | 144 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Tablo 1: Geleneksel Üretim Modelleri ile Akıllı Fabrika Üretim Modellerinin Karşılaştırılması..... | 46 |
| Tablo 2: Üretim Gücü Sıralaması..... | 131 |
| Tablo 3: Endüstri 4.0 İle Geleneksel Teorilerin Rekabet Gücü Açısından Karşılaştırılması..... | 132 |
| Tablo 4: Ülkelerin Küresel Rekabet Gücü Sıralaması..... | 133 |
| Tablo 5: Küresel Rekabetselik Endeksi 4.0 (2018 – 2019)..... | 134 |
| Tablo 6 : Yöneticiler Bakımından İleri Üretim Teknolojilerinin Gelecekteki Önemi..... | 135 |
| Tablo 7 : Rekabet Gücü Sıralaması – 2018..... | 143 |
| Tablo 8 : Türkiye'nin İhracat ve İthalat Rakkamları 2010 – 2017..... | 145 |
| Tablo 9 : Ülkelerin Yüksek Teknoloji İhracat Rakamları..... | 146 |
| Tablo 10: Dijital Rekabet Sıralaması..... | 147 |
| Tablo 11: Dijital Rekabetçilik Alt Endeks Sıralaması..... | 147 |
| Tablo 12: WEF Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0:2018-2019 Türkiye..... | 148 |
| Tablo 13: İnovasyon Sıralaması: 2018..... | 150 |

GRAFİKLER LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Grafik 1: Dünyanın En Üst %1’lik Kesiminin ve En Alt %50’lik kesimin Küresel Gelir Payı..... | 100 |
| Grafik 2: Küresel Servetin Paylaşımında En Zenginler ile Küresel Orta Sınıfın Karşılaştırılması..... | 101 |
| Grafik 3: Dünyadaki Robot Üretim Miktarları(Bin Adet)..... | 127 |
| Grafik 4: Dünya Genelinde İşletmelerde Mevcut ve Tahmini Robot Üretim Miktarı..... | 128 |
| Grafik 5: Asya/Avustralya, Avrupa, Amerika Endüstriyel Robot Üretim Miktarı..... | 128 |
| Grafik 6: Endüstriyel Robot Üretiminde Yıllık En Yüksek Üretime Sahip 15 Ülke..... | 129 |
| Grafik 7: İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Üzerinde Olan Ülkeler..... | 129 |
| Grafik 8: İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Altında Olan Ülkeler..... | 130 |
| Grafik 9: Türkiye İmalat Sanayisinin Küresel Değer Zincirindeki Konumu..... | 145 |
| Grafik 10: Küresel Rekabette Türkiye’nin Yeri (2019)..... | 148 |

KISALTMALAR

| | |
|---------------------|--|
| AI | : Yapay Zeka |
| AGV | : Otomatik Klavuzlu Araçlar |
| BİT | : Bilişim ve İletişim Teknolojileri |
| CPS | : Siber Fiziksel Sistemler |
| CNC | : Bilgisayarlı Sayısal Kontrol |
| DOF | : Serbestlik Derecesi |
| DaaS | : Hizmet Olarak Veri Depolama |
| Endüstri 4.0 | : 4. Sanayi Devrimi |
| EB | : Exabayt |
| GB | : Gigabayt |
| HRC | : İnsan Robot İşbirliği |
| IIoT | : Endüstriyel Nesnelerin İnterneti |
| IVI | : Endüstriyel Değer Zinciri Girişimi |
| Iot | : Nesnelerin İnterneti |
| M2M | : Makineden Makineye İletişim |
| PLC | : Programlanabilir Mantık Denetleyisi |
| RFID | : Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojileri |
| SaaS | : Hizmet Olarak Yazılım |
| SPI | : Hizmet Olarak Altyapı |
| TB | : Terabayt |
| ZB | : Zettabayt |
| 3D | : Üç Boyutlu (Yazıcı) |

GİRİŞ

Günümüzde bilgi teknolojileri etrafında yoğunlaşan teknolojik devrim hızlı bir biçimde toplumun maddi temelini yeniden şekillendirmeye başlamıştır. Son üç yüzyılda, üretim şekli, geleneksel üretimden makineler ve makinelerden seri ve kitlesel üretime kadar büyük değişikliklere uğramıştır. Söz konusu değişimlerin katkısıyla, gelinen nokta, sürekli olarak işlenebilir veri paylaşımında bulunan makinelerin birbirleriyle iletişim kurabildikleri (makineden makineye iletişim veya M2M iletişimi) sistemlere sahip kitlesel kişisel üretim tarzıdır. Bu tarz dördüncü sanayi devrimi ya da endüstri 4.0 olarak ifade edilmektedir. Günümüzde endüstriyel dönüşümlerin hız kazanması üreticilerin, rekabet gücüne sahip olabilmesi için yenilik, dolayısıyla araştırma geliştirme konusunda ön sıralarda yer almalarını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu yarışta ülkelerin sadece değişen çevre koşullarına ve üretim altyapısına uyum sağlamakla kalmayıp, her şeyden önce yarının ihtiyaçlarını öngörebilmeleri de gerekmektedir. Bigi teknolojilerinin değişmesi ve çeşitli bilgisayarlı otomasyon yöntemleri sayesinde Endüstri 4.0, ticaretin gerçekleşme şeklini tamamen değiştirmektedir. Dördüncü sanayi devriminin oluşturduğu etki önceki devrimlerin aksine belli sektörlerle sınırlı kalmayıp tüm imalat sanayisini kapsamaktadır. Sanayileşme ve bilişim teknolojilerindeki hızlı ilerlemelerin gelecek nesil üretim teknolojisinin geliştirilmesinde çok önemli bir rolü vardır. Toplumsal ve teknolojik ilerlemelerde görülen hızlı gelişme iş ve günlük yaşamda önemli değişimleri de beraberinde getirmiştir. Yeni iş modellerinin kullanımdaki yaygınlığının artması sürekli olarak mevcut durumu etkilemektedir. Online alışveriş ve sanal işletmelerin artışı verilerin daha hızlı üretilmesine ve yayılmasına neden olmaktadır. Söz konusu teknolojik gelişmeler, otomobilleri şoförsüz ve şehirleri akıllı hale getirmekte, üretimin geleneksel yapısını değiştirmektedir. Günümüz fabrikaları, ürünleri kişiselleştirmek ve artan talebi karşılamak için ileri teknoloji kullanarak akıllı hale gelmektedir. Söz konusu gelişmeler dikkate alındığında, Türkiye ekonomisinin mevcut gelişmelerin dışında kalması, gelişmiş ülkelerle aramızdaki mesafenin daha da fazla açılmasına neden olacaktır. Bu nedenle, gelişmelerin takip edilmesi ve etkin politikaların uygulanması kaçınılmazdır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde 4. Sanayi Devriminin ortaya çıkışı, vizyonu, bileşenleri, tasarım ilkeleri, faydaları, fırsatları ve zorluklarına

yer verilmiştir. İkinci bölümde ise, Endüstri 4.0'ın etkileri ve bileşenleri kapsamında dünyadaki uygulamaları ortaya konulmuştur. Son olarak üçüncü bölümde, endüstri 4.0 kapsamında Türkiye ekonomisinin durumu ve rekabet gücü analiz edilmiş ve ortaya konulan swot analizi sonucu, Türkiye'nin 4. Sanayi devrimine ilişkin süreçte yerini almasına yönelik olası vizyon ve politikaları ortaya konulmaya çalışılmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ: ENDÜSTRİ 4.0

1.1. ENDÜSTRİYEL GELİŞİMİN AŞAMALARI

‘Endüstri Devrimi’ ilk olarak, 1760 – 1840 döneminde İngiltere’de gerçekleşen büyük ekonomik değişimi ifade etmek için kullanılmıştır. Bu dönemde, tarım yerini sanayileşmeye bırakmış, toplumlar ekonomik gelişmenin ve yapının temeli olan makineleşme ile tanışmıştır. Buhar motorunun icadıyla birlikte kömürün büyük ölçekte çıkarılması, demiryollarının gelişimi ve buna bağlı olarak insan ve malzeme mobilitesinin hız kazanması sayesinde toplum ve ekonomilerde önemli bir gelişme yaşanmıştır. Bunun yanı sıra, demirin dövülerek şekillendirilmesi ve diğer önemli icatların yapılması ilk fabrika ve şehirlere ait fikirlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Rao, 2018).

Araştırmacılar ve bilim adamlarına göre, günümüze kadar, üç büyük endüstri devrimi yaşanmıştır. Bu devrimler, 18. yüzyılın başlarına kadar olan tarım ve emek yoğun çalışma koşullarına sahip bir üretim tarzından, otomatikleşmiş ve programlanmış özel amaçlı makine ve robotlar tarafından ustalıkla idare edilen bir üretim tarzına geçişin önünü açmıştır. Bu geçiş insanların çalışma koşullarını değiştirmiş ve refahlarını artmıştır. Dördüncü endüstri devriminin, söz konusu birikimin etkisiyle, toplumu bütünsel olarak daha büyük ölçüde değiştirmesi beklenmektedir. Geline nokta ve devam eden süreci daha iyi anlamak için, önceki endüstriyel devrimlere ve etkilerine bir göz atıp sonrasında Endüstri 4.0 ile ilgili bazı temel terimleri açıklamak uygun olacaktır.

Birinci Endüstri Devrimi: Birinci endüstri devriminin başlangıcı 1784 yılında ilk mekanik dokuma tezgahının icat edilmesi olarak kabul edilmektedir. Ancak bu devrimin sonu kesin olarak belirlenememekle birlikte fabrikalarda geleneksel üretimden seri üretime geçiş 19. yüzyılın sonlarında gerçekleşmiştir. Bu dönem kesinlikle insanlık için kırılma dönemlerinden biri olarak ele alınmaktadır. Yüzyıllardır süregelen, toprağa ve tarıma dayalı olan bir dönem bu değişimle son bulmuştur. Bu dönemde, buhar motoru başta olmak üzere bir dizi yenilik ve icatla endüstriyel üretim başlamıştır (Kohout ve Paliskova, 2017: 4-5). İlk buharlı gemi

1803 yılında Amerikalı Robert Fulton tarafından inşa edilmiştir (Hartenberg, 1998). Buharlı motorların gemilerde kullanılmasından sonra 1804 yılında İngiliz Richard Trevithick dünyanın ilk buharlı lokomotifini üretmiştir (Cymraeg, 2008). Arkasından 1832 yılında pedallı dikiş makinesi ve diğer önemli buluşlar gerçekleştirilmiştir. Yeni teknoloji ve makinelerin icat edilmesi tarımsal üretimde de kendini göstermeye başlamış ve verimlilikte artışların yaşanmasını sağlamıştır. Kömür yeni enerji kaynağı haline gelirken, makine ve makine parçalarının gelişimi, mühendislik, madencilik ve benzeri bir dizi yeni sektörün gelişmesine yol açmıştır. Demiryolu taşımacılığının gelişmesiyle ulaşımda önemli niteliksel artışlar yaşanmıştır. Ayrıca, 1930'lu yıllarda telegraf ile mesaj göndermek mümkün hale gelmiştir. Ürünlerin kalitesindeki artışlar, gıdaların daha hızlı ve kolay taşınabilmesi ve daha iyi tıbbi ilaçların üretilmesi insanlığın refah seviyesini artırarak daha iyi yaşam koşulları sağlamıştır (Kohout ve Paliskova, 2017:4-5).

İkinci Endüstri Devrimi: İkinci endüstri devrimi 19. yüzyılın ortalarında (1850 – 1970) başlamıştır. İkinci endüstri devrimi sanayi ve toplumda büyük bir sıçrama olarak değerlendirilmektedir. Bu dönem önceden var olan endüstrilerin büyümesi ve yenilerinin eklenmesi dönemidir. Yeni teknolojilerin gelişimi, dünyayı değiştirecek iki değişimin ortaya çıkmasına yol açmıştır; toplu taşıma ve uçaklar. İkinci Endüstri Devrimi, küreselleşmeyi hızlandırmakla beraber bugünkü dünyamızın da kaba bir taslağını oluşturmuştur. İkinci Endüstri Devrimi ile birlikte sanayideki ana güç kaynağı olan buhar gücü yerini elektriğe bırakmıştır. Bu dönemdeki en önemli gelişme gaz ve elektrik gibi yeni enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Elektrik özellikle ulaşım ve haberleşme alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik icadı ekonomik büyümeyi de beraberinde getirmiştir. Elektrik üretimde kullanımı ile, tüketim malları toplu olarak üretilmeye başlanmıştır. İkinci Endüstri Devrimi elektrik devrimi olarak adlandırılabilir. (Skwirk Online). İkinci Endüstri Devrimi esnasında var olan imalat ve üretim metodları geliştirilmiştir. Örneğin inşaat sektöründe demir yerine çelik kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sebebi çeliğin daha ucuz ve daha dayanıklı olmasıdır. Bu ise daha az maliyetle demiryolu hatlarının kurulmasını ve haberleşmenin yayılmasını mümkün kılmış, gemilerin, gökdelenlerin ve daha uzun köprülerin yapılmasını kolaylaştırmıştır. Söz konusu gelişmeler 1870- 1890 döneminde sanayileşmiş ülkelerde bir verimlilik patlamasına neden olmuştur. Sonuç olarak mal fiyatlarındaki önemli düşüşler nedeniyle yaşam koşullarında önemli iyileşmeler ve refah artışı

gerçekleşmiştir (Vale, 2016). Yaşam standartları ve paranın satın alma gücündeki artış, yeni teknolojilerin daha önce hiç olmadığı kadar orta ve işçi sınıfının günlük yaşantısında yerini almasına neden olmuştur (Mokyr, 2003).

Bu dönemde, ilk seri üretim hattı 1870’li yıllarda Chicago ve Cincinnati tarafından et ambalajlama üretiminde kullanılmıştır. Daha sonrasında ise, 1930 yılının sonuna kadar dünyanın en büyük otomobil üreticisi olan Ford Motor Şirketi’nin sahibi Henry Ford 1913 yılında otomobil üretiminde ilk elektrikli seri üretim hattını kurdu (Assembly Line – History,). Ford, T 3000 model araba parçalarının montajını 84 aşamaya ayırarak bir iş bölümü sağladı. Bu yeni bir sürecin başlangıcıydı. Ford’un üretimde ortaya koyduğu bu yenilik bir araba için montaj süresini 12 saatten 90 dakikaya düşürmüştür (Ford Motor Company,). Bu sayede seri üretime geçilmiş ve geniş bir mozaikte insanlara yeni ürünlerin ulaşmasını imkanı hale getirmiştir.

Üçüncü Endüstri Devrimi: Üçüncü Endüstri devrimi teknolojinin analog elektronik ve mekanik cihazlardan günümüzün dijital teknolojisine ilerlemesi olarak tanımlanmaktadır. Üçüncü endüstri devriminin başlangıcı 1980’li yılların başlarına dayanmaktadır. Bu devrim aynı zamanda bilgi çağının başlangıcı olarak da adlandırılmaktadır. İnternetin icat edilmesiyle birlikte, dijital teknolojilerde gelişme ve ilerlemeler ortaya çıkmıştır. 1947 yılında transistorun icadı 1947-1979 yılları arasında dijital bilgisayarların gelişimine ve ilerlemesine zemin hazırlamıştır. 1980’li yıllarda bilgisayar daha aşına bir makine haline gelmeye başlarken birçok iş içinde de aynı zamanda zorunlu olmuştur. Üretim süreçlerinin bilgisayar tarafından kontrol edilmesi ile üretimin otomasyonunu, işlerin insansızlaşmasını beraberinde getirmiştir (Techopedia). İnternetin hızlı bir şekilde gelişmesi bilgisayarların küresel olarak sınırsız bir şekilde bilgi altyapısına bağlanmasını uygun hale getirdi. Bilgi artık kolayca paylaşılabilir – ulaşılabilir olduğundan, ticaret için de bir maliyet faktörü olmaktan çıkarak değer yaratma unsuru olarak yerini aldı.. Yeni teknolojiler dünya üzerindeki bilgi elde etmek, biriktirmek, transfer etmek isteyen herkese az ya da çok olanak sağlamaktadır. Bu yeni rekabetçi dönem ise Bilgi Çağı olarak adlandırılmıştır (Sampler, 1998: 344).

Üçüncü endüstri devrimi otomasyon, elektronik ve bilgi teknolojilerinin gelişimi gibi bazı karakteristik özelliklere sahiptir. Bu dönemde bilgisayar teknolojileri kullanılarak üretim hatlarının otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Temel değişim, mekanik üretimden otomatik üretime geçiş olarak ifade edilebilir. 1968

yılında General Motors tarafından ilk programlanabilir mantık denetleyicisi (Programmable Logic Controller, PLC) icat edildi (Plc Tutor, 2013). PLC'nin geliştirilmesi otomobil üretimi ile yakından ilişkilidir. Otomasyon sistemlerinin temel taşı olan PLC'ler gerçek zamanlı olarak üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesi için kullanılan nispeten küçük bilgisayarlardır. Fabrikalardaki üretim bölümlerinde veya makinelerin kontrolü gibi işlemlerin denetiminde kullanılmaktadır. Teknolojik ilerlemeler bilgisayarları küçültürken, performanslarını artırmaktadır.

Dördüncü Endüstri Devrimi - Endüstri 4.0: Endüstri 4.0, yeni bilgi ve iletişim teknolojilerinin, robotların ve siberetiklerin hızlı bir şekilde gelişmesini ve özellikle üretim alanında niteliksel değişiklikleri ifade etmektedir. Dördüncü endüstri devriminin toplumları bir bütün olarak önemli ölçüde değiştirmesi beklenmektedir. Geçtiğimiz 250 yıl boyunca meydana gelen sanayi devrimleri, üretim teknik ve teknolojilerinin büyük ölçüde değişmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, endüstri 4.0 üretim teknolojisinin geldiği son evre olarak tanımlanmaktadır. Devam etmekte olan değişim ve gelişmeleri daha iyi anlamak için, Endüstri 4.0'ı tanımlamak ve ilgili bazı temel terimleri açıklamak önemlidir.

Endüstri 4.0' a ilişkin herkes tarafından kabul edilen bir tanım bulmak zordur. Bakış açılarına bağlı olarak, endüstri 4.0 tanımı farklılık göstermektedir.

Deloitte AG (2015)'e göre Endüstri 4.0, imalat endüstrisine ait değer zinciri sürecinin organize edilmesinde ve yönetiminde yeni bir değişim aşamasını ifade etmektedir (Deloitte AG, 2015: 3).

Geissbauer, Vedso ve Schrauf (2016)' a göre Endüstri 4.0 ise, üretime yönelik fiziksel varlıkların tamamen kodlanmasını ve değer zinciri ile dijital sistemlerin entegrasyonunu ifade etmektedir (Geissbauer ve diğerleri, 2016: 6).

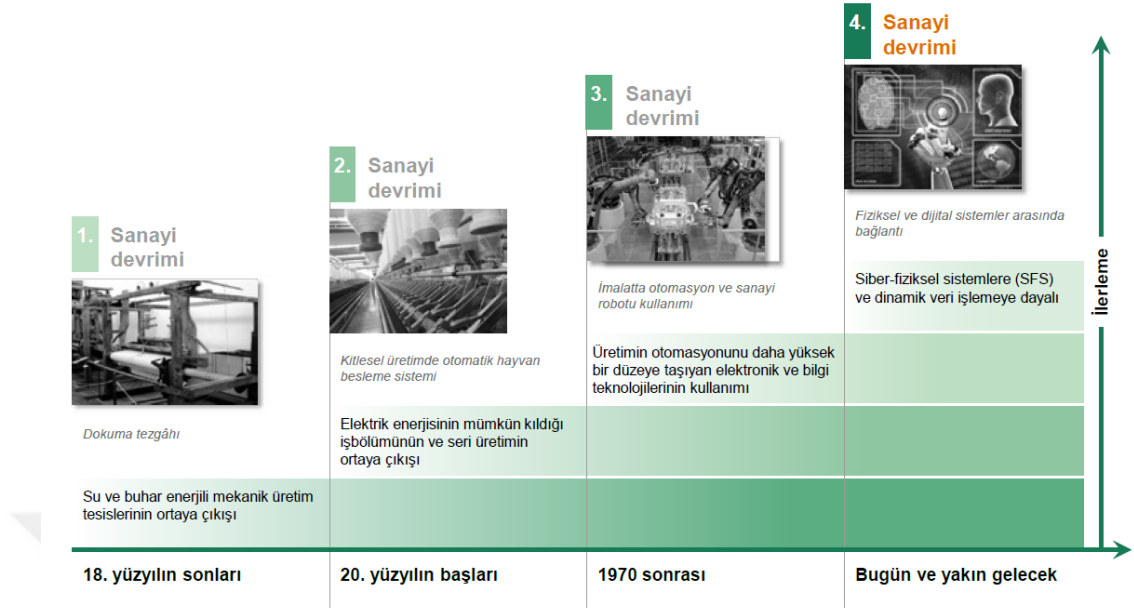
Bazı yazarlara göre ise, Endüstri 4.0 imalat endüstrisinin tamamiyle bilgisayarlaşması iken, bazılarına göre ise üretimi sanallaştırmanın bir yoludur. Endüstri 4.0, 21. yüzyılda pek çok yeni teknoloji gibi yeni bir kavramdan daha çok, var olan geliştirilmiş teknolojileri bir araya getiren bir kavramdır. Endüstri 4.0 üretimde ve üretim süreçlerinde üretimin otomasyon ve dijitalleşme seviyesini arttırmak için operasyonel gelişmişlik, iletişimsel gelişmişlik ve bilgi teknolojilerindeki gelişmişliğin sağladığı araçları kullanmaktır. Amaç üretim süreçlerindeki verimliliği artırmak ve yüksek seviyede ürün ve hizmet sunmak amacıyla bütün değer zinciri süreçlerini yönetmektir. (Gilchrist, 2016: 195).

Dördüncü endüstri devrimi diğer adıyla endüstri 4.0 aynı zamanda, dijitalleşme süreciyle bağlantılı güncel eğilimlerin bir adıdır. Büyük ölçüde imalat sektörüne odaklanmıştır. Ancak var olan potansiyeli üretimin çok daha ötesine geçmektedir (Woodhead, 2017: 4). Endüstri 4.0 Nesnelerin İnterneti ve üretim ortamıyla bütünleşen hizmetlerin İnterneti olarak ifade edilmektedir.

Endüstri 4.0, üretimi gerçekleştirme biçimimizi değiştiren, inovasyonun sınırlarını genişleten ve yeni üretim fırsatları doğuran bir dizi otomasyon, veri alışverişi ve üretim teknolojilerini benimsemektedir (Lobo). Endüstri 4.0 siber fiziksel sistemler nesnelerin İnterneti ve hizmetlerin İnterneti gibi bir dizi teknolojik kavramları içermektedir. Teknolojideki en umut vadeden gelişmelerden biri uçtan uca tedarik zincirinde gerçek zamanlı olarak bilgi akışının sağlanması ve bu doğrultuda hareket etme olanağının olmasıdır. Bu üreticilere tam zamanlı üretim ve kontrol mekanizması sağlamaktadır (Netland, 2015: 23). Endüstri 4.0, akıllı ürünlerin, makinelerin ve ekipmanların birbirinden bağımsız olarak bilgi alış - verişinde bulunması ve görevlerini bağımsız bir biçimde yerine getirmelerini mümkün kılan üretim yöntemi üzerine odaklanmaktadır. Bu sadece fabrika içerisinde değil, aynı zamanda fabrikalar ve tedarikçiler arasında da ilişkiyi kapsamakta ve yaygın değer yaratma ağları oluşturmak için genişletilebilmektedir (Howaldt ve diğerleri, 2017: 47).

Gerçekleşmeden önce ilan edilen ilk devrim olması nedeniyle diğer devrimlerden farklı olarak etkileri her gün tartışılmaya devam etmektedir. Daha önceki sanayi devrimlerinin tüm faydaları devrimler sonuçlandıktan sonra ortaya çıkmasına rağmen, diğer üçünden farklı olarak bu devrimde önlem alma ve tercihte bulunma şansının var olduğu düşünülmektedir (Gilchrist, 2016: 195).

Şekil 1. Sanayi Devrimi Tarihsel Süreci



Kaynak: (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013)

1.1.1. Endüstri Devrimlerinin Sonuçları ve Faydaları

Endüstrileşmenin etkileri göz önüne alınarak bakıldığında şaşırtıcı sonuçlarla karşılaşmaktadır. 1700 li yıllarda dünya 670 milyonluk bir nüfusa sahipken, 2011 yılına gelindiğinde sadece 300 yıl içerisinde 10 kat artarak 6,7 milyara ulaşmıştır (2019' da 7 milyarı aştı). Sadece 20. yüzyılda dünya ekonomisi 14 kat büyümüştür. Kişi başına düşen milli gelir yaklaşık 4 kat ve enerji kullanımı en az 13 kat artmıştır. Bu boyutta bir büyüme insanlık tarihi boyunca daha önce hiç gerçekleşmemiştir (Ramizov, 2019).

Günümüzde pekçok insan bugün endüstrileşmenin imkanlarından yararlanmaktadır. Bilgi ve üretim teknolojilerinin gelişmesiyle her birimiz önceki nesillere kıyasla daha az fiziksel işlerde çalışıyor ve daha az enerji harcamaktadır. İnsanoğlu endüstrileşminin beraberinde getirdiği zenginlik, sağlık, eğitim, seyahat ve yaşam beklentisi konusunda önemli bir ilerleme kaydetti. Bu artıların yanısıra, sanayileşme önemli ekolojik, sosyal ve psikolojik olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir.

1.1.2. Önceki Endüstri Devrimlerinden Endüstri 4.0'a Geçişin Temel Farklılıkları

Dördüncü sanayi devrimini öncekilerden farklı kılan, kapsamının sadece akıllı ve birbiriyle bağlantılı makineler ve sistemlerle sınırlı olmayıp, çok daha geniş kapsamlı olmasıdır. Dünya üçüncü sanayi devriminden fiziki ve sanal dünyanın birleştiği yeni endüstri devriminin ayrılmaz parçası olan birlikte çalışabilirlik, gelişmiş yapay zeka ve özerkliğe geçiş yapmıştır (Hwang, 2016: 10). 4. Endüstri Devrimi, daha önceki endüstriyel devrimlerden farklı olarak çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Dördüncü ve farklı bir devrimin varlığını vurgulamak için üç neden göz önünden bulundurulmalıdır.

- Hız: Önceki devrimlerden farklı olarak, dördüncü endüstri devrimi doğrusal olmak yerine üssel olarak gelişme göstermektedir.
- Genişlik ve Derinlik: Dijital devrime dayanarak, ekonomi, iş, toplum ve bireysel anlamda benzersiz paradigma değişimlerine yol açan çoklu teknolojileri birleştirmektedir.
- Sistemlere Etkisi: Ülkelerin, şirketlerin, endüstrilerin ve toplumun bütün alanlarında faaliyet gösteren sistemlerin topluca dönüşümünü içermektedir.

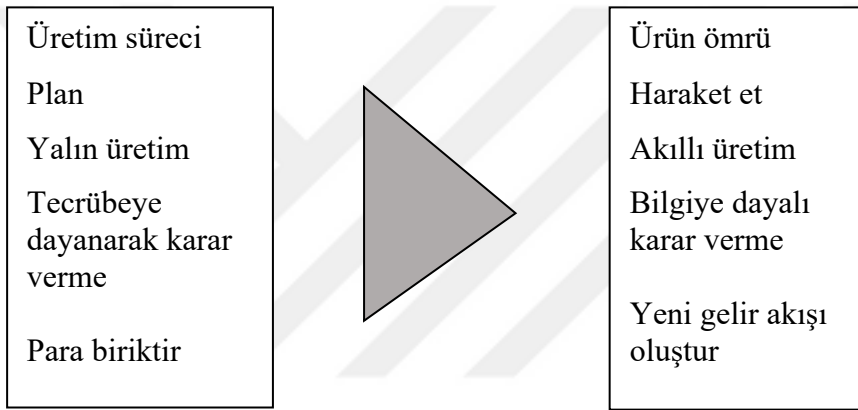
Farklılığı ortaya koyan bu üç nedene ek olarak Dördüncü Endüstri Devrimi'nin benzersizliği onun sahip olduğu üç önemli özellikte de toplanabilir.

- Teknolojik ilerlemenin üç yönünü (*dijital*, fiziksel ve biyolojik) ve bunların entegrasyonunu içermesi,
- İnternet üzerinden teknolojik ilerlemenin dünyaya hızlı bir biçimde yayılması,

- Etkilerinin insan yaşamının her alanına ulaşacak bir genişliğe sahip olması (University of Stellenbosch Business School, 2017: 6-7).

Söz konusu devrim, yeni ve temelden entegre bir üretim sistemi yaratmaktadır ve insanların, makinelerin ve kaynakların doğrudan birbiriyle iletişim kurmalarını mümkün hale getirmektedir. Endüstri 4.0 üretim sürecine genel olarak odaklanmak yerine spesifik bir ürünün yaşam döngüsüne odaklanmaktadır. Bu süreçte üretim işletmelerinde meydana gelecek en önemli değişiklikler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

Şekil 2: Üretim İşletmelerinde Ortaya Çıkacak Değişiklikler



Kaynak: Crnjac, Marina., Ivica Veža ve Nikola Banduka. (2017).

1.2.ENDÜSTRİ 4.0'IN ORTAYA ÇIKIŞI

Almanya, 2006, 2010, 2012 ve 2020 yıllarında gerçekleştirdiği *Yüksek Teknoloji Stratejisi Eylem Planları* ile yeni teknolojilerin desteklenmesini sağlayan pek çok proje ve politika belirlemiştir (Bledowski, 2015). Bu kapsamda, 'Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı' ile ortaya konulan projeler aşağıdaki gibidir:

- CO2 - nötr, enerji tasarruflu, iklime uyumlu şehir
- Petrole alternatif olarak yenilenebilir kaynaklar
- Enerji tedarikinin akıllı dönüşümü
- Kişiselleştirilmiş ilaçla hastalığın daha etkili tedavisi
- Sağlıklı diyet ve etkili önlemler yoluyla daha iyi sağlık
- Yaşlılığa kadar bağımsız bir yaşam sürmek

- Sürdürülebilir hareketlilik
- İş ve endüstriler için internet tabanlı hizmetler
- **Endüstri 4.0**
- Güvenli kimlikler (Federal Ministry of Education and Research, 2014).

Görüldüğü gibi, Endüstri 4.0, 2020 Yüksek Teknoloji Stratejisi Eylem Planı'nda yer almaktadır. Almanya bu plan ile birlikte, hızlı sosyal ve teknolojik gelişme üzerine yoğunlaşarak, inovasyon üreticileri arasında iş birliği sağlamak için bazı yapılar kurmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, *Araştırma Birliği Ekonomisi* tarafından Endüstri 4.0 çalışma grubu kurulmuştur. Bu çalışma grubu 2012 yılında 'Geleceğin Endüstri 4.0 Projesi için Önerilerin Uygulanması' (Implementation of recommendations for the future project Industrie 4.0) başlıklı bir rapor hazırladı. Bunun üzerine, bünyesinde 6.000 den fazla şirket bulunduran BITKOM, VDMA ve ZVEI gibi kuruluşlar Endüstri 4.0'ın devam etmesi ve geliştirilmesi için harekete geçti ve işbirliği anlaşması imzaladılar. Endüstri 4.0'ın tanıtımı 2013'te dünyanın en büyük sanayi fuarı olan Hannover Messe fuarında resmi olarak gerçekleştirilmiştir. Nisan 2015 yılında Platform genişletilerek şirketlerden, sendikalardan, bilimden ve politikadan da katılımcılar eklenmiştir. (Industry 4.0 Platform.). Alman ekonomisinin gelişimi için hükümet stratejisinin merkezi konumunda olan Endüstri 4.0 ve onun ne olduğu hakkında hem akademik alanda hem de diğer alanlarda yaygın olarak yayınlar yapılmaya başlandı. Son zamanlarda endüstri 4.0 dördüncü endüstri devrimi adı verilen, endüstrideki yeni gelişmeleri ve sanayi sektörünü etkileyen değişimleri tanımlamak için popüler olarak kullanılan bir slogan haline gelmiştir. Başlangıçta Endüstri 4.0 terimi sadece Almanca konuşulan bölgelerde yaygın olarak kullanılıyordu. Ancak, günümüzde, dünyanın diğer bölgelerinde de benzer kavramlar ortaya çıkmaya başlamıştır. General Electric tarafından bu terim *Endüstriyel İnternet* olarak tanıtılmaktadır. Farklı literatürlerde bir dizi farklı ifadelerle de rastlanmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılanları ise: *Akıllı Endüstri*, *Dördüncü Endüstri Devrimi* ve *Akıllı Üretim*'dir. (Ślusarczyk, 2018: 233-234).

Almanya dünyadaki en rekabetçi imalat sanayilerinden birine sahip olmakla birlikte üretim ekipmanları üretiminde de küresel olarak lider konumundadır. Bunun nedeni, Almanya'nın yenilikçi üretim teknolojilerinin araştırılması geliştirilmesi ve üretilmesi ve aynı zamanda endüstriyel süreçlerin yönetimi konusundaki uzmanlığıdır. Bu bağlamda, Alman ekonomisinde imalat sanayisinin yüksek kalitesi,

yüksek kaliteli üretim teknolojisine dayanmaktadır. Alman hükümeti tarafından önerilen Endüstri 4.0, üretim teknolojisini ve bunu destekleyen (BİT) Bilişim ve İletişim Teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır. Teknolojilerin kullanıcıları açısından bakıldığında bunun bir devrim mi yoksa mevcut teknolojilerin evrimi mi olup olmadığı konusunda bir fikir birliği mevcut değildir (Adolph, 2016: 8).

1.3. ENDÜSTRİ 4.0'IN AMACI

1970'li yıllarda başlayan bilgi ve teknolojilerin üretim endüstrisinde kullanımının geliştirilmesi temel dayanağını endüstri 4.0 ile bulmuştur. Modern bir sistemi içeren endüstri 4.0, makine ve tüm tamamlayıcı elemanların akıllı hale geldiği ağ yaklaşımı ve üst düzeyde özellikleri olan ispatlanmış internet temeline dayanan bir bağlantının parçasıdır. Esas olarak ele alındığında; Endüstri 4.0 yalnız üretim ile paralellik gösteren bir vizyona sahiptir (Dennis Kolberg, 2015).

Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da bilinen endüstri 4.0, üreticiler ve tüketiciler arasındaki ilişkiyi tamamıyla değiştirip, anlık ihtiyaçlara uyum gösterecek üretimi ve aynı zamanda birbiri ile ilişkili otomasyon sistemlerini tanımlamaktadır (Yıldız, 2018). Diğer bir deyişle bu otomasyon sistemleri, üretimin tamamlanması ve verimliliğin artması için, en etkin şekilde teknolojinin ve robotların kullanılmasıdır. Bu şekilde üretim seri bir şekilde ilerlemektedir (HDC Otomasyon | Endüstriyel Otomasyon Hizmetleri, 2016). Aynı zamanda seri üretimin yanında maliyetleri aşağı çekme ve verimlilik artışı sağlama özelliği olan teknolojileri sunmayı vaat eden Endüstri 4.0, heterojen yapısı nedeniyle, fazlasıyla müşteri ve veriye ulaşma kapasitesine sahiptir. Bu şekilde alıcılar ve piyasalar arasındaki iletişim uyumlu şekilde sağlanmaktadır (Robert Davies T. C., 2017).

Endüstri 4.0 görüşü, her ülke, şirket ve her araştırmacı için farklı vizyonlara sahiptir. Fakat genel bir bakışta 4 başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; akıllı fabrika, akıllı ürünler, iş modelleri ve müşterilerdir. Akıllı kelimesi bu devrimi tanımlamakta önemli bir rol oynamaktadır. Çoğu kişinin ortak vizyonunu ifade edebilmek açısından, bu kavramın vizyonunu şu şekilde tanımlayabiliriz. Reel zaman içerisinde iletişim kurabilen akıllı bir ortamda diğer akıllı aletlerle iş birliği yapabilen, kararlar alabilen ve esaslı fiiller gerçekleştirebilen hür ve özerk cihazlarla birleştirilip, bunların kullanımının sağlanarak akıllı ürün ve üretim süreçlerinin gerçekleştirilmesidir (A. C. Pereira, 2017). Bu vizyon, üretim adımlarını, kaynak

bağlantılarını düzenleyebilir ve koordine edebilir. Genel görevler makineler aracılığıyla gerçekleştirilebilir ve sonuç olarak çalışanlar katma değer yaratan işlere yönelebilirler. Devrim, üretim sürecine yeni bir yaklaşım getirmektedir (Andreas Schumacher S. E., 2016). Mahsul ve mahsul ağı, üretim yaşam süreci ve siber fiziksel sistem olmak üzere üç temel ögeye sahiptir. İlk olarak; üretim ağı, şirketlerin otomasyon düzeyini arttırdığından, bilgilerin tam olarak paylaşılmasının sağlanmasıdır. İkinci öge, üretim yaşam süreci için bilgi toplamadır. Diğer öge ise, endüstri 4.0 yeni teknolojilerinden olan siber fiziksel sistemlerdir ve bu sistemler aracılığıyla da gerçek ve sanal dünya bütünleşmektedir (Marianne Silva, 2018)

Endüstri 4.0, ihtiyaçları giderebilmek için, özünde akıllı, dinamik bir üretim sistemi ortaya çıkarmaktadır. Herhangi bir sorunla karşılaşıldığında minimum insan müdahalesini gerektirecek şekilde tepkime oluşmakta ve bu müdahalede insana en az ihtiyaç duyulacak şekilde bilgi özümseren sunulmaktadır (Koca, 2018). Bu sistem içinde, dijitalleşme kavramı yoğun bir şekilde karşımıza çıkar ve dijitalleşme, endüstri 4.0'ın bir nevi kişileştirilmiş şeklidir. Söz konusu dijitalleşme, siber fiziksel sistemlerin kullanımını içermektedir. Siber fiziksel sistemler aracılığıyla bağımsız iletişim, üretim, depolama ve kontrol yapılan tesislerle üretim sürecinde iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir (Marinko Maslarić, 2016). Gerçek dünya ile sanal dünyanın arasındaki çizginin ortadan kalkmasını ifade eden siber fiziksel sistemler sayesinde yaşanabilecek olumsuzluklar azaltılacak; istatistiksel veriler doğru şekilde analiz edilerek işletmelerin en iyi şekilde yönetilmesi sayesinde verimlilik arttırılacaktır (Zeki Yüksekbilgili, 2018).

Dijitalleşme sonucunda yeni kavramlarla karşılaşırız ve bu kavramlardan birisi de büyük hamleler yapabilmek için gerekli bilgiyi sağlayan daha iyi karar almaya neden olan “büyük veri” terimidir. Büyük veri, geleneksel yollar izlenerek kullanılması zor ve imkânsız olan çok büyük, karmaşık verilerdir (Wayne Thompson). Farklı kaynaklardan gelen gerçek zamanlı veriler işletmeye uyum gösteremez, yeni teknikler geliştirilmesini sağlayan veri akışı tabanlı görsel programlama modelleri ile sorunların çözümü, endüstri 4.0 vizyonuna atılan önemli adımlardan biridir (Mert Onuralp Gökalp, 2016). Büyük veri ortamında veri yönetim ve dağıtımı, kendini bilen ve kendi kendine öğrenen makineleri ortaya çıkarmak için hayati önem taşımaktadır ve bu büyük verilerin faydalı bilgilere çevrilmesi ise, Endüstri 4.0 fabrikasında sürdürülebilir bir yenileşim anahtarıdır (Jay Lee S. Y.-A., 2014).

Yeni devrim sürecinde, hızlı, kesin ve daha otomatik üretim söz konusu olması, yapay zekâ ile en uygun spesifikasyonların analiz edilerek belirlenmesi, çalışanlar için daha güvenilir bir ortam sağlanması (riskli ve ulaşılamayan ortamlarda akıllı robotlar çalıştırılarak), daha koordineli, verimli ve sürdürülebilir teknolojiler kullanılması en önemli hedeflerdendir (Dopico M., 2016). Genel anlamda ülkeler bazında; sosyal, çevresel ve ekonomik olarak sürdürülebilir değerler elde etme imkânı ve rekabet etme gücü; bireysel anlamda ise, insanların bu devrimde organizatörlük yaparak verimliliklerinin artırılması, içsel motivasyon ve yaratıcılıklarının ortaya çıkarılması sağlanacaktır (T. Stock, 2016).

Kurumların, geleceğe yönelik izledikleri politikalarında, endüstri 4.0 mecburi sınır olarak belirlemektedir. Var olan teknolojilerle birlikte sisteme yenilikler de dahil olmaktadır. Birbiri ile entegrasyon içindeki sistemler kaliteli endüstri dönüşümünü gerçekleştirecektir (Oktay Zihni Fırat, 2017).

Siber fiziksel sistemlerle yapılandırılmış akıllı fabrikaların vizyonu olarak 4. Sanayi devrimi, kendi kendini inşa eden, takip eden ve iyileştiren bir yapıya sahip üretim sistemleridir. İçerisinde nesnelere interneti, bulut tabanlı üretim ve sosyal ürün geliştirme gibi teknolojileri barındırmaktadır (Lane Thames, 2016). Hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) sayesinde; yapay zekâ, nesnelere interneti gibi devasa bir teknoloji ile karşı karşıya kalmaktayız ve bu teknolojilerin üretim sektörüyle entegre olmasıyla akıllı bir sistem meydana gelmektedir. İhtiyaçlara daha fazla karşılık vermesi, daha az zamanda ve maliyette kaliteli ürün ile pazarda yaşanan sıkıntıları hızlı şekilde çözüme kavuşturmaktadır. Endüstri 4.0 konsepti de bu kapsamda, üründen taşımacılığa kadar her alanı içermektedir (Pai Zheng, 2017). Yapısı gereği, bilgi teknolojileri yalın üretimle uyumludur ve 4.0 uygulamaları yanında yalın araçlar da geliştirilebilir (Habilov, 2017).

Yalın üretim, üretim ortamında çok sık kullanılan bir terim olmakla beraber, üretim sürecinde israfın azaltılmasını, insanların üretim süreciyle bütünleşmesini, devamlı iyileştirme ile değer yaratan eylemlere odaklanmayı ifade etmektedir (Beata Mrugalska, 2017). Burada geçerli olan, müşteri isteklerine öncelik veren, müşteri odaklı üretim yöntemidir. Bu bağlamda, devamlı iyileştirme ve sorunları çözebilme yapısı mevcuttur ve bu nedenle yalın üretim, sağladığı verimlilik ve kalite ile Endüstri 4.0'ın uygulanmasını olanaklı hale getirmektedir (Robert Davies T. C., 2017). Günümüzde kullanılan merkezi sipariş koordinasyon süreci, hedeflenen vizyona ulaşmak için aşırı maliyetlidir ve aşırı vakit kaybettirmektedir. Ayrıca önemli ölçüde

koruyucu malzeme gerektirmekte ve bir o kadar da israfa neden olmaktadır. Müşteri tarafından yönetilen yalın üretim stratejisi ise daha büyük bir başarı oranı sunmaktadır (Wilhelm Bauer, 2015).

Üretime yönelik fiziksel varlıklar ve hesaplama yeteneklerini birbirine bağlayan sistemleri yönetmek ve kontrol etmek için ortaya konulmuş dönüştürücü teknolojiler olarak ifade edilen siber fiziksel sistemler (CPS), büyük verilerin üretilmesine neden olmaktadır. CPS, akıllı, esnek ve uyarlanabilir makinelerin yönetimini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bunun için 5 seviyeli CPS yapısı önerilmektedir. 5C mimarisi olarak adlandırılan bu uygulama, birbirini izleyen iş akışı aracılığıyla, veri toplamadan nihai değer yaratılana kadar sistemin nasıl oluşturacağını tanımlayan bir yol göstericidir (Jay Lee B. B.-A., 2014). CPS düzenekleri ve gereçleri, piyasada kapasite gereksinimlerinin ve önerilerinin koordinasyonunu sağlar. CPS'lerden birinde bir aksaklık olursa, başka bir düzenek otomatik şekilde işlevi üstlenebilir ve düzenek gereçleri akışını ilk düzenekten bağımsız şekilde düzenler. Şirketlerin yönetimi açısından ilham verici olan yönü ise, insan gücüne ihtiyaç duymadan sanal olarak kendini düzenleyebilme becerisidir (Scheer, 2015).

Lin Wang (2016)'ın "Kişiselleştirilmiş İmalat Endüstrisinde Endüstri 4.0 Uygulaması" adlı makalesinde; bir akıllı özel mobilya fabrikasının; ilgili malzemeleri, üretim hatlarını, fabrikaları, tarafları ve ürünleri birbirine bağlamak için bilgi iletişim teknolojilerini ve siber fiziksel sistemleri kullanarak, M2M olarak adlandırılan bilgi iletimi yardımıyla makine ve insan arasındaki irtibatı sağladığını ve nesnelerin interneti aracılığıyla da fabrikanın bilgi alışverişini gerçekleştireceğini ifade etmektedir (Lin Wang, 2017). Lin Wang yaptığı bu çalışmasıyla mobilya sektöründe endüstri 4.0 vizyonunun ne olduğunu açıklamaktadır.

Schumacher (2016), imalat şirketlerinin endüstri 4.0 olgunluğunu incelemek ve etkin bir endüstri 4.0 stratejisi için başarıya götüren projelerin belirlenmesi yolu ile otomotiv imalat şirketlerinde yol haritaları geliştirilerek özgün bir model ortaya koymuştur (Andreas Schumacher S. E., 2016).

Caricato (2017) hazırlamış olduğu makalesinde, ambalaj filmleri üretimi için Endüstri 4.0 yöntemlerinin bir uygulamasını ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda, ambalaj filmleri üreten bir firmada Endüstri 4.0 tekniklerinin üretim, planlama, iş akışına uygulanması, güncel verilerin büyük oranda kullanılabilir olması ve geliştirilmiş planlama teknikleriyle kullanıcıların daha net ve sayısal olarak

görmeleri sağlanarak daha radikal kararlar almalarına yardımcı olunmuştur (Pierpaolo Caricatoa, 2017).

Endüstri 4.0 teşebbüsü, ürün ilerlemesindeki farklı düzenler arası yakından iş birliğini özendirilmektedir. Farklı alanlarda, uzmanların birbirleriyle olan işbirliği, başarılı bir süreci oluşturma, koordine etme üretim için büyük önem arz etmektedir. Varlık bilimi bazlı bir yaklaşım ile, sade ve anlaşılır bir görsellikle bağlantılı modellerin düzenlenip, görüntülenebildiği üç boyutlu ortamlar tavsiye edilmektedir (Johannes Herter, 2016).

Endüstri 4.0'ın özünde görülmektedir ki, verilerin toplanması, gözlemlenmesi ve analizini sağlayan verimli bir iş modeli yaklaşımı kabul edilmiş, yüksek verimlilik, tasarruflu enerji, minimum kaynakla hızlı, kaliteli, güvenilir, minimum maliyetli üretim amaçlanmıştır (Öztürk, 2017). Dördüncü sanayi devrimi teknolojilerinin benimsenmesi, ülke ekonomilerinin ve şirketlerin sürdürülebilir büyüme elde etmesini sağlayacaktır. Daha hızlı tasarım, yeni ürünler, azalmış riskler, atıkların ortadan kalkması gibi avantajlar da söz konusudur. Bu noktada, ürün yeniliği, pazarlama, dağıtım ve satışların sorunsuz ve bütünsel bir iş modeline entegre edilmesi önem arz etmektedir (Püskül, 2019).

Endüstri 4.0'da temel amaç, sabit bir üretim planına ihtiyaç duymadan makinelerin aynı anda birbirleriyle iletişim kurduğu merkezi olmayan bir üretim sistemine geçmektir. Akıllı fabrikaların üretim bölümü bulut yoluyla küresel tedarik ve talep ağları içine girebilmektedir. Sistemler otomatik olarak kendi kendini düzeltme, optimize etme ve yapılanma yeteneğine sahip olabileceklerdir. Ulaşılmak istenen hedef talepteki değişikliklere otomatik olarak yanıt verebilen akıllı tedarik zinciri ağları yaratmaktır. Dolayısıyla Endüstri 4.0 gerçekleştiği zaman ürün ve hizmetlerin tasarlanması, üretimi ve teslimi konusunda bir devrim yaratacaktır (Netland, 2015: 23).

Endüstri 4.0'ın başlıca vizyonu radyo frekans tanımlama teknolojisi sayesinde birbirleriyle iletişim kurabilen tam otomatik sistemlerle donatılmış Akıllı Fabrikalar (Smart Factories) yaratmaktır. Radyo Frekans ile tanımlama (RFID) teknolojileri sayesinde tedarik ve üretim süreci tüm noktalarda izlenebilir ve kontrol edilebilir olacaktır. Dijitalleşme ve otomasyon sistemlerine geçişler her ülkede çeşitli yoğunluk düzeylerinde gerçekleşmektedir. Halihazırda Çek Cumhuriyeti'nde Endüstri 4.0'ın bazı özelliklerine sahip akıllı fabrikalar bulunmaktadır (örn: Mohelnice'deki Siemens). Mohelnice'de bulunan bu şirket tamamiyle

dijitalleştirilmiş yeni nesil fabrikalara sahiptir. Bu fabrikalarda, makinelerin nasıl çalıştığı düzenli bir şekilde elektronik olarak izlenmekte ve üretim sürecinde oluşan gerçek zamanlı veriler dijital hale getirilmektedir. (Kohout ve Paliskova, 2017: 4). Dijital üretim üreticilerin bir müşteri için daha ekonomik ve verimli bir üretim yapabilmesi için kitlesel üretimi ölçeklendirebilme yeteneğidir. Bu ise Endüstri 4.0'ın vizyonu olan üretim süreçlerini ve teknolojiyi bütünleştirerek maliyet verimliliğinde, zaman verimliliğinde ve esneklikte önemli bir artışa ulaşmasıyla mümkündür (Jain ve Tanmoy, 2017: 3). Endüstri 4.0'da temel amaç, bilişim ve iletişim teknolojilerinde kaydedilen ilerlemeleri kullanarak yakın gelecekte üretim işletmelerinin yararlanmasını sağlamaktır. Bu nedenle bu teknolojilerin üretim sistemlerine artan ve tutarlı bir biçimde girmesi önemlidir. Ayrıca enerji ve kaynak verimliliğinde artan bir iyileşme sağlanması ve demografik değişimden kaynaklanan talepleri karşılamak için endüstrinin ayarlanması amaçlanmaktadır (Adolph, 2016 :8-9).

Özetleyecek olursak, Endüstri 4.0'ın vizyonu insanların, makinelerin, lojistik sistemlerin ve üretim sürecine dahil olan bütün bileşenlerin birbirleriyle iletişim kurduğu ve iş birliği yaptığı kendini yöneten üretim süreçlerini oluşturmaktır. Talep miktarına göre üretim yaparak düşük maliyetli kişiselleştirilmiş seri üretimi gerçekleştirmektedir. Üretim ve lojistik süreçleri akıllı bir biçimde birbiriyle entegre olarak daha verimli ve esnek bir şekilde çalışarak yalın üretimi gerçekleştirmektedir. Bu, ürünün tasarımı, üretimi, kullanımı ve bakımı ve geri dönüşüme ulaşmasına kadar tüm yaşam döngüsü aşamalarını içeren akıllı değer oluşturma zincirlerini hızlandıracaktır (Lydon, 2018).

1.4. ENDÜSTRİ 4.0 'IN MODÜLER YAPISI

Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemler, eklemeli üretim, nesnelerin interneti, akıllı robotlar-kobotlar, büyük veri analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçekçilik, siber güvenlik, yatay ve dikey entegrasyon gibi çeşitli ileri teknolojileri bünyesinde bulundurmaktadır. Bu teknolojilerin birçoğu son birkaç yıldır gelişmekte veya geliştirilmektedir. Söz konusu teknolojilerin bir araya getirilmesi sayesinde ortaya çıkan sonuç eşi benzeri görülmemiş bir hız ve derin bir etkinin ortaya çıkmasıdır. Genel hatlarıyla bu teknolojiler Endüstri 4.0 teknolojileri olarak adlandırılmaktadır. Bu teknolojiler yeni iş yapma biçimleri sağlamakla birlikte yeni ürün ve hizmetler

oluşturma ve üretimini organize etmenin yeni yollarını sunmaktadır. Bütün bunlar değişen ekonomik koşullara uyum sağlayabilen, değişen pazar talepleriyle baş edebilen ve hızla büyüyen uluslararası rakiplerle rekabet edebilecek şekilde bütün zorlukların üstesinden gelebilecek bir endüstri yaratmak için gereklidir. Önümüzdeki on yılda üretim anlayışı, akıllı ve esnek üretim sistemlerine sahip çoklu bir yapıya dönüşecektir. Ürünler, makineler ve üretim tesisleri, şirketler ve değer zinciri arasında son derece ayrıntılı düzeyde bir bağlantı olacaktır (Smartindustry, 2017: 10-11). Aşağıda bu bağlantıyı sağlayacak olan teknolojilere genel bir bakış ve bunların üretim ortamında kullanımlarına yer verilmiştir.

1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler

Siber Fiziksel Modeller doğal ve insan yapımı sistemlerin meydana getirdiği üretim alanı ile hesaplama, iletişim ve kontrol sistemlerinin oluşturduğu siber alanların birbiriyle entegre olduğu sistemler olarak tanımlanmaktadır (Mourtzis ve Vlachou, 2018: 180). Diğer bir ifadeyle, Siber Fiziksel Sistemler sanal alan ile fiziksel alanı internet ile birbirine entegre eden modellerdir (Tuğlu, 2017: 12-13). Siber Fiziksel sistemler üretim sürecindeki her parçasının bir kopyasını internet yardımıyla siber alana aktarmakta ve siber alanda yer alan bu nesnelerin birbirleriyle iletişime geçmesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın en önemli parçası olan bu teknoloji üretim sürecine günümüzün basit sistemlerinin yapamadığı kapasite, uyarlanabilirlik, ölçeklendirebilirlik, esneklik, güvenilirlik ve kullanılabilirlik gibi önemli kolaylıklar getirmektedir. Siber Fiziksel sistemler aynı zamanda Siber Fiziksel Üretim sisteminin oluşmasını ve akıllı fabrikalarda ekipmanların da akıllı hale gelmesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0 da akıllı fabrikaları kurabilmek için Siber Fiziksel Sistemler kullanılmaktadır (Xu ve diğerleri, 2018: 2947). Siber fiziksel sistemler internet üzerinden iletişim kurmakta ve internet servislerini kullanmaktadır. Sensörler aracılığıyla çevrelerindeki sıcaklığı, basınç ve hareketleri analiz ederek elde ettikleri verileri değerlendirmektedirler. Bu verileri kaydederek ve aktülatörleri kullanarak fiziksel çevrelerini etkileyebilmektedirler (International Controller Association, 2015: 11). Çoğu durumda veriyi işlemek veya depolamak için bulut bilişim depolama alanları kullanılmaktadır. İşlendikten sonra elde edilen veriler birkaç amaç için kullanılmaktadır. Örneğin bir siber fiziksel sistem müşteri

ihtiyaçlarını daha iyi anlamak amacıyla ürünün nasıl kullanıldığına dair bilgiler toplamak için kullanılabilir (Road2CPS, 2016: 4).

İnsanların siber fiziksel sistemler ile etkileşime girebilmesi için insan makine ara yüzleri (örneğin dokunmatik ekran) kullanılmaktadır. Kullanılan bu ara yüzler aracılığıyla ses ve hareketlerle sistemler yönetilebilmektedir. Siber fiziksel sistemler ilerleyen aşamada bireysel fonksiyonlarını kendi başlarına otomatik birleştirerek tamamen yeni yetenekler geliştirebilirler (International Controller Association, 2015: 11).

Siber-fiziksel sistemler, havacılık, tarım, otomotiv, kimyasal üretimi, enerji, eğlence, finans, sağlık, malzeme, perakende ve ulaşım gibi sektörler üzerinde derin etkiler yaratarak hayatımızın her alanına nüfuz etmektedir. Gelecekte siber fiziksel sistemler, daha az insan kontrolünde ve daha fazla hesaplama çekirdeği yer alan zekaya dayanacaktır. Örnek vermek gerekirse otomatik arabalardaki otomatik fren sistemi, hesaplama çekirdeği sayesinde insandan daha hızlı algılayabilir ve daha hızlı yanıt verebilir. Günlük yaşamımız, refahımız bu sistemlere daha fazla bağlı olacaktır (Wing, 2016).

Siber fiziksel sistemler fiziksel dünyayı hissetmek ve etkileşim kurmak için, uygulamada gerçek zamanlı ve garantili performans desteği vermek için tasarlanmıştır ve mevcut sistemlerin evrimselleşmesini temsil etmektedir. Söz konusu sistemler modern teknolojik cihazların çoğunda var olan merkezi kontrol üniteleridir. Genellikle cihaza özgü uygulamaları gerçekleştirmek için bilgi işlem sistemleri olarak çalışmaktadır. Ancak çevrimiçi dünyaya bağlanma kapasitesi sınırlıdır. Birbirleriyle ve çevrimiçi dünyayla topladıkları verileri iletme yeteneği eklendiğinde gömülü sistemler gelecekte siber fiziksel sistemlere dönüşecektir. Bu sistemler üretim süreçlerinde gerçek zamanlı veriler sağlayarak modern üretim sistemlerine nazaran kalite, zaman, kaynak ve maliyet avantajı sunacaktır (GTAI, 2014: 7-8).

Dijital simülasyon yoluyla herhangi bir ürün veya fabrika sanal ortamda da kurulabilmektedir. İlk tasarım değişikliklerinden sonra ürün veya fabrika test edilebilmekte ve doğrulanabilmektedir. Buna ek olarak artırılmış gerçekçilik ve sanal gerçekçilik gibi ileri görselleştirme teknikleri ile hassas dijital yapılar oluşturulabilmektedir. Böylelikle fiziksel model sanal tasarıma dayalı olarak kurulduğunda hata ve başarısızlık payı az olmasının yanısıra para ve zaman tasarrufu sağlamaktadır (Jain ve Tanmoy, 2017: 7).

Siber fiziksel sistemi oluşturan teknik detaylar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Stankovic, 2014);

- Gömülü işlemcilere dayanan ve dolayısıyla veri depolama için belleği arttıran çok sayıda cihaz.
- CPS kontrol algoritmasının kalitesi, bilgi işlem iş yükünün yoğunluğunu ve güvenilirliğini etkileyebilir.
- Yanıt süresi geri bildirim gecikmesini karakterize eder. Geri bildirim gecikmesi ne kadar fazla olursa, nesnenin kalite kontrolü o kadar kötü olur.
- Büyük sistemlerde farklı teknolojik trendlerin kombinasyonu: IoT, Akıllı çevre, vb.
- Bilgi hacimlerinin büyümesiyle, bir insanı döngüde tutarak CPS kontrolünün bir kısmını aktarmak gerekir.

Siber fiziksel sistemlerinin birçok avantajı ve ayırt edici özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır (Wang ve Wang, 2018; Sobhrajana ve Nikam, 2014)

- Gömülü ve mobil algılama.
- Etki alanları arası sensör kaynakları ve veri akışları.
- Siber ve fiziksel bileşenlerin etkileşimi.
- Eğitim ve uyum sağlama yeteneği.
- İnternet üzerinden birlikte çalışabilirlik (IoT gibi).
- Merkezi otomatik kontrol ile sistemlerin (ATM ve POS gibi) güvenilir şekilde çalışmasını sağlamak.
- Sistem içi ve sistem dışı bilgi güvenliği yanında, kripto sistemler, güvenlik duvarları, antivirüsler vb. şeklinde değişim sağlayan ortak bir siber alanın varlığı.
- İşlem güvenilirliği ve sertifikası
- Sistemin sağlamlığı otomatik entelektüel kontrol ile sağlanır.
- İnsan döngünün içinde / dışında olabilir.

1.4.2. Eklemeli Üretim

Günlük konuşma dilinde, eklemeli üretim genellikle “3D baskı” olarak adlandırılmaktadır (Lipson ve Kurman, 2013). Eklemeli üretim (AM) veya hızlı

prototipleme olarak da bilinen bu üç boyutlu baskı (3D baskı) uzun yıllardan beri süre gelmektedir. İlk çalışan 3-D yazıcı 1984 yılında Charles W. Hull tarafından tasarlanmıştır ve 1986 yılında 3D Systems adlı ilk 3D yazıcı şirketi kurulmasıyla yepyeni bir sektör ortaya çıkmıştır (Bogue, 2013). Ayrıca hızlı üretim veya 3D baskı olarak da bilinen eklemeli üretim, büyük ölçüde şirketler ve endüstriler için büyük etkileri olan yeni ve yıkıcı bir üretim teknolojisi olarak yerini almıştır (Phaal ve diğ., 2011). Bu sayede bir veriyi çok hızlı bir şekilde çıktıya dönüştürmek mümkün olabilmektedir. Günümüzde bu dönüşümü gerçekleştiren makinelere 3 boyutlu yazıcılar adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle 3 boyutlu yazıcılar bilgisayarda çizilen 3 boyutlu resimleri elle tutulur nesne haline dönüştürmektedir. Şimdiye kadar 3 Boyutlu yazıcılar ile genellikle plastik kullanılarak üretim yapılmaktaydı (Ranier, 2016: 9). Artık metal parçaları üretmek için de 3 boyutlu yazıcılar kullanılmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar karmaşık ve özel parçaların üretim maliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca 3 boyutlu yazıcılarla gerçekleştirilen katmanlı üretim, geleneksel üretim sınırlarını aşarak daha önceden imkansız tasarım ve üretim fırsatları sunmaktadır. Bu sayede, mühendisler ve ürün tasarımcıları yeni fikirleri test etmek için gerekli olan parça tasarımlarını hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler. Bu ise şirketlerin inovasyon hızının artmasına ve pazara daha önce hiç olmadığı kadar hızlı yeni ürünlerin sunulmasına yardımcı olmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar son zamanlardaki gelişmelerle birlikte geleneksel üretim süreçlerinde devrim yaratmıştır. Bu yazıcılar üreticilerin pazara ürün çıkarma hızını artırmada, daha hafif ve daha güçlü ürünler üretmede, verimliliği artırmada, maliyetleri azaltmada ve daha önce oluşturulamayan ürün geometrilerini oluşturmada büyük fırsatlar sunmaktadır. Söz konusu teknoloji, tıp, otomotiv ve havacılık endüstrisinin gelişmesinde önemli rol oynayacaktır.

Eklemeli üretim, tarihteki en değerli üretim biçimlerinden biri olmaya aday bir üretim teknolojisidir (CSME BULLETIN, 2018: 6). Herhangi bir eklemeli üretim işlemi; işleme, döküm veya şekillendirme gibi geleneksel üretim metodlarından çok daha farklıdır (Huang ve diğerleri, 2015: 1). Malzeme atıkları ve enerji maliyetleri en aza indirilmekte ve hızlı prototipleşme ve talebe bağlı olarak üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede pazardaki tasarım döngüsü hızlandırılabilir. Akıllı olması beklenen yeni nesil eklemeli üretim teknolojileri Endüstri 4.0 dediğimiz üretimin dijital dönüşümünde merkezi rol

üstlenecektir (CSME BULLETIN, 2018: 6). Eklemeli üretim ürünlerin pazara çıkış süresini kısalttığı için rekabet gücünü artırıcı bir teknolojidir (Deshpande, 2017).

Eklemeli üretim temel olarak dijital makinelerin birbiriyle iletişimine (machine to machine M2M) dayanmaktadır. Makineden makineye (M2M) iletişim, süreç ve veri analizi, güvenli dosya aktarımı ile eklemeli üretimin uygulama kapasitesini en etkin şekilde kullanabilmesi için kritik öneme sahiptir (Deshpande, 2017).

Eklemeli üretim ve 3D yazıcı teknolojisi 1980 yılından beri mevcut olmasına rağmen fazla önem verilen bir teknoloji olmamıştır. Ancak 3D teknolojisi kullanılarak üretilen ürünlerin pazar dinamiklerini değiştirme gücünün farkına varılması, son 10 yılda söz konusu teknolojinin ön plana çıkmasına neden olmuştur (Müller ve Karevska, 2016: 4).

Eklemeli imalatın üretime sağlamış olduğu faydaları şu şekilde sıralayabiliriz (Attaran, 2017);

- Endüstriyel verimlilik
- Kitlesel kişiselleştirme
- İsteğe bağlı üretim
- Merkezi olmayan üretim
- Parça üretimi
- Komple sistemleri yazdırma
- Kalite iyileştirme
- Maliyet gerektirmeyen değişiklikler ve yeniden tasarımlar
- Artan tedarik zinciri yeterliliği
- Sürdürülebilir üretim girişimleri
- Talep üzerine parça üretimi

1.4.3. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti genellikle bir şeyleri internete bağlamak ve bu bağlantıyı kullanarak bir tür uzaktan izleme veya kontrol sağlama olarak düşünülmektedir. Bu bağlamda, Nesnelerin interneti denetlenebilen ve programlanabilen akıllı ve görünmez bir ağ oluşturarak, ürünlerin birbiriyle doğrudan ya da dolaylı olarak iletişim kurabilmelerine imkan tanımaktadır. (Chase, 2013: 1-2). Sadece ürünler

değil aynı zamanda çok sayıda, alet ya da cihaz birbiriyle entegre olabilmekte ve verileri kamu yada özel ağlar yardımıyla paylaşabilmektedir. Söz konusu çalışma sistemi kablosuz ağ sistemine dayanmaktadır. Bu sistem, farklı değişkenleri ölçmekte ve elde ettiği verileri işlemek için merkezi kontrol noktasına yönlendirmektedir (Ghuman, 2016: 312).

Doksanlı yıllardan sonra internet yaygın olarak tüketici piyasalarında ve kurumsal pazarlarda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak ağa bağlanmak sınırlı olduğundan dolayı kullanımı çok yaygın olmamıştır. 2000'li yıllardan sonra internet birçok uygulama için normal hale geldi ve bugün bilgiye erişim sağlamak çok kolay bir hal almaya başladı. Tahminlere göre 2030 yılında 50 milyar nesne internete bağlı olacaktır. Zaman geçtikçe, makineler, gönderiler, altyapı ve cihazlar, çevrelerini izleyen, durumlarını rapor eden, talimat alan ve aldıkları talimat doğrultusunda hareket etmeyi sağlayan ağ bağlantılı sensörler ve aktüatörlerle (mekanizmayı veya sistemi kontrol eden veya hareket ettiren motorlar) donatılmaktadır. Hatta insanlar dahi sensörlere sahip cihazlarla donatılmaktadır. Bu sayede uzmanlar tarafından sağlık durumları izlenebilmektedir. Aslında nesnelerin interneti terimi ile kast edilen şey budur. Üretim açısından bakacak olursak, bu sayede yönetici istediği zaman üretim ortamında olup bitenden haberdar olabilmekte, tesisler, dağıtım merkezleri, hatta mağaza rafları aracılığı ile malların ve malzemelerin durumu ve akışı gözlemlenebilmektedir. Makinaların gerçek zamanlı olarak izlenmesi, fabrikalarda mal akışının daha iyi kontrol edilebilmesini ve acil durumlarda harekete geçilerek ya da sorunların ortaya çıkması durumunda önleyici müdahalede bulunarak aksaklıkların giderilebilmesini sağlamaktadır (McKinsey Global Institute, 2013: 51). Buzdolabından, sokak lambalarından karmaşık makinelere kadar her şeyin ağa bağlı olması ve hepsini algılayabilen kontrol edilebilen ve geri bildirim sağlayan sensörlere sahip olması mümkündür. Bugün bile neredeyse her elektronik cihaz internet üzerinden birbiriyle iletişim kurabilmektedir. Dijital dünya artık yaşamımızın bir parçasıdır ve biz istesek de istemesek de bizim isteklerimizi ve eylemlerimizi etkilemektedir.

1.4.4. Akıllı Robotlar – Kobotlar

Robot kavramı, yeniden programlanabilir, çok işlevli olan ve insanlar tarafından yapılan çok çeşitli görevleri yerine getirmek için kullanılan otomatik bir makine olarak tanımlanabilir. İnsan formuna benzeyen ve onlar tarafından yapılan rutin işleri tekrarlayan robotlar inşa etmek için birçok araştırma yapılmaktadır. İnsanların endüstriyel faaliyetlerini gerçekleştirmek için tasarlanan geleneksel robotlar, yüksek hız ve hassasiyetle tek bir görev yaparken, kullanım kolaylığı ve maliyet verimliliği gibi birçok karmaşıklığa sahiptir. Bu robotların programlanması, uzun zaman gerektiren ve yorucu bir görev olan yoğun miktarda kodlama gerektirir. Geleneksel robotların bu zorlukları, yapay zeka (AI) ile oluşturulan robotlar kullanılarak aşılabılır. Yapay zekayı (AI), AI algoritmaları ve programlama ile kontrol edilen robotlar oluşturur; ancak bu durum yaratılan tüm robotların akıllı olduğu anlamına gelmez. Oluşturulan endüstriyel robotlar, çoğu zaman belirli bir görevi tekrarlayan hareketi gerçekleştirmekte kullanılır. Buna örnek olarak, bir reçel üretim ünitesinde reçel kavanozu kapağını kapatmak için tasarlanmış endüstriyel bir robot verilebilir (Liu, Zhang, Pan, Li ve Chen, 2020).

Endüstriyel robotlar, çok yönlülük ve esneklik özelliklerine sahip makinelerdir. Amerikan Robot Enstitüsü'nün tanımına göre, bir robot, çok çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesi için değişken programlanmış hareketlerle malzemeleri, parçaları, araçları veya özel cihazları taşımak için tasarlanmış ve yeniden programlanabilir çok fonksiyonlu bir manipülatördür. 1980 yılına dayanan böyle bir tanım, robotik teknolojisinin mevcut durumunu yansıtmaktadır (Siciliano, 2010: 17).

İlk endüstriyel robot 1961 yılında, Devol ve Joseph Engelberger tarafından 1956 yılında kurulan ilk robot şirketi Unimation'da, üretimi gerçekleştirilmiştir. Robot, bir ray üzerine monte edilmiş ve bir kavrayıcıya sahip mekanik bir koldan oluşuyordu. Daha sonra Devol ve Engelberger'in robotik otomasyon konusundaki vizyonu bir gerçeklik haline geldi ve milyonlarca kol tipi robot inşa edildi. Bu kol tipi robotlar kaynak, boyama, makine yükleme ve boşaltma, elektronik montaj ve paketleme gibi işlerde kullanıldı. Sonuçta bu robotların kullanımı verimliliğin ve ürün kalitesinin artmasına neden oldu. Bugün satın aldığımız birçok ürün bir robot tarafından monte edilmektedir (Corke, 2017: 1-2).

Endüstri 4.0 dönemi, üretimde, sürekli değişen tüketici taleplerine hızlı yanıtlar verirken aynı zamanda üreticilerin rekabet üstünlüğü sağlamak için, üretim

verimliliğini ve kalitesini sürekli olarak iyileştirmelerini gerektirmektedir. Bu amaçla, sürekli değişen talebi karşılayacak kitlesel üretim yüksek verimlilik, süreklilik ve tekrarlanabilirlik otomasyon ile sağlanmaktadır. Üretim sürecinde insan faktörünün bu yüksek hız ve tekrarlanabilirlik olgusuna uyum sağlaması fiziksel güç, dayanıklılık, hız vb. açısından sınırlıdır. Bu sınırlamalar verimliliğin ve kalitenin düşmesi ile sonuçlanabilmektedir. Tüm bunlar üretimde otomasyon ve emek faktörünün yani insanın birleştirilmesi konusunu gündeme getirmektedir. Robotların ve insanların üretim görevlerini tamamlamak için işbirliği yapması bir robot disiplini olan İnsan-Robot İşbirliği (HRC) ile sonuçlanmıştır (Zaatari, Marei, Li ve Usman, 2019; Huang, Zhang ve Xiao, 2019) .

İnsan- Robot İş birliği (HRC), işbirlikçi bir robotun (cobot) ve bir insanın aynı çalışma alanını kullandığı ve işbirlikçi görevleri yerine getirmek için etkileşime girdiği uygulama senaryoları olarak tanımlanır (Hentout, Aouache, Maoudj ve Akli., 2019; Krüger, Lien ve Verl, 2009; Nagesh, Wells, Holland, Pearson ve Peacock ,1999). İnsan-robot işbirliğinin temel görevi insan faktörünün güvenliğini sağlamaktır (Liu ve Wang, 2020). Montaj hattı çalışanları için tasarlanan robotlar, işyerinde fiziksel ve bilişsel yüklemeye nedeniyle ortaya çıkan ergonomik endişeleri azaltırken, güvenliğini, kaliteyi ve verimliliğini arttırmıştır (Cherubini, Passama, Crosnier, Lasnier ve Fraisse, 2016: 1; Vargas vd., 2019).

Günümüz robotları, robot manipülatörleri, robot araçları, insan-robot sistemleri ve biyolojik olarak ilham alan robotlar olarak dört grupta sınıflandırılabilen çeşitli robot mekanizmalarının akıllı hareketiyle uğraşan bir bilim olarak tanımlanabilir. Bu mekanizmalardan en sık karşılaşılanı robot manipülatörleridir. Eklemlerle bağlanan robot segmentleri adı verilen sert gövdelerin seri bir zinciri ile temsil edilen robot manipülatörleri, çeşitli üretim işlerinde insan operatörünün yerinde kullanıldığından, genellikle insan koluna benzer boyutlardadır. Üreticiler ayrıca, on kata kadar daha büyük, tüm araç gövdelerini kontrol edebilen robot manipülatörleri de kullanabilirler. Paralel robotlar ise hem bilimde hem de sanayide büyük ilgi görüyor. Paralel robotlar, robot tabanı ve platform, bacak denilen paralel segmentlerle birbirine bağlanan, eş zamanlı hareket eden motorlarla donatılmış, taban ve platformdaki eklemleri pasif olan, ağırlıklı olarak al ve yerleştir görevleri için kullanılır. Diğer taraftan biyoteknoloji ve yeni materyal alanlarında mikro ve nanorobotlar kullanılır. Bu robotlar, moleküllerin ve parçacıkların

ölçeğinde itme, çekme, alma ve yerleştirme, yönlendirme, bükme ve kanal açma işlemlerini gerçekleştirmektedir (Mihelj vd., 2019)

Hayatımız, günlük nesnelere kusursuzca yerleştirilmiş sensörler, aktüatörler, hesaplama birimleri ile sürekli ve görünmez bir şekilde bir ağ aracılığıyla birbirine bağlanan fiziksel ve akıllı bir ortama dönüşmüştür. Klasik robotik platform üzerine yapılan birçok araştırma, çevresini algılamaya ve gelecekteki kullanım için veri tabanında veri depolamaya odaklanmıştır. Böylece, robotlar birçok pahalı sensörle ve bazı karmaşık algoritmalarla donatılıp, karar verme için devasa bir veri tabanına dayanarak çalışır hale gelmiştir (Baeg vd., 2007). Türkiye’de Akınsoft yazılım şirketi bünyesinde kurulan AKINROBOTICS seri üretim yapan, Türkiye’deki ilk insansız robot fabrikasıdır. AKINROBOTICS hem hizmet sektöründe kullanılacak hem de endüstriyel robot kol üreten robot teknolojileri alanında günlük hayatı kolaylaştıracak teknolojik çalışmalar yapmaktadır (www.akinrobotics.com, Erişim Tarihi: 2.5.2020) Dünyada ki örneklerine baktığımızda, Audi, Ingolstadt'taki ana tesiste, insan ve makine arasındaki iş birliği içinde üretimini yürütmektedir. KLARA (Robot yardımı ile yapıştırıcı uygulaması) ile birlikte, insan ve bir robot arasında koruyucu bir çit olmadan Audi RS 5 Coupe için CFRP çatıları monte ediliyor. Ayrıca bu sistemlerin benzerleri Ingolstadt ve Brüksel'deki kaporta bölümünde ve Győr'deki motor montajı üretimine de entegre edilmiştir. KLARA ve insan iş birliği süreci, insan faktörünün çatıyı bir döner tablaya sabitlemesi ve doğru eğime getirmesi ile başlar ve daha sonra robot bir düğmeye basarak yapıştırma işlemini gerçekleştirir ve işlem tamamlandığında bir ışık sinyali çalışmanı bilgilendirir. Daha sonra insan tesisatçısı bir taşıma cihazı yardımıyla çatıyı çıkarır ve araca yerleştirir. Bu sistemde Robot kolundaki sensörler ayrıca bir kişinin dokunuşunu algılayarak bir tehlike oluşması durumunda otomatik olarak durur ve böylece güvenlik sorunu oluşturmamış olur. (www.automotiveit, Erişim Tarihi:11.04.2020).

IFR 2019 raporuna göre; 2010 yılından bu yana, endüstriyel robotlara olan talep, endüstriyel robotlarda devam eden teknik yenilikler nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Endüstriyel robot kurulumu 2013'ten 2018'e yıllık ortalama %19 yükselmiştir. 2005 ve 2008 yılları arasında yaşanan küresel ekonomik ve finansal kriz, 2009 yılında robot tesislerinin sadece 60.000 birime düşmesine ve çok sayıda yatırımın ertelenmesine yol açsa da, ortalama yıllık satılan robot sayısı yaklaşık 115.000 adet olarak gerçekleşmiştir. 2010 yılında ise yatırımların yavaşlaması robot kurulumlarını 120.000 birime taşıdı. 2015 yılına kadar, yıllık tesisler yaklaşık

254.000 adede ulaşarak iki kattan fazla arttı. Kurulumlar 2016 yılında, 300.000, 2017'de yaklaşık 400.000 birime ulaştı. 2018'in sonunda, dünya çapında fabrikalarda çalışan sanayi robotlarının sayısı 1,3 milyona yükselmiştir (ifr.org/worldrobotics, IFR 2019 Reports).

1.4.5. Büyük Veri Analitiği

Günümüzde internetin hızlı gelişmesiyle, her gün gittikçe artan, büyük miktarlarda bilgi üretilmektedir. Bu bilgilerin günlük olarak analiz edilmesi ve işlenmesi geleneksel teknolojik araçların kapasitelerini aşmaktadır. Bunu gerçekleştirebilecek teknolojilere Büyük Veri Analitiği denilmektedir. Büyük veri analitiği sayesinde sürekli artan veriler verimli bir şekilde yönetilmekte ve kullanılabilir (Witkowski, 2017: 767). Üretim sistemleri ve makineler yıllardır büyük miktarda bilgi üretmektedir. Ancak üretilen bilgi depolama, analiz etme ve bilginin gönderilip paylaşılamaması eksikliğinden dolayı tam olarak kullanılmamaktadır. Artık veri iletimli sensörlere sahip bağlantılı makineler, performansı geliştirmek için bilgileri gerçek zamanlı olarak kullanma yeteneğine sahiptirler. Ayrıca Büyük veri analitiği sayesinde çıktı kalitesini optimize edilebilmekte, verimlilik artırılmakta, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu süreçte öngörülebilir bakım söz konusu gelişmelere yardımcı olmaktadır. Herhangi bir ürünün üretimi büyük veri analitiği kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Basit bir örnek olarak fırında pişirilen ekmeğin üretimini gösterebiliriz. En iyi ekmeği üretmek için fırının sıcaklığı veya hamurun ağırlığı gibi bazı ayarlamalar veri analitiği sayesinde yapabilmektedir (Business Reporter, 2018).

Büyük veri analitiği dördüncü endüstri devriminde çok önemli rol oynayacaktır. Büyük veri analitiği makinelerin ve kaynakların bir sosyal ağ üzerinde iletişim kurabilmesine ve akıllı fabrikaların oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Akıllı ürünler nasıl üretildiklerini biliyor olmalarının yansısı veri toplama ve aktarma yeteneğine de sahip olabileceklerdir. Bu sayede büyük miktarda gerçek zamanlı birikmiş ve analiz edilmiş veri oluşacaktır. Büyük veri analitiği ile üretimde eşzamanlı olarak ucuz ve hatasız süreçler, yüksek performans ve iyi kalite elde etmek amaçlanmaktadır (Sishi ve Telukdaie, 2017: 202-203). Büyük veri setlerine dayalı analizler sayesinde üretim kalitesi optimum seviyeye gelecek ve enerji tasarrufu

sağlanacaktır. Farklı kaynaklardan elde edilen verilerin detaylı bir şekilde analiz edilmesi eş anlı karar vermeyi desteklemektedir (Rüßmann ve diğerleri, 2015: 5).

Günümüzde bilgi teknolojileri insanların akıllı bir topluma adım atmasını ve modern hizmetlerin gelişmesini sağlamaktadır. Modern bilgi teknolojisi hayatın her kesiminin işleyişi ve gelişiminin bir motoru haline gelmektedir. Ancak bu motor büyük verinin yarattığı bazı sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Her alandaki çeşitli veriler gittikçe artan hızda büyüyor. Bu hızla büyüyen verinin oluşturduğu veri toplama, depolama ve analiz etme ve gibi sorunlar geleneksel bilgi işlem teknolojileri ile çözülemez. Bu sorunlar dijital toplumun, akıllı toplumun gerçekleştirilmesinde büyük engeller yaratmaktadır. New York Borsası her gün 1 terabayt (TB) ticari veri üretiyor. Twitter her gün 7 terabayt (TB) 'dan, Facebook ise 10 terabayt (TB)'dan fazla veri üretiyor. Küresel finans krizinin yaşandığı 2009 yılında küresel veri hacmi bir önceki yıla göre %62 artış gösterdi. Gelecekte tüm dünyanın veri hacmi her 18 ayda bir ikiye katlanacağı tahmin edilmektedir. Big data terimi, depolanması, yönetilmesi ve analiz edilmesi tipik veri tabanı yazılım araçları kapasitesinin ötesine geçtiği veri kümeleri anlamına gelmektedir. Big data 4 tanımlayıcı özelliğe sahiptir.

- Hacim: Büyük verilerle ilgili çok miktarda veriyi ifade eder. Veri kümeleri gigabayt (GB) terabayt (TB), petabayt (PB) ve hatta exabayt (EB) ve zettabaytlarla (ZB) ölçülmektedir. Örneğin Çinde orta ölçekli bir şehrin video izleme kamerası onalarca terabayt veri üretebilmektedir.
- Hız: Veri üretim hızı artmaya devam etmektedir. Bu iş süreçlerinde gerçek zamanlı olarak karar verme sürecini desteklemek için veri işlemenin ve analiz etmenin daha yüksek hızla yapılmasını gerektirmektedir. Sonuç olarak bilgi işleme kapasitesi yığın işlemde akış işleme değişmelidir. Başka bir deyişle üretilen bilgi yığıldıktan sonra analiz edilmek yerine gerçek zamanlı olarak analiz edilmelidir.
- Çeşitlilik: Geçmişte oluşturulan veri türleri çok daha basitti. Ancak günümüzde sosyal ağlar, Nesnelerin İnterneti, çevrimiçi reklamcılık vb. gibi yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla veri türleri de artmaktadır. Büyük veri;

metin, belge, resim ve video dahil olmak üzere pek çok farklı formatta mevcut olan karmaşık ve heterojen veridir.

- Değer: Büyük verinin gerçek değeri, analiz edildikten sonra elde edilen bilgilerdir. İşletmelerde araştırma, üretim, ve satış süreçlerinde bir iyileştirme yapmak için kullanılacak gerekli bilgilerin seçilip çıkarıldıktan sonra sağladığı fayda büyük verinin artan değerini göstermektedir (Tian and Zhao, 2015: 18).

1.4.6. Bulut Bilişim

Endüstri 4.0 inovasyona öncülük ederek sektörleri bir üst seviyeye taşımaktadır. Şüphesiz ki bulut bilişimi bunun için gerekli çevikliği, depolamayı ve erişebilirliği sunarak kilit rol oynamaktadır. Bulut bilişim teknolojisi tüm sektörlerdeki işlerin günümüzün hızla değişen teknolojisine uyum sağlamasına yardımcı olmaktadır. Endüstri 4.0' da büyük veri analitiği ile analiz edilen çok miktarda verinin depolanması için büyük ölçekli depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu için fiziksel araçlar yerine bulut bilişim teknolojileri kullanılmaktadır. Bulut bilişim bilgisayarlardaki sabit disk yerine internet ortamında depolama ve erişim imkanı anlamına gelmektedir (Griffith, 2016). Çoğu şirket halihazırda bazı kurumsal ve analitik uygulamalar için bulut tabanlı yazılımlar kullanmaktadır. Ancak endüstri 4.0' a geçildiğinde daha fazla üretim yapmak için siteler ve şirket sınırları arasında veri paylaşımı daha da yaygın hale gelecektir. (Rüßmann ve diğerleri, 2015: 6). Bulut bilişimi yardımıyla firmalar oluşturacakları bulut tabanlı bir merkez üzerinden ortakları ile bilgi paylaşımı yapabilmektedirler. Ortaklar bu sayede üretimden haberdar olabilir ve bu da ortaklar arasındaki güvensizliği ortadan kaldırır (Yousif, 2016: 5). Bu teknoloji büyük miktarda veriye gerçek zamanlı olarak erişme ve bunları kullanabilme yeteneğini içermektedir. Bu yönüyle bulut bilişim uygulaması gerektiğinde veri ve hizmet alışverişini kolaylaştırmaktadır. Bulut bilişim ayrıca küresel kullanıcılar içinde depolama alanları ve sosyal hizmetlerin kullanımı gibi faydalar sağlamaktadır. Bulut bilişim icat edildikten sonra birçok alanda köklü değişiklikler yarattı. Örnek vermek gerekirse bir müzik yayın şirketi olan Spotify müzik tüketim biçimini değiştirdi. Bununla birlikte

Spotify kullanımını kullanıcıların verilerini depolamak için bulut bilişim kullanımını gerektirmektedir (Metz, 2016).

Yaygın olarak kullanılan bulut bilişim hizmet modelleri, Hizmet Olarak Yazılım, Hizmet Olarak Platform ve Hizmet Olarak Altyapı için bir kısaltma olan SPI olarak üç kategoride toplanmaktadır. Hizmet Olarak Yazılım (SaaS), uygulamaların bir satıcı veya servis sağlayıcı tarafından barındırıldığı ve bir ağ üzerinden (genellikle Internet) müşterilere sunulduğu bir yazılım dağıtım modelidir. SalesForce.com, Google Mail, Google Dokümanlar vb. SaaS hizmet modeli örnekleri arasındadır. Hizmet Olarak Platform (PaaS), işletim sistemleri ve ilgili hizmetleri, karşıdan yükleme veya yükleme yapmadan Internet üzerinden hizmet vermektedir. SaaS'ın yalnızca tamamlanmış bulut uygulamalarına ev sahipliği yaparken, PaaS hem tamamlanmış hem de devam eden bulut uygulamalarını barındıran bir geliştirme platformu hizmeti sunmaktadır. Örneğin Google AppEngine PaaS hizmeti sunan bulut bilişim modelidir. Hizmet Olarak Altyapı (IaaS) ise; depolama, donanım, sunucular ve ağ bileşenleri de dahil olmak üzere işlemleri desteklemek için kullanılan bulut teknolojisi altyapısını doğrudan kullanımını içerir. Amazon'un Elastik Bilgi İşlem (EC2) Bulutu IaaS bulut hizmetine örnek verilebilir. Son olarak *Hizmet Olarak Veri Depolama* (DaaS) hizmetine değinecek olursak; İstek üzerine sanallaştırılmış depolama alanı dağıtımı ayrı bir Bulut hizmeti yani veri depolama hizmeti sunma hizmetidir. Şirket içi kurumsal veritabanı sistemlerinin genellikle özel sunucu, yazılım lisansı, teslimat sonrası hizmetler ve şirket içi BT bakımında engelleyici bir ön maliyete bağlıdır ve tüketicilerin tüm veritabanı için site lisansı yerine gerçekte kullandıkları şey için ödeme yapmalarını sağlar. Bu tür DaaS hizmeti örnekleri arasında Amazon S3 gösterilebilir (Dillon, Wu ve Change,2010; Zissis ve Lekkas,2012; Ranjan, Wang, Zomaya, Georgakopoulos,Sun ve Wang, 2015).

Dört bulut dağıtım modeli vardır. Bunlar, bulut altyapısının, birden fazla tüketici içeren tek bir kuruluş tarafından özel kullanım için sağlandığı Özel bulut modeli, belirli bir tüketici topluluğu tarafından, güvenlik gereksinimleri, politika ve uyumlulukla ilgili paylaşılan endişeler bakımından bulut altyapısının genel halk tarafından açık kullanım için sağlandığı Genel bulut modeli ve iki veya daha fazla farklı bulut altyapısının bir bileşimi olan özel, topluluk veya herkese açık Hibrit bulut modelleridir (Murray, Begna, Nwafor,Blackstone ve Patterson, 2015). Amazon EC2, S3, Google AppEngine ve Force.com gibi yaygın kullanılan bulut hizmetlerinin çoğu

herkese açık (Genel) bulutlardır. Topluluk bulutu ise, destek sistemi ve bir grup kuruluş tarafından sağlanan gerekli hizmetlerin sunulmasıdır (Mishra ve Singh, 2019).

1.4.7. Artırılmış Gerçekçilik & Sanal Gerçekçilik

Dördüncü sanayi devrimi, üretim sürecinde dijitalleşme ve otomasyonun artmasının yansira ürünler, çevre ve iş ortakları arasında iletişimi sağlayan dijital bir değer zinciri oluşturma devrimidir. Bu dijitalleşen üretim sürecinde bütün üretim sistemlerinin bakımı büyük önem arz etmektedir. Endüstri 4.0 bu konuda daha fazla grafik ve görsel unsurları kullanan Artırılmış Gerçekçilik ve Sanal Gerçekçilik gibi görüntüleme teknolojilerine dayanan teknolojiler kullanmaktadır (Scuratia ve diğerleri, 2018: 68). Artırılmış gerçekçilik dijital ortamdaki video, ses, GPS verileri, metin, grafik gibi bilgileri gerçek dünyaya dahil ederek fiziksel gerçekliğin genişlemesi olarak tanımlanmaktadır. Artırılmış Gerçekçilik insanların, dijital cihaz ve nesnelere ile etkileşim sağlayabilmesi için doğal bir arayüz oluşturmaktadır. Bu teknoloji fiziksel dünyada gördüğümüz herhangi bir nesneyi ek bilgilerle zenginleştirmektedir. Artırılmış Gerçekçilik ile gerçek dünya ortamına sanal bilgi getirerek kullanıcının yaşamını kolaylaştırmak amaçlanmaktadır (Glockner ve diğerleri, 2014: 3). Sanayi de kullanımına örnek vermek gerekirse: Çok sayıda bileşeni olan montaj sürecinde artırılmış gerçekçilik çalışanın işini kolaylaştırmak amacıyla tüm bileşenleri ayırmakta ve onlar hakkında önemli anahtar bilgiler vermektedir. Diğer bir kullanıma örnek ise karmaşık yapılarıdaki makinelerin bakımı gibi bazı görevlerde verimliliği artırmaktadır (Torres ve Pastor, 2017: 7). Artırılmış gerçekçilik fiziksel nesnelere sanal objelerle zenginleştirilerek gerçek dünyaya katma değer sağlamak ve kullanıcının gerçek dünyaya bakışında dijital bir içerik (metin, resim, animasyon vb.) sağlamaktadır (Peddie, 2017: 20).

Artırılmış gerçekçilik Sanal gerçekçilikten farklıdır ve birbirleriyle karıştırılmamalıdır. Sıklıkla birbirinin yerine kullanılsada aralarında belirgin bir fark vardır. Her ikisinde temelde aynı teknolojileri kullanıyor olmasına karşın farklı deneyimler sunmaktadır. Sanal gerçekçilik sizi tipik olarak 3 serbestlik derecesi (DOF) ile tamamen izole edilmiş bir bilgisayar dünyasına götürür. Artırılmış gerçekçilik ise çevrenizdeki fiziksel nesnelere ilgili ek görsel bilgiler verir 6 serbestlik derecesi (DOF) sunmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği gibi artırılmış

gerçekçilik kullanıcıya gerçek dünyadaki görüşünde bilgisayar tarafından üretilmiş verileri üstlenir. Sanal gerçekçilik ise daha farklı olarak yapay bir ortam yaratarak gerçeği dünyayı gizler. Sanal gerçekçilik sizi gerçeklikten tamamen çıkarırken, artırılmış gerçekçilik size ek bilgiler vererek gerçek dünyanızı zenginleştirir (Peddie, 2017: 24). Artırılmış gerçekçilik dijital ve fiziksel dünya arasında sınırları bulanıklaştırıyor. Sensörler, programlama, büyük veri ve yapay zeka kullanımından elde edilen zengin deneyimler sunuyor (Peddie, 2017: 47).

Sanal gerçekçiliğin tarihi 1960 yıllarına dayanmaktadır. İlk olarak Philco şirketi tarafından askerlerin yüksek riskli eğitim alanlarında simüle edilmiş bir deneyime sahip olmalarını sağlamak için askeri amaçla geliştirilmiştir (Greenwald, 2017: 720). O zamandan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sanayide özellikle endüstriyel üretime büyük gelişmeler sağlamanın yanısıra fabrika ortamlarında simülasyon kullanmanın birçok faydası vardır. Bu teknoloji sayesinde operatörler eğitim için daha güvenli ortamlar sunabilecek ve ayrıca işçilerin tehlikeli bir ortamda bulunmadan oluşacak çalışma risklerini görmelerini ve ona göre tedbir almalarını sağlamaktadır (Razali, 2018). Yakın zamanlara kadar Artırılmış gerçekçilik ve Sanal gerçekçilik teknolojileri kurgu ve Hollywood özel efektlerinde sıklıkla kullanılmıştır. Ancak giderek artan bir biçimde her ikisinde endüstri alanında pratik olarak uygulama alanı bulmaktadır. Her biri üretim süreçlerini canlılığını artıracak ve yeni deneyimlere kapı açan yıkıcı potansiyele sahiptir (Amjad ve diğerleri çok yazar var, 2016: 21).

Endüstri 4.0'ın sahip olduğu görüntüleme teknolojileri geleneksel teknolojilere kıyasla çok sayıda avantaja sahiptir. Endüstriyel ortamlarda uygulanması açısından başlıca avantajlar aşağıdaki gibidir:

- Çoklu bileşenlerin basit dağılımı: Çok sayıda bileşen bulunan montaj görevlerinde tüm bileşenler hakkında montaj operatörünün işini kolaylaştırmak adına her parça için önemli ilave bilgiler sunmaktadır.
- Farklı teknolojilere entegrasyon: Görüntüleme teknolojileri ses tanıma gibi diğer modüllere kolayca entegre edilebilmektedir. Böylece teknolojilerin entegrasyonu karmaşık makinelerin bakımı gibi bazı görevlerde verimliliğin artırılmasını desteklemektedir.

- Çok boyutlu eğitim: Sanal gerçeklik üç boyutlu eğitimde karmaşık eğitim gerektiren yüksek riskli faaliyetlerde çalışan işlemcileri eğitmek için zorunlu olan sanal ortamı yaratmayı mümkün kılmaktadır (Torres ve Pastor, 2017: 7).

1.4.8. Siber Güvenlik

Dördüncü sanayi devriminin bileşenlerini oluşturan yüksek teknolojiler günümüzde pek çok yeni üretim alanı yaratma imkanı veren yıkıcı inovasyonlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, günümüz bilişim teknolojileri endüstri 4.0'ı önemseyen firmalar açısından siber güvenlik tehlikesinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0 'ın ortaya koyduğu yüksek teknolojilerin aynı zamanda güvenlik ve gizlilik sorununu ortadan kaldırabilme kapasitesine de sahip olması gerekir. Çünkü bu sorun çözülmezse endüstri 4.0'ın gerçek potansiyelini ortaya koyması mümkün olmayacaktır (Thames ve Schaefer, 2017: 1-2). Endüstri 4.0 ile üretim altyapısı ve üretim yöntemleri hızlı bir biçimde değişmekte ve yeni iş fırsatları doğmaktadır. Birçok şirket birbirinden kopuk, rekabetçi olmayan üretim ve yönetim sistemlerine güvenmektedir. Otomatikleşmeyi sağlayan nesnelerin internetiyle birlikte çok sayıda bağlantılı cihaz siber güvenlik talebini artırmakta ve siber tehditten korunma ihtiyacı büyük ölçüde artmaktadır (Rüßmann ve diğerleri, 2015: 6). Endüstriyel üretimin devamlılığını sağlamak ancak etkin bir siber güvenlik altyapısı oluşturmakla mümkündür. Kaspersky Lab ICS CERT tarafından yapılan çalışmada 2016 yılının ikinci yarısında, endüstrilerde teknolojik altyapının bir parçası olan korunan bilgisayarların %39,2'sine yönelik en az bir siber saldırı gerçekleştiği belirtilmektedir (Kaspersky Lab ICS CERT, 2017). Böylesine bir tehditle savaşmak için ihtiyati tedbirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Üretim tesislerinin dijital güvenilirliğini sağlamak şirketler açısından öncelikli bir durumdur. Ancak bu şekilde endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesi ve onun tam potansiyeline ulaşması mümkündür.

Siber güvenlik önemli verilerin başkaları tarafından kullanılmasını engellemek açısından çok önemlidir. Nesnelerin interneti ve bulut bilişim gibi üst düzey teknolojilerin kullanılması endüstriyel ortamlarda üretim sistemlerine yapılacak saldırı risklerini de artırmaktadır. Bu nedenle bu ortamların güvenilirliğini garanti altına almak için siber güvenlik alanlarına yatırımlar artırılmalıdır. Dünya çapında

2021 yılında siber güvenlik harcamalarının 1 trilyon doları aşması beklenmektedir (Razali, 2018).

1.4.9. Yatay ve Dikey Haberleşme

Günümüzde kullanılan çoğu bilgi teknolojileri tam olarak entegre değildir. Firmalar, tedarikçiler ve müşteriler arasında yakından bağlantı olmadığı gibi mühendislik, üretim ve hizmetler gibi kısımlar da iletişim halinde değildir. İşletmeden üretim bölümüne kadar olan bütün süreç tam entegrasyona sahip değildir. Ancak endüstri 4.0 sayesinde şirketler, bölümler ve üretim süreci çok daha bağlantılı hale gelecektir. Nesnelerin interneti teknolojisiyle ortaya çıkan sistem entegrasyonu, otomasyonun ve bilgi akışının yardımıyla tedarik zincirinin parçaları arasında sinerjik bir oluşum gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda, yatay ve dikey sistem entegrasyonu sistemin tamamını üretim sürecinde analiz eder. Bu işleyiş, bilgi sistemleri ile bağlantı kurulmasının yanısıra fiziksel nesnelerin organizasyonunda ve yönetiminde de köklü yapısal değişimler önerir (Ramizov, 2019).

Bilgi ve işlevsel teknoloji sistemlerini tam olarak birleştirmek Endüstri 4.0'ın en önemli hedeflerinden biridir. Burada amaç ürün yaşam döngüsü içerisinde yer alan aşamalar arasında bir bağlantı oluşturmaktır. Aynı şekilde tedarik zincirindeki firmalar da veri ağlarına entegre olarak, tamamiyle otomatikleşmiş bir değer zincirine sahip olacaklardır (Gilchrist, 2016: 209). Böylece sistem kendi kendini besleyen bir döngü haline gelmiş olacaktır.

Yatay entegrasyon hem işletme içinde hemde işletme sınırları ötesinden farklı üretim süreçlerinin (örneğin imalat, lojistik, pazarlama, mühendislik, hizmetler ve benzeri gibilerinin) desteklenmesi veya yürütülmesi için çeşitli bilişim, iletişim ve enformasyon sistemlerinin uçtan uca entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır (Bitkom, VDMA, ZVEI, 2016: 19).

Endüstri 4.0'da üretimin gerçekleştiği akıllı fabrikalar değer zincirinin hızlı bir biçimde yeniden yapılandırılmasıyla değişen koşullara esnek bir şekilde uyum sağlar. Dijitalleşmenin yoğunlaşması sonucu üretim ekipmanları insan müdahalesi olmadan kendi kendine işleyecek ve kendi kendini kontrol edebilecek. Sensörler aracılığıyla akıllı makineler birbirleriyle iletişim kurabilmektedir (Marinova ve diğerleri, 2017: 316).

Endüstri 4.0 farklı değer ağlarında yatay değer ağları gerektirir. Yatay olarak kurumsal düzeyde ve işletme sınırlarının ötesinde otomatik ve entegre bir bilgi akışı gereklidir. Bu bilgi akışı olmadan işletme çapında bir değer ağı gerçekleştirilemez. Bu nedenle sürekli ve tutarlı bir bilgi akışına ihtiyaç vardır (Aalst ve diğerleri, 2016: 110). Bu teknoloji, farklı bilgisayar sistemlerinin birbirine bağlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede sistemler arasında gerçek zamanlı veri aktarımı koordineli bir biçimde gerçekleştirilir. Bu entegrasyon sistemi imalat şirketleri için çok önemli olmakla birlikte fabrika ortamında makine ve teçhizatların birbirine bağlanabilmesini ve üretimin sorunsuz ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar (Razali, 2018).

1.4.10. Endüstri 4.0'ın Diğer Bileşenleri

Endüstri 4.0 'ın diğer önemli bileşenleri: Yıkıcı inovasyon, akıllı fabrikalar, öngörücü bakım, önleyici bakım, kişiselleştirilmiş üretim, yapay zeka ve makine öğrenmesi, dijital ikizler ve akıllı şehirler başlıkları altında toplanabilir.

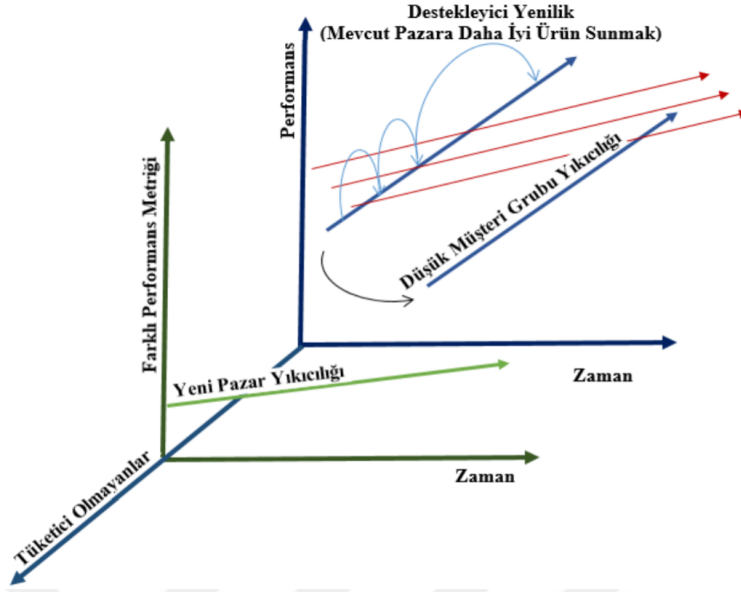
1.4.10.1. Yıkıcı İnovasyon

Endüstri 4.0, endüstriyel süreçlerde çoklu artışlarla birlikte bir dizi yıkıcı teknoloji ve yenilik olarak görülebilir (Rübmann vd, 2015). İnovasyonda yıkıcı kavramını ise ilk olarak Bower ve Christensen (1995) kullanmıştır. İnovasyon birden fazla disiplini içeren bir kavram olmakla birlikte farklı tanımları ve türleri vardır (Ewards-Schachter, 2017). Bunlar; artan inovasyon, radikal inovasyon ve yıkıcı inovasyondur (54). Artan inovasyon var olan teknolojilerin güçlendirilmesi veya geliştirilmesi olarak değerlendirilir. Radikal inovasyon ise var olan teknolojilerdeki temel değişiklik ve yenilikleri kapsayan inovasyon biçimidir (Arundel vd, 2011). Yıkıcı inovasyon diğer iki inovasyon biçiminden farklı olarak var olan teknolojinin yerine öğrenilen ve geliştirilen yeni bilgiler doğrultusunda farklı bir teknolojinin ortaya çıkarılmasıdır (Bower ve Christensen, 1995). Kısaca, gelişen teknolojiler ile varolan teknolojilerin işlevini kaybetmesi yeniliğin yıkıcı etkisini göstermektedir (Wen, 2009). Yıkıcı inovasyon terimi aynı zamanda "Yıkıcı Yenilik Teorisi" adı altında, yerleşik teknolojileri veya pazarları etkileyen ani bir değişiklikle sonuçlanan bir teknolojiyi tanımlamaktadır (Dan ve Chieh 2008). Bu tanım gereği artan inovasyon ile karıştırılması mümkündür. Ancak yıkıcı yenilik teorisinde, iki kavram

arasındaki ayrım çok açıktır. Artan inovasyonda sürekli inovasyonlar meydana gelir ve firma bazlı üretimde daha düşük fiyatlarla daha iyi kalite sağlayan bir ürüne neden olurken, yıkıcı teknolojiler var olan piyasaları tamamiyle değiştiren bir teknoloji ortaya koyarak daha iyi ürün yerine yeni bir ürün ortaya çıkarır (Christensen ve Raynor, 2013; Murray 2010).

Yıkıcı inovasyon aynı zamanda bir geçiş teknolojisidir (Tyfield ve Jin, 2010). Günümüz değişen teknolojileri ile birlikte ortaya çıkan Endüstri 4.0'ın da elbette bir geçiş teknolojisi bulunmaktadır. Gelişmekte olan ekonomilerin, endüstrilerinin; Endüstri 4.0'a dönüşümü için engeller olabilir (Chien ve Chuang, 2014, Chien vd., 2016). Bu nedenle geçiş teknolojisi olan yıkıcı bir inovasyona ihtiyaç vardır. Bu yıkıcı inovasyon ise Endüstri 3,5 olarak adlandırılmıştır (Chien vd., 2017). Endüstri 3.5, var olan bilgi düzeyi doğrultusunda gerçekleşen üretim sistemini, büyük veri analizi ile geliştirilen; Endüstri 4.0 ve Endüstri 3.0 arasındaki bir dönüşüm stratejisidir (Chien vd, 2018, Khakifirooz vd, 2018). Yıkıcı inovasyonun etkilerini farklı açılardan inceleyen çalışmalar farklı sanayi türleri için pozitif etkilerini ve o sanayi kollarını geliştirdiğini göstermiştir FHSC, (2010); Parkinson, (2012); Busnelli, vd (2012); Dixon, (2011); Zhao vd. (2018); Johnson vd, (2008); Bruun-Jensen ve Porter, (2015); Johnson vd, (2014); Chesbrough, (2003); Lindgardt vd, (2009); Magretta, (2002); Dixon vd, (2014); Dixon vd, (2018). National Research Council (2010) ve Das. vd, (2019) yıkıcı teknolojilerin tahmin edilmesinin çok zor olduğunu ve doğası gereği nadiren meydana geldiğini savunmuştur. Bu nedenle de yıkıcı inovasyonun, Endüstri 3.5 gibi geçiş inovasyonu olarak gelecekteki sanayi devrimlerinin veya teknolojik yeniliklerin öncüsü olduğunu savunmak zordur (McDowall ve Eames, 2006). Çünkü inovasyon doğası gereği yıkıcıdır ama bu yıkıcılık, inovasyonun gerçekleştiği sektör, firma veya şirketin doğasına uygun olması ile ortaya çıkabilir (Christensen vd, 2000).

Şekil 3: Yıkıcı İnavasyonun Pazar Yapısı



Kaynak: Christensen, McDonald, & Raynor, 2015.

Şekil 3’ de görüldüğü üzere, yıkıcı inovasyon ilk başlarda yıkıcı ürün pazarda tutulmamasına rağmen daha sonraları sundukları özellikler sebebiyle piyasada başarılı olduklarında pazarda yer alan diğer firmaların pazar paylarını ele geçirmeye başlamaktadır. Bu ürünlerin piyasaya girmesi ve pazar payını ele geçirme sebebi ise pazarda buldukları açıkları değerlendirerek tutunmaya çalışmalarıdır (Dixon, Eames, Britnell, Watson, & Hunt, 2014). Bu şekilde pazara giren ve sunduğu ürünün özellikleri nedeniyle kolaylık sağlaması sonucu müşterilerin ilgisini çeken ürüne olan talebin artması noktasında pazarda yer alan eski firmalar bu ürüne karşı önlem alamadıkları takdirde yıkım gerçekleşmektedir (Kahl & Grodal, 2016).

Hardman vd.(2013) göre, yıkıcı inovasyonunun etkisi 3 aşamada değerlendirilmektedir. Bu üç aşamanın üçünün birden gerçekleşmesi durumu yıkıcı inovasyonu tanımlamakta iken bu üç aşamadan herhangi birinin eksik olması durumunda bu inovasyonun pazarı etkileyecek gücü yoktur ve yıkımdan bahsedilemez (Hardman, Steinberger, & Horst, 2013).

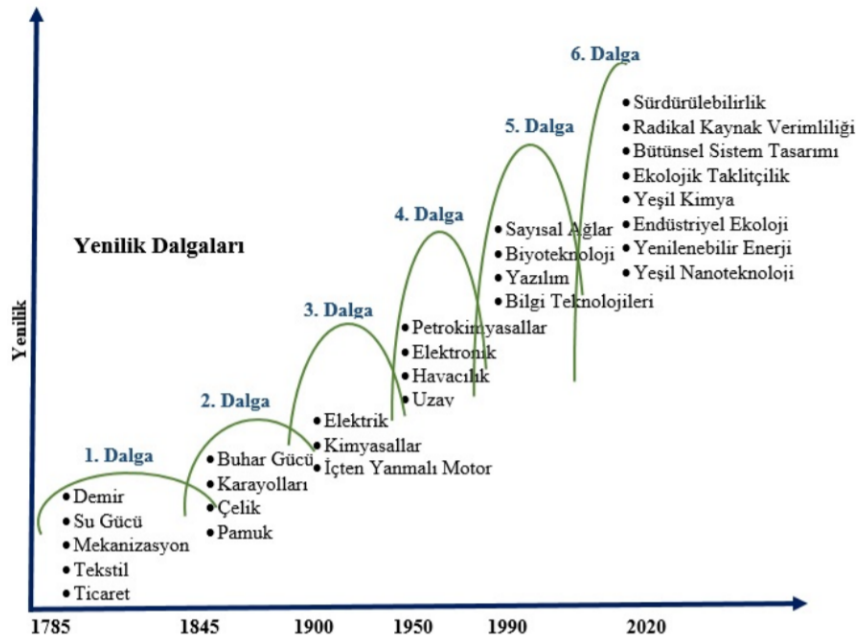
- Pazarı hakim firmaya yıkıcı etki: Yeni bir ürün ile pazara giriş yapan küçük firma, ilk başlarda az üretim yapsa bile sunduğu ürünün sahip olduğu özellikler dolayısıyla pazar payını ele geçirerek pazarda lider olan firmaya yıkım yaşatmaktadır.

- Ürünü kullananlara karşı yıkıcı etki: Yeni ürün eski ürünün yerini almadığı sürece yıkıcı inovasyondan bahsetmek mümkün değildir.
- Altyapıya karşı yıkıcı etki: Yeni ürün eski altyapıyı olumsuz etkileyeceği için yeni bir altyapıya ihtiyacı vardır.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Ortak Geleceğimiz isimli raporda yer almıştır. Raporda sürdürülebilirliğin önemine dikkat çekilmiş, gelecek nesilleri bugünün gereksinimleri yüzünden kendi gereksinimlerini karşılamaktan yoksun bırakmamak sürdürülebilir kalkınmanın tanımı olarak yer almıştır (Our Common Future, 1987).

Şekil 4 yardımıyla, yıkıcı inovasyonun sürdürülebilirliğini anlamak amacıyla Kondratief (1937) tarafından geliştirilen ve günümüze uyarlanan Kondratief dalgalarından faydalanılmıştır.

Şekil 4: Kondratief dalgaları



Kaynak: Yılmaz, Yıldız, & Gültekin ,(2016). Kondratieff dalgalarının günümüze uyarlanmış durumu

Bu bağlamda, sanayi devrimleri açısından yıkıcı inovasyonu yorumlayacak olursak; 1700 'lü yılların sonunda su gücü, tekstil ürünlerinin kullanımı gibi ürünlerin (Yıkıcı inovasyonu ürün olarak nitelendirirsek) kullanılmaya başlanması sonucu yıkıcı yeniliğin ilk adımları atılmıştır. (Her ne kadar yıkıcı yenilik kavramının ortaya çıkışı çok daha sonra olsa bile günümüz koşullarında geçmiş dönemi yorumlarken bu durumu yıkıcı inovasyon olarak nitelendirmek yanlış olmayacaktır). Birinci Sanayi

devrimi olarak adlandırılan dönemde su ve buhar enerjili mekanik üretime başlanması aslında 1. Dalgaya son veren yıkıcı inovasyon olarak nitelendirilebilir. Daha sonra İkinci Sanayi devrimi ile elektrik gücünün üretimde kullanılması da birinci sanayi devrimine son veren bir diğer yıkıcı inovasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü yukarıda verilen yıkıcı inovasyonun gerçekleşme aşamalarının ikinci sanayi devriminin birinci sanayi devriminin yerini almasıyla gerçekleştiği görülmektedir.

Günümüze gelindiğinde ise siber-fiziksel sistemlere dayalı üretimin benimsenmesi yani 4. Sanayi Devriminin gerçekleşmesi Kondratieff dalgaları grafiğinde dikkat çeken bir diğer gelişmedir. Bu sanayi devrimi ile birlikte sürdürülebilirlik de önem kazanmış, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Sanayi 4.0 ile eski üretim sistemlerinin yerini yeni üretim sistemlerinin alması da bir diğer yıkıcı inovasyon olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sanayi 4.0 kapsamında yıkıcı inovasyon olarak nitelendirilen pek çok ürün ve ürün grubu bulunmaktadır. Mnayika vd. tarafından 2013 yılında yayınlanan rapora göre 2025 yılına kadar gerçekleşmesi beklenen 12 tane yıkıcı inovasyon (yıkıcı teknoloji) aşağıda sıralanmıştır (Mnayika vd., 2013).

- Mobil İnternet
- Bilişsel İşlerin Otomasyonu
- Nesnelerin İnterneti
- Bulut Teknolojisi
- Gelişmiş Robotik
- Otonom ve Yarı Otonom Araçlar
- Yeni Nesil Genetik
- Enerji Depolama
- 3 Boyutlu Yazıcılar
- Gelişmiş Malzemeler
- İleri Düzey Petrol ve Doğalgaz Aramaları
- Yenilenebilir Enerji

Sanayi 4.0 kapsamında burada verilen yıkıcı inovasyon örneklerinin çoğunluğunun günümüz koşullarında gerçekleştiğini, halihazırda kullanılan teknolojiler olduğunu ve hala da geliştirilmeye devam ettiğini görmekteyiz.

Bazı sektörlerde yıkıcı olarak gerçekleşen inovasyon, bazılarında artan innovasyon olarak var olan teknoloji düzeyinde bir artışa neden olabilir (Christensen ve Raynor, 2003). Bazı çalışmalarda ise yıkıcı inovasyonu neyin oluşturduğuna dair belirsiz bir anlayış olduğunu vurgulanmaktadır (Danneels, 2004). Çünkü yıkıcı inovasyon denilen kavram hem tüketici hem de arz eden taraf için de yıkıcı etkilere sahip olabilir. Yıkıcı inovasyonun etkilerini teknolojik yenilikler ile gelişen ürünlerin piyasaya sunulması yani arz yönlü bakış açısından ziyade, talep yönlü değerlendirmek gerektiğini savunan çalışmalar da mevcuttur (Charitou, vd, 2003). Yıkıcı inovasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkan akıllı fabrikalardan, tüketicilerin sağlayacağı yararlar arasında kendilerine özel ürün sipariş edebilme gibi özelliklerin olması da yıkıcı inovasyonun destekleyicisinin talep olduğunu göstermektedir (Tuominen, 2016). Benzer şekilde Hauser, vd, (2006) inovasyonda tüketicinin tepkisi ve dışsallığının yeni ürün gelişmesine etkisini incelemiştir.

Geçiş inovasyonu yani yıkıcı inovasyon ile birlikte gelişen akıllı fabrikalar (akıllı üretim), tedarik zincirinde bilgi teknoloji bileşenlerinin kullanılması sonucu ortaya çıkmaktadır (Davis, vd, 2012). Akıllı fabrikaların ortaya koyacağı faydalar arasında bireylere çıktının ilk aşamasında ya da son aşamasından önce kendilerine özel ürün sipariş edebilme, ya da kendi tasarımını yapabilme imkanı tanıyan kitlesel kişiselleştirme imkanı sağlar (Tuominen, 2016). Endüstri 4.0'ın sonucu oluşan yeni teknolojiler ve siber-fiziksel sistem, makineleri kontrol etmeyi sağlamaktadır (Kobara, 2016). Siber fiziksel sistemlerde makineden makineye iletişim sağlanarak herhangi bir müdahale gerektirmeden çalışabilmektedir (Oesterreich ve Teuteberg, 2016; Monostori vd., 2016; Bagheri, vd, 2017; Hellinger ve Seager, 2011). Yıkıcı inovasyonun ortaya çıkması ve uygulamadaki yerini de içeren yayınlar Zhang vd (2012), Sanders vd (2016), Kernc vd (2015), Sommer (2015), Yin ve Kaynak (2015), Weiss vd, (2016), Wang vd., (2016) 'dır. Bunlara ek olarak firma ve ekonomi temelinde inovasyonun pozitif etkilerini inceleyen çokça araştırma bulunmaktadır: Crepon vd. (1998); Hall ve Mairesse (1995); Hall, vd. (2009).

Teknolojik yenilik ve ekonomik büyüme yakından ilişkili iki kavramdır. Ekonomik büyüme inovasyon gerektirir ve teknolojik olarak gelişmiş üretim becerilerini benimsemeyen yenilik yapılamaz. İşte bu nedenle birçok endüstride

şirketler ve üreticiler için çok önemli bir konu olan yıkıcı inovasyon kavramına değinilmektedir. İnovasyon, gelişimin her aşamasında önemli olmakla birlikte, farklı türlerde inovasyonlar farklı aşamalarda farklı roller oynamaktadır. Yeniliğin ön safhasında olmak için hükümetler yıkıcı teknolojileri ithal etmek yerine onları üretecek bir girişimcilik kültürü inşa etmeyi düşünmelidirler. Son dönemlere yıkıcı teknolojilerin ortaya çıkışı inanılmaz hızla artmaktadır. Yapay zeka, sentetik biyoloji, büyük veri, nanoteknoloji, blockchain gibi teknolojilerde hızlı bir biçimde ilerleme kaydetmekte ve bunların hepsi sadece iş dünyasını değil bütün yaşam koşullarını ve standartlarını değiştirmektedir. Bu inovasyonların birçoğu artık sadece teknolojinin tekeli olduğu Amerika ve Avrupa ülkelerinde üretilmemektedir. Yani artık sadece Amerika ve Avrupanın yenilikçiliği söz konusu değildir. Artık günümüzde, yeni endüstri devrimi dünya çapında ülkeler için fırsatlar yaratmaktadır.

Christensen'e göre inovasyon, sürdürücü inovasyon ve yıkıcı inovasyon olmak üzere 2 ana kategoride sınıflandırılmaktadır. İnovasyonun sürdürülmesi mevcut piyasa ve toplumu nispeten etkileyen inovasyon türüdür. Örnek olarak mevcut ürüne bir iyileştirme yapılarak ürün performansını artırmak gösterilebilir. Bu süreçte, yeni bir ürün oluşturulmaz (Tran, 2008: 289). Yıkıcı inovasyon ise yeni pazarların ve iş kollarının yaratılmasını teşvik eden yeniliktir. Mevcut pazarı gereksiz kılan yeni bir ürün kavramı getirmektedir (Rahman ve diğerleri, 2017: 112). İnsan yaratıcılığının dinamik doğası nedeniyle teknoloji her zaman gelişmeye devam etmektedir. Birçok yeni teknolojinin ortaya çıkması yıkıcı inovasyonlar üzerindeki tartışmaları artırmaktadır. Yeni teknolojiler yeni pazarlar yaratmakta ve toplumu yeniden şekillendirmektedir. Yıkıcı yeniliğe bir örnek Facebook gösterilebilir. Facebook icat edilmeden önce başkalarıyla iletişim kurma ve internette zaman geçirme fikri oldukça garipti. Ancak günümüz dünyasında çok yaygın olarak kullanılmaya devam ediyor ve üye sayısı her geçen gün artıyor. Yıkıcı inovasyon mevcut endüstriyel düzene köklü değişiklikler getirmesi açısından Endüstri 4.0 için vazgeçilmez bir unsurdur.

1.4.10.2. Karanlık Fabrikalar

Karanlık Üretim ya da diğer bir ifade ile Karanlık Fabrika bilgisayar tarafından kontrol edilen, kendisini çalıştırmak için hiçbir insana ihtiyaç duymayan makine ile imalat sürecinin gerçekleştirildiği üretim merkezleridir. Gerçek zamanlı koşullara uyum sağlayabilen bu esnek üretim sistemleri şirket içi üretim süreçlerinin optimize edilmesine olanak sağlamaktadır (MacDougall, 2014: 10). Otomasyon ve robotik süreçlerin insanların yerini almaya başlaması, üretimi daha gelişmiş bir hale getirmeye başlamıştır. Otomasyon, rekabet edebilirliği ve verimliliği artırmak için üretim süreçlerinin rasyonelleştirilmesinin arkasındaki güç olarak tanımlanır (Wadhwa, 2012). Üretimin hiçbir aşamasında insan faktörü olmadan işin yürütüldüğü fabrikalarda, önceden yüklenmiş aygıtlar dışardan yönlendirme olmadan kendi başlarına üretim aşamalarına devam edebilmektedirler. Bu kavram, üretim sahasında işçilerin yokluğunda pencereler ve aydınlatma gereksiz hale gelmesi nedeniyle karanlık olarak ifade edilmektedir. Ayrıca bu yapı bazı kaynaklarda karanlık üretim olarak ifade edilirken, bazı kaynaklarda ise karanlık fabrika ifadesi görülmektedir. Karanlık Fabrika ilk olarak 1980'li yılların başında gündeme gelmiştir ve ilk Karanlık Fabrika örnekleri 1980'lerde Japonya'da ortaya çıkmaya başlamıştır (Shirley, Petersen ve Howells, 1995). 1982 yılında ABD'nin Michigan Eyaletinde General Motors geleceğin fabrikası düşüncesi ile bir karanlık fabrika açtı. General Motors'un amacı otomasyon ve robotlar ile üretim riskleri ve bürokrasiden kaçınmaktı. Ancak fabrika 1992 yılında tam anlamı ile karanlık fabrika statüsüne ulaşmadan kapatıldı. Günümüzde Japon FANUC tartışmasız dünyadaki en başarılı ve tanınmış karanlık fabrikadır. Bu fabrika, Ayda 22.000 ila 23.000 sayısal kontrol makinesi üreten, robotlu 22 fabrikayı barındıran bir kompleks işletmektedir ve robotlar bir seferde 30 güne kadar denetimsiz kalabilmektedir (<https://enterpriseiotinsights.com>, Erişim Tarihi: 29.04.2020).

Literatürde birçok kaynakta akıllı fabrika tanımlarına da rastlanmaktadır. Akıllı fabrika, akıllı üretim için dikey entegrasyonu ve ağa bağlı üretim sistemlerini ele alan Endüstri 4.0'ın önemli bir özelliği olarak tanımlanmaktadır. Akıllı fabrikanın uygulanabilmesi için akıllı nesnelere büyük veri analitiği ile birleştirilmesi gerekmektedir (Wang, Wan, Zhang, Li ve Zhang, 2016; Shrouf, Ordieres ve Miragliotta, 2014). Tanımsal olarak benzer ifadeler yer verilse de karanlık fabrikalar tam otomasyonun olduğu ve insan faktörünün üretim sahasında yer

almadığı bir modeldir; ancak günümüzde akıllı fabrika olarak ifade edilen modeller daha çok insan makine(robot) iş birliğini içeren yarı otomasyonlu modellerdir (Hentout, Aouache, Maoudj ve Akli, 2019; Sztipanovits, Koutsoukos, Karsai, Sastry, Tomlin, Damm, ve Köster, 2019).

Günümüzde, robotik kollar ve Otomatik Kılavuzlu Araçlar (AGV) otomobil, elektronik ve ev aletleri imalatı gibi çeşitli alanlarda taşıma, kaynak, yükleme - boşaltma ve malzeme taşıma gibi işlerde kullanılmaktadır. Akıllı Üretim Ortamlarında endüstriyel robotlar, akıllı üretimin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynayan standardizasyon ve esnekliklerinden dolayı vazgeçilmez hale gelmiştir (Yan, Hua, Wang, Wei ve Imran, 2017).

Tam otomasyon ve akıllı üretim modeli çeşitli avantajlar ve dezavantajlar sunar. Karanlık üretim, makine ile üretim, daha fazla çalışma imkanını sağlamakla birlikte üretimde hatanın azalmasına da neden olur. İlk yatırım maliyeti ve bakım onarım giderlerinin yüksek olmasına rağmen, emek yoğun bir üretime göre makine üretimi daha ucuzdur. İyi bir planlama ile makinelerin 24 saat çalışması mümkündür, bu arada işlevsiz hale gelen işgücü Ar-Ge gibi alanlara kaydırılarak daha verimli olabilecekleri işlerde çalıştırılabilirler. Tam otomasyon ve akıllı üretim modeli gece üretimini mümkün kıldığından enerji maliyetlerinde düşüşleri mümkün hale getirir. Rekabet sürecinde bu modelin hızlı üretim imkânından dolayı rekabette geleneksel üretime kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. (Fonseca, 2018). Üretimde, siber-fiziksel sistemlerin üretim sürecinde verimliliği artırma potansiyeli çok büyüktür (Shafiq, Sanin, Toro ve Szczerbicki2015). Bulut işlemleri veya endüstriyel Yapay Zeka gibi yeni teknolojiler, yeni esnek üretim sistemlerine olanak tanıyarak, üretim esnekliği yani, bir firmanın müşteri taleplerine zamanında tepki verme ve aşırı maliyetlere maruz kalmadan ve aşırı miktarda kaynak harcamadan üretim sistemi verimliliğini artırma yeteneğini geliştirir. (Fragapane, Ivanov, Peron, Sgarbossa ve Standhagen, 2020).

Diğer taraftan esneklik, kalite ve verimliliğe yönelik bu yenileme üretimi yenileme girişiminde en önemli risk, güvenliğin geliştirme ve dağıtım sürecinin önemli bir endişe kaynağı olarak görülmesidir. Geleneksel üretim süreçlerinin çok ötesinde teknik karmaşıklık, entegrasyon ve otomasyon seviyelerine dayandığından, yeni güvenlik açıkları olacak ve güvenlik konusunda netlik eksikliği iki katına çıkacaktır. Sanayi ve üretim sistemlerine yapılan siber saldırıların artması, mevcut sistemlerin bile savunmasız olduğunu, bu güvenlik açıklarının iyi anlaşılmadığını ve

bunun sonucunda kuruluşların mevcut güvenlik tehditlerine karşı hazırlıklı olmadığını göstermektedir (Tuptuk ve Hailes, 2018). Ayrıca akıllı imalattaki en büyük zorluklardan biri, makine tarafından üretilen verilerin nasıl yakalanacağı, anlaşılacağı ve karar vermeyi kolaylaştıracak değerli bilgilere nasıl dönüştürüleceği ile ilgilidir. Bu verilerin analizi, şirketlerin temel değişikliklerden geçmesini ve gerekli tüm ayarlamaları ve uyarlamaları benimsemesini gerektiren farklı türde yapılar, süreçler ve teknolojiler gerektirirken, bu tür teknolojilerin benimsenmesi ve ilk uygulaması çok maliyetli olabilir (Brousell, Moad ve Tate, 2014; McKinsey, 2016; Fatorachian ve Kazemi, 2018)

Karanlık üretimin güvenlik riskinin yanı sıra, istihdam açısından da dezavantaj yaratacağı görüşü de hakimdir. Ancak bu dezavantajın daha çok mavi yakalı emek faktörünü etkilerken, daha eğitilmiş ve kalifiye emek gücüne ihtiyacı arttıracaktır. Karanlık fabrikalar ne kadar insansız üretim gerçekleştirecek olsa da; makine bakım, kontrol, bilgisayar sistemlerinin kurulumu, yeniden yapılandırılması, elektrik, sıhhi tesisat ve iletişim sistemlerinin yürütülmesi, üretim planlarının yapılması ve izlenmesi, yeni ürün tasarımlarının yapılması ve tüm süreçlerin yönetilmesi için insan faktörüne ihtiyaç duyulacaktır. Yeni nesil düşük maliyetli robotlar tarafından yeni bir fabrika otomasyonu oluşturulacak ve geleneksel işler yerine yeni siber işler sürece dahil edilecektir. Aslında akıllı fabrikanın siber kısmı, işletme içinde tanımlanacak iş tanımları ve eğitim kurumları tarafından eğitilecek iş gücüne gereksinim yaratacak bir alandır (Kusiak, 2017). Karanlık fabrika modelinin yaygınlaştırılabilmesi için teknik boyutu, mimari boyutu, planlama boyutu, insan boyutu, güvenlik ve emniyet boyutu gibi çözülmesi gereken çok boyutlu problemlerin çözüme kavuşturulması gerekmektedir (Zuehlke, 2010).

Dünya Kalkınma Raporuna (2019) göre; Geleneksel olarak insanların gerçekleştirdiği görevlerin yapay zeka ile güçlendirilen robotlar tarafından yerine getirilmesi emek faktörü için bir risk oluşturmaktadır. Ancak dünya çapında faaliyet gösteren robotların sayısı hızla artıyor olsa da genel emek talebinde de bir artış olduğu görülmektedir. Raporda bu konunun, teknolojik ilerlemelerin teknoloji sektöründe doğrudan istihdam yaratılmasına yol açtığına değinilmiştir. Örneğin, Çin'in önde gelen Fintech platformu olan JD Finance, geleneksel kredi memurları işe almak yerine sayısallaştırılmış kredi algoritmalarını keskinleştirmek için 3.000'den fazla risk yönetimi veya veri analizi işi yarattı. Yazılım geliştiricilerin eğitimi konusunda uzmanlaşmış ABD şirketi olan Andela ise, ücretsiz çevrimiçi öğrenme

araçlarını kullanarak Afrika genelinde 20.000 yazılım programcısı yetiştirerek, kalifiye olduktan sonra, programcıları doğrudan Andela bünyesinde istihdam etmektedir (WORLD BANK GROUP, 2018)

Akıllı üretimin arka planında endüstriyel IoT (nesnelerin interneti) teknolojisi bulunmaktadır (Wang, 2020). Akıllı fabrika, akıllı sensörler ve algılama, bilgi işlem ve tahmine dayalı analitik ve esnek kontrol teknolojilerinden oluşan en yeni IoT ve endüstriyel internet teknolojilerini kullanarak çok ölçekli üretimde yeni bir yaklaşım tanımlar. Bu teknolojiler, bilgileri elde etmek, aktarmak, yorumlamak ve analiz etmek ve üretim sürecini amaçlandığı şekilde kontrol etmek için birbirine bağlanmalıdır. Bu nedenle akıllı fabrikanın gereksinimleri siber fiziksel sistemler aracılığıyla karşılamak mümkündür. Bir fabrikada tam otomasyonun sağlanması için siber-fiziksel sistem gelişiminin connection (bağlantı), conversion (dönüştürme), Cyber (Siber Cognition (Bilme Yetisi, Kavrama) ve Configuration (Konfigürasyon seviyesi) beş adımda aşama ile özetlenebilir. Birinci aşama, bağlantı; makinelerden ve bileşenlerinden doğru ve güvenilir veriler edinilmesini gerektirir. Veri yönetimi ve iletişimi, sensörlerin doğru seçilmesi ve veri akışı için kesintisiz bir yöntem bu seviye için önemli hususlardır. Dönüştürme aşamasında veriler işlenerek anlamlı bilgilere (makine bozulma bilgisi gibi) dönüştürülür. Bu seviyenin amacı, bileşen ve makine seviyesi için öz farkındalık sağlamaktır. Üçüncü aşama olan siber, tüm bilgilerin birleştiği ve işlendiği yerdir. Dördüncü aşamada ise; izlenen sistem hakkında kapsamlı bir bilgi üretilir ve sistem içindeki farklı bileşenlerin etkisini ilişkilendirmek için karşılaştırma sağlanır. Beşinci ve son aşama konfigürasyon seviyesi, siber alandan fiziksel alana geri bildirimdir, burada eylemler makineyi kendi kendine yapılandırmak, kendi kendini adapte etmek ve kendi kendini korumak için döngü içinde insan veya bir denetim kontrolü olarak alınır. Bu aşama, biliş düzeyinde alınan düzeltici ve önleyici kararları uygulamak için bir dayanıklılık kontrol sistemi görevi görür (Lee, 2015).

Çin, üst düzey bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) takım tezgahları, endüstriyel robotlar, akıllı enstrümanlar ve katkı üretimi gibi akıllı üretimin belirli alanlarda önemli katkılar sağladı ve ilk akıllı üretim standart sistemini kurdu. Çin'de akıllı imalat sanayinin gelişmesiyle, ağ altyapısı daha yüksek bir seviyeye ulaştı ve yüksek performanslı bilgi işlem, ağ iletişimi ekipmanı, akıllı terminaller ve yazılımda, akıllı üretimin geliştirilmesini destekleyen bir dizi mobil internet, büyük veri ve bulut bilişimin önde gelen işletmelerinde atılımlar gerçekleştirildi. 2015 yılında Japonya,

işletmeleri İnternet üzerinden bağlamak için Almanya'nın Endüstri 4.0 girişimine karşılık gelen Endüstriyel Değer Zinciri Girişimi'ni (IVI) başlattı. Mitsubishi Electric, Fujitsu, Nissan Motor ve Panasonic dahil otuz Japon şirketi bu girişimin bir parçasıdır. Endüstriyel Değer Zinciri Girişimi (IVI), üretim ve bilgi teknolojilerini birleştirerek yeni bir toplum tasarlamak ve işletmelerin iş birliği yapabileceği bir alan yaratmak için forum olarak oluşturulmuştur. Forum aktif olarak insan merkezli üretimin IoT ile nasıl değişeceğini tartışıyor. (Zhong, Xu, Klotz ve Newman, 2017). Ayrıca sürdürülebilir kalkınma ve yeşil enerji gibi diğer unsurlar da dikkate alarak; bilgi teknolojisi, robot ve otomatik tezgahlardan başlayarak on öncelikli sektör belirlenmiştir. Çin'in uzun vadeli hedefleri arasında; imalat endüstrisinde reform yapmak, çok sayıda düşük maliyetli üründen yüksek kaliteli ürünlere geçmek ve 2035 yılına kadar imalat dünyasında Almanya ve Japonya'nın hakimiyetini devralmak yer almaktadır (Rojko, 2017).

Karanlık fabrikanın ilk örneği Çin'de kurulan ve cep telefon modülleri üreten bir fabrikadır. Fabrikada kullanılan bir robot kolun 6-8 işçinin yapabileceği işi tek başına yaptığı sistem kurulmadan önce fabrikada çalışan işçi sayısının 650 olduğu ve robot kolun kullanımı ile birlikte bu sayının 60'a inmiştir. Sistemin fabrikada aktif olarak kurulup çalışmasıyla birlikte nihai ürün çıkışında kusurlu parça oranının ise %25'lerden %5'lere kadar düştüğü gözlemlenmiştir (www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-iansansiz-uretim, Erişim Tarihi: 05.05.2020).

Günümüzde üretim süreçlerinde otomatikleşme ve robotların üretime dahil edilmesi artık alışık olduğumuz bir durumdur. İnsanların yaptıkları işleri makinelere devretme çabası önceden süregelen bir şeydir ve bu, hızla artmaya devam etmektedir (Tomás , 2017). Akıllı fabrikalar karmaşıklığın arttığı bir dünyada dinamik ve hızla değişen koşullara sahip bir üretim tesisinde oluşan problemleri çözerek esnek ve uyarlanabilir üretim süreçleri sağlayan üretim çözümüdür (Radziwon, 2014: 1187).

Karanlık üretimin üretici firmalara sağladığı avantajları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

- Makine ile üretimde sistemin tam robotik otomasyona dönüştürülmesinden dolayı daha fazla çalışma saatine karşın daha az kusurlu parça imkânı tanıdığından dolayı artan verimlilik söz konusudur (Fernandes ve Assuncao, 2017, s. 50).

- Bu üretim sisteminde birçok personelin yaptığı işi sadece bir makineye bağlanarak yapılabildiği için yatırım maliyeti ve bakım onarım maliyetleri ile bile daha ucuz bir üretim yapılabilmektedir.
- Yukarıdaki maddeye dayanarak da bu çalışma sistemi işgücüne olan ihtiyacı azaltmaktadır.
- İyi bir planlama ile makinelerin 24 saat çalışması mümkündür.
- Bu üretim sisteminde bakım onarım hariç herhangi bir sıkıntı çıkmadığından dolayı insanlar Ar-Ge gibi alanlara kaydırılarak daha verimli işlerde kullanılabilirler.
- Bu üretim sistemi enerjiye bağımlı olarak bilinse de daha fazla üretim yapıldığından dolayı birim başına enerji kullanımı azalmaktadır. Özellikle karanlık fabrika dediğimiz bu üretim modelinde geç saatlerdeki üretim gibi durumlarda işletmelere enerji tasarrufu sağladığından maliyetlerin azalmasına imkânı vermektedir.
- Bu üretim sisteminde artan verimlilikten dolayı rekabette geleneksel üretim sistemini kullanan firmalara göre oldukça avantaj sağlamaktadır.
- Akıllı fabrikaların amacı sadece maliyetleri düşürmek ve verimliliği arttırmak gibi ekonomik bir etki yaratmak için değil, aynı zamanda dördüncü sanayi devriminin getirdiği yeni paradigmanın insani ve sosyolojik yönünü de göz önünde bulundurmak gerekir (Kang ve diğ. 2016).
- Akıllı fabrikalar, prototip ürün çıkarma veya ürün üretilmeden önceki ilk halini sipariş edebilme, ya da kendi tasarımını yapabilme imkânı tanıma gibi önemli yararlar sağlamaktadır (Tuominen, V., 2016; Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G., 2014).

Akıllı fabrikalarda siber güvenlik riski geleneksel üretim tesislerine nazaran daha çok üzerinde durulması gereken bir konudur ve akıllı fabrika yapısının bir parçası olarak ele alınmaktadır. Fabrikaların tamamıyla bağlantılı bir ortama sahip olmaları siber saldırıların etkilerini artırabilir ve çok sayıda bağlantı noktası göz önüne alındığında bu saldırılara karşı koymak daha da zor olabilir. Akıllı fabrikalar için siber güvenlik riski belirgin bir biçimde artmaktadır ve sadece fabrikalarla

kalmayıp tedarikçiler, müşteriler ve diğer üretim tesislerini de kapsamaktadır (Burke ve diğerleri, 2017: 14).

Tablo 1: Geleneksel Üretim Modelleri ile Akıllı Fabrika Üretim Modellerinin Karşılaştırılması

| Geleneksel üretim | Akıllı fabrika üretimi |
|---|--|
| Üretim kontrol ağı: Her makine belirli bir görevi yerine getirmektedir ve aralarında bir iletişim söz konusu değildir. | Kapsamlı bağlantılar: İnsanlar, makineler, kaynaklar ve bilgi sistemleri birbirleriyle yüksek hıza sahip bir ağ üzerinden bağlantı kurarlar. |
| Sabit üretim: Üretim rotası sabittir ve kişiler tarafından manuel olarak yeniden yapılandırılır. | Dinamik üretim: Ürünün farklı özelliklerine göre üretim rotası değişir ve bu değişim otomatik olarak yapılır. |
| Bağımsız kontrol: Her makine belirli bir görevi yürütecek şekilde programlanmıştır ve tek bir cihazın arızalanması tüm üretim sürecini etkilemektedir. | Kendi kendini organize etme: Kontrol işlevi birden fazla makineye dağıtılmaktadır. Bu akıllı makineler sistem dinamikleriyle başa çıkmak adına kendilerini organize etmek için birbirleriyle anlaşılır. |
| İzole bilgi: Makine kendi ürettiği bilgiyi kaydeder ancak bu bilgiler başkaları tarafından nadiren kullanılır. | Büyük Veri: Makinelerin ürettiği büyük miktarda veri transfer edilebilme ve cloudlarda toplanarak veri analizi yapılabilmektedir. |
| Ayrılmış tabaka: Sahada kullanılan cihazlar üst bilgi sistemlerinden ayrılmaktadır. | Derin kümelenme: Endüstriyel ağ, siber fiziksel sistemler ile bütünleşir ve nesnelerin interneti ve hizmetlerin interneti oluşur. |

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

1.4.10.3. Öngörücü Bakım (Predictive Maintenance)

Yüksek teknoloji modellerinin kullanılabilirliğini, güvenilirliğini ve maliyet etkinliğini sağlamada bakım çok önemli bir meseledir. Bu bakımdan, endüstrilerde yıpranan endüstriyel araçların yaratacağı güçlükleri gidermek için akıllı bakım stratejileri kullanılması kaçınılmazdır. Günümüz endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan geleneksel bakım uygulamaları, önceden belirlenmiş belirli zaman aralıklarında yapılmaktadır. Ancak sistem arızaları dinamik bir yapıya sahiptir. Bu

bağlamda, arızalar, beklenmedik bir zamanda hem sistemsel hem de çevre faktörlerinden kaynaklanabilir. Bu nedenle dinamik olarak bozulabilen sistemlere geleneksel üretim metodalarında olduğu gibi belirli zaman dilimlerinde sabit bakım uygulanması verimliliği azaltabilmektedir (Ramizov, 2019).

Öngörücü bakım uygulaması endüstriyel hizmet dünyasında bir dönüm noktasıdır. Endüstride kullanılan diğer yaklaşımların aksine öngörücü bakım, pek çok algoritma yardımıyla çalışan sensörlerin kullanımı yolu ile makine verilerinin her an ölçülmesini sağlamaktadır. Bu sayede, makinelerin bakıma ihtiyacı olduğunu veya bozulacağını önceden tahmin ederek planlanmamış arıza sürelerini azaltabilmekte hatta ortadan kaldırmaktadır (Prakash, 2018). Ayrıca makinelerin durumu hakkında bilgi vermekte ve ne zaman bakım çalışmasının gerekebileceğine ilişkin rapor oluşturmaktadır (Köhler, 2018). Böylece endüstriyel araçlar daha az arıza süresinin ortaya çıktığı bir ortamda daha verimli kullanılmaktadırlar. Söz konusu uygulama, sadece gerekli olduğunda bakım yapılmasına imkan verdiği için bakım maliyetlerinin de azalmasına neden olmaktadır. Öngörücü bakım piyasasının 2018' den 2022'ye %20 ila %40 artacağı ve sistemin 2022 itibarıyla piyasa değerinin 11 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Feldmann, 2018: 2).

1.4.10.4. Önleyici Bakım (Prescriptive Maintenance)

Önleyici bakım öngörücü bakıma benzer, ancak önleyici bakım, bakım sürecinin otomatikleştirilmesinde bir adım daha ilerisidir. Sadece üretim sürecini izleme ve tavsiyede bulunma yerine makinelerin bakım adımları konusunda kendi kararlarını vermesini sağlamaktadır. Bunu için makine öğrenimi ve yapay zeka teknikleri kullanılır. Tahmin edilebileceği gibi bunun yapılması için fabrika genelinde tüm makinelerin karşılaştırmalı olarak verilerinin gerçek zamanlı olarak sağlanması zorunludur (Kam, 2018). Önleyici bakım, bilişsel analitik ve nesnelerin interneti araçları ile makine arızalarının sürekli olarak izlenmesi ve tanımlanmasını içeren bakım sürecidir. Ayrıca kullanıcıya sadece bilgi vermekle kalmayıp bakım için gerekli çözümler de sunmaktadır.

Şekil 5: Önleyici Bakım Süreci



Kaynak: <https://www.efficientplantmag.com/2017/02/analyze-big-data-prescriptive-maintenance/>

1.4.10.5. Kişiselleştirilmiş Üretim

Endüstri 4.0 uygulamasında en önemli nokta müşteri talebine daha kolay adapte olabilecek bir üretim sürecinin oluşturulmasıdır. Mevcut üretim sistemleri çoğunlukla tekdüzedir ve değişim için elverişli değildir. Bu nedenle üretim hattında üretilenleri değiştirmek zordur. Daha esnek üretim süreçleri ayarlanabilen ve birlikte çalışabilen daha geniş sistemlere ihtiyaç duyar (Eclipse Foundation, 2017: 6).

Seri üretim sistemlerinde üretim süreçlerinin optimizasyonu fiyat rekabetinin birincil itici gücüdür. Bu yaklaşımın dezavantajları, ürün çeşitliliğinin azlığı, muhafazakar ürün tasarımları, sınırlı şekiller, katı tedarik zincirleri vb. dir. Eğer müşteri memnuniyeti sadece fiyattan değil aynı zamanda ürün çeşitliliğinden de kaynaklanıyorsa, bu durumda hızlı ama müşteri beklentilerine daha duyarlı üretim altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Modern endüstriler ürünlerde kabul edilebilir bir fiyat seviyesine göre daha fazla çeşitlilik sağlayarak üretim yapmak zorundadır. Küresel pazar ve yeni iş modelleri bireyin biyometrik parametrelerine adapte olma ve müşterilerin özel isteklerini karşılayabilecek derecede kişiselleştirme ve yeni üretim akışı başlatma yeteneği gerektirmektedir.

Kişiselleştirme, yüksek teknolojili üretimin piyasaya en önemli katkısıdır. Yerel düzeyde müşteri taleplerini karşılayabilmek için daha yüksek duyarlılık geliştirilmelidir. Bunun için de şirketlerin veya üreticilerin esnekliği ve verimliliği birleştirmeleri gerekmektedir. Gelecekteki fabrikalar müşterilere daha yakın ve daha modüler olacaktır. Bu bağlamda, Gelecekte fabrikalar kişiselleştirilmiş müşteri merkezli bir dünyada yer almakta ve aynı zamanda yüksek performans ve kaliteyi

uygun maliyet ve verimlilikle birleştirmekte ve seri üretim sürecinde kişiselleştirilmiş seri üretime izin vermektedir. Kişiselleştirme artık teknoloji ile sınırlı değildir. Tüketiciler ihtiyaç duydukları ürünlerinin tasarımlarında üretim sürecine dahil edilmektedirler (Smart Industry, 2018: 25-26). Kişiselleştirilmiş üretim, malların tüketicilerin kendi özel ihtiyaçlarına göre tasarlanmasına ve tüketicinin tasarım sürecinin bir parçası olmasına olanak imkanı vermektedir (açık inovasyon). Bu bağlantı, tüketici ve mal arasında daha güçlü bir hissi bağ oluşmasına neden olabilecektir (Stankovic ve diğerleri, 2017:8).

Kişiselleştirme, firmaların geleneksel fiyat rekabeti yerine tüketici odaklı katma değer elde etmek amaçlı bir farklılaşma stratejisinin yürütülmesine olanak tanır. Ultra Kişiselleştirilmiş Ürünler ve Hizmetler (UPPS), katma değere odaklanma örnekleridir. UPPS, üretim hacmi kadar, küçük seriler halinde bireyin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış ürünler içeren bir pazar seçeneği sunmaktadır (Barclays: 2016) . Ayrıca, UPPS yaratacağı ölçek avantajı nedeniyle, uygun bir maliyet ve fiyat seviyesinde kişiselleştirme sağlamaktadır (Fieldlab: 2016). Kişiselleştirilmiş ürünlere ait, satın alma maliyetlerindeki düşme ile birlikte, pazarının da büyümesi beklenmektedir (Thomas: 2017, Fenech: 2015).

Ayrıca Akıllı Nesnelerin Kişiselleştirilmiş Gerçek Zamanlı Pazarlama Örnekleri de mevcuttur: Bunlardan biri, bebek bezlerinin artık dijital forma gelmesidir. Bu bebek bezlerinin en önemli özelliği ise, bebeklerin idrarlarını analiz edebilme yetisine sahip olmasıdır. Bu analizler sayesinde ebeveynler anlık olarak bebeklerinde herhangi bir sağlık problemi gelişip gelişmediğinden de haberdar olabilmektedirler. Bu hızlı denetim sayesinde herhangi bir patolojinin ilerlemeden hızlıca tespit edilerek tedavi sürecinin başlatılmasına imkân sağlamaktadır (Hardy: 2013). Bu ağ kapsamında insanlar arasında, insanlarla nesnelere arasında ve nesnelere nesnelere arasında bir ilişki söz konusudur (Lee ve Crespi: 2010).

Endüstri 4.0, akıllı ürün, insan ihtiyaçlarına uyum gibi özellikler getirmiştir (Roblek & Krapež: 2016). İnternetin insanların hayatında önemli bir yer edinmesinden dolayı işletmeler ürün ve hizmetlerine olan talebin artması için bu teknolojiyi kullanarak pazarlama stratejilerini belirlemişlerdir. (Jimenez vd:2017). 20.yüzyılın son çeyreğinde internetin güçlü bir şekilde gelişmesiyle birlikte, iş dünyasında çok köklü değişimler olmuştur (Fuciu ve Dumitrescu: 2018). Sosyal medyanın oldukça çok kullanıldığı bu dönemde işletmeler bu dijital mecraayı çok

fazla kullanmaya başlamışlar ve pazarlama taktiklerini iyice geliştirerek gerçek zamanlı pazarlamayı ön plana çıkarmışlardır (Kline: 2014; Yılmaz: 2018) Bu yüzden Endüstri 4.0 dinamik, kendi kendini optimizasyon ile birlikte, üretim planlarının gerçek zamanlı yapılabilmesini sağlar (Sanders ve diğ: 2016)

Akıllı ürünlerin üretiminde; endüstri 4.0 teknolojilerinden yararlanılarak yeni bir çıktı oluşturulacaktır. (Lee vd: 2014). Örneğin son zamanlarda yöneticiler, bilgi yönetimi, üretim ve materyaller gibi birçok önemli alanda değişikliğe gitmiştir. Bugünün çok fazla talep edilen otomobil markalarından BMW ve Toyota bireysel tüketici ihtiyaçlarına göre pazarlama politikalarını önceden oluşturmuşlardır. (Oliver vd: 1998). Bu yüzden işletmeler sürekli piyasa araştırması yapmış, teknolojileri takip etmiş ve bunları tüketiciler tarafından aranan değerlerle uyumlu hale getirmişlerdir (Rahayu vd: 2018). Sabun tesisleri, kişiselleştirilmiş renkli sıvı sabun şişesi üreten akıllı fabrikaların ilk örnekleridir. Tüketiciler herhangi bir sayıda farklı sıvı sabun renkleri seçebilirler ve bu üretim tesisi insan kontrolü olmaksızın sabunu üretebilir (Zuehlke: 2010). Çünkü; tüketici tercihleri, istek ve ihtiyaçları dikkate alınarak pazarlama faaliyetlerini iyileştirmede fayda sağlayacağı düşünülmüştür (Kimmel: 2015).

1.4.10.6. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi

Yapay Zeka ifadesi günlük hayatımızın çokça konuşulan bir konusu haline geldi. Son yıllarda piyasalarda yapay zekaya sahip çok fazla tüketici ürününe rastlanmaktadır. Neredeyse hayatımızın her alanında karşılaştığımız yapay zeka o kadar gelişti ki artık Shakespeare'in yazdığı gibi şiirler bile yazabiliyor (Tarantola, 2017). Sürücüsüz arabalar, Siri, Google arama, akıllı trafik ışıkları yapay zekanın dünyayı nasıl etkilediğinin örnekleridir.

İlk olarak 1956 yılında John McCarthy tarafından kullanılan Yapay Zeka terimi akıllıca davranış sergileyen yazılım ve donanımlara verilen isimdir. Profesör McCarthy'nin sözleriyle ifade etmek gerekirse, yapay zeka “akıllı makineler, özellikle de akıllı bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği” dir (Kelnar, 2016). Yapay zeka makineler tarafından sergilenen akıl veya görsel algılama, konuşma tanıma ve karar verme, gibi insan bilgisi, akli, öğrenme ve anlama kabiliyeti gerektiren bazı görevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemleridir (Russell and Norvig, 2010: 2). Peki asıl soru yapay zeka insan zekasını nasıl

sergileyebilecektir. Bilgisayarlara açık bir şekilde programlanmadan öğrenme yeteneği veren algoritmalar yardımıyla oluşacak makine öğrenimi bu sorunun cevabını vermektedir (Silva and Zhao, 2016: 71). En temel anlamıyla makine öğrenimi, verileri analiz etme, onlardan öğrenme ve daha sonra belirli özel görevlere ilişkin karar vermek için algoritmaların kullanmasını ifade eder. Bir makineye belirli bir görevi yerine getirmesi talimatını verecek bir yazılım kodu seti yazmak yerine, makine öğrenme algoritmaları, büyük miktarda veriyi kullanan sistemi eğiterek bu görevi nasıl yerine getireceğini öğrenmesini sağlar (Copeland, 2016). Bu nedenle makine öğrenimi yapay zekanın tedarikçisidir.

Makine öğreniminin hataları izlemek, arızaları tespit etmek ve gelecekteki ihtiyaçların tahmin edilmesi gibi üretimde son derece önemli etkilere sahiptir (Ahuett-Garza and Kurfess, 2018). Günümüzde makine öğrenimi şirketlerin giderek daha fazla dikkatini çekmektedir. Örnek vermek gerekirse bir bilgisayar makine öğrenimi sayesinde herhangi bir aracın nasıl çalıştığını öğrenebilir. Hatta insan tarafından özel olarak bir programlamaya gerek kalmadan bir makine, bozulma ve başarısızlığa sebep olan davranış kalıplarını bile öğrenebilmektedir. Daha önceki bölümler de ifade edildiği üzere, bilgisayarlar bir makinenin ne zaman bozulacağını tahmin edebilir ve bu sayede yöneticilere önceden bakım planı yapmalarına imkan sağlarlar (Polli, 2017: 63).

1.4.10.7. Dijital Üretim İkizi

Endüstri 4.0 da önemli kavramlardan biri de dijital ikiz olarak bilinen fiziksel nesnelerin dijital ortama yansımalarıdır. Dijital ikizler endüstriyel sistemlerin performansını ve bakımını optimize etmek için kullanılan teknolojilerden birisidir. Bir dijital ikiz, temel olarak, iş performansını optimize etmeye yardımcı olan fiziksel bir nesnenin veya sürecin tarihsel ve güncel davranışının gelişmiş bir dijital profili olarak tanımlanabilir. Dijital ikiz; büyük, kümülatif, gerçek zamanlı, gerçek dünya veri ölçümlerine dayanmaktadır. Bu ölçümler dijital dünyada nesnenin veya sürecin sistem performansı ile ilgili önemli bilgiler sağlayabilen, ürün tasarımında veya üretim sürecinde bir değişiklik yapabilen bir profilini oluşturmaktadır. Bir dijital ikizi önemli kılan şey fiziksel ve dijital dünyalar arasında neredeyse gerçek zamanlı bir bağlantı sağlayabilmesidir (Parrott ve Warshaw, 2017: 3). Bu kavram havacılık ve otomotiv endüstrilerinde onlarca yıldır kullanılmaktadır. Bilgi işlem ve iletişim

teknolojilerindeki ilerlemeler, dijital ikizin endüstrilerde kilit bir unsur haline gelmesinin yolunu açmaktadır. Dijital ikiz gerçek dünyadaki bir aygıtın, makinenin, sistemin veya işlemin dijital bir tanımıdır. İnternet ve operasyonel dinamikler, dijital ikizin kritik unsurlarıdır. Çünkü ikizin simüle edilmiş davranışı, cihazlardan Endüstriyel Nesnelerin İnterneti aracılığıyla gelen gerçek zamanlı verilere dayanmaktadır. Dijital ikizin orijinal üretim süreciyle olan uygunluk derecesinden dolayı, mühendislere de problem çözmeleri konusunda fırsatlar sunmaktadır. Örneğin, bir cihazın üreticisi, dijital ikizle etkileşime girerek üretimi takip edebilir ve hatta herhangi bir problem oluştuğunda fabrikaya gitme gereği duymadan olası çözümlerin simülasyonlarını deneyebilir. Bu çözümleri uygularken üretimde herhangi bir duraksama meydana gelmemektedir. Dijital ikizler ayrıca mühendislere tasarımları ile ilgili önemli geri bildirimler sunabilir ki bu da mühendislerin tasarımlarını daha da geliştirmelerine yardımcı olur. Bununla birlikte, bir dijital ikizin en yaygın kullanımına örnek olarak öngörücü bakım gösterilebilir. Gerçek makinelerin dijital olarak oluşturulması sayesinde gerçek dünya ile simüle edilmiş profili ile gerçek zamanlı olarak karşılaştırılabilir ve bu sayede oluşabilecek başarısızlıklar önceden tahmin edilerek bakım yapılabilir. Dijital ikizlerin kullanımı ağır makine ve otomatik uygulamalarında uzun zamandır önemli bir araçtır. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler dijital ikiz uygulamasının endüstriler arasında yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Sonuç olarak, birçok şirket bakım ve üretim süreçlerinde verimliliği artırmak için dijital ikizleri kullanmak için araştırmalar yapmaktadırlar (Quinnell, 2018). Dijital ikiz, şirketlere sorunları daha yüksek doğruluk payı ile öngörebilmelerini, daha hızlı bir biçimde çözebilmelerini, daha iyi ürünler tasarlamalarını, üretebilmelerini ve bu sayede müşterilerine daha iyi hizmet verebilmelerini sağlamaktadır. Bu tür akıllı tasarımlar sayesinde şirketler her zamankinden çok daha fazla değer yaratmakta ve daha çok kar elde etmektedirler.

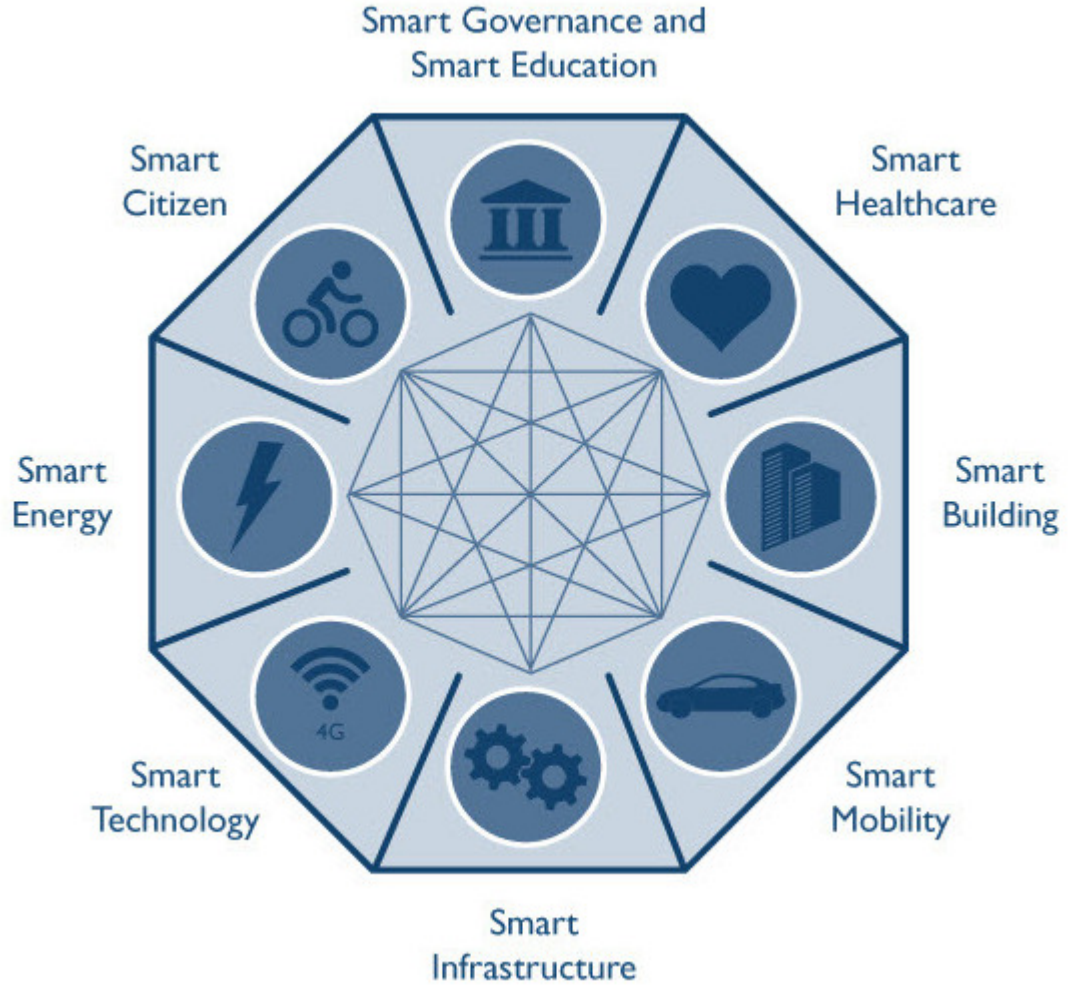
1.4.10.8. Akıllı Şehirler

Günümüz dünyasında, kentleşmenin ve teknolojinin birbirleriyle yakından ilişkili olduğu, teknolojinin artık kentleşmenin nerede ve nasıl gerçekleştiğini doğrudan etkilediği bir noktaya ulaşıldı. Şehirler modern toplumun motorunu oluşturmaktadır ve küresel ekonomiye güç katmaktadırlar. Ayrıca, çok miktarda kaynak tüketmekte ve dünya nüfusunun çoğunluğunu barındırmaktadırlar. Dahası, bilim adamlarının geleceğe dair endişeleri olan kirlilik ve emisyonların da çoğunu şehirler yaratmaktadır (Desjardins, 2017). İnternetin kullanılabilirliğinin artması ve Nesnelerin İnterneti'nin yükselişi ile birlikte şehirler, bölgeler ve tüm ülkeler arasında akıllı ve bağlantılı altyapının yaygınlaşmasını hızlandırdı. Karayolları, enerji şebekeleri, su ve kanalizasyon sistemleri, kamu binaları ve tesisleri, iletişim ağları, arabalar ve evler, vs. her gün “daha akıllı” hale gelmektedir. 2016 yılında neredeyse 6,4 milyar nesne internete bağlıydı. 2020 yılına gelindiğinde ise 20 milyar nesnenin internete bağlı olduğu tahmin ediliyor (Tung, 2017). Bu akıllı altyapı ve ürettiği gerçek zamanlı büyük miktarda veri, akıllı şehirlerin temelinde yer almaktadır. 2025 yılına kadar ağ bağlantılı ve bütünleşmiş Mega şehirlerin gelişimi devam edecektir. Dünya nüfusunun yüzde 60'ından fazlasının 2025 yılına kadar şehirlerde yaşaması beklenmektedir. 2023 yılına kadar, dünya çapında 30 Mega şehir, 2025 yılına gelindiğinde ise dünya çapında yaklaşık 40 akıllı şehir var olacaktır (Vermesan ve Friess, 2013).

Akıllı şehir ifadesi 2000'li yılların sonundan itibaren bir terim olarak yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Akıllı şehir kavramı için çeşitli tanımlamalar mevcuttur. Bu tanımlamaların çoğu aşağıdaki unsurları içermektedir.

- Bilgi Teknolojilerinin yenilikçi ve yaygın kullanımı
- Çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilir olan
- Şehrin sakinlerini güvence altına alan yüksek yaşam standardı ve girişimciliği güvence altına alan uygun girişim ortamı (Nick, 2016: 123).

Şekil 6: Akıllı Sistemlerin Entegrasyonu



Kaynak: <http://www.visualcapitalist.com/smarter-cities/>

1.5. ENDÜSTRİ 4.0'IN DİZAYN PRENSİPLERİ

Herman ve diğerleri (2105) 'ne göre Endüstri 4.0'ın sahip olduğu altı belirgin tasarım ilkesi mevcuttur. Bu tasarım ilkeleri firmalara Endüstri 4.0'ı tanımlama ve uygulama konusunda yardımcı olmaktadır (Plessis, 2017: 25). Bunlar, birlikte çalışabilirlik, sanallaştırma, merkezi olmayan karar yapıları, gerçek zamanlı veri yönetimi ve analitiği, hizmet oryantasyonu ve modülerliktir.

1.5.1. Birlikte Çalışabilirlik

Endüstri 4.0 'ın tasarım ilkelerinden en önemlisi, entegrasyon ya da birlikte çalışabilirliktir (Lu 2016; Romero ve Vernadat 2016; Cheng vd 2016). Birlikte çalışabilirliğin önemi Nesnelerin İnterneti tartışmalarında sıklıkla vurgulanmaktadır. Birlikte çalışabilirlik bir üretim ortamında tüm varlıkların montaj istasyonları, insanlar ve ürünlerin Nesnelerin İnterneti ve İnsanların interneti vasıtasıyla birbirleriyle iletişim kurdukları anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, birlikte çalışabilirlik, iki veya daha fazla sistemin karşılıklı bilgi alışverişi ve kabiliyeti olarak tanımlanabilir (Pedone ve Mezgár2018). Yani iki sistemin birbirini anlama ve birbirlerinin işlevselliğini kullanma kabiliyetidir (Chen vd 2008). Kısaca veri alışverişi yapan ve bilgi paylaşan iki sistemin yeteneğini temsil eder (Ruggaber 2006).Bu bir fabrikayı gerçekten akıllı yapan en önemli etkidir (Martin, 2017, Herman, Pentek ve Otto, 2015: 12). Geleceğin akıllı fabrikalarında birlikte çalışabilirlik tüm açıdan içeriksel bilginin kesintisiz akışını sağlamak için çok önemlidir. Siber Fiziksel sistemlerin bir parçası olan biosensörlere baktığımızda ise birlikte çalışabilirlik tüm sistem döngüsünün gerçekleşmesi ve sürekli olarak bilgi alışverişinin yapılmasını sağlamak açısından önemlidir. (Thuemmler ve Bai, 2017: 26-27).

Birlikte çalışabilirlik hem üretici ve hem de tüketici açısından Endüstri 4.0 çerçevesinde önemli bir yere sahiptir. Birlikte çalışabilirliğin arkasındaki ana fikir, nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerdeki kilit noktası olan entegrasyondur (Qin 2016). Bu entegrasyon sayesinde siber-fiziksel sistemler bulut teknolojisi sayesinde insanların ve akıllı fabrikaların birbirlerine bağlanmalarını sağlar. Birlikte çalışabilirlik, bulutların arasında uygulamaların taşınmasına veya bu uygulamaların bir buluttan gönderilmeden birden çok bulut altyapısının kullanılmasına izin verir (Xu 2012). Bu nedenle temel olarak birlikte çalışabilirlik iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar, bulut sistemlerinin kendisinin birlikte çalışabilirliği ve uygulamaların birlikte çalışabilirliğidir. Birlikte çalışabilirlik “bulut üretimi için önemli bir kolaylaştırıcı” olarak tanımlanmıştır.(Mourad vd., 2016)

Endüstri 4.0 için birlikte çalışabilirlik bazı ilkeler ile gerçekleştirilebilir bunlar; erişilebilirlik, çok dillilik, güvenlik, gizlilik, yetki ikamesi, açık kaynaklı yazılım ve çok taraflı çözümlerdir. (IDABC 2004; Hermann 2015). Erişilebilirlik, Endüstri

4.0'ın ilgili katılımcıların ayrımcılık olmadan halka erişimi için eşit fırsatlar sunması gerektiği anlamına gelir. Çok dillilik, Endüstri 4.0'ın bilgi ve bilginin etkili bir şekilde sunulması için birden çok dili desteklemesi gerektiği anlamına gelir. Güvenlik, bilgi ve süreci güvenli ve güvenilir tutmak için politikaların yürütülmesi ve bunlara uyulması gerektiği anlamına gelir. Çok taraflı çözümler, farklı iş ortaklarının farklı gereksinimlerinin karşılanmasıyla Endüstri 4.0'ın birlikte çalışabilirliğe ulaşılmasını sağlar (Lu 2017).

Endüstri 4.0, insan ve robotların iş birliğinin nasıl destekleneceğine ilişkin bir dizi teknoloji ve organizasyonel önlemler geliştirilmiştir (Romero vd., 2016). Birlikte çalışabilirlik, bilişsel ve fiziksel süreçleri içerir (Jones vd, 2018). Modern teknolojiler, işçinin bilişsel ve fiziksel olasılıklarını arttırmak ve sürecin uygulanmasını daha etkili hale getirmek için kullanılır. Endüstri 4.0 ile birlikte bu görevlerin insanlar ve robotlar tarafından yürütülmesinin yani birlikte çalışabilirliğinin sağlanması gerekmektedir (Akerman ve Fast-Berglund, 2018). Oldukça yeni olan bu alanla ilgili fen bilimlerinde yoğun olmak üzere ampirik çalışmalar da mevcuttur. Yadgarova ve Taratukhin (2016), bulut tabanlı üretim ortamı oluşturmak için, sanal bulut, simülasyon ve ekipman etkileşim bağımlılığı modeli ile üretim yapısının geliştirilmesine olanak tanıyan entegre bir sistem geliştirmişlerdir. Wang ve Xu'da (2013) ise hizmet odaklı, birlikte çalışabilir bir bulut üretim sistemini savunmuşlardır. Müşteri ve kurumsal kullanıcıları desteklemek için bulut hizmetlerini ve işbirlikçi etkileşimi tanımlayan veri modelleri geliştirmişlerdir.

Birlikte çalışabilir akıllı fabrikalar geliştirmek için önemli bir sanallaştırma gerekmektedir (Lu ve Xu 2018). Endüstri 4.0'ın savunduğu dijital dönüşümün, kaynak sanallaştırma yoluyla üretim süreçlerinin, ürünlerin, sistemlerin ve lojistiğin sürdürülebilirliğini sağlayacağı düşünülmektedir (Borangiu vd, 2019, Siddiqui vd 2016). Çünkü kaynak sanallaştırma, siber fiziksel üretim sistemlerinin geliştirilmesi için önemli bir olanak sağlayan teknolojidir (Babiceanu ve Seker, 2016). Bulut hizmetleri ve kaynak sanallaştırma yoluyla üretimin dijital dönüşümü, esneklik ve gerçeklik farkındalığı teorileriyle uyumlu akıllı karar vermeyi sağlar (Valckenaers, 2018). Endüstri 4.0 kapsamında sanallaştırmayı inceleyen birçok yayın bulunmaktadır, ancak bu yayınlar sosyal bilimlerden ziyade fen bilimlerini kapsar

ölçütdür. Alman imalat sanayi, ürün kalitesi ve üretim maliyetlerini inceleyen Brettel vd, alanın öncülerindendir (2014). Ayrıca Ma, vd, (2017); Glória vd (2017); Al-Osta, vd (2017); Barbosa, vd (2015); Morariu ve Borangiu (2012); Morariu, vd (2015); Shafiq vd, 2016 Endüstri 4.0 ve sanallaştırma, birlikte çalışabilirlik gibi konuları incelemiştir.

1.5.2. Sanallaştırma

Sanallaştırma, Siber-Fiziksel Sistemlerin sensörler vasıtasıyla fiziksel süreçleri takip edilebildikleri anlamına gelmektedir. Sensör verileri, sanal tesis modelleri ve simülasyon modelleri ile bağlantılıdır. Bu sayede fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturmaktadır. Akıllı bir fabrikada oluşturulmuş sanal model Siber -Fiziksel Sistemlerin tüm olası durumlarını içermektedir. Bu sayede üretim ortamında herhangi bir başarısızlık olması durumunda problem insanlar tarafından farkedilmekte ve ayrıca bir sonraki çalışma adımları ve güvenlik tedbirleri gibi tüm bilgiler bu sistem sayesinde sağlanmaktadır. Bu ise insanları artan teknik karmaşıklığı sorunu konusunda desteklemektedir (Ramizov, 2019).

1.5.3. Merkezi Olmayan Karar Yapıları

Endüstri 4.0'ın bir diğer ilkesi olan merkezi olmayan kararların verilmesi ile fiziksel işlemleri siber fiziksel sistemlerle izlemek yoluyla fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturmak hedeflenmektedir Meissner, vd (2017). Aynı zamanda Endüstri 4.0, firmaların maliyetlerinin azaltılarak rekabet avantajı sağlamaları için merkezi olmayan üretim sistemleri ile özelleştirilmiş ürünlerin üretilmesine olanak sağlar (Schuh vd, 2014). Bulut bilişim ile sağlanan merkezi olmayan kararlar, imalat sanayi için önemli bir destekleyicidir (Xu, 2012, 75). Merkezi olmayan üretim sistemleri ile akıllı fabrikaların farklı bileşenlerinin bağımsız olarak çalışmasını ve kararların planlanan hedefle uyumlu kalacak şekilde alınmasını sağlar (Gilchrist, 2016; Lasi vd 2014; Zhang, vd, 2012; Mell ve Grance, 2011).

İşletmelerin çeşitli alt sistemlerinin işleyişini kontrol eden ve destekleyen merkezi bir bilgisayar sistemli yapılar yıllardır kullanılmaktadır. Ancak var olan bu merkezi sistemler Endüstri 4.0 için bazı kritik alanlarda sınırlamalara sahiptir. Bunlardan en dikkat çeken ise sınırlı ölçeklenebilirlik sunmalarıdır. Bir merkezi

sistem sınırlı kapasiteye sahiptir ve o kapasiteye ulaşıldığında sistemin artan gereksinimleri karşılamak için daha fazla genişlemesi olanaksızdır. Ayrıca hata payı konusunda da yetersizdir. Tek bir arıza problemi bütün sistemi tümüyle arızalandırabilir. Merkezi olmayan karar yapıları merkezi sistemlerden farklı çalışmaktadır. Bu sistemler kendi çevrelerine uyum sağlamakla birlikte bire bir iletişim kurarak verileri dağıtmak ve her ağın kabiliyetlerini birleştirerek işlevselliğini ve zekasını oluşturmaktadır. Tamamıyla merkezsizleşmiş yapılarda bütün işletme mantığı alt sistemlerde veya onların alt bileşenlerinde mevcuttur. Böylece işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan tüm veriye sahiptir ve bu sayede karmaşık görevlerin üstesinden gelmek için faaliyetlerini diğer alt sistemlerle koordineli bir şekilde yürütebilmektedir. Merkezi olmayan karar birimleri limitsiz ölçeklendirme imkanı sunmaktadır. Bu sistemler ayrıca zaman içerisinde evrimleşme ve değişikliğe ayak uydurma yeteneğine de sahiptirler. Swisslog şirketinin kullandığı paketleme robotları (Carry Pack) örnek olarak gösterilebilir. Merkezi olmayan bir sistemle çalışan ve birçok yeteneğe sahip bu mobil robotlar depo tasarımında kullanılmaktadırlar. Ancak yeni bir tesise de uyum sağlayabilirler. Bunun yanısıra Robotlar evrimleştikçe bu zeka onlara daha fazla aktarılacaktır. Bu ise makinelerin makinelerle iletişimini artıracak ve daha fazla bağımsız çalışmasını sağlayacaktır (Ramizov, 2019). Ayrıca, merkezi olmayan yönetim ve bunun uygulanmasının etkilerini inceleyen Damianov ve Chukalov (2016); Ghadimi vd, (2019); Santos, vd, (2017); Chen, vd, (2017); Kiel, vd, (2017); Hirsch-Kreinsen (2016) gibi fen bilimlerini kapsayan pek çok araştırma mevcuttur.

1.5.4. Gerçek Zamanlı Veri Yönetimi ve Analitiği

İnternetin hızlı gelişimi ile günlük olarak çok miktarda bilgi üretilmekte ve toplanmaktadır, bilindiği gibi üretilen bilgilerin yönetilmesi işletmeler için önem arz etmektedir (Witkowski, 2017, s. 767). Endüstri 4.0'ın tasarım prensiplerinden birisi olan gerçek zamanlı veri yönetimi, bir arıza oluştuğunda sistem eksikliğini önlemek için sistemi çevrimiçi izleme işlemidir (Ustundag & Cevikkan, 2017: 17). Bu bağlamda, Gerçek zamanlı veri yönetimi ve analitiği bir sistemin verileri toplayarak, analiz ederek ve gereksiz bilgileri çıkartarak gerekli bilgiyi sağlamasıdır (Plessis, 2017: 26).

Gerçek zamanlı veri yönetimini; Schwab (2016, s. 54) “*Verileri toplama ve analiz etme yeteneği ve türetilmiş analizleri hemen sunma olanağı*”, Smit, Kreutzer, Moeller ve Carlberg (2016, s. 83) “*Verileri toplama ve analiz etme ve elde edilen bilgileri hemen sağlama yeteneği*” olarak tanımlamıştır. Gerçek zamanlı yetkinlik ise “*hızlı veri kullanımı ve işlenmesi ve gerçek zamanlı karar verme yeteneğidir*” (Santos, Mehra, Barros, Araujo, & Ares, 2017: 973).

Akıllı üretim yapan üretim ortamlarındaki cihazların sistemlerin ve bütün depoların üretim esnasında gerçek zamanlı olarak ne olup bittiğini bilmesi gerekmektedir. Bu ise gerçek zamanlı veri yönetimi ve analitiği sayesinde mümkündür. Birlikte çalışabilirlik ve sanallaştırma gerçek zamanlı veri yönetimi ve analitiği için önem arz etmektedir. Günümüz teknolojisinde sensörler ve tarayıcılar gibi dijital cihazların sayısı artmakta ve neredeyse bireysel ürünlerden malzeme taşıyan ekipmanlara, forkliftlere ve robotlara kadar her şeyin üzerine yerleştirilmektedir. Bu cihazlar Nesnelerin interneti ile birbirine bağlandığında üretim ortamındaki her şeyin görünür olmasını sağlamakla beraber makinelerin ve insanların da gerçek zamanlı ve veriye dayalı karar vermesini sağlamaktadır (Swisslog,2018:11).

Gerçek zamanlı veri yönetimi ilkesi, endüstrinin veri ve bilgileri gerçek zamanlı olarak paylaşarak, alarak ve analiz ederek endüstrinin iç ve dış uyarılara mümkün olan en iyi tepki süresine sahip olmasını sağlamaktan sorumlu olduğu için Endüstri 4.0'ın en göze çarpan yönlerinden biridir (Carvalho & Cazarini, 2020: 7). Makineler, aletler ve cihazlar yardımıyla ortaya çıkan bilgi bulut sistemi içerisinde depolanır (Roblek, Mesko, & Krapez, 2016: 5). İhtiyaç duyulduğunda üreticiler ve tüketiciler bu verilere kolaylıkla ulaşabilirler. Organizasyonel görevlerde her bölüm, ağdaki diğer bölümlerin taleplerini dikkate alarak ve eş zamanlı olarak yapılandırmalarını optimize etmektedir. Diğer bir deyişle, gelecekteki iş ağı, ağda yer alan diğer parçalardan aldığı bilgilerle kendi kendini organize eden bir yapıya ulaşacaktır (Qin, Ying , & Grosvenor, 2016: 174).

Büyük veri Endüstri 4.0 için önemli bir rol oynamaktadır. Endüstri 4.0'ın temeli veya ana teknolojisi büyük veri ve büyük verilerin gerçek zamanlı analizi ve yönetimidir (Monostori, 2014:12). Çoklu entegre sistemlerden elde edilen yüksek hacimli veriler, akıllı teknolojiler tarafından desteklenen kararları sağlamak için analiz edilmektedir (Qin, vd. 2016: 174). Alman hükümetine göre Endüstri 4.0'ın

yakıtı büyük veriler olacaktır (Yin & Kaynak, 2015: 144), dolayısıyla Endüstri 4.0'da veri, bilgi ve bilgi ile ilgili tüm süreçlerin değişmesi kaçınılmazdır (Zhou, Liu, & Zhou, 2015: 2147). Teknolojik olarak Endüstri 4.0 veri yaratmada çeşitlilik, hacim ve hızda büyük bir artış ile birlikte yeni bir veri entegrasyonu ve veri işleme seviyesi içermektedir (Schmidt, Möhring, Härting, Reichstein, Neumaier, & Jozinovic, 2015, s. 20). Bu nedenle, veri yoğunluğu ve veri sömürsü Endüstri 4.0'ın ilgili nitelikleri olarak kabul edilir (Bauer, Hammerle, Schlund, & Vocke, 2015: 423).

Gerçek zamanlı veri yönetimi Endüstri 4.0 ın akıllı fabrika bileşeninden elde edilir (Wang & Wang, 2016: 6). Örneğin SmartFactoryKL'de tesisin durumu kalıcı olarak izlenir ve analiz edilir. Böylece, tesis bir makinenin arızalanmasına tepki verebilir ve ürünleri başka bir makineye yönlendirebilir (Schlick, Stephan, Loskyll, & Lappe, 2014: 75; Hermann, Pentek, & Otto, 2015: 12). Büyük miktarda ham verinin gerçek zamanlı olarak yararlı bilgilere dönüştürülmesi otomasyon sistemlerini teknik olarak destekler (Jazdi, 2014: 2). Gerçek zamanlı veri işleme sistemlerinin iyi örnekleri banka ATM'leri, trafik kontrol sistemleri ve PC ve mobil cihazlar gibi modern bilgisayar sistemleridir. Gerçek zamanlı veri işleme aynı zamanda akış işleme olarak da bilinir. Gerçek zamanlı bir veri işleme sistemi, hızla değişen verilerin girişini alabilir ve daha sonra anında çıktı sağlayabilir, böylece zaman içindeki değişiklik böyle bir sistemde kolayca görülebilir. Örneğin, bir radar sistemi, radar menzili içinde uçan çeşitli uçakların yerini ortaya çıkarmak ve daha sonra ekrana bakan herkesin o anda bir uçağın gerçek konumunu bilmesi için bir ekranda görüntüleyen sürekli bir giriş verisi akışına bağlıdır (Techopedia).

Endüstri 4.0 teknolojilerinin tasarım ve üretim süreçlerine getirdiği en önemli yeniliklerden birisi karar ve operasyonların daha büyük oranda “gerçek zamanlı” yapılmasıdır. Günümüzde faaliyet gösteren firmaların topladıkları veriyi gerçek zamanlı olarak analiz etmeye, sonuçların karara ve dolayısıyla eyleme dönüştürülmesine ihtiyaçları vardır. Örneğin üretim sürecinde arızalanan bir makineye hemen müdahale edilmesi veya arıza ihtimali yükselen makinenin bakıma alınması ya da üretim hattında kısa sürede üretim planı ve ürün değiştirilmesi gerçek zamanlılık ile yakından ilgilidir (Banger, 2017). Gerçek zamanlı veri yönetim yeteneği Endüstri 4.0'ın yanıt verebilirliğini, güvenilirliğini ve hataya dayanıklılık yapılarını (Soltanali, Germabaki, Thaduri, Padira, Kumar, & Rohani, 2018: 14), kullanılabilirliği, bakımı ve işlevsel güvenliğini içerir (Kumar, 2018: 10). Bu

faktörler, optimize edilmiş üretim süreçlerini kolaylaştırırken esnekliklerini artırarak sistemlerin sürdürülebilirliğini sağlar (Habib & Chimsom, 2019: 5). Diğer yandan ham verilerin heterojen doğası nedeniyle, standardizasyon yoluyla veri entegrasyonu, veri değişim formatları ve model tabanlı birlikte çalışabilirlik, ilgili cihazlar ve taraflar arasında sürekli veri ve bilgi alışverişi sağlamak için Endüstri 4.0 için önemli zorluklardır (Shrouf, Ordieres, & Miragliotta, 2014: 700).

Verilerin gerçek zamanlı analizi işletmelere; verileri anında görüntüleme, kısa zamanda kesin bilgi elde etme, bilgileri sınıflandırabilme (King, 2020), taleplere gecikmeden tepki verme, kullanıcı davranışındaki kalıpları hızlı bir şekilde tespit etme ve yanıt verme, fırsatları değerlendirme ve sorunları ortaya çıkmadan önce önleme avantajı sağlar (TechTarget, 2019). İş parçası taşıyıcılarının veya araçlarının durumu ve konumu hakkındaki gerçek zamanlı bilgiler birçok imalat şirketinde verimliliği artırmak için muazzam bir potansiyel sunmaktadır. Örneğin, arama süreleri gibi üretken olmayan görevler önemli ölçüde kısaltılabilir. Diğer yandan verilerin gerçek zamanlı analizi, bakım zamanını tahmin etmek gibi bir üretim sürecinin çeşitli yönlerini optimize etmek için büyük potansiyeller sunmaktadır (Oberle, 2020). Örneğin bir enerji yönetim şirketi olan Eaton, yüksek basınç hortumlarına, hortumun aşınma zamanını fark eden sensörler yerleştirerek olası kazaların önüne geçebilmektedir. Bu sayede, hortumların tamamlayıcısı olan makinelerin hortum aşınmasına bağlı bir kaza sonucu atıl kalma maliyeti ortadan kaldırılmış olmaktadır (Schwab, 2016:128).

1.5.5. Hizmet Oryantasyonu

Endüstri 4.0'ın diğer tasarım ilkelerinden biri Hizmete Odaklılıktır. Hizmetlerin İnternetinin şirketlerin üretim ortamına dahil edilmesidir. Bu sayede üretim müşteri odaklı olarak gerçekleştirilmektedir. Tüketiciler ve akıllı nesnelere kişisel beklentileri karşılamak amacıyla Hizmetlerin İnterneti üzerinden birbiriyle bağlanabilmektedir (Martin, 2017).

Servis sağlayıcı platformlar üzerinden siber fiziksel sistemler, insanlar ve akıllı fabrika servislerinin sunulmasını ifade etmektedir. **Hizmet yönelimi**, hizmet ve ürünlerin müşterilerin talebine daha uygun hale getirilmesi gerektiği ile ilgilidir (i-scoop, 2020). Endüstri 4.0 vizyonunda hizmetler üretim süreçlerinin ayrılmaz bir

parçası haline gelmiştir (Zhong, Xu, Klotz, & Newman, 2017: 621) ve ağırlıklı olarak üründen ziyade hizmet odaklılığa doğru bir değişim gerçekleşmektedir (Heng, 2015, s. 5; Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffman, 2014, s. 40; Lu, 2017: 3).

Hizmet yönelim ilkesi internet, insan, iş hizmetleri, sensör ağları (Xu, Xu, & Li, 2018: 2950) tanımlama teknolojileri (Lee, Kao, & Yang, 2014: 1) ve ürün hizmet sisteminin oluşturulmasını kolaylaştıran siber fiziksel sistemlerin mevcudiyeti ile karakterize edilir. Endüstri 4.0'a uygun olarak kurulmuş bir firma, bağlantılı olmayı farklı şekillerde gerçekleştirir. Öncelikle; işletme içindeki tüm fiziksel, örgütsel birimler ve çalışanlar birbirlerine İnternet aracılığı ile bağlıdır. Böylece firma sinerjik olarak üretme düzeyine geçmiş olur. Buna “dikey entegrasyon” adı verilir. Aynı zamanda işletme kendi alanıyla ilgili tasarımcılar, ar-ge kuruluşları, geliştiriciler, tedarikçiler, test merkezleri, müşteriler vb. gibi paydaşlarla bağlantı halindedir. Buna ise “yatay entegrasyon” adı verilir. Gerek dikey gerekse yatay entegrasyon ara yüzleri birbirine uyumlu olacak biçimde geliştirilir. Yatay entegrasyon nedeniyle bir firmanın hizmetlerine, başka paydaşlar tarafından erişilebilir. Ağ üzerinden işletmenin ürettiği hizmetler fiziksel sınırların yaratabileceği sorunlar olmadan iç ve dış müşteri veya paydaşlara sunulabilir. Siber fiziksel sistem tabanlı altyapının kullanımı bir ağ hizmeti olarak yetkilendirilmiş hizmet alıcılarına arz edilebilir (Banger, 2017). Böylelikle Endüstri 4.0, müşteriler, tedarikçiler, ortak endüstriler gibi tüm paydaşlarla ortaklık şeklinde ağ performansı sunar. Herkes, her zaman mevcut olan sanal ve dijital platformları kullanarak sektörle ilgili faydalı hizmetlere, ürünlere ve bilgilere erişebilir (Carvalho & Cazarini, 2020: 7).

Üretim, müşteriye esas almalıdır ve bu bağlamda insanlar ve akıllı sermaye, tüketicinin özelliklerine bağlı çıktı ortaya çıkarmak için servis sağlayıcı ortama verimli bir şekilde bağlanabilmelidir (Kolberg & Zühlke, 2015: 1871). Örneğin SmartFactoryKL tesisi, hizmet odaklı bir mimariye dayanmaktadır. SmartFactoryKL (2014) tesisinde tüm siber fiziksel sistem, kapsüllenmiş bir web hizmeti olarak işlevlerini sunar ve ürüne özel işlem operasyonu müşteriye özel gerekliliklere dayanarak oluşturulur (Schlick, vd. 2014: 75; Hermann, vd. 2015: 12).

Hizmet yönelimi, Endüstri 4.0 ın servislerin interneti bileşeninden elde edilir (Wang & Wang, 2016: 6). Endüstri 4.0 organizasyonunda nesnelere interneti konseptiyle uyumlu yazılım programları kullanılmaktadır (Santos, vd. 2017: 976). Hizmetlerin İnterneti, Endüstri 4.0'la çok ilgili bir özellik olarak tanımlanmaktadır (Almada-Lobo, 2016: 16). Ürün düzeyinde hizmetler, özelleştirmenin yanı sıra “ürün

bozulmasını tahmin etme” hizmetleriyle yakından bağlantılıdır (Liu & Xu, 2016: 4). İşletme düzeyinde, yeni hizmetlere ve sonuçta ortaya çıkan iş modellerine dayalı (Hofmann & Marco Rüsç, 2017: 1) olarak artan bir değer yaratımı beklenmektedir (Lee, vd. 2014: 2; Lu, 2017: 7). Gelişen iş modelleri, internet üzerinden sunulan üretim sistemleri için veri odaklı hizmetler (Rübmann, et al., 2015: 4), son kullanıcılarla ortak, özelleştirilebilir, esnek ve yeniden yapılandırılabilir hizmetler (Zhong, vd. 2017: 619) olacaktır. Bu hizmetlere örnek olarak isteğe bağlı üretim (Zhong, vd. 2017: 619) veya daha genel olarak hizmet olarak üretim gösterilebilir (Xu, vd. 2018: 2950).

Hizmet yönelimi, Endüstri 4.0 sistemlerinde ve uygulamalarında üretilen yeni paradigma değişimidir ve üretim hizmet sistemlerini oluşturmak için ürün hizmet sistemleri entegre edilmiştir (Wiesner, Marilungo, & Thoben, 2017: 1). Bu tasarım prensibi, hem ürün hem de hizmet kullanıcılara sunulduğu için endüstrilerde değer yaratmayı ve karlılığı arttırırken müşteri katılımını sağlar (Mabkhot, Al-Ahmari, Salah, & Alkhalefah, 2018: 6). Endüstriyel hizmet yönlendirme çerçeveleri, Endüstri 4.0’ın Hizmet Yönlendirme Mimarisine dayalı İnternet Servis sistemleri tarafından desteklenmektedir (Reis & Gonçalves, 2018: 4; Habib & Chimsom, 2019: 5). Hizmet Odaklı bir tasarım; süreç, işletme, değer zinciri ve müşteri düzeyinde organizasyonel değişikliklere yol açmaktadır; örneğin, süreç hizmetlerinin daha büyük, uçtan uca süreçlere hızlı bir şekilde düzenlenmesini ve birleştirilmesini sağlar (Xu, vd. 2018: 2951; Zhong, vd. 2017: 618). Yeni hizmetlere ve yeni iş modellerine dayanan değer yaratma, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutuna potansiyel olarak fayda sağlayabilir (Beier, Ulrich, Niehoff, Reibig, & Habich, 2020: 9; Lee, Bagheri, & Kao, 2015: 18). Diğer yandan hizmet yönelimi prensibiyle hizmetler potansiyel olarak paylaşılabildikleri ve hatta dağıtılabildikleri için daha fazla çevresel sürdürülebilirlik için fırsatlar sağlayabilir (Xu, vd. 2018: 2944; Zhong, vd. 2017: 619).

Endüstri 4.0’ın temeli veya ana teknolojisi olan büyük verilerin analizi sayesinde mümkün olan gerçek zamanlı kapasite ve birlikte çalışabilir sistemler sayesinde serbest bilgi akışı, işletmelerin müşteri ihtiyaçlarını daha iyi karşılmasını sağlar. Bu, işletmelerin müşterinin değişen ihtiyaç ve beklentilerine gerçekleştikçe uyum sağlayarak kişiselleştirilmiş bir hizmet sunmasını sağlar. Sonuç olarak, tüm sektörlerde, ürün yerine müşterilere ve seri üretim yerine kişiye özel hizmetlere odaklanma söz konusudur (UNIDO, 2017).

1.5.6. Modülerlik

Modülerlik, akıllı fabrikaların tek tek modülleri değiştirerek veya genişleterek (Smit vd. 2016: 21) ihtiyaçlara uyarlanmasını sağlamaktır (Hermann, vd. 2015: 11). Modülerlik kavramı çoğunlukla karmaşık sistemlerin yönetimini basitleştirme ihtiyacından doğmuştur. Genel amacı, karmaşık sistemi bütünlüğünü bozmadan “doğal olarak” parçalara ayırmaktır (Sako & Murray, 1999: 3). Modüler bir sistem müşterilerin değişik ürün taleplerine göre üretim süreçlerinin değiştirilebilmesi için, sistem yazılımının makinelerle özelliklerini analiz edip farklı görevleri kolaylıkla verebilmelidir (Santos, vd. 2017: 976). Modülerlik Endüstri 4.0'ın çoğunlukla süreç ve işletme düzeyiyle ilişkili önemli bir özelliğidir (Heng, 2015: 16) ve Endüstri 4.0'ın servislerin interneti bileşeninden elde edilir (Wang & Wang, 2016: 6). Ayır ayrı modülleri değiştirerek veya genişleterek değişen gereksinimlere uyum sağlama yeteneğini ifade eder ve değer yaratan ağlarda Siber Fiziksel Üretim Sistemlerinin uygulanmasıyla etkinleştirilir (Vogel vd., 2016: 411). Bu özellik sayesinde modüler sistemler mevsimsel dalgalanmalar veya ürün özelliklerinde değişiklik olması durumunda ya da yeni teknolojilerin dahil edilmesi durumunda kolayca ayarlanabilir (Schlick, vd. 2014: 75). Örneğin SmartFactoryKL tesisinde, tak ve çalıştır prensibi kullanılarak yeni modüller eklenebilir (SmartFactoryKL, 2014). Standart yazılım ve donanım arayüzlerine dayanan (Schlick, vd. 2014: 75) yeni modüller otomatik olarak tanımlanır ve servislerin interneti aracılığıyla hemen kullanılabilir (Hermann, vd. 2015: 13). Böylece üretim her zaman hatasız, verimlilik kaybı veya müşteri memnuniyetsizliği olmadan çevresel, sistemik ve değişen müşteri taleplerine uyum sağlayabilir (Carvalho & Cazarini, 2020: 6).

Modülerlik tasarım ilkesi, Endüstri 4.0 sistem uygulama modüllerinin tak ve çalıştır özellikleriyle kolayca birleştirilmesini, ayrılmasını veya yeniden yapılandırılmasını sağlayarak uyumluluk ve esnekliklerini artırmayı amaçlamaktadır (Weyer, Schmitt, & Gorecky, 2015: 580). Fabrika sisteminden kolayca ayrılabilen cihazlar, yeni cihazla sisteme büyük bir hız ve kolaylıkla eklenebilir. Standart özelliklere sahip donanım ve yazılım arayüzleri yeni modüllerin sisteme entegre edilmesinde ek kaynak harcamalarına gerek bırakmaz (Banger, 2017). Modülerlik, genişleme ve daralma gibi sistem değişikliklerine, başarısızlığa, piyasa trendlerine

veya müşteri taleplerine hızlı tepki vermeyi kolaylaştıran, Endüstri 4.0'ın gerçek zamanlı yeteneklerinden yararlanır (Seibl, 2015: 26; Habib & Chimsom, 2019: 5).

Modülerliğin katı sistemlerden, esnek olmayan modellerden ve doğrusal üretim ve planlamadan, müşterilerin, genel tedarik zincirindeki ortakların, düzenleyicilerin, piyasa koşullarının ve buna neden olan diğer tüm olası unsurların değişen taleplerinin olduğu bir ortama doğru kayma ile ilgisi olduğunu söylenebilir (i-scoop, 2020). Modüler sistemler, yalın üretim yapan işletmelerin değişen gereksinimlere ve endüstri ihtiyaçlarına uygun olarak esnek cevaplar verip, işletmeyi destekleyebilir (Kolberg, Knobloch, & Zühlke, 2016: 1873). Modülerlik işletmeye bugün yalnızca ihtiyacı olanı satın alması ve gelecekte gerektiğinde daha fazlasını eklemesine olanak tanır. Hizmet ve üretim ihtiyacı arttığında temel faaliyetler genişletilebilir, bu da iş esnekliğini ve ölçeklenebilirliğini ve şirketlerin değişen pazar koşullarına daha hızlı tepki vermesini sağlar. İşletmenin temel farklılaştırıcılarını belirlemek, modüler bir işletme yapısının kurulmasında temel noktadır (King, 2020).

Modülerlik kavramı sadece ürün ve teknolojik sistemlere değil, aynı zamanda örgütsel biçimlere de uygulanabilir. Organizasyonel formlardaki modülerlik, operasyonların bağımsız ve gevşek bağlı organizasyon birimleri tarafından tamamlanan görevlere bölündüğü durumu ifade eder (Xue, Zhang, Ling, & Zhao, 2013: 329). Modülerlik, karmaşık sistemleri yönetmek ve birimler içinde birbirine bağımlı ve modüller arasında bağımsız olan parametrelere ve görevlere ayırarak uygulanabilir (Baldwin & Clark, 1997: 1). Standartlaşmış yazılım ve donanımlar sayesinde yeni modüller otomatik olarak belirlenebilir ve anında hizmetlerin interneti ile kullanıma hazır hale getirilebilir (Herman, Pentek ve Otto, 2015: 13).

Modülerliğin uygulanabileceği alanlar tasarımda, kullanımda ve üretimde modernlik şeklinde sıralanabilir (Pandremenos, Paralikas, Salonitis, & Harwood, 2009: 148). Tasarımda modülerlik, bir ürünün mimarisinde, fonksiyonel elemanlardan ürünün fiziksel bileşenlerine kadar bire bir eşleşme yapılarak gerçekleştirilir. Kullanımda modülerlik, kullanım kolaylığını ve bireyselliği tatmin etmek amacıyla tüketicinin yönlendirdiği ürünün ayrıştırılması işlemidir. Üretimde modülerlik ise üretimdeki araçları ve bileşenleri önceden bir araya getirip çevrimdışı

monte edilmesi ve görev yapmak üzere ana montaj hattına getirilmesi şeklinde uygulanabilir.

1.6. ENDÜSTRİ 4.0'IN FAYDALARI VE FIRSATLAR

Sanayi devrimleri dünyada köklü değişikliklere neden olmuştur. Her sanayi devrimi, yeni gereksinimleri ve zorlukları beraberinde getirmekte; kuruluşlar için de yeni yaklaşımlar belirlemektedir (Perez, 2010). Endüstri 4.0, üreticiler ve endüstriler için yeniliklere ve dönüşümlere yol açmış ayrıca insanların yaşam tarzını da önemli ölçüde etkilemiştir (Huang, 2017). Endüstrinin dijitalleşmesinin teknik dönüşümüne sosyal dönüşümler de eşlik etmektedir (Beier vd., 2017). Yaşanan teknolojik ilerleme, endüstriler için büyük faydalar ve keşfedilmemiş fırsatlar vaat etmektedir (Zaidin vd., 2014).

Dördüncü sanayi devrimi, ekonominin yapısını bir bütün olarak değiştirme potansiyeline sahiptir. Endüstri 4.0'ın, malların tasarlanma, üretilme, teslim etme ve ödeme şeklini değiştirerek tüm endüstrilerini etkileyeceği varsayılmaktadır (Stock and Seliger 2016; Hofmann ve Rüsç 2017). Teknolojilerin kapasitesinde gerçekleşen evrim, tüm değer zinciri için faydalar sağlamıştır. Endüstriyel üretkenliği arttırırken üretim maliyetlerini düşürmüş ve müşterilere daha yüksek fayda ile hizmet etmek için etkili çözümler sağlamıştır (Cheng vd., 2015). Endüstri 4.0 uygulamaları ile artan esneklik, kitlesel özelleştirme, artan hız, daha iyi kalite ve üretimde gelişmiş verimlilik gerçekleşecektir (Zheng vd., 2018). Ayrıca üretim sisteminin karmaşıklığı artsa da, zaman, risk, sağlamlık, fiyat, çevre dostu, iş ve yaşam dengesi, bağlı sermaye maliyeti ile yüksek ücretli ekonomi alanlarında denge gerçekleşecektir (Schlaefer vd., 2014). Bu uygulama aynı zamanda daha yüksek müşteri memnuniyeti, daha iyi planlama ve daha iyi kontrol sağlayacaktır (PWC Endüstri 4.0, 2014). Böylece, şirketler müşterilerin taleplerini karşılayarak değer yaratacaktır (Mohamed, 2016).

Endüstri 4.0, müşteri odaklı üretimin de ötesine geçerek gerçek zamanlı kontrol, entegre bakım, daha iyi uyarlanabilirlik, tedarik zinciri boyunca artan işbirliği, daha iyi izleme olanakları ve daha akıllı ürünler ve yeni iş modelleri vaatmektedir (Branke vd., 2016). Endüstri 4.0'ın kullanımı ile, her müşterinin

ihtiyaçlarını karşılayacak çok düşük hatta üniter partiler üretimi ve rekabet gücünü arttıracak kitlesel özelleştirme yapılabilecektir. Üretim zincirinin taleplerdeki değişime hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlayan daha fazla esneklik sağlayacaktır. Esneklik ve verimliliğin yanı sıra düşük enerji tüketimi ve düşük maliyetlerin elde edilmesi mümkün olacaktır. Kalite kontrol, uçtan uca görünürlük sayesinde süreçleri, stokları, kaynakları optimize ederek maliyetleri düşüreceklerdir. Yeni değer zinciri etkileşimine katkıda bulunan yenilikçi iş modelleri ve hizmetlerin ortaya çıkmasıyla yeni fırsatlar sağlayacaktır. Optimize edilmiş karar verme, akıllı ürünlerin ve durumlarını bilebilen ve güncelleyebilen cihazların kullanımı sayesinde, üretimin gerçek zamanlı olarak izlenmesi sağlanacaktır. Karar verme, sürekli güncellenen bilgilere dayandığı için, piyasa değişikliklerine daha hızlı tepki verilecektir. Karar verme süreçlerindeki gelişmeler ürünleri, hizmetleri ve müşteri ilişkilerini iyileştirecek, israfı ve maliyetleri azaltacak sonuç olarak karları arttıracaktır. İşçilerin, robotlarla bir arada yaşama, fabrikada etkileşim kurma ve çalıştırmanın yeni yollarını içeren, daha esnek ve çeşitlendirilmiş bir kariyere sahip olmalarını sağlayacaktır (Santos vd., 2018). Endüstri 4.0, iş ve beceri geliştirme, akıllı teknolojinin benimsenmesi, akıllı üretim ve dijitalleşmenin yönlerinin çok iyi tanımlandığını göstermektedir (Maresova vd., 2018).

Endüstri 4.0, teknolojileri, yöntemleri ve araçları etkinleştirmekle ilişkili ürün kalitesini artırır (Albers vd., 2016). Şirketler için rekabet gücünün ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından ürün, hizmet ve süreç kalitesi günümüz endüstrisinde hayati öneme sahiptir (Ortiz vd.,2015). Kalite yönetimi bakımından endüstri 4.0 fırsatları strateji, operasyon ve çevre-insanlar olarak 3 başlık altında toplanabilir (Zaidin vd., 2014). Stratejik açıdan, endüstri 4.0, rekabet gücünü arttıran iyi bir iş modelidir. Şirketin gücünü ve zayıflığını anlayarak, yüksek potansiyelli bir pazar elde etmek için iş modeli çıktısını optimize etmektedir (Arnold, 2017). Operasyon açısından bakıldığında, ürünleri müşteriye ulaştırmayı içeren iş birliğinin bir parçasıdır. Maliyetleri düşürmek, geliştirilmiş yetkinlik, konsinye dengeleme, stok azaltma, artan hız, esneklik ve yüksek kalite faydaları elde etmeyi sağlamaktadır (Zaidin vd., 2014). Çevre ve insan başlığı altında ise özellikle ürün geliştirme aşamasında atıkların azaltılması, aşırı üretimin azaltılması, enerji yoğun görevlerdeki enerji tüketiminin azaltılması, doğal kaynakların tasarrufu, mevcut üretim tesislerinin çevresel boyutuna katkıda bulunması ve tüm sistem için enerji geri kazanımı

kullanımı gerçekleşecektir (Waibel vd., 2017). Endüstri 4.0, veri merkezli kullanılarak karbon izi salınımı izlenebilir ve ayrıca sera gazı emisyonlarını azaltılabilir (Gabriel vd., 2016). Geri dönüşüm yapılarak tüm atık kirliliği kontrol altına alınabilir. Bunun için endüstri 4.0 çekirdek üretimine odaklanarak lojistik ve taşımacılık süreci daha iyi bir fırsat yaratmak için azaltılmıştır (Au, 2000, Singh vd., 2012). Süreç kalitesi, bölgedeki operasyon ve rekabeti korurken hassas ekonomik pazar payı ve şirketin geleceği için ürün ve hizmetlerin ne kadar iyi olduğunun ölçüsü olacaktır (Brüggemann vd., 2015). Bu, daha iyi bir kalite yönetimine yol açacaktır (Hirsch, 2014). Şirketin insan gücü sorununa karşı uzun vadede, yüksek teknoloji kullanarak, işçinin sağlığı üzerinde ergonomik fayda sağlayacaktır. Endüstri 4.0 ile yaşa uygun iş istasyonları kullanılacak ve tekrarlanan işlerde azaltılacaktır (Zaidin vd., 2010, IFR, 2017). Endüstri 4.0, ekonomi, çalışma ortamı ve beceri gelişiminde temel değişikliklere yol açacaktır. Üretim elemanlarının kendilerini bağımsız olarak kontrol edebildiği merkezi olmayan ve dijitalleştirilmiş şekilde yapılan üretim değer zincirleri daha duyarlı hale getirecektir. Bilgi ve fiziksel yapılar arasındaki engellerin ortadan kaldırılması yoluyla rekabet gücünü de arttıracaktır (Pereira ve Romero 2017). Sanayi işletmelerindeki farklı birimler arasındaki etkileşim, insanın makine lehine giderek azalan rolü nedeniyle radikal bir değişime uğrayacaktır. Tabii ki, bu insan tarafından yapılan işin kesinlikle gereksiz olacağı anlamına gelmemektedir. Genel olarak, makineler rutin ve tekrarlayan üretim faaliyetlerini gerçekleştirmede insan faktörünün yerini alacaktır. Böylelikle bireyler tekrarlayan bant işleri yerine kabiliyet ve beceri gerektiren işler yapacaktır (Koleva, 2018). Endüstri 4.0 ile yaratılan yeni üretim ekosisteminde üretim sürecinde bir problem varsa buna en az insan müdahalesi gerektirecek şekilde ya da insan müdahalesi gerekmesi halinde ise insana en az iş yükü bırakacak şekilde çalışmaktadır (Suri vd, 2017). İşçiler, yapılandırılmamış sorunları çözmek, yeni bilgilerle çalışmak ve bir dizi rutin olmayan manuel görevi yerine getirmek gibi çok daha büyük bir paya sahip olacaklardır. Kuvvet veya ince motor becerileri gibi fiziksel yetenekleri güçlendirilecek, konumlandırma cihazları, robotlar veya monoton görevlerin otomasyonu kullanılarak fiziksel işle ilgili zorlanma ve ayrıca ayrıntılı bilgileri görselleştirerek kısa süreli bellek çabasını da azaltacaktır. İşlemin gerçek zamanlı olarak gözlemlenmesi ve beceri/kabiliyete dayalı çalışma talimatları ile atölyede yapılan hata sayısı azalacaktır (Karre vd., 2017). Ayrıca tüm bunlar ile birlikte daha dostça bir çalışma ortamı ortaya çıkacaktır (Rojko, 2017). Toplumun

dijital eğitim kavramına yaklaşımı değişecektir. Makine mühendisliği, elektronik mühendisliği gibi alanlar daha da önem kazanacaktır. Yeni iş kolları ortaya çıkacaktır. Tüm toplumda endüstri 4.0'a hitap etmek için dijital beceriler geliştirmeyi amaçlayan yeni disiplinler arası çalışma programlarına odaklanmalar gerçekleşecektir (Kuhnová 2017). Stratejik, operasyonel ve çevresel ve sosyal fırsatların Endüstri 4.0 uygulamasının olumlu itici güçleri olduğunu gösterirken, rekabet edebilirlik, gelecekteki yaşayabilirlik, organizasyonel ve üretim uyumuyla ilgili zorlukların ilerlemesini engelleyeceği de öngörülmektedir (Müller vd. 2018).

İş alanında, endüstri 4.0, çeşitli şirketler, fabrikalar, tedarikçiler, lojistik, müşteriler vb. arasında eksiksiz bir iletişim ağının var olacağını ima eder. Her bölüm, ağdaki ilgili bölümlerin taleplerine ve durumuna bağlı olarak yapılandırmasını gerçek zamanlı olarak optimize eder ve bu da sınırlı paylaşım kaynaklarına sahip olanlar için maksimum kar sağlar (Kagermann vd., 2011). Şirketin belirlediği hesap verebilirlik ve yanıt verme değişimi özellikle imalat şirketlerinin bilgi altyapısında akıllı ve birbiriyle ilişkili kilit bir kısma yol açacaktır (Valdeza vd., 2015, Putnik vd., 2015). Bu aynı zamanda iş sistemlerinde ve süreçlerinde değişiklik yapma anlamına da gelmektedir. Bu kategoride, endüstri 4.0'ın genel faydalarından daha iyi planlama ve kontrol olduğu görülmektedir (Petrillo vd., 2018). Endüstri 4.0'da altyapı ve teknoloji katmanları, bilgilerin daha iyi ve daha hızlı kullanılmasını mümkün kılar, bu da üretim faaliyetlerinde bilgi aktarımının temellerinin değişmesine neden olur (Wyrwicka, 2017). İnternet tabanlı üretim gibi yeni kavramların getirilmesi sadece üreticiler, müşteriler ve tedarikçiler arasında daha iyi iletişim kurulmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda yeni iş modelleri aracılığıyla müşterilere hizmet vermenin yeni yollarını da yaratmaktadır (Urbikain vd, 2016). Endüstri 4.0, değer zinciri boyunca iletişimi iyileştirerek ve müşterinin deneyimini geliştirerek onlar için bir dizi avantaj getirir (Zhong vd., 2017). Prause ve Atari 'nin gördüğü başlıca avantaj, mevcut üretim yolları ve organizasyon yapısı ile mümkün olmayan küçük seri halinde karmaşık kitle özelleştirme ürünlerinin imalatında esnek ve açık değer zincirlerinin elde edilmesidir (2017). Esnek makineler sayesinde karlı kitle özelleştirme, müşterinin sağladığı özelliklere uygun ve hızlı üretim ve hatta esnekliğin getirdiği avantajla birlikte küçük miktardaki partilerde üretim mümkün olmaktadır (Lydon, 2016). Müşterilerin, yalnızca bir tür olsa bile, herhangi bir fonksiyon veya ürün ile herhangi bir ürün işlevi sipariş etmelerini

sağlarken; buna ek olarak, müşteriler siparişlerini ve fikirlerini üretim sırasında herhangi bir zamanda, son dakikada bile ek bir ücret ödmeden değiştirmelerine imkan sağlamaktadır (Schlechtendahl vd., 2015). Endüstri 4.0, görevlerin daha fazla otomasyonuna yol açacaktır (Erol vd, 2016). Otomasyon, durum izleme, planlama ve bilgi teknolojileri Endüstri 4.0'ın yarattığı yeni iş modelinde temel faktörler olarak göze çarpmaktadır (Abersfelder vd., 2016).

Endüstri 4.0 farklı boyutlardaki firmalar için sayısız faydalar sağlar. Lojistik maliyetlerinde azalma, teslim süresinde kısalma, nakliye gecikmesinde azalma, envanter azaltma, hırsızlık hasar gibi kayıp/zararda azalma, hizmet sıklığı, tahmin doğruluğu, güvenilirlik, lojistik süreçlerde sayısallaştırma için uygun uygulamalar, lojistik süreçlerinde işgücü maliyetlerinin azaltılması, iş süreçlerinin basitleştirilmesi ve stok yanlışlıklarının azaltılması, daha fazla şeffaflık (Du Plessis, 2017) ve nakliye hacimlerinde azalma (Kayıkçı, 2018) gerçekleşecektir. Tüm bunlar firmaların verimliliklerinin ve gelirinin artmasını sağlarken ekonomik büyümeyi de teşvik edecektir.

Endüstri 4.0, daha fazla operasyonel verimlilik, büyüme ve rekabet gücünün yanı sıra yeni iş modelleri, hizmetler ve ürünlerin geliştirilmesini vaat etmektedir (Kagermann vd., 2013; Kagermann 2014). Bu, şirketlerin müşterilerin ihtiyaçlarını geliştirme ve üretim süreçlerine entegre etmelerini sağlayacak fırsatlar getirmektedir. Diğer bir eğilim, hizmetlerin değer zincirindeki tüm aktörler tarafından sunulabileceği ve kullanılabilirliğidir. Şirketler ticari sırlarını veya diğer hizmetlerini satabilir ve diğer şirketlerin veya ortakların kendi ürünlerini geliştirmek için becerilerini ve bilgilerini kullanmalarına izin verebilir (Khan ve Turowski, 2016). Aslında, sanal ve artırılmış prototipleme, ürün özellikleri ve avantajlarının tam olarak anlaşılmasını sağlayarak her bir paydaş arasındaki tüm ürün işlevlerinin etkileşimli olarak araştırılmasını kolaylaştırır. Endüstri 4.0, özellikle geleneksel imalat şirketleri için yeni bir iş yapma şekli ve yeni bir değer yaratma kaynağı sağlar. Geçerli değer zincirlerinin dönüşümü, yeni ve yenilikçi iş modelleri ortaya çıkması sonucu çeşitli faydalar ve karlarda ortaya çıkacaktır (C Vila vd., 2017).

Kagermann da dijital dönüşüm süreci ile birlikte meydana gelmesi muhtemel sekiz temel fayda oluşturan değişikliği aşağıdaki gibi ifade etmektedir:

- **Bireysel müşteri ihtiyaçlarını karşılama:** Endüstri 4.0; tasarım, konfigürasyon, sipariş, planlama, üretim ve işletme aşamalarına bireysel müşteriye özel kriterlerin dahil edilmesini sağlar.
- **Esneklik:** Siber Fiziksel Sistemler tabanlı ağlar; kalite, zaman, risk, sağlamlık, fiyat ve çevre dostu olma gibi, iş süreçlerinin farklı yönlerinin dinamik olarak yapılandırılmasını sağlar.
- **Optimize karar alma:** Endüstri 4.0, şeffaflık sunarak, tasarım kararlarının erken test edilmesini sağlar ve bu sayede global optimizasyona olanak tanır. Siber fiziksel sistemler tüm değer ağı boyunca üretim sürecini optimize eder. Sistem, üretimi durdurmak zorunda kalmadan, otomatik olarak, kaynak ve enerji tüketimi açısından sürekli olarak optimize edilebilir ve emisyonları azaltabilir.
- **Kaynak verimliliği ve etkinliği:** Endüstriyel üretim süreçleri için varolan stratejik hedefler Endüstri 4.0 için de geçerlidir. Bunlar, belirli bir kaynakla mümkün olan en yüksek çıktıyı elde etmek (kaynak verimliliği) ve belirli bir çıktı miktarını elde etmek için mümkün olan en düşük miktarda kaynak kullanımını (kaynak etkinliği) dir.
- **Yeni hizmetlerle değer fırsatları yaratmak:** Endüstri 4.0 değer ve yeni iş fırsatları yaratmanın yeni yollarını açmaktadır. Akıllı algoritmalar, yenilikçi hizmetler sağlamak amacıyla, akıllı cihazlar tarafından kaydedilen büyük miktarlarda farklı verilere uygulanabilir.
- **İşyerinde demografik değişime yanıt verme:** İnsan ve teknolojik sistemler arasındaki etkileşimli işbirliği, iş gücü açısından maliyet avantajı sağlamaktadır. Nitelikli işgücü problemi ve artan işgücü farklılıklarına rağmen Endüstri 4.0 insanlara çalışmaya devam etmelerini ve daha uzun süre üretken kalmalarına olanak tanıyan farklı ve esnek kariyer yolları sağlayacaktır.
- **İş-Yaşam Dengesi:** Endüstri 4.0 sağladığı verimlilik sayesinde çalışmanın marjinal zahmetini minimize ederek, çalışmadan elde edilen gelirin marjinal faydasını artırmaktadır.
- **Rekabetçi yüksek ücretli bir ekonomi:** Endüstri 4.0'ın sahip olduğu teknolojiler ülkelerin rekabet gücünü artırmaktadır (Kagermann, 2013)

Endüstri 4.0 özellikle yaşlılar için bakımın verilme şeklini değiştirme potansiyeline de sahiptir. Nesnelerin İnterneti ve robotlar insanların daha uzun süre bağımsız olarak yaşayabilmelerine yardımcı olabilir. Teknoloji, bireylerin ailelerinin ve arkadaşlarının sağlıklarını izlemesini kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda, akıllı saatler ve “giyilebilir cihazlar” kullanılarak, tıbbi acil durum belirtileri gösteren bir kişi veya aile üyesi uyarabilir. Bağlı cihazlar, bir kişinin doğru ilaç dozlarını alıp almadığını kontrol etmek için de kullanılabilir (Corfe, 2018: 11).

Endüstri 4.0'ın ekonomik fırsatları oldukça geniştir. Tüm ekonomileri ve ülkeleri etkilemektedir (Petrillo vd., 2018). Artan verimlilik sayesinde yalnız otomotiv endüstrisinde, endüstri 4.0 tamamen uygulandığında verimliliğin %10-20 oranında artması beklenmektedir (Rüßmann vd.,2015). Sanayi üretiminin azalan maliyetleri söz konusu olduğunda, endüstri 4.0 umut verici bir çözümdür. Bazı kaynaklara göre, endüstri 4.0 ile üretim maliyetleri %10-30, lojistik maliyetleri %10-30, kalite yönetimi maliyetlerinin ise %10-20 oranında azalmasına neden olacaktır (Bauernhansl vd, 2016). Önümüzdeki beş yıl için verimlilik yıllık ortalama %3,3 artacak ve bu da yıllık ortalama % 2,6 oranında maliyet düşüşüne neden olacaktır. Gelir, endüstri 4.0 açısından üretim sürecini otomatikleştirmek veya dijitalleştirmek için katlanılan maliyetlerden daha hızlı ve daha yüksek olacaktır (Koch vd., 2014). Endüstri 4.0'ın güçlü yanlarından biri farklı sektörleri etkilemesidir. Sanayi devrimi tarafından büyük ölçüde etkilenen başlıca sektörler; imalat, petrol ve gaz, elektrik üretimi/dağıtım, demiryolu ve madenciliktir. 2025 yılına kadar altı sektörde 78 milyar Euro civarında verimlilik artışı sağlanması beklenmektedir (Bauer vd., 2014). Endüstri 4.0, gelir seviyelerinin büyümesinde en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir. On yıl içinde istihdamda %6 'lık bir artışa yol açacaktır (Mc Kinsey, 2015).

Endüstri 4.0' ın üretim sürecinde yaratacağı faydaları aşağıdaki şekilde özetliyoruz:

- İnsanların, makinelerin, sensörlerin ve cihazların birbirleriyle bağlanmasını ve iletişim kurmasını sağlar.

- Otomasyon ve robotik teknolojiler insanlara çok tehlikeli ortamlarda önemli yardımlarda bulunabilir. Karar verme ve problem çözme konusunda insanlara yardım edecek bir sistem oluşturur.
- Sistemlerin bağımsız bir şekilde kendi başlarına karar almasını sağlar.
- Teknolojik entegrasyon ve öngörücü bakım sayesinde, verimliliği artırır böylelikle maliyetlerin azalmasını sağlar.
- Tedarik zincirini küresel hale getirir ve işletmelerin rekabet gücünü artırır.
- Firmalar kişiselleştirilmiş ürünler üretmesine imkan sağlar ve karlılığın artmasına neden olur (Rao ve Prasad, 2018. 147-148).

Sonuç olarak endüstri 4.0, şirketlerin küresel zorluklarla ve kişiselleştirilmiş ihtiyaçlarla başa çıkmalarını ve hala karlı kalmalarını sağlamaktadır. Piyasaların küreselleşmesi ve müşteri ihtiyaçlarını karşılama baskısı gibi son eğilimler, yeni ürünlere ve ürün çeşitlerine daha çevik ve esnek uyum sağlayabilen üretim ekipmanı ve süreçlerini gerektirir (Cheng vd., 2016). Bu yüzden günümüzde, tüm şirketler, üretim süreçlerine inovasyonu dahil etmelidir. Endüstri 4.0 bunun nihai yoludur (Schlötzer, 2015). Eğer şirketler meydan okumayı iyi yönetebilirse, o zaman şirketin adını itme fırsatı elde edecek dünya çapında daha yüksek ve iyi bilinir hale gelecektir. Temel olarak Endüstri 4.0'ı uygulayarak daha fazla gelir ve kar elde edilecektir (Singh, 2012). Küresel üretimde Endüstri 4.0 giderek daha önemli bir rol oynayacaktır.

1.7. ENDÜSTRİ 4.0'IN BAŞLICA ZORLUKLARI

Sürekli olarak küreselleşen dünyada şirketlerin rekabet gücüne sahip olabilmeleri için, pazara giriş sürelerini kısaltmaya ve daha kısa ürün yaşam döngülerine ve maliyetleri azaltmaya zorlanmaktadır. Dijitalleşme ve bağlantı alanında artan müşteri ihtiyaçları ve istekleri, bir şirket içindeki tüm değer zincirinin işbirliği ile sonuçlanır ve bu da süreçlerin çok karmaşık bir şekilde organize edilmesine neden olur (Ramizov, 2019).

Şirketler açısından bir başka zorluk ise nitelikli çalışan eksikliğidir. Dijitalleşen süreçler nedeniyle iş modelleri, işçilerden yeni teknik beceri ve nitelikler talep etmektedir. Bu nedenle tüm endüstrilerde dijitalleşme sürecinin uygulanması

personel için büyük bir engel teşkil edebilir. Bahsedilmesi gereken önemli bir sorun da üretimde meydana gelecek yetenek farklılıklarının büyüklüğüdür (Ramizov, 2019).

Makinelerin insanlardan daha verimli olduğu yüksek otomatik fabrikaların ortaya çıkmasıyla birlikte, düşük vasıflı mesleklerin gereksiz hale gelmesi (vasıfsızlaşma) ve ortadan kalkma riski vardır. Makinelerin insan çalışanlara nazaran belirgin avatajları vardır. Bunlar, ara vermeden çalışabilmeleri, sağlık hizmeti ve maaş artışı talebinde bulunmamaları ve aynı anda farklı parçaları bağımsız olarak çalışabildiğinden bağımsız görevleri yapabilmeleridir (Brynjolfsson, 2014). Güvenlik konusu bütün üretim endüstrileri için önemli bir konudur. Güvenlik ihlalleri fabrika çalışanları açısından kişisel güvenlik sorunlarına yol açabilir. Endüstri 4.0'da var olan özelliklerin güvenlik olmadan hiçbir anlamı yoktur.

Dördüncü Endüstri Devriminde küresel endüstrilerin evrimi hem heyecan verici hem de korkutucudur. Nesnelerin interneti ve 3 boyutlu yazıcıların birleşmesi ile hayatta bazı köklü değişiklikler meydana gelmiştir. Dördüncü endüstri devriminden en fazla kazanan taraf tüketiciler olacaktır. Teknolojik yenilik aynı zamanda verimlilik ve üretkenlikte uzun vadeli artışlar sağlayarak arz yönlü bir mucizeye yol açacaktır. Ulaştırma ve haberleşme maliyetleri düşecek, lojistik ve küresel pazar zinciri daha etkin hale gelecek, yeni pazarlar açılacak, ticaret maliyetlerinde bir azalma meydana gelecek, ekonomik büyüme gerçekleşecektir (Schwab 2015).

Dijital teknolojilerin öncülük ettiği bir çağda vasıfsız emek ve sermayenin anlamı yoktur. Önemli olan, yenilik yaratabilen yani vasıflı insanlar olacaktır. Gelecekte yetenek, sermayeden daha fazla kritik role sahip olacaktır. İşçiler veya yatırımcılar değil, fikir sahibi insanlar en önemli kaynak olacaktır (Brynjolfsson, McAfee ve Spence, 2014). 2017 yılında Bloomberg Küresel İş Forumu'nda Apple CEO'su Tim Cook şöyle diyor: *“Eğer bir ülke lideri olsaydım amacım dünyadaki yetenekli insanları ülkeme toplayıp tekel altına almak olurdu”* (Leswing, 2017).

Dördüncü Endüstri Devrimi teknolojik değişimden daha fazlasıdır. Bu devrim eğitim, sağlık ve iş gibi sektörleri ve endüstrileri olumlu yönde etkileyecek yıkıcı inovasyonlarla desteklenmektedir. Dijital değişim, yeni müfredat ve öğretim türleri ortaya koymakta ve 'odaklanma öğretme modeli' ile öğrenme biçimini değiştirmekte ve alternatif müfredatları sürekli olarak geliştirmektedir. Yıkıcı inovasyonlar iş yapma biçimlerimizi değiştirmektedir. Artık alışılmışın dışına çıkmak çok daha

önemlidir. Günümüz dünyasında yeni pazarlar ve yeni ürünler tanımlanmaktadır. Günümüzde, Netflix geleneksel televizyonla rekabet etmektedir. Taksiler, Uber ve Lyft'e karşı rekabet etmek zorundalar. Artık müşterilere benzer ürünler yeni yollarla sunulmaktadır. Airbnb'in alternatif geceleme uygulaması geleneksel otellerle rekabet etmektedir. Robotlar üst düzey yapay zeka ve makine öğrenimi ile donatıldıkça daha akıllı ve daha otonom hale gelmektedir. Ama hala temel bir özellikten yoksunlar: ahlaki değerlendirme. Bu onları karmaşık durumlarda daha iyi ve daha etik kararlar vermeleri konusunda kısıtlamaktadır. Ahlaki değerler bireyden bireye ve ülkeden ülkeye hatta dinlerden ideolojilere kadar farklılık göstermektedir. Hangi ahlaki çerçevenin benimseneceğine dair belirsizlik ahlaki değerlerin yapay sistemlere uygulanmasındaki zorluğun asıl nedeni olmaktadır (Ramizov, 2019).

Yüksek Öğrenim, Dördüncü Endüstri Devrimine uyum sağlamak için gerekli olan toplumsal geçişlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynuyor. Ancak bugünün yüksek eğitimi elektrik ile çalışan seri üretim ve geçmiş endüstri devrimlerinin ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmıştır. Bu sistemler artık otomasyonun yoğun olduğu bir ekonomi için uygun değildir. Bugünün her yaşta öğrencileri demografik, küresel sağlık, okuryazarlık, eşitsizlik, iklim değişikliği, nükleer silahların yayılması ve daha fazlası gibi büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Öğrenciler üniversiteden mezun olurken, Endüstri 4.0 dünyası onların öğrendiklerinden çok daha fazlasını talep edebilir. Halbuki mevcut eğitim kurumlarında genellikle önceki sisteme uygun eğitim verilerek öğrenci yetiştirilmektedir (Gleason, 2018: 95).

Yapay zeka, robotik, biyomühendislik, programlama araçları ve diğer teknolojiler silah üretmek ve dağıtmak için kullanılabilir. Sosyal medya sınırları yok ederek insanları bir araya getirebilir ama aynı zamanda sosyal bölünmeyi de artırabilir.

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİLERİ VE DÜNYADAKİ UYGULAMALARI

2.1. ENDÜSTRİ 4.0 'IN ETKİLERİ

Dördüncü endüstri devrimi yaşam biçimimizi, çalışma şeklimizi ve bir birimizle olan iletişimimizi temelden değiştirecek bir devrimdir ve artık o devrimin eşliğindeyiz. Bu devrimin etkileri, kapsamı ve karmaşıklığı insanlığın bu zamana kadar tecrübe ettiği her şeyden farklıdır. Bu etkiler az çok tahmin edilmekte ama henüz nasıl ortaya çıkacağı tam olarak bilinmemekle birlikte tek kesin bilinen bir şey var ki küresel dünyanın bütün paydaşları kamu ve özel sektörden akademi ve sivil topluma kadar herkes ve her şey birbiriyle bağlantılı olacak (Schwab, 2015). Diğer taraftan bu devrim gerçekleşmeden önce ilan edilen ilk devrimdir. Dolayısıyla diğer devrimlerden farklı olarak etkileri her gün tartışılmaya devam etmektedir.

Dördüncü endüstri devrimi insanoğlunun daha önce yaşadığı ilk üç endüstri devrimleri ile kıyaslandığında doğrusal bir tempo izlemekten ziyade daha fazla gelişme kaydederek neredeyse her ülkede ve her sektörlerde yıkıcı etki bırakıyor. Ortaya çıkan değişikliklerin derinliği ve kapsamı tüm üretim ve yönetim sistemlerindeki dönüşümün gerçekleşeceğini gösteriyor. Dünya üzerinde milyarlarca insan ellerinde kullandıkları mobil cihazlar ile daha önce görülmeyen bir işlem hızı ve sınırsız depolama kapasitesi ile anında bilgiye ulaşabilmektedir. Dahası bu olanaklar yapay zeka, akıllı robotlar, nesnelerin interneti, 3 boyutlu yazıcılar vb. gibi ortaya çıkan teknolojik atılımlar ile arttırılacak (Schwab, 2015). Artık endüstriler onları kökünden değiştirecek yenilikler ve evrimlerle karşı karşıyadırlar. Meydana gelen bu teknolojiler üretim sistemini değiştirmekle kalmayıp iş yapma biçimlerimizi de değiştirecek. Yeni ürünler ve hizmetler yaratacak üretimin organize bir şekilde gerçekleşmesi için yeni yollar sağlayacaktır. Bütün bunlar gelecekte değişen ekonomik ve sosyal koşullara ayak uydurabilen değişen pazar taleplerine cevap verebilen hızla büyüyen dünyada uluslararası rakiplerle rekabet edebilen endüstriler yaratmak için gereklidir.

Endüstri 4.0'ın etkileri, bazılarımızın hayal edebileceğinden daha büyük ve daha kapsamlı olması muhtemeldir. Yapay zeka, bilgi teknolojisi, ileri robotlar, akıllı telefonlar ve akıllı algoritmaları birleşmesiyle şirketler, ürettikleri her şeyi takip

edebilecek ve ürünleri gerçek zamanlı olarak geliştirebilecekler. Ayrıca şirketler farklı müşteri ihtiyaçlarına cevap vermek olarak bilinen kitlesel üretimi gerçekleştirebilecekler. Teknolojik gelişmeler ve akıllı entegrasyon ile şirketler için ürünlerin kişiselleştirilmesi seri üretim kadar ucuz olacak. Yakın gelecekte, dördüncü sanayi devrimi, küresel ısınma, yaşlanan nüfuslar, artan hava kirliliği gibi önemli konulara gerçek çözümler sunma kapasitesini artıracak (Pelleg, yıl yok). Endüstri 4.0'ın temel amacı ileri düzey iletişim, bilgi ve zeka yoluyla üretimin esnekliğini ve verimliliğini artırarak şirketlerin uzun vadeli rekabet gücünü artırmaktır (Gabriel ve Pessl, 2016: 133). Literatüre daha yakından bakıldığında gelecekteki çalışma biçimi ve iş kolları üzerinde yaratacağı etkisinin yanısıra çevre üzerinde de yaratacağı etkinin de yoğun olarak tartışıldığı görülmektedir.

2.1.1. Büyüme

Endüstri 4.0 Siber Fiziksel Sistemler olarak adlandırılan üretim operasyon sistemleri ile bilgi ve iletişim teknolojileri ki- özellikle Nesnelerin İnterneti (IoT) arasında entegrasyon sağlayan bir aşama olarak tanımlanır. (Wang ve diğ. 2015: 5) Operasyonel açıdan bakılacak olursa, fabrika kurulum sürelerini, işçilik ve malzeme maliyetlerini ve işlem sürelerini azaltmak için siber fiziksel sistemler gibi dijital teknolojilerin kullanılması ve üretim süreçlerinde daha yüksek üretkenliğin ortaya çıkması beklenmektedir. (Jeschke ve diğ., 2017). Dolayısıyla denebilir ki, sanayileşmenin her döneminde olduğu gibi, yaşanan önemli teknolojik ilerlemeler sayesinde üretkenlikte artışlar meydana gelmesi olağan bir durumdur. (Schuh ve diğ., 2014:1)

Endüstri 4.0, imalat sanayileri ve ulusal ekonomiler için bir dizi büyüme fırsatı yaratma potansiyeline sahiptir. Pozitif makro ekonomik etkiler önemli ölçüde tartışılmaktadır. Bunlardan biri de büyümeye olan etkisidir. Endüstri 4.0'dan bahsederken sadece tek tip bir inovasyondan bahsetmek yerine tüm potansiyellerini bir araya getiren çeşitli teknolojilerin bir bileşimi olarak düşünüyoruz. Bu teknolojilerin bazıları gelişmekte bazıları da gelişme aşamasındadır ve piyasaya çıkması zaman alacaktır. Sanayi devriminin yaklaşık 250 yıldan daha uzun bir süre önce başlamasından bu yana teknolojideki bir dizi ilerlemeler küresel ekonomiyi eskisinden daha büyük hale getirmiştir. Su değirmenlerinin yerini alan buhar

makinesinden elektriğe, telefonlara, otomobillere, uçaklara, transistörlere, bilgisayarlara, internete ve günümüze kadar gerçekleşen her yeni teknoloji dalgası, mevcut görevleri yerine getirmek için yeni ve daha verimli metodlar sağlamış, tamamen yeni iş alanları yaratmış ve verimlilik ve ekonomik büyümede artışlara neden olmuştur.

Endüstri 4.0 çerçevesinde ülke ekonomilerinin büyüme performanslarını incelemeye önce endüstri 4.0 piyasasının büyüme projeksiyonuna bakmak faydalı olacaktır. Öyle ki küresel Endüstri 4.0 piyasası 2018’de 78,19 milyar dolar değerinde iken 2026’da bu rakamın 260,71 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. (Fortune business insight, 2020;1) Dünya’da toplam ekonomik büyümeye baktığımızda ise 2018 yılında 500 milyar ABD doları katma değer üretime karşı 2022’de ulaşılması beklenen katma değer 1,5 trilyon ABD olarak olması bekleniyor. (Asheesh Mehra: 2020, 1) Son olarak, genel bir ifade ile Endüstri 4.0’ın küresel ekonomiler üzerinde büyük etkisini imalat sanayinde yıllık %6 ile %8 verimlilik artışı sağlaması yönünde yapılan araştırma ile görmekteyiz. (Davies, 2015:3) Yapılan araştırmalar gösteriyor ki Endüstri 4.0 teknolojisi büyüme hızıyla nerdeyse aynı ivmede hareket etmektedir.

Yeni iş modelleri, hizmetleri ve ürünlerinin geliştirilmesiyle birlikte operasyonel verimliliğin de artışıyla Endüstri 4.0’ın ekonomik büyümeyi çok daha önemli ölçüde arttıracığı beklenmektedir. (Kagermann ve diğ., 2013: 16) Endüstri 4.0 teknolojisinin yapı taşlarından olan nesnelerin interneti ekonomilerde kullanıldığında üzerinde çalışılan yirmi büyük ülke ekonomisinde 2030’a kadar reel GDP ’de %1’lik artış öngörülmektedir.(Accenture, 2015:1) Bir başka çalışmada ise Endüstri 4.0, 2018 ve 2022 arasında küresel ekonomiye 500 milyar ila 1.5 trilyon dolar değer katabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Mehra, 20.Nisan.2020).

Endüstri 4.0’ın başladığı ülke Almanya’da, önümüzdeki beş ile on yıl boyunca, Endüstri 4.0 daha fazla şirket tarafından benimsenmesiyle tüm Alman imalat sektörlerinde verimliliğin 90 milyar € ile 150 milyar € katkı bekleniyor. (Rüßmann ve diğ., 2015) Yakın tarihli başka bir araştırmada, Endüstri 4.0 teknolojisinin 2025 yılına kadar Alman GSYİH’sına 78 milyar avro kadar arttıracığı tahmin edilmektedir. (Hermann, 2015; 3) Bu büyüme rakamları teknolojik olmayan gelişmelerin sonucu olabilse bile uzun dönemde Endüstri 4.0 teknolojisi üretkenliği önemli ölçüde etkilediğini ifade edebiliriz. (Common Fund for Commodities, 2018: 8)

Yapay zeka, robotlar ve diğer “akıllı otomasyon” biçimleri hızla ilerlemekte ve verimliliği artırarak yeni ve daha iyi ürün ve hizmetler üreterek ekonomiye büyük faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Bu teknolojilerin 2030 yılına kadar küresel GSYİH’ya yaklaşık %14’e kadar katkıda bulunacağı tahmin ediliyor. Bu ise rakam olarak yaklaşık 15 trilyona denk gelmekte (Hawksworth ve diğerleri, 2018: 1). İngilteredeki imalatın yüzde %20 civarında artması beklenmektedir (Gilchrist, 2016: 205).

2.1.2. İşsizlik

Üretimde otomasyon yaygınlaştıkça bilgisayarlar ve makineler insanların yerini almaya başladı. Tahminlere göre Amerikada işlerin %30-%40 ‘ı otomasyondan dolayı risk altında olduğu ifade edilmektedir (Frey ve Osborne, 2013: 38). İnsanların işlerini elinden alacak robotlar ve algoritmalar ile ilgili haberleri okuduğumuzda ve duyduğumuzda genellikle ilk verilen örnekler fabrika işçisi ve taksi şöförü gibi mavi yakalı işlerdir. Ancak çok sayıda profesyonel iş de, bilgisayarlaşma riskiyle karşı karşıya kalabilir. Gittikçe daha sofistike algoritmalar ve makine öğrenimi, önceden insanlar tarafından yaygın olarak gerçekleştirilen işlerin, günümüzde daha iyi bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır. Boston Consulting Group, 2025 yılına kadar, işlerin %25’ inin ya akıllı yazılım ya da robotlarla değiştirileceğini tahmin ediyor. Oxford Üniversitesi'nden yapılan bir çalışma ise, İngiltere'deki mevcut işlerin %35'inin önümüzdeki 20 yıl içinde otomasyon riski taşıdığını ileri sürmektedir (Wakefield, 2015). PwC tarafından yapılan çalışmaya göre ise, Birleşik Krallık'taki işlerin neredeyse %30' unun 2030' larda yüksek otomasyona geçeceği tahmin edilmektedir. Bu oran, Amerika Birleşik Devletleri için %38, Almanya için %35, Japonya için ise %21 dir (Berriman ve Hawksworth 2017:3).

Dördüncü sanayi devrimi ile ilgili en önemli sorulardan biri mevcut işlerde yaratacağı etkiyle ilgilidir. Endüstri 4.0’ın çok sayıda yeni istihdam alanlarına sahip olması ve gelecekteki fabrikalarda iş miktarının azalmasının etkisi bugüne kıyasla daha fazla önem arz etmektedir. Bununla birlikte, bir sonraki sanayi devrimine geçişte, hacim, ölçek etkisi ya da değer yaratacak işgücü maliyeti faktörü önemli olmamakla birlikte ürünlerin özelleştirilmesi ve ekonomik anlamda bunları elde etmek için sermayenin azaltılması daha çok önem arz etmektedir. Görevlerin uzmanlaşması ve ürünlerin standartlaşması ile Ford bir araba için harcanan 12,5

saatlik zaman dilimini 1,33 saata indirdi. Normal koşullarda bu durumun istihdamda %90 lık bir düşüşe yol açması beklenir. Ancak seri üretilen otomobillerin oldukça ucuz üretilmesinden dolayı nüfusun daha geniş bir kesimi bu otomobilleri satın alabiliyordu. Bu, üretim oranından çok daha hızlı artan talep yarattı, dolayısıyla birim başına işteki azalmanın neden olduğu istihdam düşüşünü aşan sayılarda istihdam artışı meydana getirdi (Ramizov, 2019).

Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 gelecekteki işleri büyük ölçüde değiştirecektir. Endüstri 4.0 bağlantıdan çok daha fazlası anlamına gelmektedir. Gelecek nesnelerin ve insanların akıllı veri toplaması, depolanması ve bunların dağıtımını içeriyor. Geleneksel üretim hattında çalışan üretim işçileri ile üretimi yönlendiren daha üst kademe bilgi çalışanlarının görevleri eskiden hiç olmadığı kadar büyük ölçüde birleşecek. Sonuç olarak, birçok üretim ve emek süreci gelecekte daha verimli ve etkili bir biçimde yürütülecek. Süreçler ayrıca çeşitli yeni yardım sistemleri de sağlayacak. Bu yönetim ve üretim süreçlerinin daha ileri düzey otomatikleşmesi anlamına gelmektedir. Belirli çalışma gruplarına (özellikle yüksek kalifiye çalışanlara) işlerini nerede ve ne zaman yapmaları açısından kendi çalışma hayatlarını tasarlamaları için çeşitli seçenek ve fırsatlar da sunacaktır (Buhr, 2017: 9).

Endüstri 4.0'ın endüstriyel iş gücü üzerindeki yaratacağı etkiyi daha iyi anlamak için bu konuda dünyanın en gelişmiş ülkesi olan Almanya'nın üretim yapısı üzerindeki etkilerine bakılabilir. Boston Consulting Group'ın hazırladığı rapora göre Almanya Endüstri 4.0'ı benimseyerek verimliliği artıracak ve buna bağlı olarak endüstriyel işgücünü genişleterek üreticilerin rekabet gücünü artıracaktır. Üretim yapısı daha fazla sermaye yoğun üretime doğru gittikçe geleneksel düşük maliyetli üretim sistemlerinde işgücü maliyeti azalacak, bu da üreticilerin daha önce sınırdışında üretme sistemi olan offshoringin yerini onshoringe devretmesini sağlayacaktır. Yani üreticilerin sınır dışındaki üretimi geri getirmelerini cazip kılacaktır. Başka bir deyişle, ucuz işgücü maliyetinden dolayı dışarıya çıkan üretim evine geri dönecektir. Buna örnek Çinde üretilen Iphone örneğini verebiliriz. Amerika Iphone üretimini Çinden Amerika'ya geri taşımaktadır (Lorenz vd., 2015: 3).

Robot benim yerimi alacak mı? sorusu insanların kafasında 21. yüzyılın en çok sorulan sorusu olabilir. Gerçek dünya ile sanal dünya arasında sınırları ortadan kaldırmaya başlayan Dördüncü Sanayi devrimi artık bütün ekonomilerde giderek yaygınlaşmaya başladı. Bu bağlamda, her toplumun her bireyin, işlerinin doğasını bir daha düşünmeleri gerekmektedir.

Endüstri 4.0'ın gelişimi geçmişte de görüldüğü gibi makinelerin insanların yerini almasını daha da artıracaktır. İşlerin fabrika çalışanları açısından daha az yorucu ve daha ergonomik olmasının yanısıra bu aynı zamanda üretim ortamında daha az insan bulunması anlamına gelmektedir. Peki Dördüncü endüstriyel dalga herhangi bir işsizliğe sebep olacak mı? Teknolojik ilerlemeler sadece işleri elimine etmiyor aynı zamanda yeni iş alanları ve yeni iş fırsatlarını da beraberinde getirmektedir. Örneğin internetin ortaya çıkması online alışveriş, uygulama endüstrisi ve benzeri bir çok yeni pazarın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bazı işler ortadan kalkmış olsa da bir çok yeni iş kolu ortaya çıkmıştır. Benzeri bir trendin Endüstri 4.0 ile de görülmesi muhtemeldir. Bu otomasyon çağıyla birlikte yeni iş modelleri oluşacak ve yeni türden hizmetler talep edilecektir. Endüstri 4.0'ın başta mavi yakalı olmak üzere genel olarak endüstriyel işlerde bir düşüşe yol açması muhtemel olsa da yüksek işsizlik oranlarına yol açacağı tezi henüz kesin değildir (Haeffner ve Panuwatwanich, 2018: 7-8).

2.1.3. Çalışma Biçimi

Endüstri 4.0 teknolojisinin çeşitli etkilerinden birini de iş gücü piyasasında çalışma biçimlerinde görmekteyiz. Sanayi devrimi ile birlikte değişmeye başlayan işgücü piyasasının yapısı Endüstri 4.0 teknolojisi ile çok farklı boyutlara ulaşmıştır. Bu anlamda yaşanan değişim ise yaşanacak değişimlerin daha başlangıç düzeyinde görülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde endüstri 4.0'ın çalışma biçimleri nasıl etkilediği incelenecektir.

Teknolojik gelişmeler büyük ölçüde önceden tahmin edilebilir olsa da, bunların ulusal veya uluslararası bazda sosyal etkiler ve ilgili düzenlemeler üzerindeki sonuçları çok net değildir. (Linda Bonekamp & Matthias Sure, 2015; 38) Otomasyon ve robotik sistemler, insani ilerlemenin temel sağlayıcıları olarak verimliliği artıran teknolojiye dayalı değişikliklerin temel itici güçleridir. (Miller ve Atkinson, 2013) Endüstri 4.0 teknolojisinin bu bağlamda hayatımıza etkisi farklı görüşlerle desteklenmektedir. Bu görüşlerden biri teknolojik gelişmenin olumlu etki edeceği yönündedir. İş gücü piyasasının niteliksel yönleri ile ilgili yapılan çalışmada, gelecekte yeni beceri türlerinin talebinin artacağını öngörmektedir. Yapay zeka insanlar için işler yaratılmasını sağlayabilir (Harari, 2018: 43). Piyasadaki şirketlerin işgücünde hizmet kısmına ağırlık vermesi onları çok disiplinli yaklaşıma götürecektir

ve ayrıca ürünlere yazılımın dahil edilmesiyle bu bölüm için işgücü talebinin artacağı öngörülmüştür (Freddi, 2017: 10). 2016-2030 yılları arasında %10'un üzerinde istihdam artışı beklenmektedir (Cedefop, 2018: 4). Bu olumlu tabloya yine optimist bir bakış sunan başka bir çalışmada teknolojik yeniliğin daha az beceri isteyen işlerin yerini almayacağı ve yeni ortaya çıkan işlerin ise geçmişte biriken hizmetlerin giderilmesi için oluşacağı ifade edilmiştir (Caruso, 2017: 11). Ancak yaşanan otomasyon süreci ile birlikte insanlara düşen işlerin yok olduğu da bariz bir şekilde ortadır. Nitekim bu değişim otomasyonun bir sonucudur. Otomasyonun büyük zorluklara yol açacağına inanıyor musunuz? Diye sorulduğunda %64 kesinlikle evet, %21 evet, %11 biraz, %4 cevap vermemiştir (Citi GPS, 2016; 4). Bu konu çerçevesinde OECD'nin tahmine göre, çalışanların yaklaşık %14'ü önümüzdeki 15 yıl içerisinde otomatikleşme tehlikesi ile karşı karşıya olan mesleklere sahiptir. Ayrıca diğer %30'luk kesim ise mevcut işlerinde yeterliliklerini geliştirmek zorunda kalacaklardır. Dolayısıyla çalışanların yaklaşık yarısı yeni çalışma koşullarına/çevresine adapte olma gereği duyacaklardır (OECD, 2018: 7).

Konuyla bağlantılı olarak ele alınan bir başka çalışmada ise mevcut işlerin yaşanan teknolojik gelişmeye ne kadar duyarlı olduğuna dair bir açıklama sunarken kötümser bir sonuca ulaşmıştır. Çünkü düşük, orta, yüksek riskli diye ayırdıkları iş kollarında geçerli işlerin neredeyse %47'sinin yüksek riskli olduğu sonucuna ulaşmışlardır – özellikle rutin yapılan işlerde (Frey ve Osborne, 2016: 15).

Akla daha makul gelen farklı bir ampirik çalışmada ise, otomasyonla rekabet eden becerilerde azalma, otomasyonun tamamlayıcı parçası olan becerilerde ve makinenin yeterli olmadığı alanlara denk gelen becerilerde de artış yaşanacağı ifade edilmiştir (MacCrory ve dğr., 2014: 15). Ancak teknolojik gelişmeler sadece rutin işleri değil aynı zamanda rutin olmayan bilişsel ve örüntü tanıma olarak tanımlanan yüksek vasıflı işleri de elimine etmektedir (Bowles, 2014). Bunun bir sonucu olarak da endüstri 4.0 ile birlikte birçok çalışanın verimliliği artmasına karşı, bu konuda yapay zeka ve büyük veri, insanlar tarafından yapılan işlerin makinelerle ikame edilmesini sağlamış ve bu alanda çalışanları daha kırılgan grupta yer almalarına neden olmuştur (Mitch Rosenberg, 2009, Matovcıkova, 2017: 6). Çünkü robotlar gelecekte sadece standart işleri değil karmaşık işleri de yapabileceklerdir. Elbette en riskli grup düşük beceri isteyen işlerde çalışanları içeren gruptur.

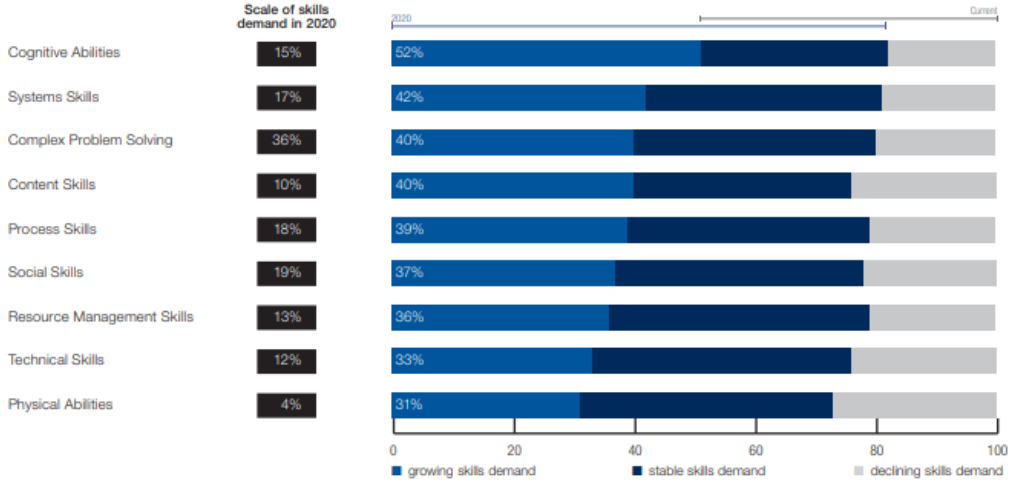
Yapay zeka, makine öğrenimi ve yazılım otomasyon uygulamaları gibi teknolojiler sadece düşük ücretli eğitimsiz işçileri etkilemeyecek bu değişimden aynı zamanda yüksek vasıflı işler yapan üniversite mezunları da etkileneceği sonucuna ulaşmıştır (Ford, 2009: 184). Yine de eğitimsel kazanımları ve beceri seviyeleri arttıkça teknolojik gelişmeden kötü etkilenme riski de azalmaktadır (Nedelkoska ve Quintini, 2018: 53, Wilkesmann ve Wilkesmann, 2017: 13). Değişen teknoloji ile birlikte bir işe girebilmek için eğitim düzeyinin, gerekli kazanımların ve tecrübelerin önemli yer tuttuğu da ifade edilmektedir (McKinsey Global Institute, 2017: 139). Benzer şekilde, siber fiziksel sistemlerin hızla büyüyen görünümünden kaynaklanan önemli ekonomik değişiklikleri yansıtan Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee, Endüstri 4.0'dan kaynaklanan potansiyel olumlu iş etkileri konusunda oldukça şüphecidir ve bu nedenle teknolojiler arasındaki bir yarıştan beslenen işler için yoğun bir rekabet beklemektedir. Onların görüşüne göre, teknolojik gelişmeler sadece rutin işleri ortadan kaldırmakla kalmayıp, yüksek vasıflı işleri de ortadan kaldırmaya eğilimlidir (Cagemini, 2013: 3).

Word Economic Forum'un hazırladığı rapora göre ise, otomasyon ilk olarak büro işini, satışı, müşteri hizmetlerini ve destek fonksiyonlarını etkileyecektir. Robotik süreç otomasyonu, otomatik raporlama ve sanal asistanlar yaygınlaşacaktır. Aynı zamanda da, yazılım ve iletişim teknolojisi konusunda giderek artan sayıda nitelikli personele ihtiyaç duyulacaktır (Hennies ve Raudjärv, 2015).

Gelecekteki iş vizyonu yeni yetkinlikler talep edecek ve dolayısıyla gerekli becerilerin kazanılması yüksek kalitede eğitim yoluyla sağlanacaktır (Erol ve diğerleri, 2016). Üretim ve mühendislik süreçlerinin iyileşmesi, ürün hizmet kalitesini artıracak, müşteri ve kurumlar arasında ilişkiyi optimize edecek, yeni iş fırsatları ve ekonomik faydalar yaratacak, eğitim gereksinimlerini değiştirecek ve mevcut iş ortamlarını değiştirecektir (Pereira ve Romero, 2017: 1213). Bu süreçte, mavi yakalı işçilerin yoğun çalıştığı sektörlerin üretim sürecine devam edebilmeleri oldukça zorlaşacaktır (Sung, 2017: 43). Ayrıca bu rapora göre dördüncü sanayi devriminin küresel işsizlikte artışa neden olması beklenmemektedir (Baweja ve diğerleri, 2016: 15).

Şekil 7: Dijital Dönüşümün Talep Ettiği Nitelikler

Figure 10: Change in demand for core work-related skills, 2015-2020, all industries
Share of jobs requiring skills family as part of their core skill set, %



Source: Future of Jobs Survey, World Economic Forum.

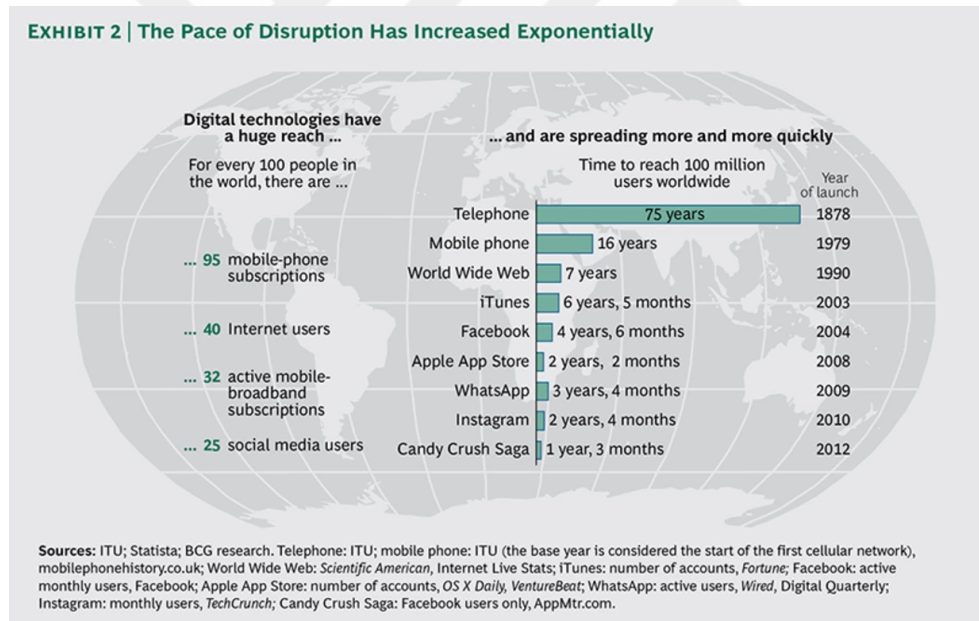
Kaynak: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

Birinci endüstri devrimi tarım alanında ve katma değeri düşük endüstriyel alanlarda işsizlik yaratmış ancak bu kişilerin kas gücüne ihtiyaç duyan endüstriyel işler bulmalarına da olanak sağlamıştır. İkinci endüstri devrimi daha fazla ofis işinin ortaya çıkmasına neden oldu. Üçüncü endüstri devrimi ise endüstriyel işleri önemli ölçüde azalttı. Ancak ofis sektöründe yaratılan işlerle (genel hizmetler sektörü) bu kaybı fazlasıyla telafi etmiştir. Birinci ve ikinci endüstri devriminde emek, farklı fiziksel emek gerektiren iş türlerine adapte olmak zorundaydı. Üçüncü devrimde ise emek, daha çok bilgi ve bilgiye dayalı entelektüel işlere doğru kaymaya başlamıştır. Ancak dördüncü endüstri devrimi sadece fiziksel işleri değil aynı zamanda entelektüel işleri de ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle ilk üç sanayi devriminde emek bir faaliyetten diğerine (ağır fiziksel emekten daha az zorlayıcı fiziksel emeğe ve daha sonra entelektüel emeğe) geçebilmesi için bir alan vardı. Ama bu durum dördüncü devrimde mümkün değildir (Bonciu, 2017: 12). Bill Gates gibi gelecek hakkında geniş bir vizyon ve uzmanlığa sahip insanlar gelecek hakkında umut veren işlerin yapay zeka, enerji ve biyoloji alanında olduğunu düşünüyor (Hincks, 2017). Problemin bu tür alanların boşa çıkan emeği karşılayacak kadar fazla iş alanı yaratamaması ve bu kariyerleri sürdürme yeteneğinin herkese açık olmamasıdır. Diğer perspektiften Klaus Schwab'a göre dördüncü endüstri devrimini diğerlerinden farklı kılan üç sebep vardır (Schwab, 2016: 8). Birincisi yayılma hızı,

ikinci değişimin etkilerini kapsamı, üçüncüsü ise ekonomik ve sosyal sisteme etkisidir. Önceki devrimler doğrusal bir tempo izlerken dördüncü sanayi devriminin üstsel bir hızla gelişiyor ve yayılıyor bu nedenle bu devrimin yayılma hızı inanılmaz derecede önemlidir. Bu yayılma hızını aşağıdaki şekilde örneklendirmek mümkündür.

Sonuç olarak, farklı görüşlerin ortası endüstri 4.0 gerçeğini yansıtmaktadır. Robotların hem negatif hem de pozitif etkisi vardır ve pozitif etkisi çalışanların verimliliğini artırması negatif etkisi ise çalışanların/işçilerin robotlar tarafından işlerinden edilmeleridir. (Acemoğlu 2017; 36) Teknoloji, ülkelerin karşılaştıkları yeni zorluklarla etkin bir biçimde başa çıkmalarına yardımcı olan en önemli faktördür. İşgücünün nitelikleri, Dördüncü Endüstri Devriminde başarıyı yakalamada belirleyici faktör olacaktır (Thuc, 2017: 16).

Şekil 8: Dijital Teknolojinin Yayılma Hızı



Kaynak: <https://www.bcg.com/en-tr/publications/2015/digital-imperative.aspx>

2.1.4. Müşteri Beklentileri

Endüstri 4.0 terimi, ürünlerin yaşam döngüsünün tüm değer zinciri üzerinde yeni bir organizasyon olarak tanımlanan dördüncü sanayi devrimini ifade eder ve giderek kişiselleştirilmiş müşteri gereksinimlerine yöneliktir. Endüstri 4.0'ın temel amacı, sipariş yönetimi, araştırma ve geliştirme, ürünlerin kullanımına ve geri dönüşümüne kadar olan süreçlerin optimize edilmesi ve teslimat gibi alanları

etkileyen bireysel müşteri ihtiyaçlarını karşılamaktır. Endüstri 4.0'ın dört ana itici gücü, Nesnelerin İnterneti (IoT), Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), bulut tabanlı üretim ve üretim sürecinin tamamen dijital ve akıllı bir hale dönüştürülmesine yardımcı olan akıllı üretimdir (Gokalp vd., 2016). Müşterinin ihtiyaçları sürekli değiştikçe, ürünlerin kişiselleştirilmesini artırma ve pazara sunma süresini azaltma zorluğu birçok şirket tarafından geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu zorluklar özellikle artan dijitalleşme ile karşılaşmaktadır. Özelleştirilmiş ürünlere yönelik artan talep ile birlikte ürün yaşam döngülerinin azalması, karmaşıklığa yol açan organizasyon yapılarının dönüşümünü hızlandırmaktadır. Örneğin; aynı modeldeki otomobiller, motor, kaporta ve ekipmanda birçok farklı versiyonu ile sunulmaktadır. Tüm bunlar giderek daha bilgili ve talepkar müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi karşılamak için gerçekleşmektedir. (Vaidya vd., 2018)

Müşteriler akıllı üretim ortamlarında önemli bir rol oynamaktadır. Müşteri-iş ilişkilerini iyileştirme, müşteriye elde tutma, büyüme yol açma ve sonuçta satış kârını artırma hedefi her işletme için çok önemlidir. Nesnelerin İnterneti, bulut üzerinden bağlantıyı kolaylaştırdığından, müşteri ihtiyaç ve isteklerinin karşılanmasını hızlandırır. Müşteri odaklı bilişim, tasarım ve otomasyon ile üretici için karar vermek daha kolay hale gelir. Büyük Veri Analizi, ürün özelliklerinin, bilinçaltı müşteri ihtiyaç ve isteklerinin kümelenmesini görselleştirmeye yardımcı olur. Bu sayede, müşterilerin ihtiyaç ve isteklerine göre yeniliği sağlamak ve şirketlerin gereksiz ürün farklılaştırmasını önlemelerine yardımcı olunmaktadır (Saldivar vd., 2018). Müşteriler satın aldıkları ürünlerde giderek daha fazla bireyselleştirme arayışındayken, drone teslimatı da dahil olmak üzere yenilikçi dağıtım konseptleri ile zamandan tasarruf edilmesini sağlayan uygulamalar şirketlerin siparişlerini bugün kitlesele pazarda mümkün olandan daha hızlı sunmalarını sağlayacaktır (Alicke vd., 2017; Mayr vd., 2018). Müşteriler giderek artan bir şekilde ekonominin merkez üssündedir, bu da tamamen şirketlerin müşterilere hizmet etme şeklini geliştirmesine sebep olmaktadır (Caruso, 2018). Oldukça rekabetçi bir ortamda değişen müşteri taleplerini karşılamak için, üretim stratejileri ve süreçlerinin akıllı olmaları gerekmektedir. İş ortamı ve üretim süreci daha dinamik ve karmaşık hale gelmekte ve müşteri gereksinimleri giderek daha çeşitlenmektedir. Şirketlerin daha kaliteli ve daha uygun fiyatlı özelleştirilmiş ürünler sunabilmek için üretim süreçlerinde müşteri ile daha çok bağlantı sağlamasını gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın ana sağlayıcıları olarak Nesnelerin

İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemlerin (CPS) uygulanması, müşteri gereksinimlerinin üretim süreçlerine hızlı bir şekilde aktarılmasını kolaylaştıracak makine ve cihazların entegrasyonu için harika bir zemin oluşturmaktadır. İş ortamındaki ve müşteri gereksinimlerindeki hızlı değişimler göz önüne alındığında, özellikle çok kısa sürede, doğru kararlar vermek çok önemli hale geliyor. Endüstri 4.0'ın etkin olduğu ortamda, Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler gibi teknolojik yenilikler, gerçek zamanlı bilgilere kolay erişim sağlar ve farklı makine ve üretim sistemleri arasında etkili bir iş birliğine yol açar. Gelişmiş bilgi paylaşımı ve entegrasyon, üretim süreçlerini kolaylaştırabilir ve önemli ölçüde karar almayı optimize edebilir. (Fatorachian ve Kazemi, 2018)

Endüstri 4.0, bireysel müşteri ihtiyaçlarını karşılama gibi kendine özgü faydaları ile şirketlere daha yüksek rekabet gücü sağlar. Ana hedef, müşteri ihtiyaçlarını sistematik ve otomatik bir şekilde tam olarak karşılamaktır. Rekabetçi bir pazarda müşteri ihtiyaçlarını esnek, çevik ve dinamik bir şekilde karşılayarak sürdürülebilirlik ve kâr sağlamak için endüstri 4.0 uygulamaları gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın etkileri hemen hemen her endüstriyel alanda görülmeye başlanmıştır. Endüstri 4.0 ile fabrikalar, üretim süreçleri, üretimde kullanılan makineler, tedarik zinciri ve diğer birçok bileşen dönüşmeye başladı. Bu dönüşüm, müşteri beklentilerini karşılayarak sürdürülebilirliğini ve rekabet gücünü korumak isteyen üreticilerin değişimini tetiklemiştir (Havle ve Üçler, 2018). Xiaomi, Ağustos 2011'de ilk akıllı telefonunu piyasaya süren ve Samsung ve Apple'ın ardından Ekim 2014'te dünyanın üçüncü büyük akıllı telefon üreticisi olan Çinli bir akıllı telefon üreticisidir. Xiaomi'nin hızlı başarısının arkasında bu dönüşüme ayak uyduran bir sistem vardır. Xiaomi İnternet adıyla anılan sistem, müşterilerin şirket personelleri, donanım ve yazılım tedarikçileri ve diğer müşterilerle iletişim kurmasını sağlayan çevrimiçi bir ağıdır. Müşterilerin özel isteklerinin Xiaomi İnternet'e gönderilmesi önerilir. Bu taleplere hızlı bir şekilde cevap verilmekte ve daha sonra donanım ve yazılım tasarımlarının kişiselleştirilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu sayede, kullacıların markaya olan bağlılıkları artmaktadır (Yin vd., 2017).

Üreticiler, arzın artırılmasından ziyade ürün özelleştirmesine daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Trend, giderek daha fazla tüketicinin özelleştirilmiş ürünlerin peşinde koştuğunu ortaya koymaktadır. Müşteri odaklı fabrikalar için müşteriler, ürünlerinin tasarımını kişiselleştirmek için üretim sürecini eşanlı olarak etkileme fırsatına sahiptir (Preuveneers vd., 2017). Bu nedenle, birçok endüstri,

tasarım, tanıtım, teslimat ve bir müşteri hizmet sistemini ayarlamak için büyük veri ve yapay zeka desteğiyle yeni teknolojiler sunmaktadır (Monostori, 2014). Bu yeni üretim müşterilerin siparişlerini sadece sipariş tesliminden önce değil, aynı zamanda tasarım, imalat, montaj ve test sırasında da ayarlamalarına izin verilecektir. Yeni müşteri taleplerini karşılamak ve Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği ileri teknolojileri kullanmak için artan baskı ile zamanında inovasyon istenmektedir. (Li vd., 2017)

Endüstri 4.0, değer zinciri organizasyonunun teknolojileri ve kavramları için ortak bir terimdir. Radyo Frekans Tanımlama, Siber-Fiziksel Sistem, Nesnelerin İnterneti, Hizmet İnterneti ve Veri Madenciliği gibi teknolojik kavramlara dayanarak, Endüstri 4.0 yeni kişiselleştirme biçimlerini mümkün kılacaktır. Üretimin kişiselleştirilmesi, müşterinin gereksinimlerine ve ihtiyaçlarına göre uyarlanır. (Wang vd., 2017) Herhangi bir zamanda, bir müşteri üretim sürecinde ürünün mevcut durumunu kontrol edip, hangi görevlerin zaten yerine getirildiğini ve hangilerinin getirileceğini görebilir. Müşterinin üretim sürecine entegrasyonuna bağlı olarak, değişiklik talepleri daha iyi bir şekilde ele alınabilir. Buna ek olarak, müşteri değişikliklerin etkileri hakkında hemen geri bildirim alır ve sorun olması durumunda bir sonraki üretim adımını düzenleyebilir (Foidl ve Felderer, 2015). İzleme ve geri bildirim mekanizmaları, Endüstri 4.0 ile beraber uygulanan kavramlar ve yöntemlerle otomatik bir şekilde oluşturulacak ve toplanacaktır. Şirket, bir düzeltme yapılıp yapılmayacağını ve müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı yanıt vermek için hangi ayarlamaların gerekli olacağını hemen bilecektir (Silva vd., 2018).

Dijitalleşen ve yenilikçi çözümler sunan şirketler (Boeing, General Electric, Adidas) diğer şirketler için referans haline geliyor. Örneğin; “BMW Individual Manufactory”, müşterilerinin kendi araba zevk ve tercihlerini gerçekleştirmelerini sağlayan bir fabrikadır ve müşterilerine herhangi bir kısıtlama olmaksızın kendi araçlarını kendilerinin yapılandırması fırsatını sunmaktadır. İşletmelerin Endüstri 4.0 ortamında pazardaki faaliyet alanlarını şekillendirme istekleri, son derece kişiselleştirilmiş ürünlerin yaratılmasında kendini gösterir. Müşterilerin ürün tasarımına ve üretimine aktif katılımı, başarısız ürün üretme riskini azaltır ve pazarın tüketicilerin mevcut ihtiyaçlarına adaptasyonunu geliştirmeye katkıda bulunur. Satın alınan, kişiselleştirilmiş ürünlerden daha yüksek bir memnuniyet düzeyi, yaşam kalitesinin artmasına katkıda bulunabilir. Kişiselleştirilmiş ürünlere sahip olmaktan duyulan memnuniyetin artması, sürdürülebilir kalkınmayı olumlu yönde

etkileyecektir. Müşterinin ürün tasarımına aktif katılımı (tam kişiselleştirme), sık sık ürün değişikliği ihtiyacını ortadan kaldırır ve bu nedenle aşırı tüketimi, kaynak israfını azaltır. Buna ek olarak, memnun müşteri daha sadık olacaktır, bu da üreticinin gelirlerinin istikrarına dönüşebilir. (Saniuk vd., 2020)

Müşteriler her iş modelinde önemli bir faktördür. Bu nedenle Endüstri 4.0 müşteriler için avantajlar yaratarak değer zinciri boyunca iletişimi güçlendirmekte ve müşteri deneyimlerini artırmaktadır. Ayrıca akıllı ürünler kullanıcılarına durumları ve kullanım parametreleri hakkında bilgiler sunmaktadır (Pereira ve Romero, 2017: 1212-1213).

Son yıllardaki tüketici tarafındaki en önemli gelişme bireyselleştirilmiş ürünlere olan talebin artmasıdır. Günümüzde müşteri isteklerine ve bireysel gereksinimlere daha fazla önem verilmektedir. Bu da kişiselleştirilmiş ürünlerin üretiminin önemli ölçüde artmasına sebep olmaktadır. Değişen müşteri talepleri bu teknolojileri ve üretim süreçlerini meydana gelen gelişmelere uyarlanmasını gerekli kılmaktadır. Müşteriler uzun vadede üretim süreçlerine neredeyse tam entegre olacaktır. Müşterinin aynı anda üretici (“prosumer”) olacağı tamamen yeni bir iş modeli ortaya çıkacaktır. Müşteri ürün yenilikleri için önerilerde bulunabilir (açık inovasyon) ve aktif olarak üretim ve gelişim süreçlerinde yer alabilecek bir seviyeye gelecektir (Bartodziej, 2017 27-28). Veri toplama ve analiz yöntemleri ile şirketler ürün kullanımı hakkında veri üretebilecek ve daha sonra müşterilerin artan ihtiyaçlarını karşılamak için ürünleri yeniden tasarlayabileceklerdir (Geissbauer ve diğerleri, 2016: 6). Bu bağlamda Endüstri 4.0 paradigması, şirketler ve müşteriler arasında mükemmel bir uyum sağlamak ve müşteri deneyimlerini yakından takip etmektir. Bu doğrultuda amaca yönelik hareket eden şirketler müşteri hizmetleri, esneklik, verimlilik ve maliyet azaltmada olağanüstü avantajlar elde edeceklerdir (Pereira ve diğerleri, 2017: 11256).

2.1.5. Akıllı Ürünler

Akıllı üretim akıllı BİT (Bulut ve İletişim teknolojileri) tabanlı makineler, sistemler ve ağların endüstriyel üretim süreçlerini yönetmek için bağımsız olarak bilgi alışverişinde bulunduğu ve bu bilgiler ışığında hareket ederek üretime müdahale edebildiği bir dünyada normal hale geliyor (MacDougall,2014: 4).

Son zamanlara kadar üreticilerin yükleme istasyonundan çıktıktan sonra ürünlerinin performansını izlemenin birkaç yolu vardı. Bazı şirketler tüketicileri ile ürün performansı hakkında anket yaparlar ve bu sayede ürün kalitesi ve performansı açısından tüketiciyi memnun edip etmediği konusunda bir sonuca varabilirler. Diğer şirketler ise iade ve değiştirme ile ilgili bilgilere güveniyorlardı. Ancak, genel olarak, bir ürün üreticinin elinden çıktıktan sonra, bilinmeyen bir dünyaya giriyor. Ürünlerin performansı hakkında gerçek zamanlı bilgi elde edilemediğinden üreticilerin kendi ürünlerinin kalitesini ve işlevselliğini geliştirme imkanlarını kısıtlıyor. Ancak günümüz dünyasında akıllı üretim, artık ürünlerin kendilerinin nasıl tüketildiği ve hizmet verildiği hakkında bilgi aktarmalarını sağlıyor. Bu bilgi aktarımı ürünün gelecekteki sürümlerini geliştirmek için tasarım sürecine dahil ediliyor. Özünde ürünler giderek daha fazla gömülü sistemlere sahip olan akıllı ve birbirine bağlı cihazlara dönüşüyor (Porter ve Heppelmann, 2015).

Diğer etkilerden bahsetmek gerekirse akıllı, bağlantılı ürünlerdeki yazılımlar üreticilere ürünleri üzerinde “sürekli tasarım” veya sürekli güncelleme yapabilmelerini sağlar. Örneğin Tesla ürettiği arabaların işlevselliğini uzaktan artırabilecek otomatik pilot yazılımı kurdu. Başka bir örnekte 2013 yılında iki Tesla Model S otomobilindeki piller patlak verdi ve sürücüler karayolu üzerindeki metal nesnelere çarpınca yanmaya başladı. Delinmelere sebep olan yol koşulları ve hızlar testte simüle edilmemişti, ancak Tesla bunları yeniden yapılandırabiliyordu. Şirket daha sonra aynı durumda olan tüm araçlara bir yazılım güncellemesi göndererek daha fazla patlama riskini önemli ölçüde azalttı (Porter ve Heppelmann, 2015). Bilgi teknolojisi, kitlesel kişiselleştirme, düşük maliyetli değişkenlik, sürekli tasarım ve ürünün kendisi için bir ticaret platformu haline gelme potansiyelini sağlayarak ürünlerin doğasını değiştiriyor.

Akıllı ürünler, değer zincirini aktif bir parçası olarak entegre edilmekte ve kendi üretim aşamalarını veri depolama yoluyla takip etmektedir. Aynı zamanda

gerekli kaynakları talep edebilmekte ve kendi üretim sürecini özerk bir biçimde kontrol edebilmektedir (Pereira ve Romero, 2017: 1209). Akıllı ürünler veri toplama, çevreyle iletişime girme, kendilerini tanımlayabilme, üretim süreci hakkında bilgi verme gibi bir çok temel özelliğe sahiptirler. Ayrıca bu ürünler yaşam süreci boyunca fiziksel çevrelerini algılayabilecek ve etkileşimde bulunabilecek yüksek derecede özerkliğe sahiptirler. Bu ürünler, hesaplama, veri depolama, iletişim ve çevreyle etkileşim, kendilerini tanımlayabilme, üretim süreci hakkında veri saklama ve üretim ve bakım ile ilgili daha fazla adım hakkında bilgi sağlama gibi birçok temel özellik ile karakterize edilir. Dahası, akıllı ürünler, yaşam süreleri boyunca fiziksel çevreleriyle özerk olarak etkileşimde bulunabildikleri ve özerk algıya sahip olabildikleri için yüksek derecede özerkliğe sahiptir (Schmidt ve diğerleri, 2015: 3). Akıllı ürünler ve hizmetler yoluyla toplanan veriler, üreticilerin müşterilerini daha iyi anlamalarını sağlayabilir.

2.1.6. Yeni İş Modelleri

Son yıllarda piyasalarda bazı değişiklikler oldu. Bu değişiklikler günümüzde daha hızlı gerçekleşmekte ve yenilikçi iş modelleri ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0 bağlamında yeni yıkıcı teknolojilerin ortaya çıkması mal ve hizmetlerin üretim şeklini değiştirdiği gibi üretim ve satış biçimini de değiştirmektedir. Bu değişimler geleneksel işletmeleri etkilemekte ve yeni iş fırsatları ve yeni iş modelleri yaratmaktadır. (Pereira ve Romero, 2017: 1212-1213). Endüstri 4.0 sadece teknoloji ve üretim hattının dönüşümü değil aynı zamanda tüm iş süreçlerinin de dijital dönüşümünü de içeriyor.

Teknolojideki son gelişmeler, dijital teknolojileri daha önce hiç olmadığı kadar ekonomik, kullanıcı dostu ve sağlam hale getirmiştir. Bu durum, her büyüklükte işletme için teknolojiye yatırım yapmayı daha kolay ve daha ucuz hale getirmiştir. Endüstri 4.0, bilgi teknolojilerinin sağladığı tüm endüstriyel alanların entegrasyonuna odaklanmaktadır.

Endüstri 4.0 yeni iş modellerinin yükselmesini kolaylaştırmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı çerçevesinde, iş modellerinin dönüşümü rekabet avantajını korumak açısından son derece önemlidir. Yeni iş modelleri şirketler için değer yaratmakta ve daha da önemlisi bütün paydaşlar açısından önemlidir. Yeni teknolojik çözümler çalışanların rollerini operatörlerden problem çözücülere dönüştürür ve tüm değer

zincirinin iş birliğini kolaylaştırır. Bu da artan müşteri entegrasyonunu sağlar (Arnold ve diğerleri, 2016). Uzmanlar, yüksek otomasyon derecesine rağmen, insanların Endüstri 4.0'da hala önemli bir rol oynayacağı konusunda hemfikirler (Gabriel ve Pessl, 2016: 133).

Dördüncü Sanayi Devrimi sadece tedarik zinciri ekosistemini değiştirmekle kalmıyor, aynı zamanda iş dünyasını da derinden etkilemekte, gerekli olan işgücünü ve becerileri yeniden şekillendirmektedir. Teknolojileri izlemek ve yeni üretim süreçlerini yönetmek için yeni beceriler edinilmesi gerektiğinden, varolan yetenekler artık yeterli değildir. Var olan teknolojileri kullanmak ve üretim süreçlerini yönetmek için yeni becerilerin edinilmesi gerektiğinden var olan geliştirme yetenekleri artık yeterli olmayacaktır. Bu nedenle insan kaynağıyla ilgili politikalar, değişimi hızlandıracak ve geçiş süreçlerini destekleyecek yenilikte olmalıdır. Beşeri sermayenin önemi artmakta ve yetenek rekabet faktörü olarak görülmektedir. Dijital dönüşümde insan kaynağı ile ilgili politika düzenlemek Dördüncü Endüstri Devriminin işgücü üzerindeki yaratacağı etkinin daha derinden anlaşılmasını gerekli kılmaktadır. Bu süreçte özellikle yeni iş profilleri ortaya çıkacak, Siber risk, Siber güvenlik ve esneklik alanlarında önemli işgücüne ihtiyaç olacaktır. (World Economic Forum, 2017: 17).

Boston Consulting Group Almanyada 2025 yılına kadar yaklaşık 350.000 işin net bir şekilde artacağını öngörmektedir. Robotların ve bilgisayarların daha fazla kullanılması, montaj ve üretim hattındaki iş sayısını yaklaşık 610.000 azaltacaktır. Ancak bu düşüş, özellikle Bilgi Teknolojileri ve veri bilimi alanında yaklaşık 960.000 yeni iş yaratılmasıyla dengeleneceği tahmin edilmektedir (Lorenz ve diğerleri, 2015: 2). Pew Research Center tarafından yapılan bir ankete göre, ABD vatandaşlarının yüzde 65'i, 50 yıl içinde bir robotun veya akıllı bir algoritmanın işlerini yapmasını bekliyor (Ramizov, 2019). Her mesleğin yerini genel olarak makinelerin alması söz konusu değildir ancak bazı birseysel mesleklerin makineler tarafından gerçekleştirileceğinden emin olabiliriz. Örneğin bir robotun yerini alma riski bir barmen için yüzde 87 dir. Günümüzde bir robotun içecekleri karıştırabilmesi, müşterinin siparişlerini doğrudan mutfağa gönderebilmesi, şikayetleri alması ve müşterinin parasını kabul etmesi teknik olarak mümkündür (Ramizov,2019). Oluşacak yeni iş türleri arasında veri bilimi ve crowdworkerlık da örnek olarak gösterilebilir (Wisskirchen ve diğerleri, 2017: 26).

Süper otomasyon ve bağlantıların ortaya çıkışı mevcut işlerin üretkenliğini artırarak yeni istihdam fırsatları yaratmıştır. Kalifiye olmayan işçiler ve orta sınıf çalışanlar, otomasyon teknolojisi ve robotlar tarafından kolayca ikame edilebileceklerdir (Thuc, 2017: 15).

2.1.7. Hükümet

Bilgi ve İletişim Teknolojileri devrimi sadece insanların günlük yaşamını değil, hükümetler ve vatandaşlar arasındaki etkileşimin özelliklerini de değiştirdi. Bu tür değişiklikler, hızla, yeni hükümet biçimlerine, yani e-Devlete dönüştürülüyor. 2000 yılına kadar, bazı gelişmekte olan ülkeler de dahil olmak üzere dünyanın dört bir yanındaki ülkeler dünyanın en gelişmiş ekonomilerinin adımlarını takip ederek ulusal e-Devlet projelerini uygulamaya koydu. e-Devlet, İnternet çağının başlangıcında ortaya çıkan diğer birçok yenilik kavramına benzer şekilde küresel bir fenomen haline gelmiştir. Bir terim olarak e-Devlet, vatandaşlara daha iyi hizmet vermenin bir aracı olarak geniş çapta tanımlanmıştır (Mofleh ve Wanous, 2008; Zoroja, 2016; Zoroja ve Bach, 2016).

E-yönetişim hizmetlerinin sağlanması günümüzde modern hükümetin işlevlerinden biri olarak görülmektedir. Kamu sektörünün dijital dönüşümü, hükümetin iç işleyişini optimize etmek, böylece verimliliği artırmak ve vatandaşlar için demokratik süreçleri desteklemek gibi pek çok olasılık taşımaktadır. E-yönetişimin benimsenmesi, hem farklı ülkeler açısından hem de aynı ülke içinde oldukça eşitsizdir (Gerunov, 2019). Dünyadaki birçok hükümet birimi dijital devrimi benimsedi ve vatandaşların kullanımı için çevrimiçi devlet hizmetlerini internete yerleştirdi. Coğrafi konuma bağlı olarak e-devlet performansında büyük farklılıklar vardı. Genel olarak, Kuzey Amerika'daki ülkeler en yüksek puanı alırken, onu Asya, Batı Avrupa, Doğu Avrupa, Orta Doğu, Güney Amerika, Orta Amerika, Pasifik Okyanusu Adaları, Rusya ve Orta Asya ve Afrika ülkeleri izlemektedir. Ancak, her bölge bir önceki yıla göre kazançlar gösterdi. Brown Üniversitesi Kamu Politikası Merkezi tarafından yakın zamanda yayınlanan bir rapora göre, Tayvan'ın e-devleti 198 ülke arasında ilk sırada yer aldı ve onu Güney Kore, Kanada, ABD, Şili ve Avustralya izledi. (Gupta ve Jana, 2003; Zoroja, 2011; Sagarik vd., 2018)

Dijital gelişme, bir toplumdaki tüm hane halklarının ve bireylerin Bilgi ve İletişim Teknolojilerine erişebildikleri ve bunları çok çeşitli temel kamu ve özel

hizmetler için ve iletişim kurmak için kullanabildikleri bir süreç olarak anlaşılmaktadır (Lucendo-Monedero vd., 2019). Zaman içinde hükümetlerin e-hizmetlerine duyulan ihtiyacın daha fazla ihtiyaç olacağını varsaymak mantıklı olabilir. Bir e-devlet olmak, uzun bir süredir hükümetlerin hedefi olmuştur ve devlet kurumları, hizmetlerinin daha fazlasını çevrimiçi olarak sunmaya teşvik edilmektedir. Aynı zamanda, hem kamu kurumları hem de özel şirketler, nüfusu esas olarak kendi iş maliyetlerini azaltmak için e-hizmetleri kullanmaya teşvik etti. Dijital teknolojilerin dünyaya yayılmasının hala arttığı ve hükümet e-hizmetlerine olan talebin de artacağı makul bir şekilde kabul edilebilir. (Solvak vd., 2019)

E-Devlet sistemini geliştirmek için dört temel hedef belirlenmiştir. İlk amaç kamu kurumları hakkında çevrimiçi bilgi sağlamaktır. İkinci amaç, çevrimiçi hizmetler sunmaktır. Gerçekten de e-devlet ile, son yıllarda vergi beyannamesi, işletme ruhsatları ve krediler için başvuru, evlilik cüzdanı, pasaport ve vatandaş kimlik kartları için başvuru gibi e-hizmetler vatandaşlara çevrimiçi olarak sunulmaktadır. Üçüncü amaç, hükümetin şeffaflığını ve açıklığını sağlamaktır. Dördüncü amaç ise, vatandaşlara ulaşmak ve toplulukların geri bildirimlerini ve yorumlarını almaktır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde e-devletin uygulanması birçok sorun ve zorluk doğurmaktadır (Szopiński ve Staniewski, 2017). E-devlet hizmetlerini kullananların sayısında artış olmasına rağmen, e-devlet internet sitelerinin var olduğunu bilmeyen veya e-devlete erişim gibi birçok farklı faktör nedeniyle e-devlet kullanmayan birçok insan var. Ancak en önemlisi, vatandaşların e-devlet hizmetlerini nasıl kullanacakları konusunda eğitmek için hükümetlerin tanıtım eksikliğidir. Hükümetler e-Devlet hizmetlerini inşa ettiğinde, nüfuslarının dijital okuryazarlık seviyelerini anlamalı ve dikkate almalıdırlar. (Prause, 2016)

Hem özel sektörde hem de kamu sektöründe dijitalleşme hizmetlerde yenilik biçiminde şekillenmektedir. Özel sektör, iş süreçlerini dijitalleştirmede öncü bir rol alırken, kamu sektörü de kısa süre içinde aynı yönde uyumlu bir çaba göstermeye başladı. Bununla birlikte, özel sektör ve kamu sektörü dijitalleşmesi arasında açık bir ayrım vardır. Yani, ekonomik kaygılar özel sektörde e-hizmetlerin benimsenmesine neden olsa da, kamu sektöründeki dijital inovasyon hem ekonomik hem de sosyal faydalardan kaynaklanmaktadır. Hükümetlerin e-devlet sistemlerini uygularken hizmet sunumlarını artırmak ve işletme maliyetlerini en aza indirmek üzere esas olarak iki hedefi vardır (Aruoja, 2015). Kamu sektörü faaliyetlerini otomatikleştirmenin faydaları, artan verimlilik ve etkinlik, düşük maliyetler ve daha

iyi hizmet kalitesi ile sağlanabilir. Bu nedenle, hükümetler beklenen faydalardan yararlanmak için e-Devlet projelerine büyük yatırımlar yapmaktadırlar (Al-Shboul vd., 2014).

E-devleti uygulayan politika yapımcılar, hukukun ve kamu politikasının etkisini düşünmelidir. Gelişmekte olan ülkeler için temel endişe yasal sorunları kategorize etmek olacaktır. Siyasi kültür, teknik bilgi birikimi, idari gelenekler ve ülkeye özgü özellikler gibi diğer faktörler e-yönetişim girişimlerinin başarı veya başarısızlık oranının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Kullanım kolaylığı, e-katılımı geliştirmek ve arttırmak için daha fazla çalışma gerektirir. (Singh ve Sahu, 2018) Hükümetlerin, Bilgi Teknolojileri altyapısına yatırım yapması, halk eğitimine yatırım yapması ve e-devlet projelerine devam etmesi vatandaşlarının refahını artırıcı bir etki yaratacaktır (Matei ve Savulescu,, 2012).

Teknolojideki ilerlemeler, yeni koruma yöntemlerinin geliştirilmesi yoluyla, şiddetin ölçeğini veya etkisini azaltma potansiyeline sahip olacaktır (Rao ve diğerleri, 2017:3). Dünyada neredeyse bütün hükümetler, Dördüncü Endüstri Devrimi'nin getireceği büyük zorluklarla karşı karşıya. Teknolojinin yaygın olarak kullanımı, vatandaşların bilgiye daha hızlı ve daha iyi erişebilmelerini sağlayacak. Bu durumda hükümetler nasıl çalıştıkları konusunda artan şeffaflığa ihtiyaç duyacaklardır. Ayrıca kripto-para birimi (örneğin, Bitcoin) ve Blockchain olarak bilinen kripto-para birimi işlem programları gibi konular hükümetlerin finansmanı üzerinde son derece önemli bir etkiye sahip olabilir.

Fiziksel ve Dijital dünyaları birleştirmeyi amaçlayan Dördüncü Endüstri Devrimi vatandaşların hükümetten hizmet sunmalarını talep ettiği bir zamanda geldi. Yeni teknolojilerin ortaya çıkması, vatandaşların fikirlerini sosyal ağlar (facebook, whatsapp, twitter) ve elektronik katılımın sağlanmasında temel olan diğer çevrimiçi platformlar aracılığıyla ifade etmelerini sağlayarak, hükümetlerin sosyal hesap verme zorunluluğunu arttırmaktadır. Schwab (2015), modern teknolojilerin uygulamaya konulmasının, hükümetlerin teknolojik güçlerini artırırken, dijital altyapıyı kontrol eden yaygın gözetim sistemleri aracılığıyla halk üzerinde kontrolü sağladığını öne sürmektedir. Bununla birlikte, dijital çağ birçok hükümete umut ışığı vaadederken bir yandan da bazı masum hükümetlere yönetim ve kontrol anlamında öngörülemeyen problemler getiriyor. Bu konuda bazı araştırmacılar kamu idaresinin Dördüncü Endüstri Devrimi'nin yol açacağı aksaklıklardan kurtulması için kamu görevlilerinin yeni teknolojilere uyum sağlama kapasitesine sahip olmaları gerektiğini

savunuyorlar. Çünkü idari yapılar küresel rekabete dayanan verimlilik ve şeffaflık mekanizmalarına tabi olacak (Schwab 2016; Jessop 2016). Ayrıca siber savaş, günümüz dünya barışı ve güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturan modern devletler arasında giderek yaygınlaşıyor. Bu nedenle dünyanın dört bir yanındaki hükümetlerin, devrimin ortaya çıkardığı bu sorunlarla baş edebilmeleri için çözüm yollarını aramalarını gerektirmektedir.

2.1.8. Ülke, Bölge ve Şehirler

Dördüncü Endüstri Devrimi'nin teknolojik, sosyal ve ekonomik etkileri hızla çevremizdeki dünyayı değiştiriyor. Dünya kentleşiyor ve Dördüncü Endüstri Devrimi hayatımızı daha önce görülmemiş bir hızda dönüştürüyor. Bununla yanısıra dünya nüfusunda mükemmel bir hızla artıyor. 2015 yılında 7,3 milyar olan dünya nüfusu 2050 yılına gelindiğinde 9,7 milyar olacak. Ayrıca kentleşmede bir hızlı artış görülmektedir. 2006 yılında dünya nüfusu, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki nüfus dağılımı açısından bile kopmaya başladı. Tam olarak, dünya nüfusunun %50 'den fazlası şehirlerde yaşıyor. Dünya nüfusunun %80 ninden fazlasının 25-30 yıl içerisinde 600 tane mega şehirde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Kentleşme üretkenlik artışı ve yaşam standardında iyileştirmeler açısından bakıldığında önemlidir. Fakat bu yapısal değişim aynı zamanda kentsel planlama, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşım ve atık yönetimi için döngüsel ekonominin ilkelerine dayalı büyük yatırımlar gerektirmektedir (Đurićin ve Herceg, 2018: 42-43).

Dijital teknolojilerin sınır tanımadığı günümüzde, teknoloji ve coğrafyanın birbirleri üzerine etkileri dikkate alındığı zaman, ortaya birçok soru çıkmaktadır: Ülkeler, bölgeler ve şehirler, dördüncü sanayi devriminde nasıl bir rol oynayacaktır? Önceki sanayi devrimlerinde olduğu gibi bu dönüşüme de batı ülkeleri mi öncülük edecek? Hangi ülkeler bu süreci hızlıca özümseyip öne çıkmayı başarabilecek? Bu sürecin ortaya çıkarabileceği yeni üretim ve tüketim kalıpları, yeni iş modelleri ve istihdam koşulları toplumları nasıl etkileyecek? (Schwab, 2017). Böylesine olumlu veya olumsuz kökten değişimlere neden olabilecek bu sürecin sis perdesini aralayabilmek için birçok çalışma yapılmaktadır.

Endüstri 4.0'ın simgesi olan yeni dijital çağın belli başlı bölümlerinde (5G iletişim, nesnelere interneti, ticari dronların kullanımı, ileri imalat, dijital sağlık

hizmetleri vb.) gelecekte tercih edilebilecek uluslararası kuralları ve yasaları oluşturmayı başaran ülke ve bölgeler kayda değer ekonomik kazanımlar elde edebilecektir. Aksine bu çağın gerekliliklerine kendini kapayıp, yerel üreticilerinin avantajları için kurallar ve yasalar koyan, yabancı rekabeti sınırlayan, dışarıdaki teknolojik gelişmelerin ithalat lisansını engelleyen ülkeler yeni dijital çağın geriden izleyenleri haline gelme riskini taşıyacaktır (Schwab, 2017).

Endüstri 4.0 çağında yukarıda bahsedilen gereklilikler sağlandıktan sonra, ülkeler arasındaki rekabetin itici gücü inovasyon ekosistemleri olacağı açıktır. Gelecek perspektifinde yüksek ve alçak maliyetli ülkeler ya da gelişmekte olan ve gelişmiş piyasalar arasındaki ayırım giderek daha az önem taşıyacaktır. Bu aşamada ülkelerin inovasyon yapıp yapmadığı kilit unsur olacaktır. Bu bağlamda da bu inovatif süreç, bazı ülkeler açısından çeşitli avantajlar sağlarken, bazı ülkeler açısından ise dezavantajlara neden olup, küresel rekabet dengelerini değiştirecektir (Schwab, 2017).

Endüstri 4.0 bağlamında inovasyon yapan şirketlerin zaman ve maliyet açısından avantaj sağlaması ile üretimin merkez üstleri değişebilir. Şöyle ki; Endüstri 4.0'ın sağlayacağı teknolojik altyapı, önceden ucuz işgücünden faydalanmak için ülke dışında üretilen malların artık merkez ülkelerde üretilmesini mümkün kılacaktır (Brettel vd., 2014; Krugman, 2012).

Vasıfsız işgücü bolluğundan yararlanarak işgücü maliyetlerinde avantaja sahip olan Çin, Hindistan ve Bangladeş gibi ülkeler, batı ülkelerindeki şirketlerin üretimlerini kendi sınırları içerisinde gerçekleştirmektedirler. Fakat üretim üssü olma avantajını Asya ülkelerine kaptırmış olan ABD ve AB, Endüstri 4.0 ile birlikte bu durumu tersine çevirme ihtimaline sahiptir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretimdeki verimliliği arttıracak kapasiteye sahip olması, ücretlerin en düşük olduğu ülkelerle bile rekabet edilebileceği anlamına gelmektedir. Gelecekte robotların tam anlamıyla üretimde kullanılması ile merkez ülkeler, ucuz işgücü avantajını elinde bulunduran Asya ülkelerinin rekabetçiliğini sekteye uğratabilir (Alçın, 2016; Ford, 2018).

İşgücü maliyetinin düşük olduğu ülkelerde de Endüstri 4.0 teknolojilerinden yararlanarak üretimde insanların yerine robotların ikame edilmesi belli bir oranda maliyet avantajı sağlamaktadır. Boston Consulting Group (BCG) (2015) tarafından

yapılan araştırmaya göre; robotların kullanımı emek gücünün istihdamının saat başına %15 daha ucuz hale geldiğinde otomasyon artmaktadır. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerin de bazılarında 2025 yılına kadar robotlaşmanın devam etmesi beklenmektedir. Örneğin; Çinli şirketler, insan emeğinin tamamını ikame edecek robotlaşmış fabrikalar kurmaya başlamıştır (Wisskirchen vd., 2017). Çin şirketleri 2005-2012 yılları arasında üretimde kullanılan robot işgücünü yılda yaklaşık %25 artırmıştır (Ford, 2018).

Dördüncü sanayi devriminin etkilerine biraz daha özel perspektiften bakmak istediğimizde bölgeler ve şehirler ön plana çıkmaktadır. Şehirler, ekonomik büyüme, refah ve sosyal ilerlemenin motoru olarak tarih boyunca bölgeler ve ülkelerin gelişiminde önemli yere sahiptir. Ülkelerin ve bölgelerin rekabetçiliğini belirleyen şehirler, inovasyon ve eğitimden altyapı ve kamu yönetimine kadar bir birçok faktörü etkilemektedir. Dolayısıyla şehirler devamlı inovasyon ekosisteminden beslenmek durumdadır (Schwab, 2017).

Dördüncü sanayi devrimi ile “akıllı şehirler” kavramı önem kazanmıştır. Uluslararası Standartlar Organizasyonu-ISO (2015), “akıllı şehirler” kavramını akıllı hizmetlerin planlanmasını, inşasını ve yönetimini kolaylaştırmak için yeni nesil Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) uygulayan yeni bir konsept ve yeni bir model olarak tanımlamaktadır. Komninos (2002, 2015), akıllı şehrin dört olası boyutu olduğunu belirtmiştir. Birinci boyut, siber, dijital, kablolu bilgilendirici veya bilgiye dayalı bir şehir yaratmak için çok çeşitli elektronik ve dijital teknolojilerin uygulanması ile ilgilidir; ikincisi, yaşamı ve işi dönüştürmek için bilgi teknolojilerinin kullanılması; üçüncüsü, BİT’i şehir altyapısına yerleştirmek; dördüncüsü ise, yeniliği, öğrenmeyi ve bilgiyi iletirmek için BİT ve insanları bir araya getirmektir. 2013 yılı başında yaklaşık 143 tane devam eden ve tamamlanan akıllı şehir projesi yapılmıştır. Bu projelerin 35’i Kuzey Amerika, 47’si Avrupa, 50’si Asya, 10’u Güney Amerika ve 10 tanesi ise Orta Doğu ve Afrika’dadır (Lee vd., 2014). 2017 yılı itibarıyla, dünyada 250’den fazla akıllı şehir projesi mevcuttur (<https://ec.europa.eu/>).

Ülkeler ve bölgeler, oluşturdukları akıllı şehir platformları sayesinde, dijital dönüşümün sıçrama tahtaları haline gelebilme potansiyeline sahiptir. Bu platformlar sayesinde, girişimciler ve yatırımcılar cezbedilip inovatif startup’lara yatırım yapmaları için cesaretlendirilirken, yerleşik şirketler ise dördüncü sanayi devriminin fırsatlarına yönlendirilebilir. Yine bu platform bünyesinde genç dinamik firmalar,

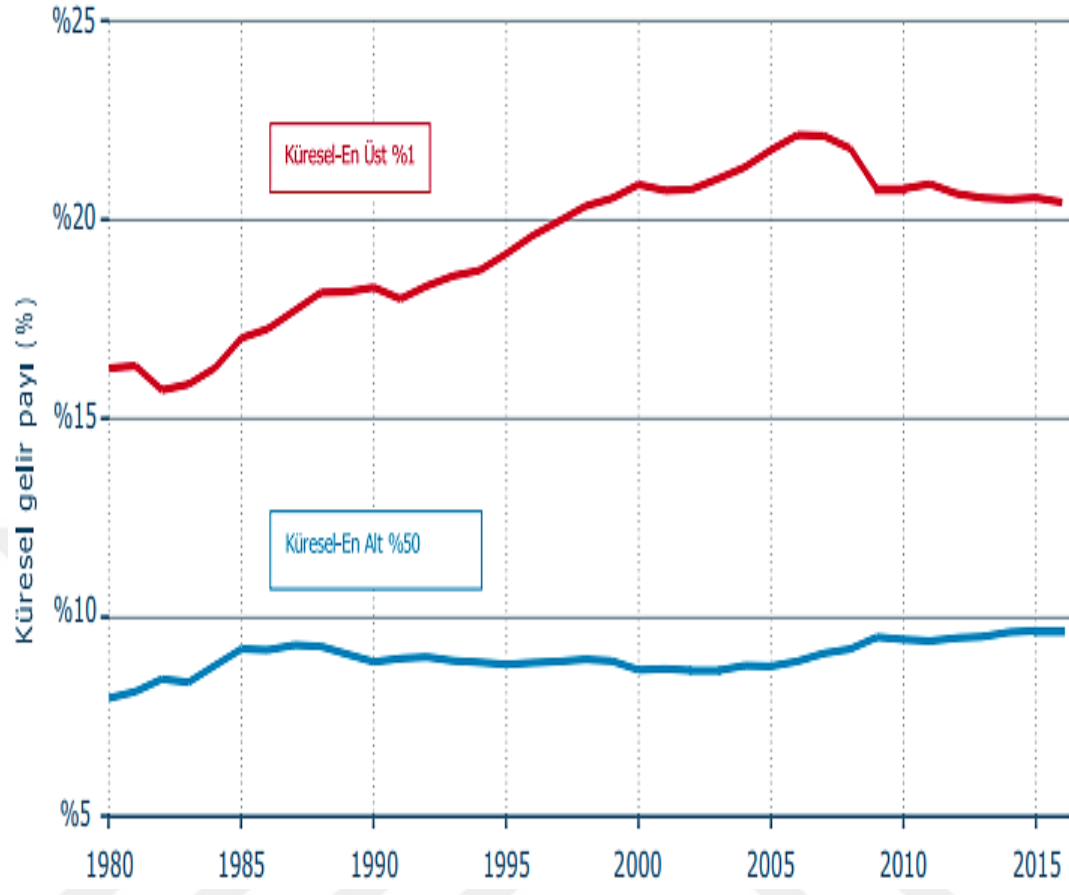
yerli girişimciler, yurttaşlar ve üniversiteler bir araya getirilerek, yeni fikirleri yerel ve küresel ekonomi için gerçek bir değere dönüştürülebilir (Schwab, 2017).

2.1.9. Eşitsizlik

Dördüncü sanayi devriminin başlattığı yeni teknolojik dönüşüm süreci, ekonomiye etkileri nedeniyle toplumun sosyal ve ekonomik yapısında ciddi değişikliklere sebep olma potansiyeline sahiptir. Bu değişimin en önemli itici kuvvetlerinden birisi de artan eşitsizlik potansiyelinin orta sınıf üzerine nasıl bir baskı oluşturduğudur. Ekonomi ve iş dünyasının kendi dinamikleri ile bugüne kadar gelen eşitsizlik tartışması, dördüncü sanayi devrimi etkisiyle daha da şiddetlenip bir dizi yapısal değişimi açığa kavuşturmuştur (Schwab, 2017).

Dördüncü sanayi devrimi süreci orta sınıfı, istihdam ve iş süreçleri açısından ciddi derecede etkileyip mevcut olan eşitsizliği daha da artırabileceği düşünülmektedir. Bu süreçte planlama, kontrol ve bilgi teknolojileri gibi yüksek vasıf gerektiren işlerde artış olacağı beklenmektedir (Bonekamp ve Sure, 2017). Fakat hızlı teknolojik gelişmeyle vasıfsız işlerin olumsuz etkilenmesi kadar, yazılım otomasyonu, algoritmalar ve makine öğrenmesi sayesinde, makinelerin yüksek vasıf gerektiren işleri de olumsuz etkilemesi beklenmektedir (Autor, 2015; Brynjolfsson ve McAfee, 2014; Ford, 2018; Lee, 2020; Sachs ve Kotlikoff, 2012). Dahası bu sürecin mevcut işlerdeki görece ücretlerde de değişikliğe neden olabileceği öngörülmektedir (Caselli ve Manning, 2019). Ayrıca dijitalleşmenin verdiği imkân sayesinde yatırım yapmak daha az sermaye yoğun hale gelmektedir. Dolayısıyla bu sanayi devriminin kazançlı çıkanları beşeri veya fiziksel sermayenin sağlayıcıları: yenilikçiler, yatırımcılar ve hissedarlardır olabilecektir. Bu durum, emeklerine bağımlı olanlarla sermayeye sahip olanlar arasındaki servet açığının artabileceğinin bir göstergesidir (Li, Hou ve Wu, 2017).

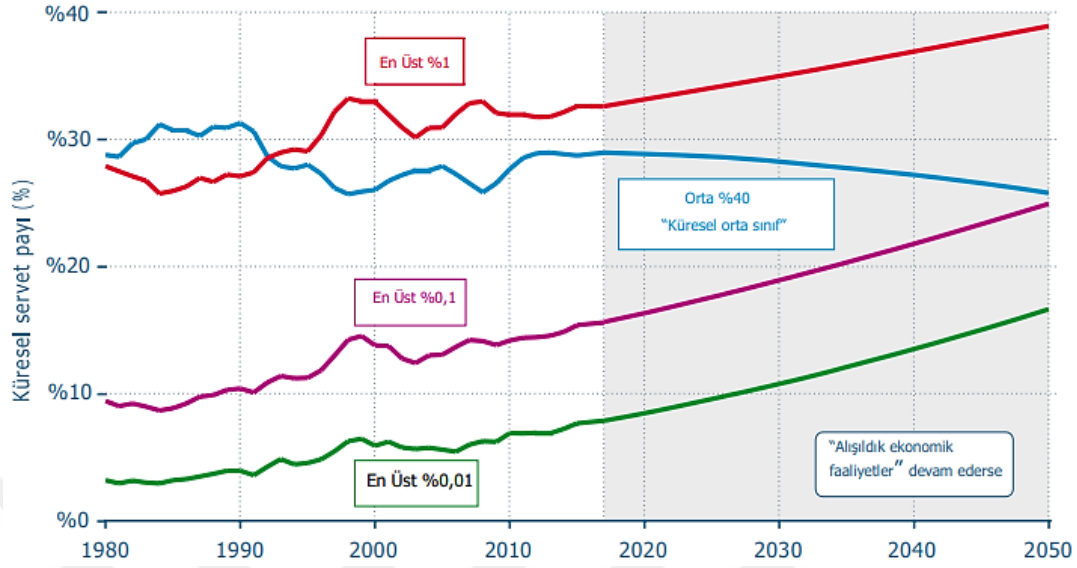
Dünyadaki eşitsizliğin yakın geçmişine baktığımızda sürekli arttığı görülmektedir. 1980 yılında küresel gelirin %16'sı en üst %1'lik kesimin elinde iken, en alt %50 kesim ise bu gelirin %8'ini almıştır. 2016 yılına gelindiğinde ise en üst %1'lik kesim küresel gelirin %22'sini alırken, en alt %50 kesim, sadece %10'unu almıştır.

Grafik 1: Dünyanın En Üst %1'lik Kesiminin ve En Alt %50'nin Küresel Gelir Payı

Kaynak: <https://wir2018.wid.world/>, (Erişim Tarihi: 20.04.2020)

Dünya Eşitsizlik Raporu 2018'de eşitsizliğin gelecekteki boyutu konusunda öngöründe bulunulmuştur. Rapora göre, Çin, Avrupa ve ABD'nin temsil ettiği dünyada en üst %1'in küresel serveti 2016 yılında %33'tür. Eğer alışıldık ekonomik faaliyetler devam ederse bu en üst %1'lik küresel servet grubunun payı 2050'de %39'a ulaşabilir. Ayrıca 2050 öngörüsünde en üst %0,1'lik kesimin serveti (%26) ise, tek başına neredeyse orta sınıfın servetine (%27) eşit olmaktadır.

Grafik 2: Küresel Servetin Paylaşımında En Zenginler ile Küresel Orta Sınıfın Karşılaştırılması



Kaynak: <https://wir2018.wid.world/>, (Erişim Tarihi: 20.04.2020)

Eşitsizliğin normal bir öngörüsünde bile 2050 yılına kadar ciddi oranda artacağı göz önünde bulundurulduğunda, ilk defa 2011 yılında Almanya'da Hannover Fuarında dile getirilmesi ile başlayan dördüncü sanayi devrimi sürecinin eşitsizliği ne kadar bozacağı önemli bir sorudur. Ford'a (2018) göre; her anlamda birçok şeyin değiştiği bu sürece hazırlanmadığımızda, eşitsizlik daha da artacaktır.

Eşitsizliğin artması ekonomik açıdan sıkıntılı bir durum olmasının yanında, toplumlar için başlıca tehditlerden birisidir. Wilkinson ve Pickett'e (2009) göre; eşitsiz toplumlar daha çok şiddet barındırıyor, hapisanelerinde daha çok insan var, akıl hastalığı ve obezite düzeyleri daha yüksek, buna karşılık yaşam beklentisi ve güven düzeyleri ise düşüktür. Bu yazarlar daha eşit toplumlarda ise, çocuğa şiddetin olmadığı, daha düşük stres ve madde kullanımı ve okul terk oranlarının düşük olduğunu gözlemlemiştir. Bischoff ve Reardon'a (2014) göre; yüksek eşitsizlik düzeylerinin ayrışmaları artırdığı ve çocukların eğitimdeki başarılarını olumsuz etkilemektedir.

Ampirik veriler kesinlik göstermese de, daha yüksek eşitsizlik düzeylerinin yüksek sosyal huzursuzluklara ve endişelere yol açmaktadır (Schwab, 2017). Dünya Ekonomi Forumu'nun Küresel Riskler Raporu 2016'da belirlenen 29 küresel risk ve 13 küresel trend arasında en güçlü ara bağlantılar, artan gelir eşitsizliği, işsizlik ile

derin sosyal istikrarsızlık arasında görülmektedir (WEF, 2016). Dolayısıyla bağlantıların arttığı ve beklentilerin yükseldiği dünyada, eğer insanlar yaşamları boyunca belirli bir refah seviyesine veya hayat anlamlılığına ulaşma şansları olmadığı zaman, büyük sosyal riskler ortaya çıkabilir (Schwab, 2017).

Dördüncü Endüstri Devrimi, yüksek vasıflı işçi gruplarına düşük vasıflı işçilerden daha fazla değer vermektedir. Yüksek nitelikli işgücü yeni teknolojiyi daha etkili bir şekilde anlayabilecek ve daha hızlı adapte olabilecek. Bu da ekonomik getirileri daha üst düzeye çıkaracak. Geleneksel ezbere dayalı öğrenim sisteminde eğitilmiş bir mühendis, bugünün standartları ve ekonomik yapıları için iyi donanımlı olabilir. Ancak onların yetenekleri en azından kısa dönemde geleceğin ekonomik yapısını şekillendirecek aşırı otomasyon ve bağlantı dünyasına adapte olmaları konusunda yetersiz kalacak. Öğrenme becerilerindeki esneklik yüksek eğitim seviyesine sahip bir ekonomiye karşı işe yarayabilir. Değişimde yetenekli olmanın yanı sıra mesleğinde yetenekli olmak çok önemlidir. Aşırı otomasyon ve bağlanabilirlik gereksinimlerini karşılamak için becerilerini değiştirebilecek esnekliğe sahip olmayan orta gelirli çalışanlar, göreceli yaşam standardında bir düşüşle karşı karşıya kalabilirler (Baweja ve diğerleri, 2016: 22).

Dördüncü Endüstri Devrimi'ne, yeni mal ve hizmetlere olan talebin arttığı ve böylece yeni meslekler, işletmeler ve hatta endüstrilerin oluşturulmasına yol açan bir kapitalizasyon etkisi eşlik ediyor. Mobil uygulama endüstrisini ele alalım. Bu endüstri 2008 yılında Apple'ın kurucusu Steve Jobs'ın çevrimiçi olarak Iphone için uygulama oluşturmalarına izin vermesiyle başladı. 2017 yılında dünya genelinde mobil uygulama gelirleri 17 milyar dolara indirilme sayısı ise 26 milyar dolara yükseldi (Webrazzi, 2017).

Teknolojinin gücü hızla artıyor ve olağanüstü inovasyon seviyelerini kolaylaştırıyor ve dünyada daha fazla insan ve nesne birbirine bağlı hale geliyor. Dünya Ekonomik Forumu Küresel Riskler Raporu 2017'ye göre, "Dördüncü Sanayi Devrimi, tüm insanlar için gelir düzeylerini yükseltme ve yaşam kalitesini artırma potansiyeline sahiptir. Ancak bugün Dördüncü Endüstri Devriminin ekonomik faydaları daha çok küçük bir grup arasında yoğunlaşıyor. Bu artan eşitsizlik politik kutuplaşmaya, sosyal parçalanmaya ve kurumlarda güven eksikliğine yol açabilir. Dünyadaki birçok insan daha önceki sanayi devrimlerinden henüz yararlanmadı. En az 600 milyon insan herhangi bir mekanizasyona erişmeden küçük çiftliklerde

yaşıyorlar. Yani dünya üzerinde hala ilk sanayi devriminin bile büyük ölçüde dokunmadığı insanlar yaşıyor. Dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri (2,4 milyar) insan temiz içme suyu ve güvenli sağlık hizmetlerinden yoksundur. Yaklaşık altıda biri 1,2 milyar insan elektriğe sahip değil. Bu bahsettiğimiz iki şeyde ikinci endüstri devriminde gelişti. Bunun yanısıra dijital devrim, şu anda 3 milyardan fazla insanın Internet'e erişebileceği anlamına gelirken 4 milyardan fazla insan internete erişim sağlayamıyor. Dördüncü Endüstri Devrimi'nin heyecan verici teknolojilerini takdir ettiğimiz gibi bunların, getirdikleri fırsatların da dünya çapında ve toplumlarımızda iyi dağıtıldığını sağlamak için çalışmalıyız. Özellikle, birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devrimlerinin sağladığı yaşam kalitesindeki büyük artışları gözden kaçırmış olanlara yardım etmeliyiz (Trailhead, 2018). Her endüstriyel devrim gibi Dördüncü Endüstri Devrimi de servetin yeniden dağılımını etkiliyor.

Teknolojinin ekonomik kalkınma ve büyüme üzerindeki olumlu etkilerinin yanısıra, en azından kısa vadede istihdam ve iş fırsatları üzerinde yaratacağı olası olumsuz etkiler de gözardı edilmemelidir (Schwab, 2015). Endüstri 4.0 sadece yerel siber-fiziksel sistemler veya yerel sanayi süreçleri ile ilgili değil, aynı zamanda tedarikçileri, üreticileri, lojistik servis sağlayıcılarını ve işçileri de kapsar. İnsanlar robotlarla yanyan çalışacaklar bunu öğrenmek zorundalar.

Her ne kadar temel okur yazarlık becerileri muazzam bir gelişme gösterecek, evrensel eğitim hedeflerine ulaşmak için daha büyük adımlar atmak ve daha fazla çaba sarf etmek gerekiyor. Dünya çapında 103 milyon genç temel okur yazarlık becerisine sahip değil. Ses ve görsel arayüzler gibi e-öğrenme alanındaki yenilikler, insan kapasite sınırlarını zorlamada umut vaat ediyor (Hadden, 2018).

Dijital uçurum hızla genişlerken bazı teknoloji uzmanları ve analistler bu devrimin yıkıcı sonuçlarını tahmin etmektedirler. Schwab (2015), Dördüncü Sanayi Devrimi'nin insanların kimliğini, mahremiyetini ve tüketim kalıplarını etkileyebileceğini iddia ediyor. Bu süreç insanların boş zamanlarını nasıl geçirdikleri ve yeni biriyle tanışıp ilişkilerini nasıl geliştirdikleri konusunda korkunç bir hal alabilir. Bunun sebebi ise insan yaşamındaki her şeyin insanlar tarafından fiziksel aktivitelere yer bırakmayacak şekilde dijitalleşmesidir. Bu durum sosyal sermayeyi olumsuz etkileyerek insanların sosyal ilişkilerini tehlikeye atmaktadır. Dünya Ekonomik Formu Dördüncü Endüstri Devrimi denetlenmediği takdirde kamu yönetiminin işleyişini azaltabileceğini, mahremiyet gibi bazı insani kapasiteleri azaltabileceğini iddia etmektedir. Göze çarpan örnek olarak tablet, telefon vb

gösterilebilir. Dolayısıyla teknolojilerin ilerlemesi bireylerin mahramiyetinden ciddi bir tehdit oluşturabilir. Sonuç olarak Dördüncü Endüstri Devrimi işyerlerinde üretimi hızlandırmak gibi faydaları olabilir ancak gelişen yeni teknolojilerin insanlara dayattığı olası zararlar da gözardı edilemez derecede önemlidir (Shava ve Hofisi, 2018: 207).

2.1.10. Orta Sınıf

2050 yılına gelindiğinde, dünya nüfusunun yaklaşık % 41'i veya 4 milyardan fazla kişi orta ve ya üst sınıf tabakada yer alıyor olacak. Güçlü orta sınıfın varlığı, politikacılara vaatlerini sürdürmeleri, somut sonuçlar elde etmeleri ve hesap verebilir olmaları için baskı oluşturmaktadır (Đuričin ve Herceg, 2018: 43).

Endüstri 4.0, iklim değişikliği, kirlilik, enerji talebi ve kentleşme gibi günümüzün en acil sorunlarını ele alan yenilikçi yöntemler de dahil olmak üzere, yeni ürün ve hizmetlerin icadıyla bu zorluğu gidermeye yardımcı olmaktadır. Endüstri 4.0 aynı zamanda ürün sürdürülebilirliği ve etik tüketim konusunda tüketici bilincini artırabilir ve üretilen ürünlerin çevremiz üzerindeki yarattığı etkileri ve endişeleri azaltabilir. Bu nedenle Endüstri 4.0 ile amaç sadece üretimde bir iyileştirme yapmak değil aynı zamanda yaşam kalitesinde de bir artış sağlamak olmalıdır (Rashid, 2018: 16).

2.1.11. Sosyal Yapı

İnsan emeğinin bilgisayar teknolojisi ile değiştirildiğinde toplum üzerinde ortaya çıkacak etkinin ortaya konulması önemlidir. Dijital dönüşümün halihazırda yaşam biçimimizi ve çalışma şeklimizi değiştirdiği açıktır. Ancak asıl soru gelecekte toplumu yeniden nasıl şekillendireceğidir. Dijital teknolojilerin gelecekte toplumun farklı yönleri üzerinde yaratacağı etkisini anlamak için, Dünya Ekonomik Forumu bir dizi program başlattı. Bu programların amacı şirketlerin, liderlerin ve politika yapımcıların daha geniş toplumsal zorlukları ele almalarına katkıda bulunmaktır. Bu program çerçevesinde 2015 yılında yapılan analize göre dijitalleşmeden kaynaklanan iş kayıpları 2030 yılına gelindiğinde dünya çapında yaklaşık 2 milyar olacaktır. McKinsey tarafından yapılan başka bir çalışmaya göre ise orta vadede çok az meslek (% 5'ten az) bütünüyle otomatikleşecektir (Chui ve diğerleri, 2015).

Teknoloji suç ve terörle mücadelede de merkezi bir rol oynamaktadır. Örneğin günümüzde büyük veri analitiği suç noktalarını tahmin etmek ve terörist olan yerleri tespit etmek için kullanılmaktadır. Ancak büyük ölçekli veri toplama ve bunları analiz etme süreçleri işletmeleri siber saldırılara karşı giderek daha savunmasız hedefler haline getirmektedir. Veri ihlalleri daha yaygın ve pahalı hale gelmektedir. Ortalama toplam maliyet, 2013 ve 2015 yılları arasında %23 artmıştır ve Dijital dönüşüm süreci derinleştikçe işletmeler kendilerini siber saldırılara karşı daha savunmasız bulacaklardır (Word Economic Forum, 2016).

2.2. ENDÜSTRİ 4.0' IN DÜNYADAKİ UYGULAMALARI

Endüstri 4.0'ın dünyadaki uygulamaları endüstri 4.0 bileşenleri kapsamında aşağıda verilmiştir.

2.2.1 Siber Fiziksel Sistemler

Siemens (Almanya), fiziksel makinelerden toplanan verilerden yararlanarak parçaların işlenmesini simüle eden bir sanal makine geliştirdi. Bu sayede işleme süreci için gerekli hazırlık süresi %80 azaldı (Rüßmann ve diğerleri, 2016: 5).

İngiltere merkezli özel elektronik sistemleri sağlayıcısı olan **Merlin** elektronik etkileşimli reklam kampanyaları sunmak için *Showscreen* adında bir sistem geliştirmiştir. Geliştirilen bu cihazlar bölge ve şehirler genelinde dağıtılmaktadır. Halkın etkileşime girmesi için dokunmatik ekrana sahip bir yöntem sunmaktadırlar. Yoldan geçenlerin cihazla etkileşime girmeleri için teşvik edici yarışmalar veya bedava örnek ürünler kullanılmaktadır. Cihaz sensör ve aküatörler aracılığıyla gerçek dünya ile iletişime girebilmektedir. Bunun yanısıra tek bir koordineli kampanya yürütmek için o bölgedeki diğer birçok cihazla iletişim kurabilmekte ve yazılım hizmetlerine erişim sağlayabilmektedir. Bağlanabilirlik, fiziksel dünya ile etkileşime girebilme ve hesaplayabilirlik Siber fiziksel sistemlerin temel öğeleridir. Söz konusu örneğin siber fiziksel sistemlere basit bir örnek olmasının yanısıra bunun gibi çevrelerinde hakkında büyük miktarda bilgi toplayan ve çok sayıda sensörlerle desteklenmiş siber fiziksel sistemler oluşturmak mümkündür (Road2CPS, 2016: 5).

2.2.2. Eklemeli Üretim

Çin'in endüstriyel ve endüstriyel olmayan kullanımlar da dahil olmak üzere 3 boyutlu yazıcılar için tüm pazarı yıllık olarak son altı yıldır ikiye katlandı ve 2018 yılı için piyasa değeri 3.1 milyar dolar olarak öngörülmüş. Çin önümüzdeki 5 ile 10 yıl arasında 3D üretimi konusunda dünya çapında en büyük pazar payına sahip olacaktır (Wübbeke, 2016: 48). Çin geri dönüşüm malzemesi kullanarak 24 saatde 10 adet ev yapma altyapısına sahiptir ve her bir evin inşa maliyeti yaklaşık olarak 4.800 dolar olarak gerçekleşmiştir (Levy, 2014).

Toyota ve Materialise (Japonya ve Belçika) mümkün olduğu kadar hafif bir araba koltuğu tasarlamak ve basmak için birlikte çalışmaktadırlar. Bu konuda 3 boyutlu üretimin en iyi sonucu verecek olan teknoloji olduğu konusunda fikir birliğine ulaşılmıştır. Söz konusu koltuk Topoloji optimizasyonu algoritmalarını kullanan, farklı yoğunluk alanları, ağ yapıları ve sürücü sabitleme yapısıyla "arabirimler" içeren bir dış geometri ile tasarlanmış ve 3 boyutlu yazıcıda basılmıştır. Elde edilen son ağırlık 7 kilogramdır (klasik koltukların ağırlığı 15 kg dan daha fazladır) ve koltuk aynı zamanda havalandırma kapasitesini de artırmaktadır (Torres ve Pastor, 2017: 13).

Local Motor (A.B.D.), yerel 3 boyutlu yazıcılar vasıtasıyla düşük hacimli açık kaynak motorlu araç dizaynları üretimi üzerine odaklanan bir Amerikan şirkettir. Söz konusu şirket, Amerikada 3 ve Almanya'da (Berlin) 1 tane fabrikaya sahiptir. Firmanın uzun dönemdeki planı dünya çapında binlerce mikro fabrika kurmaktır. Bu mikro fabrikalar yerel ihtiyaçlara göre araç tasarımlarını ve montajını gerçekleştirecektir. Elektrik enerjisi ile çalışan, sürücüsüz, 3 boyutlu yazıcı ile basılmış minibüs olan *Olli* geçen yıl Washington'da ilk sürüşünü gerçekleştirdi. Yakında Miami ve Las Vegas sokaklarına çıkacak olan Olli bilişsel olarak öğrenmek, yolcuların varacakları yerleri tespit etmek ve daha sonra onları o yere bırakması için yolcularla iletişime geçecek şekilde IBM Watson IoT platformuyla uyarlanmıştır. Local Motorun CEO'su ve kurucu ortağı John Rogers hedeflerinin, aracın yaklaşık olarak 10 saatde 3 boyutlu yazıcıda yazdırılması ve sonraki bir saat içinde ise motnajının yapılması olduğunu söyledi. Üretim için alan, enerji ve materyal gereksinimlerini azaltacak olan Local Motor'un işletme modeli daha düşük ön yatırımlarla uluslararası büyümeye destek verebilir (BUSINESS SWEDEN, 2017: 4).

Premium AEROTEC (Almanya), dünyada uçak inşasında 3 boyutlu metal üretimini kuran ilk şirkettir. Premium AEROTEC endüstriyel 3 boyutlu yazıcılar için

önde gelen teknoloji tedarikçisi **EOS** ve ünlü otomotiv üreticisi **Daimler** gibi deneyimli ortaklarla birlikte ortak bir proje konusunda anlaşmaya vardılar. Proje, **NextGenAM** başlığı altında yeni nesil eklemeli üretimi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu işbirliği sayesinde şirketler söz konusu teknolojilerin büyük ölçekli seri imalatda uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Ortakların her biri kendi özel beceri ve tecrübeleriyle, verimlilik ve işleme süresi bakımından önemli gelişmeler kat etmek için birlikte çalışmaktadırlar. Birlikte seri üretim tabanlı eklemeli üretim için bir otomatik üretim tesisinin planlamasına ve inşasına birkaç milyon Euro yatırım yapmışlardır. Teknoloji merkezi Varolda (Almanya) birkaç ay içerisinde bir geliştirme ve test ortamı kurulacaktır. Premium AEROTEC dünyada Airbus uçaklar için 3D baskılı yapısal tamamlayıcı parça tedarik eden ilk üreticidir. Şimdiye kadar bunu için materyal olarak titanyum tozu kullanılmıştır (Premium AEROTEC, 2017). Havacılık şirketleri de halihazırda uçak ağırlığını düşüren ve titanyum gibi hammadde masraflarını azaltan yeni tasarımlar uygulamak için eklemeli üretimi kullanmaktadırlar (Rüßmann ve diğeleri, 2015: 7).

2.2.3. Nesnelerin İnterneti

2006 yılında **ABB Group** şirketi motorları akıllı cihazlara dönüştüren yeni bir teknolojik girişim başlattı. Motor üzerine yerleştirilmiş sensörler üretim süreci ve mevcut durum hakkında veri sağlamak için kablosuz bağlantı kullanıyorlar. Sağlanan veriler sonuç analizine dayalı bir grafik planı çıkaran özel yazılımlar kullanılarak analiz edilir. Söz konusu teknoloji, makinelerin kapanma sürelerini %70 ' e kadar düşürmeyi, motor ömrünü %30 oranında uzatmayı ve üretimdeki kullanım süresini %10'a kadar azaltmayı sağlamaktadır (Kohout ve Palířková, 2017: 11). Bugün ulaşamayacağımız gibi görünüyor olsa da gelecekte Nesnelerin interneti bize çevremizi nasıl algıladığımızı, nasıl anladığımızı ve hatta nasıl yönettiğimizi geliştirerek sınırlı kaynaklarımızı daha iyi kullanan insanlar olmamızı sağlayacaktır. Dünya çapında ve atmosferimizde milyarlarca ve hatta trilyonlarca sensör yerleştirildiğinden, kelimenin tam manasıyla dünyamızın “kalp atışı” nı duyma yeteneğine sahip olacağız. Gezegenimizin ne zaman sağlıklı ve hasta olduğunu biliyor olacağız. Bu samimi anlayışla, beslenme ve içilebilir suyun sağlanması önemli bir başlangıç olabilir. Daha uzun hava durumları ve tahminleri yürüterek çiftçiler en büyük şansa sahip bitkileri ekebileceklerdir. Dahası tarlalar hasat

edildikten sonra daha az verimli ve pahalı olmayan ulaştırma sistemleri sayesinde yiyecekler bol olan yerlerden kıt bulunan yerlere ulaştırılabilecektir. Nesnelerin İnterneti en çok ihtiyaç duyulan yerlerde su üretmese de endüstriyel atık, sürdürülemez tarım ve kötü şehir planlaması gibi temiz su kaynağımızı azaltan sorunların çoğunu çözebilir. Örneğin bir şehrin su sistemi boyunca bulunan akıllı sensörler bir sızıntı olduğunda onu algılayacak ve gereksiz atıkları önlemek amacıyla otomatik olarak suyun yönünü değiştirecektir. Aynı sensör personeli uyararak problem olduğunu haber verebilir. (Evans, 2012: 6-7).

Bugünün dünyasında üretim şirketlerinin karşılaştığı en büyük zorluk üretim süreçlerini doğru bir şekilde izlemek olmaktadır. Üretim şirketleri hala gerekli parametlerin verilerini toplamak için geleneksel yöntemleri kullanıyor bu da çalışanların her şeyi manuel olarak kaydetmelerini gerektiriyor. Teknolojinin geliştiği bu dönemde çalışanların verileri kaydetmesi üzücü bir senaryodur. **ThingTrax (İngiltere)** müşterilerine tüm üretim şirketlerini dijital hale getiren çözümler sunmaktadır. Tüm üretim süreci Akıllı Cloud tabanlı sistemler aracılığıyla izlenmekte, kontrol edilmekte ve değerlendirilmektedir (ThingTrax, 2018). ThingTrax cihazı fabrikada bulunan herhangi bir makineye bağlanır ve onu akıllı bir makine haline getirir. Makinelere, motorlardan ve diğer cihazlardan toplanan veriler ThingTrax bulut platformunda analiz edilir ve gerçek zamanlı izleme, uzaktan yapılandırma ve makine parametrelerinin optimizasyonunu sağlayan kişiselleştirilmiş bir gösterge paneli aracılığıyla atölye yöneticilerine sunulur. Bir anormallik tespit edildiğinde kullanılmayan makine varsa kapatmak ve arıza süresini azaltmak, makine ömrünü artırmak için öngörücü bakım yapılmasını sağlamak amacıyla gerçek zamanlı olarak bir uyarı gönderilir. Hindistandaki bir firma ilk pilot uygulamasını kurdu, operasyon verimliliğini %5 artırdı, verimsiz makineler ve personel süreçleri üzerinde maliyet tasarrufları belirlendi (Woodhead, 2017: 6-7).

Bir sürücü ve kontrol sistemi sağlayıcısı olan **Bosch Rexroth (Almanya)** vanalar için yarı otomatik, merkezi olmayan üretim süreci bir üretim tesisi oluşturdu. Ürünler radyo frekansı ile kimlik belirleme kodlarıyla tanımlanıyor ve iş istasyonları her ürün için hangi üretim adımlarının uygulanması gerektiğini bilmekte ve bu işlemi uygulaması için adapte edilebilmektedir (Rüßmann & Lorenz, 2015: 6).

Ford, Tesla (A.B.D.) gibi otomotiv şirketleri zaten nesnelerin internetinin arabanın bir parçası olduğu dünyaya adımlarını attılar. Tesla otomobil gerçekten bu alanda büyük bir başarıdır. Bu otomobil siz eve gelmeden önce kendiliğinden garaj

kapısını açıyor ve siz uzaktan kontrol ederek sıcaklığı, ışığı ayarlayabiliyorsunuz ve yine uzaktan kontrol ile arabanızı şarj edebiliyorsunuz. Tesla arabaları bu özelliklerin hepsine sahip ayrıca, arabanızı kontrol etmek ve hızını, yerini, pil durumunu her yerden öğrenmek için kendi uygulamanızı oluşturabileceğiniz bir uygulama çerçevesine sahiptir. Araba, en son donanım ve yazılımı indirip yükleyerek kendini otomatik olarak bir sonraki güncel duruma yükseltebilmektedir. Bunları otomatik yapabilmek için 18 sensöre sahiptir ve araç, servis istasyonunda servis programını kendi başına uygulayabilmektedir (Agarwal, 2016).

Güney Korede bulunan **Jindo** köprüsü yapısal sağlığını sürekli olarak izleyen 600'den fazla kablosuz sensöre sahip dünyanın ilk tam otomatik akıllı köprüsüdür. Bu sensörler mühendisler köprünün yapısal bütünlüğü hakkında gerçek zamanlı olarak bilgi veriyor (Krach, 2016).

2.2.4. Akıllı Robotlar- Kobotlar

Avrupalı robot ekipman üreticisi olan **Kuka (Almanya)**, birbiriyle etkileşime giren otonom robotlar sunmaktadır. Bu robotlar birbirleriyle bağlantılıdır, böylece birlikte çalışabilirler ve eylemlerini üretim hattındaki bir sonraki bitmemiş ürüne uygun şekilde otomatik olarak ayarlayabilirler. Üst düzey sensörler ve kontrol üniteleri, insanlarla yakın işbirliğini mümkün kılar. Benzer şekilde, endüstriyel robot tedarikçisi **ABB** elektronik ürün montajı için özellikle tasarlanmış Yumi adında, iki elli bir robot piyasaya sunmuştur (Rüßmann & Lorenz, 2015: 5). Yumi dünyada insanlarla işbirliği yapabilen ilk robottur.

Volkswagen, bujilerin takılmasını sağlamak için Salzgitter'deki motor tesislerinden birinde bir cobot ünitesi kurdu. Önceden, operatörler, bujileri duran konumda silindir kapaklarının zar zor görünen deliklerine yerleştirmek zorundaydılar. Şimdi, cobotlar bujileri yerlerine koyuyor ve operatörlere sadece bunları sıkmaları ve silindir kapağını yalıtımları kalıyor. Cobotun yardımı sayesinde, operatörlerin zayıf duruşlarını önleyerek ve otomasyon yoluyla operasyonun kalitesini artırarak iş yaralanmalarını da azaltılmıştır (Torres ve Pastor, 2017).

Bazı büyük İsviçreli şirketler, Endüstri 4.0'ı ileriye götürmenin örneklerini sunmaktadır. Bunlardan en önemlisi olarak, madencilik sektöründe kullanılan mayınların dijitalleştirilmesi açısından **Boliden**'i söyleyebiliriz. Boliden şu anda ABB, Atlas Copco, Ericsson ve Volvo gibi ortaklarla birlikte Nesnelerin İnterenti ve

5G teknolojisi ile madenlerde otomasyon geliştirmek için küresel olarak benzersiz bir girişim yürütmektedir. Madenlerdeki güvenlik ve verimliliği daha da arttırmak için sürücüsüz araçların yanı sıra uzaktan kontrol edilebilir diğer yazılımlar da geliştiriliyorlar. Amaç robotlaştırma ve dijitalleştirme çözümleriyle madenlerdeki tüm yüksek riskli işlerin yerini almaktır. Önemli oranda verimlilik ve güvenlik kazançları beklenmektedir (BUSINESS SWEDEN, 2017: 4).

Amazon 2016 yılında, işleme merkezlerindeki robot sayısını 230.000 kişi ile birlikte çalışmak üzere yüzde 50 artırarak, toplamda 45.000'e yükseltti (veriler 2017'nin başından itibaren). Amazon, depolarını, ürünlerin hareketi ve raflara yerleştirilmesinden sorumlu olan robotik AGV'ler ile otomatikleştirdi. Teknolojideki bu değişim, toplama ve paketlemenin kişi-mal yerine mal-kişi uygulanması anlamına geliyor. Bu AGV'ler, bir mobil ve otomatik mal deposu işlevini görmektedir, bu nedenle çalışanlar, hazırlanma esnasındaki siparişlerin depolandığı yere taşınması sorunundan kaçınabilmektedirler. Ayrıca bu robotlar depo alanı verimliliğini artırıyorlar çünkü forkliftler için geniş koridorlara artık gerek kalmıyor. AGV'ler, toplama süresini kısaltmak, bu işi manuel olarak yaparken ortaya çıkan hataları en aza indirmek ve bunun sonusunda Amazon ürünlerinin genel tedarik süresini azaltmak üzere depolama siparişi ve yönetim sistemine bağlanırlar ve otonom olarak çalışırlar (Torres ve Pastor, 2017: 16).

Çevrimiçi bir perakendeci olan **Alibaba**, Çin'in en büyük akıllı deposuna sahiptir. Depo son teknoloji ürünü olan 60 tane robotla çalışmaktadır. Bu Wifi donanımlı, kendi kendini şarj eden makineler depodaki malları taşımaktan sorumludur. Bu robotlar dünyanın her yerinden müşterilere gönderilecek olan ürünleri paketlemeleri için insan işçilere ulaştırmaktadır (Medium).

2.2.5. Büyük Veri Analitiği

şili'deki bir şirket, bireysel müşterilerin kredileri geri ödeyebilme olasılığını tahmin etmek için büyük veri ve yapay zeka ile öğrenmeyi kullanıyor. 20 veya 30 yıl öncesine bakarsak, kredi puanlarını belirlemek çaba gerektiriyordu ve insanların zamanını ve alıyordu. şimdi, otomotiv kredi geçmişi, elektrik, doğal gaz gibi hizmet faturaları ve nüfus sayım verileri gibi bilgileri kullanarak, öngörücü makinanın öğrenmesi ile birleştirerek, bu işlemi anlık gerçekleştirebiliriz (Matthews, 2017).

Müşterileri davranışlarını ve tercihlerini daha iyi anlamak için büyük veriler kullanılır. Şirketler, müşterilerinin daha eksiksiz bir resmini elde etmek için geleneksel veri setlerini sosyal medya verileri, tarayıcı günlükleri, metin analizleri ve sensör verileriyle genişletmeye isteklidir. Çoğu zaman, büyük hedef, tahmini modeller oluşturmaktır. Müşterilerinden birinin bir bebek bekleyeceği zamanı çok hızlı bir şekilde öngörebilen ABD perakendecisi **Target** örneğini hatırlayabilirsiniz. Büyük veriyi kullanan Telekom şirketleri artık müşteri kaybını daha iyi tahmin edebilirler. Wal-Mart, hangi ürünleri satacağını tahmin edebiliyor; ve araba sigortası şirketleri, müşterilerinin gerçekte ne kadar iyi sürdüğünü anlıyor (Marr, 2015).

Büyük verinin kullanımıyla otomatik teşhisin geliştirilmesi endüstrilerin süreçlerini bozacak, hastanelerin zorluğunu azaltacak ve tıbbi alanda bazı becerileri ve görevleri değiştirecek. IBM'in geliştirdiği yapay zeka "**Watson**" şu anda tıbbi görüntülere dayanarak teşhis koyabiliyor. North Carolina Üniversitesi'nden Ned Sharpless'a göre, "Watson, insan uzmanlar tarafından yapılan 1000 kanser tanısı üzerinde test edildi. Yüzde 99'unda Watson onkologlarla aynı tedaviyi önerdi. Ayrıca vakaların yüzde %30'unda Watson, insan doktorların kaçırdığı bir tedavi seçeneği de buldu (Lohr, 2016).

Büyük veri analitiği verileri geleneksel araçların sağladığından daha üst düzeyde analiz etmeyi mümkün kılar. Bu teknoloji ile, birbiriyle uyumsuz çeşitli sistemlerde, veritabanlarında ve web sitelerinde toplanan veriler bile, belirli bir şirket veya kişinin bulunduğu durumun net bir resmini çekmek için işlenir ve birleştirilir (Witkowski, 2017: 768).

Büyük veri aynı zamanda fabrikalarda her vidanın kaç kez döndüğü gibi milyonlarca küçük şeyler için ölçüm aracıdır. İşte bunu, Amerikan şirketi olan **Raytheon** bir füze fabrikasında yapıyor. Bir vidanın takıldıktan sonra 13 kez döndürülmesi gerekiyorsa ancak bunun yerine sadece 12 kez döndürüldüyse bir hata mesajı yanıp söner ve füze üretimi veya bileşen üretimi durdurulur (Hagerty, 2013).

Facebookta yayınlardan, beğenilerden ve resimlerden oluşan ve muhtemelen doğum gününüzde ve biriyle arkadaş olma yıldönümünüzde görebileceğiniz geri dönüş gösteren bir video görmüşsünüzdür. Eğer gördüyseniz **Facebook**'un Büyük Veri Analitiğini nasıl kullandığı gördünüz demektir. 2009 yılında McKinsey & Co.'nun bir raporu 1000'den fazla çalışanı olan şirketlerin zaten müşterilerinin hayatlarının depolandığı 200 terabayttan fazla veriye sahip olduğunu belirtti. Sosyal medya yenilikçiliği hızlandırır, maliyet tasarrufu sağlar ve kitle işbirliği ile markaları

güçlendirir. Her sektörde şirketler, kitlelerinin onların markaları hakkında neler söylediğini izlemekle birlikte, hizmetlerini ve ürünlerini pazarlamak ve geliştirmek için sosyal medya platformlarını kullanıyor. Sosyal medyanın ve büyük verinin bir araya gelmesi, yepyeni bir teknolojiyi doğurmaktadır. Dünya çapında iki milyardan fazla aktif kullanıcısı olan Facebook muazzam miktarda kullanıcı verisi saklıyor, bu da onu büyük bir veri harikası haline getiriyor (Monnappa, 2018).

2.2.6. Bulut Bilişim

Microsoft Azure, Microsoft tarafından kurulan bir bulut platform veya bilgi işlem hizmetidir. Endüstri 4.0 için birden fazla çözüm sunmaktadır. Azure nesnelere internetini kullanarak fabrikalarda bulunan cihazlara bağlanır ve bunları izler ve böylece üretim ortamı hakkında gerçek zamanlı olarak uçtan uca görünürlük sağlar. Azure, Time Series Insights cihazlarındaki veri akışını analiz etmenize ve operasyonel verimlilik ve karlılığı artırmanızı sağlar (Meldrum, 2017). Microsoft Azure bulut tabanlı Nesnelere İnterneti uygulamaları için yapı taşları sağlar. Azure ayrıca, kullanıcıların uygulamalarını mükemmel ölçeklenebilirlik ile uyarlamaları için analitik araçlar, veri depolama alanı ve çeşitli uygulama kaynakları sunar. Ayrıca kullanıcılar belirli bir süre boyunca toplanan verilere dayanarak önleyici bakım için öngörü modellerini eğitmek amacıyla Azure Makine öğrenimini kullanabilirler. Veriler, makine davranışları hakkında bilgi edinmek ve normallik ve anormallik belirlemek amacıyla modeli eğitmek için kullanılır. Anormallik belirtileri ortaya çıktığında, oluşabilecek makine aksaklıklarını ve bundan dolayı meydana gelecek finansal kayıpları önlemek amacıyla onarım veya parça değişimi için bakım teknisyenleri uyarılır (Grosser, 2017).

Google Drive, Google Cloud, Google E-Tablolar ve Google Slaytlar gibi bulut uygulamalarıyla çalışabilmeleri için, çevrimiçi olarak bulunan tüm depolama alanıyla eksiksiz bir bulut bilişim hizmetidir. Sürücü, sadece masaüstü bilgisayarlardan değil daha fazlasında kullanılabilir. iPad veya akıllı telefonlar gibi tabletlerde kullanabilirsiniz. Ayrıca Dokümanlar ve E-Tablolar için ayrı uygulamalar da vardır. Aslında, Google'ın hizmetlerinin çoğu bulut bilişim olarak düşünülebilir: Gmail, Google Takvim, Google Haritalar, vb (Griffith, 2016).

Bulut merkezli bir cihaza en birincil örnek olarak **Chromebook**'u gösterebiliriz. Bunlar Google Chrome Web tarayıcısını bir işletim sistemine

dönüştüren ve chrome çalıştırmak için yeterli depolama alanına ve güce sahip dizüstü bilgisayarlardır. Google Chrome'da online yaptığımız her şey uygulamalar medyalar bulutta yer almaktadır (Griffith, 2016).

2.2.7. Artırılmış Gerçekçilik & Sanal Gerçekçilik

Siemens araştırmacıları tarafından geliştirilen sanal bir sensör, oraya kurulmuş tek bir sensörün yardımı olmadan bir motorun dahili sıcaklığını hesaplar. Sonuçta oluşan bilgiler gereksiz arıza sürelerini önlemeyi mümkün kılar bu da işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilecek bir gelişmedir (Barnard ve Zistl, 2018).

Çelik üretimine ve çelik temelli ürünlerin (asansör, teknoloji, mühendislik ürünleri, otomotiv endüstrisi) üretimi ve hizmetine adanmış Alman demir çelik şirketi **Thyssenkrupp**, şirkete neredeyse tüm Faiz Amortisman ve vergi Öncesi Kar (FAVÖK)'ın yüzde 60'ını sağlayan asansör bölümü için bakım sürecini dijital hale getirdi. Bu amaçla HoloLens artırılmış gerçeklik gözlüklerini 24.000'den fazla bakım operatörüne sunarak bakım sorunlarını görebilmelerini ve tanımlayabilmelerini ve uzman destek bilgilerine ellerini kullanmadan erişebilmelerini sağladı. Ayrıca, tüm şirketlerin asansörlerdeki tahmini bakım istihbaratı için gerçek zamanlı olarak erişimleri vardır. Bu, teknisyenlerin her asansörün bakım ihtiyaçlarını gerçek zamanlı olarak analiz etmelerine olanak sağlıyor. Bu teknolojilerin kullanımı, ThyssenKrupp'un asansörleri için durma sürelerini % 50 azaltmasına, bakım çağrılarının sayısının bir çeyreğe düşmesine, asansörlerin ömrünü uzatmasına ve operatörlerin güvenliğini artırmasına olanak sağlamıştır (Torres ve Pastor, 2017: 7).

Volvo ve **Microsoft**, otomotiv dünyası için Artırılmış Gerçeklik gözlükleri oluşturuyorlar. Gözlüklere HoloLens denir ve Artırılmış Gerçekçilik dünyasına girmek için kafanıza taktığınız 5,000 dolarlık bir bilgisayardır. Bu, dünyanın ilk tamamen bağlanmamış holografik bilgisayardır ve bu gözlükler, otomotiv endüstrisinde çift katlı bir amaca hizmet edecektir. Birincisi, bu ürün piyasaya sürülmeden önce müşterilere son ürüne daha yakından bakma fırsatı vermek İkincisi ise, mühendislere arabaları daha verimli ve etkili bir şekilde oluşturmalarına yardımcı olmak. HoloLens'in kullanışlılığı daha da ileriye gidiyor. Volvo, mühendisler için bir uygulama oluşturmayacağını veya Artırılmış Gerçekçilik (AR) işlevlerini etkinleştirmek için bir tablet ya da bilgisayar gerektirmeyeceğini zaten

söyledi. Başka bir deyişle, bir web tarayıcısına bağlanan herhangi bir cihaz bunu kullanabilir (Rapoza, 2016).

Pokémon Go (A.B.D.), 2016 yılının yazını, Nintendo'nun ilk mobil uygulama oyunu olarak büyük etkisi altına aldı. Bu oyun artırılmış gerçekliği popüler hale getirdi ve teknolojiyi kitlelere tanıttı. Oyun oyuncuların gerçek dünyaya yansıtılan akıllı telefon objektifleriyle avatarları görmelerine izin verdi. Pokémon Go gibi uygulamalar, kullanıcıları yerel reklamlara çeken, sosyal avantajlarından faydalanan bir pazarlama platformu olma konusunda büyük bir potansiyel göstermiştir.

Artırılmış Gerçekçiliği kağıt çalışma yöntemlerinin görselleştirilmiş yöntemlerle değiştirilmesi olarak da tanımlayabiliriz. **HVM Catapult şirketine** teknolojiden sorumlu başkan olan Sam Turner geleneksel haritaların yerini alan Google Haritalar benzetmesini yapmaktadır. Önceden sürücü yola çıkmadan önce bir kağıt haritadan faydalanarak nereye gittiğine dair bazı bilgilere sahipti. Şimdi, Google Haritalar mevcut koşullara göre en iyi rotayı belirliyor ve şoföre ihtiyaç duyduğu anda gerekli talimatları veriyor. Fabrikada operatör yapılması gereken ancak hata yapabilecek görevler hakkında bilgi edinmek için önceden basılmış ve güncel olmayan kağıt çalışma talimatlarına başvuruyor. Ancak giyilebilir Artırılmış gerçekçilik gözlükleri ile operatör ihtiyaç duyduğu bilgileri dikkati dağılmadan alır ve sistem geliştikçe gerçek zamanlı verilere dayanan bu talimatlar sürekli olarak güncellenir (Woodhead, 2017: 10).

Alman otomasyon uzmanı **Festo**, bir şirket tarafından sağlanan "Endüstri 4.0" eğitiminin başarılı bir örneğidir. Dünya çapında işgücünü Nesnelerin İnterneti uygulamalarında yeniden eğitmek için kendi eğitim programlarını geliştirdi. Örnek olarak Sanal Gerçekçilik gözlüklerinin üretim alanında (shop floor) kullanılması gösterilebilir. Şimdi ise bilgilerini diğer şirketlerle ve eğitim kurumlarıyla paylaşmayı planlıyor (Dittrich, 2016: 6).

2.2.8. Siber Güvenlik

Endüstrilerin geleceğini garanti altına almak ancak iyi bir siber güvenlik altyapısı oluşturmakla mümkündür. **Kaspersky Lab ICS CERT** tarafından yapılan çalışmada 2016 yılının ikinci yarısında, endüstrilerde teknolojik altyapının bir parçası olan korunan bilgisayarların %39,2'sine yönelik en az bir siber saldırı

gerçekleştiğini ve bunların engellendiğini belirtmektedir (Kaspersky Lab ICS CERT, 2017). Böylesine bir tehditle savaşmak için ihtiyati tedbirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Üretim tesislerinin dijital güvenilirliğini sağlamak şirketler açısından öncelikli bir durumdur. Ancak bu şekilde endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesi ve onun tam potansiyeline ulaşması mümkündür.

ESA Otomasyon şirketi endüstri 4.0 da siber güvenlik için bazı çözümler sunmaktadır. Endüstriyel bilgisayarlarda kullanılan siber saldırılara karşı en etkili çözümlerden biri olan TLS 1.2 şifreli protokol kullanılmaktadır. Şifreleme şirkete dışarıdan gelecek siber saldırıları önler ve şirket ağında dolaşan büyük miktardaki hassas verilerin korunmasını sağlar. Sonuç olarak yukarıda bahsettiğimiz nesnelere interneti hiçbir engelle karşılaşmaz. Bu ise ESA otomasyonu gittikçe Endüstri 4.0 a yaklaştıran önemli bir detaydır (ESA Automation, 2017). Güvenlik, Nesnelere İnterneti ve endüstriyel güvenlik çözümleri sağlayan Microsoft, Google ve IBM de dahil olmak üzere tüm büyük teknoloji şirketlerinin gündeminde yer almaktadır.

2.2.9. Yatay Ve Dikey Haberleşme

Dassault Systemes ve **BoostAeroSpace** (Fransa), Avrupa havacılık ve savunma endüstrisi için bir iş birliği platformu başlattı. Platform, AirDesign, tasarım ve imalat iş birliği için ortak bir çalışma alanı olarak hizmet vermekte ve özel bir bulut bileşim üzerinde hizmet olarak sunulmaktadır. Bu Platform ürün ve üretim verilerinin birden çok ortak arasında değiş tokuş edilmesi görevini yönetmektedir (Rüßmann ve diğerleri 2015: 6).

2.2.10. Karanlık Fabrikalar

Hollanda'da **Philips**, 128 robot ile “karanlık bir fabrikada” elektrikli traş makineleri üretiyor. Bu fabrikada kalite güvencesi yapmak amacıyla sadece dokuz işçi çalışıyor (Davies, 2015: 4).

Muhtemelen en çok bilinen karanlık fabrika üretim tesisi Japonya'da **FANUC**'dur. Japonya'daki FANUC (faktör otomatik sayısal kontrol) tesisi, 22 fabrikadan oluşan bir komplekste, robotların bir ortamın dışında çalıştığı karanlık bir fabrikanın örneğidir. Robotlar insan eli değmeden başka robotlar üretiyorlar ve haftada yedi gün 24 saat çalışıyorlar (Wheeler, 2015).

2.2.11. Öngörücü Bakım

Tayland'daki **Srinagarind Hastanesi**, operasyondaki pahalı hataları önleyerek bakım maliyetlerini neredeyse %50 oranında azaltmayı başardı.

Volkswagen fabrikalarda makine duruşlarında %15 'lik bir iyileşme gerçekleştirdi. Tahmine dayalı analitikler, kesintilere neden olan bazı bileşenlerin başarısızlığını öngördü.

Abu Dabi'deki **Tarkreer petrol rafinerisi** önleyici bakımını geliştirdi. Planlanmamış arıza süreleri %3-5 oranında azaldı. Tahmini varlık yönetimi ile envanter %10-20 azaltılabilir (Bloem ve diğerleri, 2014: 27).

KIANA Systems, Almanya merkezli Büyük Veri analitiği, Veri Madenciliği ve Makine Öğrenme teknolojileri alanında lider şirketlerden biridir. KIANA firmaların Nesnelerin İnterneti platformu oluşturmalarına ve endüstriyel uygulamalar için özel veri analizleri ve Makine Öğrenimi yazılım çözümleri geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Örneğin KIANA hapları sınıflandıran ve ilaçları kişiselleştiren en verimli fabrikalardan birinin kurulmasına yardımcı oldu. KIANA 12.000'den fazla farklı ürün satan bir sanayi şirketi için gerçek zamanlı optimal bir fiyatlandırma çözümü geliştirdi. KIANA, kapsamlı satış verilerini analiz etti ve kendi kendine öğrenen gerçek zamanlı bir fiyatlandırma modeli geliştirdi. Sonuçta önemli bir kar artışı, daha rekabetçi fiyat ve daha yüksek satış yapma olasılığını arttırdı (Lueth, 2016: 37).

Deutsche Bahn AG Almanya'nın demir yolu şirketi ve Siemens yüksek hızlı tren filosu için öngörücü bakım sağlamak amacıyla 12 aylık bir proje başlattı. Filolardan alınan veriler, Münih'teki Siemens mobilite merkezinde sürekli olarak analiz edilecek ve mevcut teşhis verilerini destekleyecek. Bu bakım ekibinin yaklaşmakta olan arıza veya problemi, hatta bu problemin kaynağını önceden tespit etmesini sağlayacak. Bu sayede uzman teknisyenler Deutsche Bahn'ın kendi teknisyenlerine hatayı düzeltmek için gereken önlemleri söyleyecekler.

Öngörücü bakımın bir başka iyi örneği de **ThyssenKrupp'** dir. ThyssenKrupp, asansörlerinin tamire ihtiyacı olduğunda uyarı göndermesi için CGI (Computer-generated imagery) ve Microsoft Azure ile ortaklık kurdu. Öngörücü bakım sistemi herhangi bir asansör fonksiyonunu kaybetmek üzere olduğunda uyarılar gönderir ve hatta teknisyenlere hata alanlarını da öğretir (Nagarajan, 2017).

2.2.12. Yönlendirici Bakım (Prescriptive Maintenance)

Diğerlerinde olduğu gibi sağlık alanında da öngörücü bakımdan daha çok yönlendirici bakım daha çok ön plana çıkmaktadır. Tahminler sadece hastanın sağlık problemlerini çözmeyeceğinden dolayı tahminlerin yanı sıra ilgili verilerin yorumlanmasını sağlayan ek bir adım ve olası tedavi prosedürleri de analizi yararlı kılmaktadır. Bu ek adım olası tedavi yöntemleri ile birlikte kanıt destekli nedenlerin belirtildiği Yönlendirici Bakımdır. Bu yaklaşım bir sağlık uzmanı olan ancak hızlı ve acil çözümlere ulaşabilmek için veri teknolojilerinde yeterli beceriye sahip olmayan tıbbi uygulayıcıya anında fayda sağlar (Ghosh, 2017).

Yönlendirici analizde (prescriptive analytics) **Ayata** lider konumundadır. Patentli yazılımlarını kullanarak, ne olacak, ne zaman olacak ve daha da önemlisi neden olacak gibi tahminlerde bulunmak için hibrit verileri işleme yeteneğine sahiptir. Daha sonra karar vermeyi geliştirmek ve problemleri ortaya çıkmadan çözmeye yardımcı olmak için bu bilgiyi kullanırlar. Sadece gelecekteki sonuçları öngörmekle kalmaz, aynı zamanda farklı karar seçeneklerini ve bu seçeneklerin etkisini de belirlerler (Datafloq, yıl yok).

2.2.13. Yapay Zeka

Princeton, New Jersey'deki **Siemens** araştırmacıları, yapıları ve yüzeyleri yazdırmak için işbirliği içinde çalışabilecek prototip örümcek benzeri robotlar geliştirdiler ve böylece uçakların gövdeleri ve gemilerin gövdeleri gibi büyük ölçekli karmaşık yapıların üretimini potansiyel olarak hızlandıracaklar. Otonomi, diğer örümcek davranışlarının da merkezi bir parçasıdır. Pilleri yaklaşık iki saatten az olduğunda, örümcek verilerini henüz yeni şarj edilmiş olan başka bir örümceğe iletmeden önce bir şarj istasyonuna geri dönüş yolu bulmaya çalışır ve bu da ikinci örümceğin şarjı azalmış olan birinci örümceği tam olarak nereden alması gerektiğine olanak sağlar. Ayrıca, örümcekler bir engelle karşılaştıkları zaman otomatik olarak etraflarındaki yolu bulurlar (Pease A., 2017).

Siemens Corporate Technology (CT) tarafından geliştirilen yapay zeka (AI) tabanlı sinir ağı sayesinde, şirketin amiral gemisi gaz türbinindeki yanma süreçleri sürekli olarak optimize ediliyor. Süreçler, yakıt valflerinin devamlı olarak nasıl ayarlanacağını, optimize edilmiş yanma ve azaltılmış emisyon ve aşınmanın nasıl sonuçlandığını öğrenir. Siemens'in Enerji Üretim Hizmetleri Bölümü şimdi en büyük

ve en modern sabit Siemens gaz türbini için müşteri uygulamasında ortaklaşa geliştirilen teknolojiyi ilk kez kullanıyor. İşlemleri Yapay Zeka ile geliştirilebilen Siemens müşterileri tarafından yönetilen bu tür karmaşık sistemlerin sayısı göz önüne alındığında, etkinliği artırma potansiyeli çok büyüktür (Aschenbrenner, 2017). Siemens hacker grubu, daha yapılandırılmış bir ortamda geliştirmesi aylar süren yapay zeka (AI) gösterileri geliştirdiler. İki takımdan biri “Küçük (Gömülü) Cihazlarda Yayınlamış Derin Öğrenme” üzerine odaklandı. "Takımın demosu ne kadar derin sinir ağ mimarilerinin yaygınlaştırılmış öğrenmeyi küçük cihaz kümeleriyle destekleyebileceğini gösteriyor. Hackathon'un diğer takımı “ Fiziksel Sistemlerle Simüle Edilen Sanal Gerçeklikte Yapay Zeka” üzerine odaklandı. Takımın gösterisi, rüzgar parkları gibi karmaşık tesislerdeki problemleri nasıl tahmin edeceğinizi öğrenmek için dronlar gibi akıllı araçları eğitmek amacıyla sanal gerçeklikteki fiziksel sistemleri simüle etmek amacıyla tasarlandı. Kazanan takım 10,000 € 'luk bir çeki sahip olurken, diğer takımlardan her biri 7.500 euro değerinde bir çek kazandı (Pease, 2016).

2.2.14. Sensörler

Yakın zamanda **Mercedes-Benz** başarılı ticari araç üreticisi olan Daimler Trucks için Endüstri 4.0 hiper bağlanabilirlik ve dijital teknolojiler kavramlarını kullanan bir kamyon montaj hattı inşa etti. Üretim hatları, malzeme akışını kolaylaştırmak için bir dizi sensörden, özellikle forkliftlerde bulunan ışık sensörü teknolojisinden oluşuyor. Üretim verimliliğinde %15'lik bir iyileşme ile Mercedes-Benz, Endüstri 4.0'ın konseptlerini tüm ana montaj gruplarının üretim süreçlerine genişletmeye karar verdi.

Nokia, tedarik zinciri boyunca dijitalleşmeyi güçlendirmek için fabrikalarda zaten bir Bilinçli Tedarik Ağı konsepti uyguluyor. 2015 yılında Nokia tedarik zinciri yönetimi ödülünü kazandı. Endüstri 4.0'ın tedarik zincirlerinde uygulanması büyüyor ve tedarik zincirindeki sensörlerin benimseme oranları tahmin edilebilir bir biçimde artıyor. Endüstriler Endüstri 4.0 ile akıllı üretime doğru ilerlerken, optimize edilmiş lojistik ve verimli tedarik zincirine olan ihtiyaç artan bir gereklilik haline geliyor (Neva,2018).

Akıllı üretim, üreticilere, birden çok süreç zincirindeki üretim sisteminde her bir noktada nelerin meydana geldiğini izlemek ve üretim sürecini optimize etmek

için gerçek zamanlı ayarlamalar yapabilme fırsatı sunmaktadır. Bu her bir üretim makinesinin ve tehzizatın operasyonel durumunun gerçek zaman bilgisinin bilinmesi, robotların ve diğer üretim ekipmanlarının hızlı bir şekilde yeniden programlanabilmesi veya yeniden yapılandırılabilmesi ile mümkündür. Ancak bunların birçoğu üretim ekipmanlarının akıllı hale getirerek, sensörler ve Nesnelerin İnterneti ile aracılığıyla birbirine bağlayarak başlamaktadır. Bu bağlamda, akıllı üretim, otomotiv endüstrisindeki üretim süreçlerini hızlı bir şekilde dönüştürmektedir.

General Motor nem veya rutubet koşullarını izlemek için sensörler kullanıyor. Çevresel koşullar elverişsiz ise, araç veya parça tesis içinde başka bir yere taşınabilir veya gerektiğinde havalandırma sistemleri devreye sokulabilmektedir (Manyika ve diğerleri, 2015: 68). Benzer şekilde, Harley Davidson motosiklet boyama alanlarında fan hızları izleniyor ve fanların çevresel dalgalanmalara göre algoritmik olarak ayarları yapılmaktadır (Hagerty, 2013).

2.2.15. Akıllı Fabrikalar

Trumpf (Almanya), yüksek teknoloji makine aletleri ve dünya genelinde kullanılan metali şekillendirmek için lazerli kesme makinelerinde lider konumundadır. Ancak son zamanlarda Endüstri 4.0' da nesnelerin interneti, makine öğrenimi ve Akıllı fabrikaları kapsayan bir öncü oldu. Stuttgart yakınlarındaki Ditzingen'de, sensör donanımlı bir atölyede çalışanlar, akıllı telefonlarında bulut mesajlarıyla talimatlar aldıktan sonra bir projeden diğerine geçiyor. Birisi bir dizi malzemeyi taşıdığında, QR kod taraması görevin tamamlandığını gösterir. Trumpf, bu görevlerin dijitalleşmesinin verimliliği %10 ila %20 arasında artıracak kadar kesinti süresini azalttığını ifade etmektedir (Müller ve Thieme, 2017).

Gerçek dünyadaki akıllı fabrikanın başka bir örneği de uçak üreticisi **Airbus**'tır. Airbus geleceğin fabrikası olarak tanımladıkları şeyi yaratmak için National Instruments ile birlikte çalışıyor. İlk aşama olarak hataların, boşa harcanan zamanın ve malzemelerin azaltılması ve yalın bir üretim konseptini hedeflenmektedir. Tasarruflar işçilere görevlendirildikleri iş ile ilgili gerçek zamanlı olarak iş başı toplantıları ([toolbox talks](#)) yapılarak sağlanır. Bu iş başı toplantıları çalışanın mobil cihazına talep üzerine çevrimiçi olarak gönderilir. Bu, çalışanların tam olarak neyin gerekli olduğunu bilmelerini ve doğru araçları kullandıklarını ve

herhangi bir zamanda hangi adımları atmaları gerektiğini tam olarak bilmelerini sağlar. Bu eğitim teknolojisininin endüstriyel bakımda birçok kullanım örneği mevcuttur ve yüksek vasıflı ve tecrübeli bakım mühendislerine sahip olmanın maliyetlerini azaltmaktadır. Üretimde yaygın olan başka bir senaryoda ve robotların çok iyi olmadığı bir şeyde, akıllı aletler cıvataları sıkma için kullanılan tork miktarını tespit eder. Cıvataları aşırı sıkma veya az sıkma mazlemelerde meydana gelen hataların yaygın nedenidir. Ancak akıllı araçlarla çalışanların doğru tork seviyesini uygulamasına aynı zamanda mühendislerin verileri analiz etmesine ve görevin doğru bir şekilde yapılıp yapılmadığını belirlemesine olanak sağlar (Gilchrist, 2016: 224).

Amberg'deki (Almanya) **Siemens** elektronik tesisi, ürün yönetimi, üretim ve otomasyon sistemlerinin entegre edildiği son teknoloji ürünü bir akıllı fabrikada özel Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC'ler) üretiyor. Akıllı makineler, yaklaşık 50.000'den fazla farklı seçenekle 950 ürünün üretimini ve dağıtımını koordine ediyor, bunun için 250 tedarikciden yaklaşık 10,000 malzeme tedarik ediliyor. Akıllı makineleri, zengin bileşenli veri ve çalışanlarla birleştirerek, inovasyon döngüleri kısaltılabilmekte, üretkenlik artırılabilen ve kalite iyileştirilebilmektedir. Fabrika şu anda her bir milyon üründe sadece 12 adet kusurlu ürün (1989'da 500'e karşı) üretiyor ve %99 luk bir güvenilirlik oranına sahiptir (Davies, 2015: 4).

Japon makine üreticileri, insan müdahalesi olmaksızın haftada yedi gün, günde 24 saat otomatik olarak çalışabilen eksiksiz bir öğütme süreci geliştirdi. İşlem otomatik olarak kesme takımlarını seçebilir ve gerektiğinde değiştirebilir. Malzemeler, herhangi bir atılan metali toplayan sistem ile otomatik olarak tedarik edilir. Her işlem iPad tipi tabletlerde görüntülenir. Sürekli iyileştirme sistemi (Kaizen, Japonca çok sevilen) bile, üretim esnasında makine tarafından oluşturulan uyarı raporlarına dayanan yazılım sayesinde otomatikleştirildi. Operatörler sadece hattı denetlemek ve yüksek katma değerli görevleri gerçekleştirmek için görev yapmaktadır. Tamamen otomasyonlaşma süreci iki katına çıkarak üretkenliğe ve otomatik Kaizen sisteminin tekrar iki katına çıkmasına neden olmaktadır (Roland Berger, 2016: 7).

2.2.16. Dijital İkiz

21. yüzyılın başına kadar, herhangi bir endüstriyel ekipmanın durumu hakkında ayrıntılı bilgi elde etmenin tek yolu, fiziksel olarak yakın olmak ve bunu denetleme kabiliyetine sahip olmaktı. Günümüzde, artan bilgi, işlem gücü ve bağlanabilirlik, herhangi bir üretim ekipmanı parçasının, herhangi bir fabrikanın veya motorun dijital bir yansımasını oluşturarak bu görevi sanallaştırmayı mümkün kılıyor. Dijital ikizin nihai hedefi ekipmanınızı dijital ortamda oluşturmak, test etmek ve inşa etmektir. Bu işemde gereksinimler yerine geldiğinde fiziksel dünyaya geçiş sağlanmaktadır. Bura da, fiziksel ikizlerin, sensörler vasıtasıyla dijital ikizlere geri bağlanması amaçlanmaktadır. Böylece dijital ikiz fiziksel yapıyı inceleyerek tüm bilgiye ulaşılacaktır (NASA'nın önde gelen üretim uzmanı John Vickers'ın anlatımı). Dijital ikiz konseptinin bazı unsurları endüstride zaten mevcuttur. Örneğin, CAD 3D modelleri, farklı parçaların hem statik hem de dinamik olarak birbirine uymasını sağlamak için kullanılacak zengin ve doğru dijital gösterimlerdir. Üretim simülasyonları, sanal tasarımların mevcut makineler kullanılarak gerçekten yapılabileceğini de belirleyebilir. Son olarak fiziksel varlıklardaki sensörlerden gelen gerçek zamanlı bilgiler dünyanın neresinde olursanız olun işletmenin herhangi bir ürünün durumunu tam olarak bilmek için kullanılır.

General Elektrik şu anda her bir rüzgar tribününün tedarik ve inşaat öncesinde yapılandırılmasını bildirmek için kullandığı "dijital rüzgar çiftliği" konseptini yönetiyor. Çiftlik kurulduktan sonra her bir sanal tribün fiziksel eş değerinden veri ile besleniyor ve yazılım tribüne özgü torku ve bıçakların hızı gibi parametreleri ayarlayarak fabrika düzeyinde güç üretimini optimize etmeyi sağlıyor. Bu sayede verimlilikte % 20 lik bir artış hedeflenmektedir.

Benzer şekilde elektrikli aletler üreten **Black & Decker**, malzemelerin ve montaj hatlarının dijital ikizlerinin olduğu bir fabrika kurdu. Bu sayede fabrika işgücü kullanımında %12 üretilen iş hacminde ise %10 artış gerçekleştirdi (GE Look ahead, 2015).

2.2.17. Akıllı Bağlantılı Ürünler

Onarım ihtiyacı olan bir **Tesla** aracı düzeltme yazılımını otomatik olarak indirebilir veya bir davetle valenin arabayı alıp Tesla tesisine bırakmasını müşteriye bildirim olarak gönderebilir.

Festo çalışanları ergonomik olarak dezavantajlı olan montaj görevlerini üstlenen esnek bir robotla güvenli bir etkileşim içinde işbirliği yapmaktadırlar. Bütüncül bir enerji şeffaflığı sistemi fabrikadaki tüm enerji akışlarının ve tüketiminin gelecekte izlenebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca servis mühendisleri için, her zamanki araçlarının yanı sıra, tablet başlıca çalışma aracını temsil ediyor. Bir uygulamanın yardımıyla, makine arızaları mümkün olan en kısa sürede ve doğrudan yerinde tespit edilerek düzeltilebilmektedir (Festo, 2018).

Makine ile Makine iletişimi sayesinde bir daha asla bavulunuzu kaybetmeyeceksiniz. Bu bağımsız olarak veya kombinasyon halinde uygulanabilen iki yenilik sayesinde mümkün oluyor: eTrack ve eTag. Bavul üreticisi **Samsonite**, sınırlı sayıda üreteceği bir bavula her ikisini de entegre etmeyi planlıyor. Her zaman bagajınızın nerde olduğunu biliyor olacaksınız. eTrack, yolcunun seyahat çantasına yerleştirdiği bir cihazdır. Bagaj dünyanın her yerinde gps ve gsm ile bulunabilir. E-Track, uçaklarda gsm ve radyo sinyallerini yöneten tüm kriterleri karşılayan patentli bir Otomatik Uçuş Modunu kullanır. Bagajı yolcunun akıllı telefonuna Bluetooth üzerinden bağlayabildiği için ayrıca hırsızlığı da önlemeye yardımcı olur. E-Tag ise, çevrimiçi check-in sırasında uçuş bilgileriyle birlikte uygun bir barkod atanabilen iki e-mürekkep ekranlı elektronik bir bagaj etiketidir. Bu sayede yolcu hem bagaj etiketini hem de biniş kartını önceden ayarlayabilir. Bu bagaj tesliminde bekleme sürelerini azaltırken işlem hızını ve verimliliğini de artırır. Yolcu ve uçuş bilgileri dahili bir çipte saklanmaktadır (Bloem ve diğerleri, 2014: 30).

IBM Watson gibi bir süper bilgisayar, tüm verileri kullanabilir ve doktorlara, konu ile ilgili bilgileri verebilir. Daha iyi teşhis bilgilerine erişmelerini sağlayabilir. Bu bilgisayar, onkologların kanser hastalarını desteklemelerine yardımcı olmak için 2013'ten beri New York'taki Memorial Sloan-Kettering Kanser Merkezi'nde kullanılmaktadır. IBM'e göre, bu bilgisayar verileri tarayabilir ve birkaç dakika içinde ilaçlar önermek için klinik bulgu ve tıbbi literatürün yanı sıra değişikliklere dayanan bir rapor hazırlayabilir. IBM, bu sürecin normalde doktorlar tarafından yapıldığında bir hafta sürdüğünü söylemektedir (Heathman, 2017).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

REKABET GÜCÜ AÇISINDAN ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRKİYE

3.1. ENDÜSTRİ 4.0'IN DÜNYADAKİ DURUMU VE REKABET GÜCÜ

Dördüncü endüstri devrimi büyüme ve rekabet gücününün itici güçlerini değiştirerek ekonomik görünümü yeniden şekillendirmektedir. Artık sadece verimlilik ve maliyet azaltarak ekonomik başarıyı yakalamak mümkün değildir. Yenilik, esneklik ve değişime uyum daha önemli konular haline gelmiştir. Değişimi, yeni fikirleri, yöntemleri veya ürünleri daha hızlı bir şekilde benimseyen ekonomiler diğerlerine göre avantaja sahip olacaklardır. Bu nedenle fırsatları yakalamak ve yeniliklerden yararlanmak her ekonominin büyümesini ve gelişmesini hızlandıracaktır (Schwab, 2018: 9). Peki küresel rekabet gücü neden önemlidir? Çünkü ülkelerin sahip oldukları rekabet gücü daha yüksek yaşam standartlarına katkıda bulunmakta ve daha geniş toplumsal hedefler için ihtiyaç duyulan kaynakları üretmektedir (Nusca, 2018).

Geleneksel üretim araçları ve yöntemleri Dördüncü Endüstri Devriminin gelmesiyle birlikte yüksek verimlilik ve özelleştirilmiş ürün talebinin yarattığı baskıdan dolayı ortadan kalkmaktadır. Firmalar mevcut seri üretim ve maliyet tasarrufu sağlayan üretim şekillerini entellektüel, bilgilendirici, dijital ve otomatik üretim şekliyle değiştirmek mecburiyetindedirler. Geleceğin endüstriyel üretiminde akıllı bağlantılı ve esnek fabrikalar baskın olacaktır. Akıllı üretim sistemlerinin kullanımı ile işletmeler artan verimlilik ve esneklik ile büyük ölçekli kişiselleştirilmiş ürünleri üretebileceklerdir. Bu ise, ürünleri pazara sunmak için düşük maliyet ve hız sağlamakta, aynı zamanda işletmelerin üretim sürecinde belirsizliği asgariye indirmelerini sağlamaktadır. (Guoping ve diğerleri, 2017: 633-634).

Dördüncü endüstri devriminin getirdiği ileri teknolojiler, kişiselleştirilmiş üretimin ve tüketimin yanı sıra çevrimiçi ve çevrimdışı ağların entegrasyonunu da

etkilemektedir. Hızlı değişimlerle karşı karşıya kalan firmalar inovasyon yeteneğini artırmak, üretim performansını iyileştirmek ve ağ verilerinin güvenilirliğini garanti altına almak için sahip oldukları üretim sistemlerini bir üst seviyeye tırmandırmak zorundadırlar. Rekabetin yoğun olduğu bir ortamda, firmalar rekabet felsefelerini değiştirmelidirler. Firma rekabet gücünü artırmak için üretim, lojistik ve tüketimi organize etmek zorundadır (Guoping ve diğerleri, 2017: 633-634). Katma değer nedeniyle, dijitalleşme ekonomik ilişkileri yeni bir boyuta taşıyor ve ekonomik teorileri, iş modellerini ve rekabetçi ortamı değiştirmektedir. Endüstri 4.0'ın yüksek teknolojik dijital ortamı, değer zinciri ve katma değer zincirinin eş zamanlı yatay ve dikey entegrasyon ve otomasyonunu sağlamakta ve tüketiciyi üretim sürecine dahil etmesinin yanısıra kaynakların kıtlığı sorununun da üstesinden gelmektedir. Bu dijital üretim ileri teknoloji ortamında marjinal fayda teorisi gerçekliğini ortadan kaldırmakta ve yeniliklerin, katma değer artmasına odaklanmaktadır (Topleva, 2018: 37).

Dijital simülasyonlar yenilikçi ürünün icadından o ürünün üretim sürecinde uygulanmasına ve piyasaya sunulmasına kadar geçen süreyi kısaltır. Ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında tüketici katılımı üretici ile müşteri arasındaki ilişkileri de dönüştürmektedir. Müşteriler Endüstri 4.0'ın dijital üreticinin yardımcısıdır. Tüketici isteklerinin üretim sürecine doğrudan entegrasyonu, seri üretimi ortadan kaldırmıyor değiştirerek kitlesel özelleştirme kavramının ortaya çıkmasına neden oluyor. Tüketici tercihlerinin dijitalleşmesi ve kişiselleştirilmesi tüketici seçiminde sonsuz bir artışa yol açıyor (Topleva, 2018: 40). Ürün inovasyonuna ve üretim sürecine tüketicinin katılması katma değer kaynağıdır. Başka bir konu ise tüketicinin yaptığı tercihleri dijital değer zincirinde görselleştirebilmesidir ki bu da tüketicinin tatmin derecesini artırmaktadır. Tüketici sipariş ettiği ürünü gerçek zamanlı izlediği için üreticiyle arasındaki güvenin sarsılmadığı gibi üretimin görsel olarak somutlaştırılması da tüketici tatmin düzeyini artırıyor. Diğer taraftan tüketicinin ürün yaşam döngüsünün her aşamasına dahil edilmesi pazarlama araştırması ve ürün tanıtımını geliştirmek için harcanan zaman, kaynak ve maliyetleri azaltarak şirkete katma değer sağlamaktadır. Endüstri 4.0 sadece kurumsal olarak gelişmeyi sağlamakla kalmayıp müşteri istek ve ihtiyaçlarına odaklanarak sektördeki rekabet alanlarını yeniden tanımlayabilme potansiyeline sahiptir. Endüstri 4.0 katma değeri artırarak ve müşteri refahını maksimize ederek geleneksel rekabet modellerini

değiştirmektedir. Değer anlayışındaki değişim, fiyat, kalite, satış ve satış sonrası hizmetlerdeki rekabeti ortadan kaldırmaktadır. Endüstri 4.0'daki geçerli rekabet modeli, inovasyon kapasitesi ile doğru orantılıdır. Dijital değişim çağında şirketlerin uzun vadeli rekabet gücü esnekliği, verimliliği, iletişimi, bilgi ve zekayı artırmanın bir işlevidir (Gabriel and Pessl, 2016: 133).

Şirketlerin piyasa faaliyetlerinin verimliliğini artırmak ve dijital dönüşüm çağında kendi rekabet avantajlarını oluşturmaları için ilk olarak işletmelerin kendi gerekliliklerini tanıması ve onları tedricen karşılamaya başlaması gerekmektedir. Bu süreçteki ilk adım ise Endüstri 4.0'ın özgünlüklerinin ve gereksinimlerinin anlaşılması ve tespit edilmesi olmalıdır. Adamık ve Nowicki şirketler açısından rekabet avantajı yaratmayı dört adımda incelemektedirler. Onlara göre birinci adım ilk olarak Endüstri 4.0'ın gereksinimlerinin tespit edilmesidir. İkinci adım işletmelerin bu gereksinimleri araştırması ve karşılama hazırlıkları ve Endüstri 4.0'a özgü araçların nihai olarak uygulanması sürecindeki faaliyetlerdir. Üçüncü olarak endüstrilerin rekabet dünyasında başa çıkmaları için dijital dünyayla ilişkili çözümlerin ortalama dereceden daha fazla uygulanması etkin bir şekilde baş edebileceğini göstermektedir. Son olarak ise bir şirket ticari faaliyetlerinde Endüstri 4.0'a özgü araçların kullanımında uzun vadeli, çok yönlü, güçlü katılıma sahipse söz konusu şirketin bu zorlu çağda rekabet etmeye hazır olduğunu söylememiz mümkündür (Adamık ve Nowicki, 2018: 11-13). Peter (2016) ise, Dördüncü Endüstri Devrimindeki rekabet gücünün, eğitim yoluyla beşeri sermayenin yükseltilmesi, araştırma geliştirme ile inovasyonun uygulanmasından kaynaklanan teknolojik gelişmeler ve endüstriyel üretim gelişiminin eko verimliliği gibi üç ana faktör tarafından belirleneceğini söylemektedir (Peter, 2016: 13).

Endüstri 4.0 son derece otomatik üretim süreçlerinin kullanılmasıyla düşük üretim maliyetlerinin nispeten yüksek bir ürün farklılaştırılması ile birleşirmenin bir yoludur da. Bu yukarıda bahsettiğimiz Porter'ın rekabet avantajı konusundaki görüşüyle çelişmektedir. Porter bir üreticinin rakiplerine kıyasla hem daha düşük maliyetli hemde farklılaştırılmış ürün üretmesinin imkansız olmadığını ancak maliyetli olduğu söylemektedir. Ona göre firmaların sahip olacağı iki temel rekabet avantajı vardır: *düşük maliyet* ve ya *farklılaştırma*. Eğer firma rekabet avantajı sağlamak istiyorsa bu iki stratejiden birini seçmek zorundadır. En kötü strateji hatası eşzamanlı olarak bütün stratejileri takip etmeye çalışmaktır. Bu stratejileri aynı anda

takip etmek bir firmanın kendi içindeki çelişkilerinden dolayı bunlardan hiç birine ulaşamayacağı anlamına gelir. Dördüncü Endüstri Devrimi var olan bu teoriye yeni boyut kazandırmaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde düşük maliyetli ve farklılaştırılmış ürün üretmek mümkündür ve bu artık Porter'ın ifade ettiği gibi üretim maliyetlerini artırmamaktadır. Yani bir firmanın Endüstri 4.0'a geçtiğinde yukarıda bahsi geçen her iki stratejiyi eşzamanlı olarak benimsemesi rekabet gücünü olumsuz bir şekilde etkilemeyecektir. Bu bağlamda Endüstri 4.0 adı altında rekabet kavramı tartışmaya açık bir konudur.

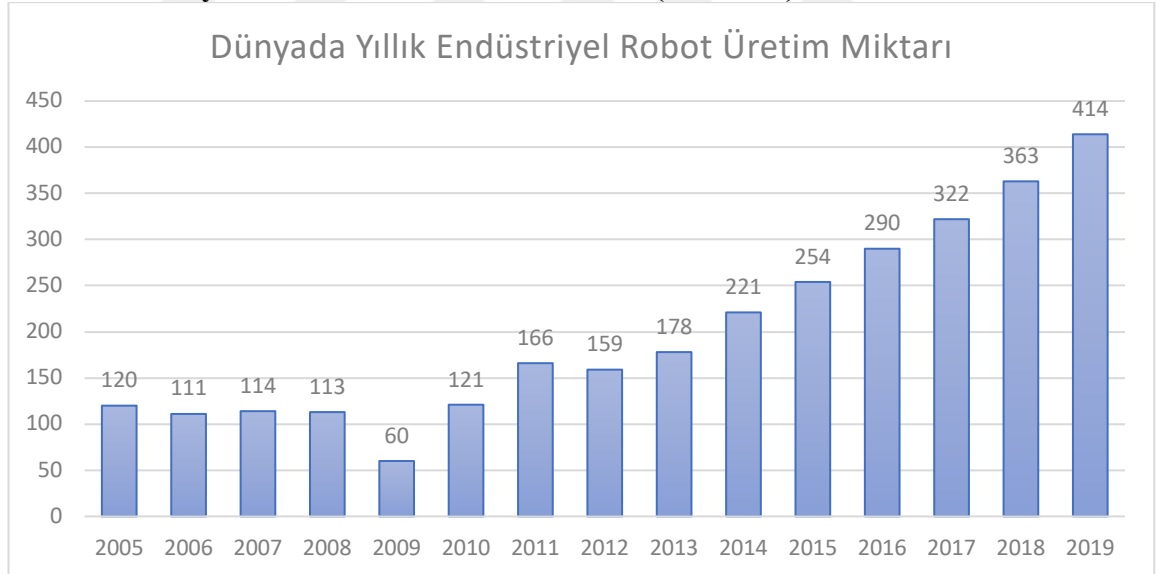
Küreselleşme hızının artmasıyla birlikte şirketlerin üretimlerini tüketici talebine göre uyarlamaları gerekmektedir. Bu ise üretim sürecinin seri üretimden kişiselleştirilmiş üretime dönüşmesi demektir. Maliyetlerin düşürülmesi Endüstri 4.0'ın getirdiği birçok faydadan biridir. Bunun yansısı Endüstri 4.0'da ürün kalitesini artırma, üretimi en üst düzeye çıkarma, önleyici bakım (preventative maintenance), arıza süresini azaltma gibi yeni teknolojiler yer almaktadır (TIBCO, 2017: 1). McKinsey'in yaptığı bir araştırmaya göre büyük veri ve geliştirilmiş veri analitiği sayesinde üretim hacminde yüze 20 ila 25'lik bir artış, üretimde meydana gelen arıza ve kesinti sürelerinde ise yüzde 45'e kadar bir azalma olabilir (McKinsey & Company, 2015: 11). Üretim sürelerinde kısalma arıza ve kesinti sürelerinde azalma firmaların rekabet gücü üzerinde olumlu etkilerle sonuçlanmaktadır. Endüstri 4.0 çağında rekabetçi kalabilmek için üreticilerin bu dönüşümü hızlı bir şekilde benimsemesi gerekmektedir. Hızlı ilerleme kaydeden üreticiler çeşitli rekabet avantajlarına sahip olacaklardır. Endüstri 4.0 özellikle üretilen ürünlerin nasıl tasarlandığını, yapıldığını ve servis edildiğini hızla değiştirmek için önemli bir iş fırsatı sunmaktadır (Graney, 2017: 4).

PwC'nin 26 farklı ülkede 2000 den fazla katılımcı ile gerçekleştirdiği anket çalışmasında elde edilen verilere göre Endüstri 4.0 rekabet ortamını kısa bir süre içinde değiştirme potansiyeline sahiptir. Eğer beklentilerin yarısı dahi gerçekleşirse bazı şirketlerin rekabet edememe durumu söz konusu olacaktır. Giderek artan rekabetçi ortamda hiçbir sanayi şirketi rakiplerine karşı verimlilikte kaybetmeyi göze almayacağından takip eden iki ila üç yıl bu şirketler açısından çok önemli olacaktır (PwC, 2016: 14). Dolayısıyla Dördüncü Endüstri Devrimi 'nden faydalanmak isteyen şirketler ve ülkeler için rekabetçilik faktörünün öncelikle teknolojik gelişmişlik ve yenilikçilik önlemleriyle bağlantılı olduğu söylenebilir.

Gelişmiş teknolojiler küresel üretim rekabetçiliğini giderek daha çok desteklemektedir. 21. yüzyılın önde gelen üreticileri Endüstri 4.0 kapsamında gelişmiş yazılımların, sensörlerin, büyük miktarda veri ve analitiğin bir araya geldiği daha yakından bağlantılı müşteriler, tedarikçiler ve üretim ile sonuçlanması beklenen gelişmiş donanımın bulunduğu dijital ve fiziki ortamları tam olarak bir araya getirmektedir. Öngörücü Bakım, Nesnelerin İnterneti, Akıllı ürünler, Akıllı Fabrikalar ve Endüstri 4.0'ın sahip olduğu diğer ileri teknolojiler gelecekte rekabet gücü için kritik öneme sahip olacaktır. Bu nedenle ileri üretim teknolojileri rekabet gücünün belirleyicileri konumundadır.

4. Sanayi devrimi ile birlikte siber-fiziksel ve dinamik veri işlemeye dayalı üretim yapılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte otomasyonun önemi artmış ve robot üretimleri giderek hızlanmıştır. Uluslararası Robotik Federasyonunun verilerine göre 2020 yılı sonu itibariyle üretim sektöründe hizmet veren robot sayısının 3 milyona yaklaşacağı beklenmektedir(Wyatt, Bieller, Müller, Qu, & Song, 2019).

Grafik 3: Dünyadaki Robot Üretim Miktarları (Bin Adet)



Kaynak: <https://ifr.org/free-downloads/>

Yukardaki Grafik:3 incelendiğinde 2008 dünya krizinin olumsuz etkisi neticesinde 2009 yılında robot üretim miktarının bir azalma meydana gelmesine rağmen yıllar itibariyle bakıldığında sürekli olarak bir artış gözlemlenmektedir. 2019 yıl sonu itibariyle 414 bin robot üretimi gerçekleşmiştir. Bu rakamlar ise günümüzde endüstri 4.0'ın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

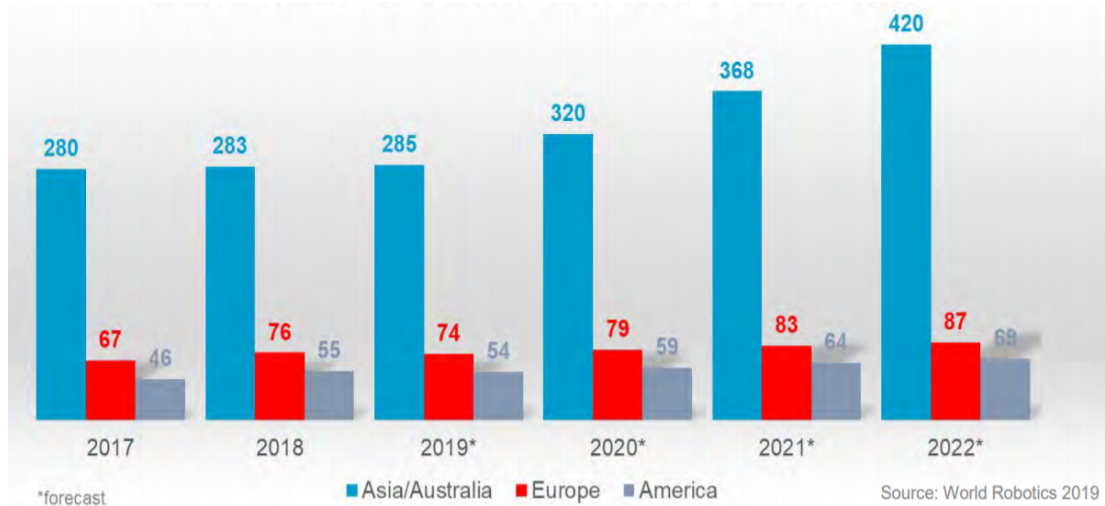
Grafik 4: Dünya Genelinde İşletmelerde Mevcut ve Tahmini Robot Üretim Miktarı



Kaynak: Wyatt, Bieller, Müller, Qu, & Song, 2019

Grafik 4 incelendiğinde ise 2013 yılında yaklaşık 1 milyon 300 bin robot dünya genelindeki işletmelerde üretilirken 2018 yılı itibariyle bu rakam 2 milyon 750 bine yaklaşmıştır. Bu rakamlar gerçekleşen rakamlardır. 2022 tahmini rakamına bakacak olursak dünya genelinde işletmelerde yaklaşık olarak 4 milyon robot üretileceği görülmektedir.

Grafik 5: Asya/Avustralya, Avrupa, Amerika Endüstriyel Robot Üretim Miktarı

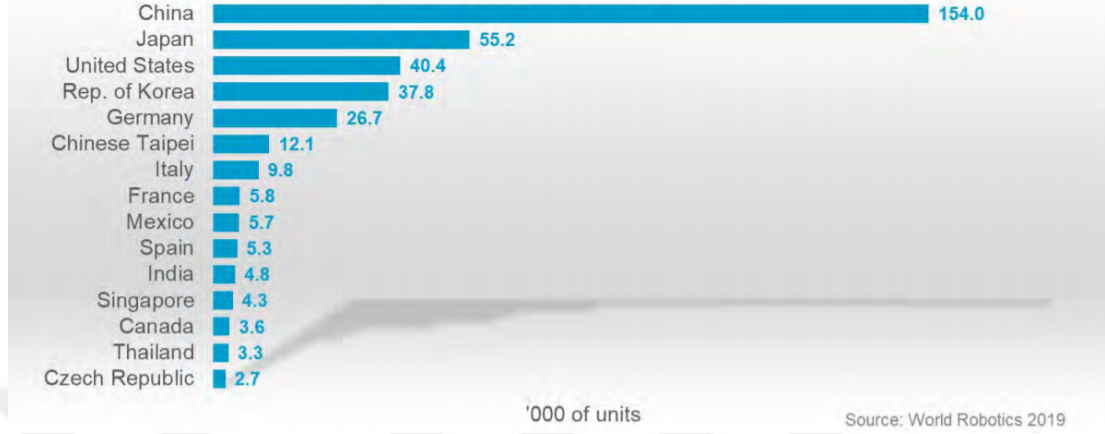


Kaynak: Wyatt, Bieller, Müller, Qu, & Song, 2019

Grafik 5 incelendiğinde lokomotif gücün Asya/Avustralya ülkesi olduğu görülmektedir. Daha sonra en fazla robot üretimin yapıldığı bölge Avrupa iken

Amerika robot üretiminde diğer bölgelere göre geri kaldığı görülmektedir. Aşağıdaki şekilde ise robot üretimi yapan ülkeler sıralamasında yer alan ilk 15 ülke verilmiştir.

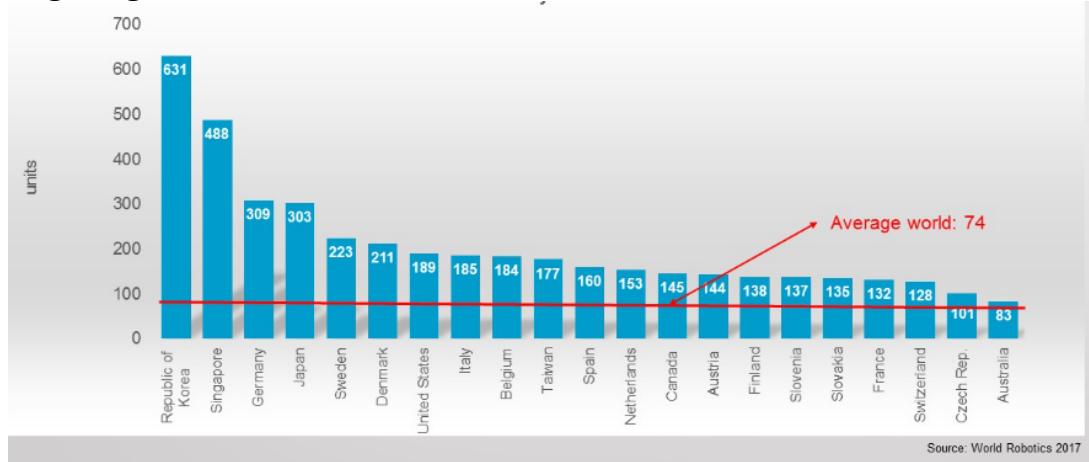
Grafik 6: Endüstriyel Robot Üretiminde Yıllık En Yüksek Üretime Sahip 15 Ülke



Kaynak: Wyatt, Bieller, Müller, Qu, & Song, 2019

Endüstriyel robot üretiminde yıllık en yüksek üretime sahip ülke Çin'dir. 2019 yılında en fazla robot satışları 5 büyük ekonomi tarafından yapılmıştır. Bu ülkeler; Çin, Japonya, ABD, Güney Kore ve Almanya'dır. Türkiye'nin ise sıralamada olmadığı görülmektedir. Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki durumu üretilen robotlar açısından inceleyecek olursak dünyanın çok gerisinde olduğunu söyleyebiliriz.

Grafik 7: İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Üzerinde Olan Ülkeler

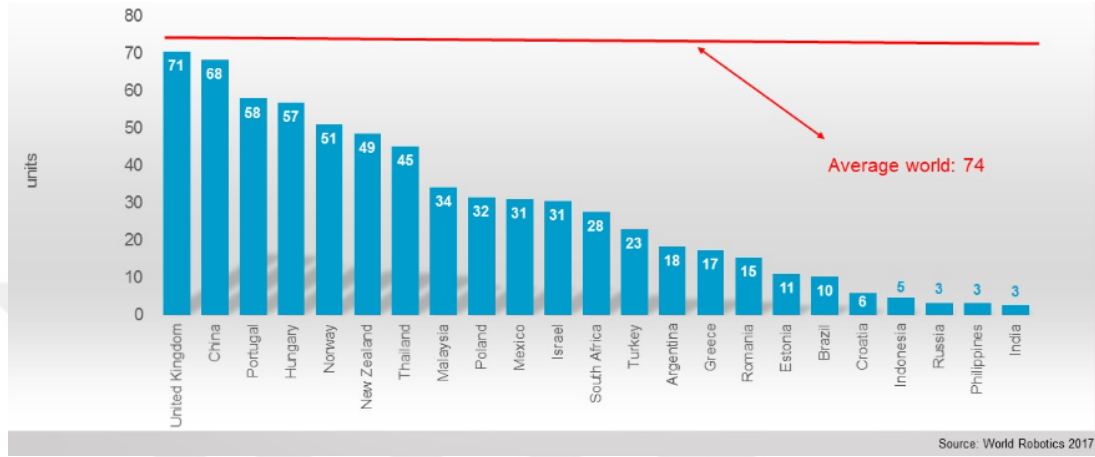


Kaynak: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

Grafik 7'de 10 bin çalışan başına endüstriyel robot yoğunluğunun üzerinde olan ülkeler verilmiştir. Ortalamanın 10 bin çalışan başına 74 robot olduğu ve gelişmiş ülkelerin birçoğunda özellikle Avrupa ülkelerinde imalat sektöründe

kullanılan esdüstriyel robot sayısı ortalamanın üzerindedir. Güney Kore ilk sırada yer alırken 2017 yılı verilerine göre Güney Kore’de imalat sektöründe kullanılan robot yoğunluğu 10 bin çalışan başına 631’dir.

Grafik 8: İmalat Sektöründe Robot Yoğunluğu Uluslararası Ortalama Robot Yoğunluğunun Altında Olan Ülkeler



Kaynak: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

Grafik 8, 10 bin çalışan başına endüstriyel robot yoğunluğunun altında olan ülkeler verilmiştir. Türkiye'nin endüstride robot kullanım rakamlarına bakacak olursak 2017 yılında 10 bin çalışan başına yalnızca 23 robot. Bu rakam ortalamanın çok çok altında olmakla birlikte bu kategoride yer alan birçok ülkeninde gerisindedir. Türkiye Endüstri 4.0'ın neresinde yer alır ? sorusunun cevabını veren bu şekil, Türkiye'nin hem robot üretiminde hem de üretimde robot kullanımında başarılı olmadığını göstermektedir.

Aşağıdaki Tablo 2 incelendiğinde, Almanya'nın ve Amerika'nın Endüstri 4.0 politikalarını uygulayarak nasıl bir iyileşme sağladığını görmemiz mümkündür. 2010 yılında 8. sırada olan Almanya Endüstri 4.0 uygulamalarını takip ederek 2016 yılında üretim endeksi sıralamasında 3. sıraya yükselmiştir (Baldassarre, 2017: 639- 640).

Tablo 2: Üretim Gücü Sıralaması

| Sıra | 2010 | 2013 | 2016 | 2020 |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Çin | Çin | Çin | Amerika |
| 2 | Hindistan | Almanya | Amerika | Çin |
| 3 | Kore | Amerika | Almanya | Almanya |
| 4 | Amerika | Hindistan | Japonya | Japonya |
| 5 | Brazilya | Kore | Kore | |
| 6 | Japonya | Taywan | Birleşik Krallık | |
| 7 | Meksika | Kanada | Taywan | |
| 8 | Almanya | Brazilya | Meksika | Birleşik Krallık |
| 9 | Singapur | Singapur | Kanada | |
| 10 | Polonya | Japonya | Singapur | |
| | | | | |
| 15 | | Birleşik Krallık | | |
| 17 | Birleşik Krallık | | | |

Kaynak: Global Manufacturing Competitiveness Index. 2016

Tablo 2’de de görüldüğü gibi Amerika yetenek ve teknolojiye yoğun yatırım yapan gelişmiş ekonomiler arasında liderliğe yükselmiştir ve rekabet gücünü artırmıştır. Amerika sıralamada 2010 yılında 4. sıradan 2013’de 3. ve 2016 da 2. sıraya yükselmiştir. 2020 yılında Amerika’nın birinci sıraya yükseleceği tahmin edilmektedir.

Dördüncü endüstri devriminde entelektüel kaynaklar firmaların rekabet gücü değişkenleri arasında başat etkenler haline gelmektedir. Entelektüel sermayenin firmaların performansı üzerindeki etkisini doğrulayan pek çok ampirik çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel bakış altında Endüstri 4.0 ‘ın rekabet anlayışı karşılaştırmalı olarak Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 3: Endüstri 4.0 İle Geleneksel Teorilerin Rekabet Gücü Açısından Karşılaştırılması

| Tanım | Geleneksel Teori | Endüstri 4.0 |
|---|--|---------------------------------|
| Rekabet avantajının orjini | Maddi kaynaklar | Entellektüel sermaye |
| Rekabet gücünü artırmaya yönelik temel değişken | Tüketiciler, tedarikçiler, ortaklar, yatırımcılar | Paydaşlar geniş bağlamda |
| Rekabet gücü seviyesi | Bölgesel, küresel olarak daha az | Ağırlıklı olarak küresel |
| Rekabet gücünü artırmaya yönelik dönemsel faaliyetler | Rakiplerin önüne geçerek endüstriye erişimde engeller yaratmak | Uzun vadeli avantajlar yaratmak |

Yukarıdaki Tablodan da görüldüğü üzere, Endüstri 4.0 rekabet gücüne yeni değişkenler eklemektedir ve rekabet avantajı sağlamanın geleneksel yapısını bilişsel olanla değiştirmektedir (Romanova ve diğerleri, 2017: 141).

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından son dönemde yayımlanan Küresel Rekabet Raporu 2018, Dördüncü Endüstri Devrimi'nin ve dijital teknolojinin etkisi ile rekabet ortamını kökten değiştirdiğinin başka bir kanıtıdır.

Tablo 4: Ülkelerin Küresel Rekabet Gücü Sıralaması

| Sıra | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | İsviçre | İsviçre | İsviçre | İsviçre | İsviçre | Amerika |
| 2 | Singapur | Singapur | Singapur | Singapur | Amerika | Singapur |
| 3 | Finlandiya | Amerika | Amerika | Amerika | Singapur | Almanya |
| 4 | Almanya | Finlandiya | Almanya | Hollanda | Hollanda | İsviçre |
| 5 | Amerika | Almanya | Hollanda | Almanya | Almanya | Japonya |
| 6 | İsveç | Japonya | Japonya | İsveç | Hong Kong | Hollanda |
| 7 | Hong Kong | Hong Kong | Hong Kong | B.Krallık | İsveç | Hong Kong |
| 8 | Hollanda | Hollanda | Finlandiya | Japonya | B. Krallık | B. Krallık |
| 9 | Japonya | B. Krallık | İsveç | Hong Kong | Japonya | İsveç |
| 10 | B. Krallık | İsveç | B. Krallık | Finlandiya | Finlandiya | Danimarka |

Kaynak: WEF, Global Competitiveness Index

Dördüncü Endüstri devriminin bütüncül etkisini anlamak amacıyla yeni bir metodoloji kullanılmakta ve insan sermayesi, çeviklik, esneklik, açıklık ve inovasyon gibi giderek daha önemli hale gelen faktörler dikkate alınmaktadır. Yeni endeks, ekonomilerin rekabet gücünü belirlemek amacıyla 12 sütunda, 98 göstergıyla 140 ekonomiyi ölçmektedir. Bu endeks sıralamasına göre Amerika, Almanya, Japonya ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde sadece üretim gücünde değil aynı zamanda küresel rekabet gücü olarak da ilerlemiş oldukları görülmektedir. Yukarıdaki tablo bu bilgileri doğrular niteliktedir. Yıllar itibariyle baktığımızda Amerika 2013 yılında küresel rekabetçilik endeksinde 5. sırada yer alırken 2018 yılı verilerine göre liderliğe yükselmiş olduğu görülmektedir. Onu Singapur, Almanya, İsviçre ve Japonya takip etmektedir. Bunun yanısıra 2016 ve 2017 yıllarında 5. sıraya gerileyen Almanya 2018 yılında küresel rekabette 3. sıraya yükselmiştir. Dolayısıyla ileri teknolojiye yatırım yapan ve Endüstri 4.0 politikalarını uygulayan Amerika, Almanya, Birleşik Krallık ve Japonya gibi ülkeler küresel rekabette ilerleme kaydetmişlerdir. 2019 Küresel Rekabetçilik Raporu'nun rekabet gücü sıralamasında

yer alan 141 ülke arasında ilk üç sırayı ise Singapur, ABD ve Hong Kong aldı. Rekabet gücü sıralamasındaki ilk 10 ülkenin 2018 -2019 karşılaştırılması aşağıdaki gibidir:

Tablo 5: Küresel Rekabetsizlik Endeksi 4.0 (2018 – 2019)

| İLK 10 ÜLKE | 2019 | 2018 |
|-------------|------|------|
| SİNGAPUR | 1 | 2 |
| A.B.D | 2 | 1 |
| HONG KONG | 3 | 7 |
| HOLLANDA | 4 | 6 |
| İSVİÇRE | 5 | 4 |
| JAPONYA | 6 | 5 |
| ALMANYA | 7 | 3 |
| İSVEÇ | 8 | 9 |
| İNGİLTERE | 9 | 8 |
| DANİMARKA | 10 | 10 |

Kaynak: WEF, Global Competitiveness Index 4.0

Küresel Rekabetsizlik Endeksi 4.0'a göre 1. sırayı 2019 yılında Singapur almıştır. İlk 10'a giren diğer G20 ekonomileri, ABD (2. sırada), Japonya (6. Sırada olup bir basamak gerilemiş), Almanya (7. sırada), İngiltere (9. Sırada olup bir basamak gerilemiş) iken, Arjantin (83. Sırada) G20 ülkeleri arasında en düşük sırada yer alıyor. ABD bir basamak gerilemesine rağmen, yenilik merkezi olmaya devam etmektedir. İş dünyası dinamizmi sıralamasında birinci, İnovasyon Kabiliyeti sıralamasında ise ikinci sırada yer almaktadır. Hong Kong ise 2018 sıralamasına göre dört basamak ilerleyerek 3. sıraya oturmuştur. Bu Hong Kong'u en büyük 10 ekonomi arasından en fazla ilerleme gösteren ekonomi yapmıştır. BRICS ülkelerinden en yüksek pozisyonu geçen seneki yerini koruyarak 28. sıraya yerleşen Çin almıştır. Rusya geçen sene olduğu gibi 43. sıradaki yerini korumuş, Brezilya ise 1 basamak yükselerek 71. sıraya yerleşmiştir. Hindistan 2018 göre önemli bir düşüş

yaşayarak 10 basamak gerilemiş ve 68. sırada yer almıştır. Güney Afrika ise 7 basamak ilerleyerek 60. sıraya yükselmiştir.

Küresel CEO anketine göre, üretimde dijital ve fiziksel ortamlar bir araya geldikçe girişimciler rekabet gücünün ileri teknolojiden geçtiğini ifade etmektedir. Bu durum aşağıda tablo 5'de A.B.D., Çin ve Avrupalı girişimciler için gösterilmektedir.

Tablo 6: Yöneticiler Bakımından İleri Üretim Teknolojilerinin Gelecekteki Önemi (Sıralama)

| İleri Üretim Teknolojileri | Amerika | Çin | Avrupa |
|---|---------|-----|--------|
| Kestirimsel Çözümleme | 1 | 1 | 4 |
| Akıllı, bağlantılı ürünler (IoT) | 2 | 7 | 2 |
| Geliştirilmiş malzeme | 3 | 4 | 5 |
| Akıllı fabrikalar (IoT) | 4 | 2 | 1 |
| Dijital tasarım, simülasyon ve entegrasyon | 5 | 5 | 3 |
| Yüksek başarımlı hesaplama | 6 | 3 | 7 |
| Geliştirilmiş robotlar | 7 | 8 | 6 |
| Eklemeli üretim (3D yazıcılar) | 8 | 11 | 9 |
| Açık kaynak tasarımı/Doğrudan müşteri girişi | 9 | 10 | 10 |
| Artırılmış gerçekçilik (kaliteyi, eğitimi, uzman bilgisini artırmak için) | 10 | 6 | 8 |
| Artırılmış gerçekçilik (tüketici hizmetlerini ve deneyimlerini artırmak için) | 11 | 9 | 11 |

Kaynak: Global Manufacturing Competitiveness Index. 2016

Endüstri 4.0 değişkenleri yüksek teknoloji ve yüksek rekabet ortamlarında faaliyet göstermektedir. Endüstriyel firmalar gittikçe artan bir biçimde ileri teknoloji kullanmaya başladılar ve gittikçe daha dinamik ve küresel bir yapıya ulaştılar. Yeni teknolojiler yeni ürünlerin, hizmetlerin ve iş modellerinin tanıtımı ve mevcut olanlarının iyileştirilmesi için yeni imkanlar sunmaktadır. Artık yüksek teknolojinin

hızla ilerlemesi nedeniyle endüstri devriminde üretim süreçlerini standart bir şekilde yönetmek çok daha zor olmakta ve ileri teknoloji ve Ar-Ge temelli inovasyon, uluslararası rekabet edilebilirliğinin bir unsuru haline gelmiştir. Almanyanın ileri teknoloji stratejisinin en önemli parçası olan Endüstri 4.0, üretim biçimini değiştirme potansiyeline sahiptir. İşletmelerin bu yeni koşullara ne kadar hızlı uyum sağlayabildikleri gelişme potansiyelinin yüksek olmasına bağlıdır.

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin verimlilik sağlama olasılığı ve dolayısıyla hem bireyler hem de topluluklar için daha fazla refah yaratması bir çok değişkene bağlıdır. Nihai amaç bireylerin veya firmaların oluşan yeni teknolojilere erişebilmeleri, onları yeniliklerine ve operasyonel süreçlerine dahil etmeleri ve yeni dönüştürücü değer ağlarına anlamlı bir şekilde katılmalarıdır. Dördüncü Endüstri Devrimi'nden yararlanmak isteyen şirketler ve ülkeler için önemli olan rekabet gücü değişkenlerinin, teknolojik gelişme ve yenilikçilik ile entegrasyonudur. Bu nedenle rekabet gücünün artırılmasında inovasyonun çok önemli bir faktör olduğu ve dördüncü endüstri devrimini yönlendiren teknolojilerin birçoğunun bu faktörün önemini arttırmaya devam edeceği öngörüsü çok yaygınlaşmıştır.

Üretimde kullanılan yüksek teknoloji iş ortamını beklenmedik bir hızla etkilediğinden ve bunu alışkın olduğumuzdan daha hızlı gerçekleştirdiğinden dolayı başarılı ekonomilerin temel özelliği dinamik olma, değişikliklere uyum sağlama ve meydana gelen ani şoklara nispeten hızlı cevap verme kapasitesi olmaktadır. Yani bir ülkenin üretim yöntemlerinin ve beşeri sermayesinin yapısal değişimi ve endüstriyel yenilemeyi ne ölçüde desteklediği eğitim, beceri, işgücü çerçevesinde ele alınmalıdır.

Bir ülkenin yenilikçi olma kapasitesi sadece bilimsel bilgi üreten değil, aynı zamanda hizmet sektörü de dahil olmak üzere tüm endüstrilere ve topluma büyük ölçüde daha esnek, birbirine bağlı, yeni fikirlere ve iş modellerine açık olmasını sağlayan bir ekosistem oluşturması olarak düşünülmelidir. İnovasyonun bu şekilde algılanması bir ülkenin pazara yeni ürün ve hizmetler sunma yeteneğine bağlıdır. Bu bağlamda, teknik veya teknik olmayan icatlar aynı öneme sahiptir Gerçekten yenilikçi olmak için bir ülke sadece patentleri yayımlamak ve bilim- teknoloji alanında araştırma ve geliştirmeye destek sağlamakla kalmamalı aynı zamanda yaratıcılık ve girişimciliği teşvik eden, işbirliğini artıran, açık fikirli bireyleri ödüllendiren ağa bağlı, bağlantılı bir ortam sağlamalıdır. Böyle bir ekosistemde, eğitim çerçevesinin modernleştirilmesi de önemli bir rol oynamaktadır. Söz konusu

eğitim yaşam boyu öğrenim fırsatları sunmalı ve öğrencilere eleştirel düşünmeyi, farklı geçmişlere sahip bireylerle işbirliği yapmayı ve farklı bakış açılarına ve fikirlere maruz kalmayı sağlamalıdır.

Bilgi İletişim Teknolojileri temelli iş modelleri daha yaygın hale geldikçe dijital ekonomiye geçişte başarısız olan ülkeler sadece ticari olarak değil, aynı zamanda yenilik açısından da önemli bir rekabet dezavantajına sahip olacaklardır. Mevcut Küresel Rekabet Gücü indeksi bir ülkenin önceliklerini, düşük gelirli ülkeler açısından bakıldığında daha önemli olan altyapı, kurumlar, makro ekonomik istikrar, temel sağlık ve eğitim oluştururken, yüksek gelirli ülkeler açısından daha önemli olan yenilik ve iş sofistikeliği geliştirdiğini varsaymaktadır. Örneğin, robotlar üretimi daha az emek yoğun hale getirmektedir. Bu da gelişmekte olan düşük gelirli ülkelerin sahip oldukları vasıfsız emeği kullanarak gelişme olasılığını azaltmaktadır. Ancak Bilgi İletişim Teknolojileri fikir ve teknolojilerin hızla aktarılmasını sağlayarak daha az sermaye ile inovasyon yaratma fırsatı sunduğu için bu ülkelerin gelişmelerine yönelik yeni yollar sunmaktadır (Schwab, 2017: 53-54). Teknolojik değişim rekabetin ana unsurlarından biridir. Gelişmiş üretim teknolojilerinin etkin bir şekilde uygulanması, şirketlerin ölçek ve kapsam ekonomilerini eşzamanlı olarak elde etmelerini sağlar. Dolayısıyla ileri üretim teknolojilerine yatırım yapmak stratejik bir fırsattır (Chobanov, 2018: 12).

Günümüz dünyasında müşterilerin talepleri erişilebilir bilgi çağından dolayı değişmektedir. Bugünün müşterileri internet üzerinden alternatif ürünlere ulaşabilmekte, müşteri yorumlarını değerlendirebilmekte ve sosyal medyadan etkilenmektedir. Sonuç olarak dijitalleşme imalat sanayini alıcı pazarlarından satıcı pazarlarına doğru değiştirmiştir. Bu nedenle artık pazarda maliyetleri düşürmek yerine katma değer yaratmak üreticilere rekabet avantajı sağlayacaktır (Jovane, Westkämper, & Williams, 2009: 2).

Verimlilik artışının ve yüksek katma değer yaratmanın en kritik tetikleyicisi İnavasyondur. Bu kavram, Dördüncü Endüstri Devrimi'nde daha çok önem arz etmektedir. Bir ülkenin yenilik yapma kapasitesi sayısız faktörden oluşan geniş ve karmaşık bir ekosistemin kalitesine bağlıdır: Ar-Ge yatırımı, teknoloji ve finansman gibi geleneksel faktörlerin ötesinde, esneklik, fikirlere açıklık, işbirliğine istekli olma ve risk alma gibi somut olmayan unsurlar kritik rol oynamaktadır. İnovasyon fikirlerin başarılı ürünler haline getirildiği bir süreçtir. İnovasyon sadece bir laboratuvarında değil her ortamda olabilir ve sonuçları ürünlerden mal ve hizmetlere, iş

modellerine kadar birçok biçimde gerçekleşir (Schwab, 2018: 355). Gelişmiş ekonomilerin büyüme gündeminin ve artan sayıda gelişmekte olan ekonominin merkezinde yer almaktadır. Dolayısıyla hükümetler bir ülkeyi yenilikçi yapan şeyin ne olduğunu anlamak için mücadele ediyorlar (World Economic Forum, 2018: 7). Küresel çapta inovasyon yarışması kaçınılmaz olarak artmaktadır ve bu konuda yeni rakipler uluslararası pazarlara girmeye devam etmektedir. Şirketler bugün araştırma ve geliştirme için yer seçerken her zamankinden daha esnek davranmakta ve bunun sonucu değer yaratma zincirleri gittikçe daha fazla uluslararası ve karmaşık hale gelmektedir. Rekabet gücünün artırılması için gerekli olan; iyi eğitim ve uygulamalı bilimsel araştırmalardır.

İmalat şirketleri sürekli değişen bir rekabet ortamıyla karşı karşıyadır. Bu şirketler rakiplerine karşı daha iyi rekabet etmek ve küresel pazarda pozisyonlarını güçlendirmek için ne yapabilirler? Endüstri 4.0'ı benimsemek, bu şirketlerin çoğunun daha yüksek üretim yapması ve müşteri taleplerini karşılayabilmeleri açısından önem arz etmektedir. Endüstri 4.0'da farklı araçlar bulunmaktadır ve bunlardan biri de simülasyondur. Bu araç, imalat şirketlerinin, fiziksel olarak uygulamadan önce, değişikliklerini ve geliştirmelerini üretim sistemlerinde sanal olarak test etmelerini mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla bu durum rekabet gücü üzerinden olumlu bir etki yaratmaktadır (Gerdin ve Rifve, 2018).

3.2. ENDÜSTRİ 4,0 'IN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU VE REKABET GÜCÜ

Avrupa, Asya ve Orta Doğu'nun birleşme noktasında yer alan üç tarafı deniz ve 8 komşu ülkeyle çevrelenmiş olan Türkiye, hem üretim hem de dağıtım açısından küresel ticaret için bölgesel bir merkez olarak kabul edilmektedir. Türkiye yatırımcılar için en cazip yatırım ülkelerinden biridir. Buna ek olarak Türkiye'nin 1996 yılından bu yana Avrupa Birliği ile bir Özel Birliği ve dünya ülkeleri ile çeşitli ticaret anlaşmaları bulunmaktadır. Türkiye eşsiz bir stratejik konuma sahiptir ve genç, dinamik, yetenekli bir işgücünün potansiyelini içinde barındırmaktadır.

Türkiye ekonomisi son yıllarda istikrarlı büyümesiyle kayda değer bir performans sergileyerek dünyanın en büyük 18. ekonomisi haline gelmiştir. Türkiye'nin 2000 yılından bu yana gösterdiği performans etkileyicidir ve 2008-2009 yılı küresel finans krizinden sonra yapısal reformlar sayesinde hızlı bir şekilde toparlanarak en cazip

yatırım alanlardan biri olmaya devam etmektedir (Advantis Consulting Turquie ve Swiss Business Hub Turkey, 2017: 5-6).

Türkiye’de genel olarak endüstri 4.0’a çok büyük ilgi olduğu görülmekte ancak adaptasyon seviyesinin ileri olduğunu söylemek pek mümkün değildir. Sürükleyici sektör olan otomotiv sektörü endüstri 4.0’a adapte olmada öncülük etmektedir.

Sanayi sektörü Türkiye'nin GSYİH' sinin yaklaşık % 30' na karşılık gelmektedir. Ayrıca Türkiye farklı sektörlerde yerel üretimi artırmak adına bazı hedefler belirlemektedir. Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalamasının ülkenin rekabetçiliği açısından son derece önemli olduğunu fark eden bazı kuruluşlar Türkiye'nin bu devrime hazırlığı ve olgunluk düzeyine ilişkin değerlendirme çalışmaları yapmaktadırlar. Bu çalışmalar gösteriyor ki;

Türkiye'nin gerçek bir plan çizmesi ve buna göre hareket etmesi son derece önemlidir. Yakın tarihte (2016 yılında) TÜBİTAK'ın Ar-Ge desteği için başvuran 1.000 şirket ile yaptığı çalışma, Türkiye'deki endüstri düzeyinin Endüstri 2.0 ve 3.0 arasında olduğunu göstermektedir. Türkiye'de Ar-Ge'ye yapılan yatırım eksikliği, Türkiye'nin Endüstri 4.0'a geç kalmasının nedenlerinden biridir. Araştırma sonucunda, endüstriyel olgunluk seviyesinin malzeme, bilgisayar, elektronik, optik sanayi, otomotiv ve beyaz eşyalarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara araştırılan şirketlerin ve onların yatırım planlarının farkındalık derecesine göre değerlendirilerek ulaşılmıştır. Şirketlerin %22 si tam olarak bilgi sahibi iken % 59'u genel bilgiye sahip ve %19'u ise hiçbir bilgiye sahip değildir.

Gelişmiş ülkeler Endüstri 4.0'ı rekabet güçlerini artırma fırsatı olarak görürken Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından Endüstri 4.0 yüksek teknoloji ürünlerinin toplam üretim hacmindeki payını artırmaya yönelik bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Türkiye yüksek katma değere sahip yüksek teknoloji ürünlerinin üretimini artırarak ekonomisini bilgi ekonomisine dönüştürmeyi hedeflemektedir.

Türkiye'nin Endüstri 4.0'a uyum sağlayamaması riski, düşük maliyetli bir dış kaynak ülkesi olarak kalmak ve orta teknolojiden daha ileriye gidememektir. Dış ticaret açığı üzerinde büyük etkisi olan yüksek değerli ürünleri ithal etme ve düşük maliyetli ürünleri ise ihraç etme riskiyle karşı karşıyadır. Ayrıca, Türkiye gelişmiş ekonomiler yerine gelişmekte olan ve daha az gelişmiş ülkelere ihracat yapma problemiyle de karşılaşabilir. Bu dönüşümü gerçekleştirebilmek için, Türkiye'nin

gerekli yüksek vasıflı işgücü, yüksek teknoloji ürünlerinin düşük ihracat payı gibi eksikliklerinin ve zorluklarının farkında olması gerekmektedir. Bu zorluklarla yüzleşmek ve endüstriyel gelişimi hızlandırmak için Türkiye'nin zaman ve para yatırımı yapması gerekmektedir. Türkiye küresel ekonomide sahip olduğu rölü değiştirecek dev bir dönüşüm gerçekleştirme fırsatına ve büyüyen işgücüne sahip genç bir ülkedir. Tüm paydaşların, Türk endüstrisini önde gelen ülkeler arasına taşıyacak ve Türkiye'nin rekabet gücünü artırmak için son derece önemli bir fırsat olan Endüstri 4.0'a odaklanmaları ve bu doğrultuda çalışmalarını gereklilik olmakla birlikte bir o kadar da aciliyet taşımaktadır.(Advantis Consulting Turquie ve Swiss Business Hub Turkey, 2017: 35-38).

Danish Institute of Industry 4.0 tarafından hazırlanan “Küresel Endüstri 4.0 Hazırlık Raporu 2016” 120 ülke arasında bir sıralama yapmaktadır. Sadece yeterli verilere sahip ülkeler bu sıralamaya dahil edilmektedir. Ancak, dünyadaki her bölge raporda bir veya birkaç ülke aracılığıyla temsil edilmektedir. Bu rapora göre Türkiye Endüstri 4.0'a hazırlık sıralamasında 55 ci sırada yer almaktadır (Danish Institute of Industry 4.0, 2017: 10).

Türkiye'nin büyüyen ekonomisi, genişleyen orta sınıfı, genç nüfusu (ortalama yaş: 29), dinamik girişimcilik sınıfı ve Avrupa, Asya ve Afrika arasında köprü olarak avantajlı coğrafi konumu, ülkeyi önemli bir üretim ve dağıtım merkezi haline getirmiştir. Gelişmiş üretim teknolojileri, Türkiye genelinde giderek yaygınlaşmakta ve uluslararası şirketlere öncülük etmektedir. Söz konusu teknolojiler, Türkiye genelinde giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. En çok gelecek vaat eden endüstriler otomotiv ve havacılık endüstrileridir. Buna ek olarak, dayanıklı tüketim malları, elektronik, kimyasallar, makineler, çelik, inşaat, tekstil, enerji ve madencilik endüstrileri küresel ileri üretim trendlerini benimsemeye en aktif olanlarıdır (U.S Commercial Service, 2018: 24).

Küresel dünyada rekabetin artmasının yanısıra bazı gereksinimler de artmaktadır. Bunlar, yeni ileri teknoloji malzemeleri, daha düşük üretim maliyetleri, daha kısa inovasyon döngüsü diğer yandan daha fazla ürün çeşitliği, kaynak ve çevre dostu üretim süreçleri, lojistik vb. Bütün bunlar ve daha fazlası yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için Türkiye'nin yapması gereken bazı şeyler vardır. Türkiye bir inovasyon merkezi haline gelebilmek için ileri teknoloji ürün üretimine daha fazla önem vermek zorundadır. İleri teknoloji ürünlerin imalat sanayisinde en yüksek katma değere sahip ürünler olduğundan

dolayı rekabet gücünü önemli ölçüde artırmaktadır. Türkiye’de yüksek teknoloji yüksek katma değer yaratmasına rağmen yüksek teknoloji ihracatına pek fazla yansımamaktadır. Bunun en önemli sebebi Türkiye’de üretilen ileri teknoloji ürünlerinin üretilmesinde kullanılan yerli girdi payının az olmasıdır. Bu da yaratılan katma değerın Türkiye’de kalmayıp dışarı çıkması anlamına gelmektedir. Diğer bir konu ise, yüksek teknolojide kullanılan hammaddenin normalden daha pahalı olmasıdır ki bu da ithalat hacmini artırmaktadır. Bu durum Türkiye’nin ileri teknoloji ihracatı ile dünya toplam ileri teknoloji ihracatından aldığı payı azaltmaktadır. Peki yüksek teknolojiyi nasıl artırabiliriz veya yüksek teknolojiyi belirleyen temel etkenler nelerdir? Dünya Bankası’nın tanımına göre yüksek teknoloji ihracatçı sektörler, havacılık, bilgisayar, ilaç, bilimsel aletler ve elektrikli makineler gibi yüksek Ar-Ge yoğunluğuna sahip sektörlerdir. Burada yüksek teknolojiyi belirleyen 4 önemli bileşen üzerinde durulacaktır. Bunlardan biri Ar-Ge harcamalarının miktarıdır. Ar-Ge harcamalarının GSYİH’ya oranı ülkedeki Ar-Ge harcamalarının yoğunluğunu göstermektedir. Dünyada Ar-Ge yoğunluğunun rakamları incelendiğinde Kore, İsrail, Japonya, Danimarka ve İsviçre gibi ülkeleri yüzde 3 ile 4.5 arasında ilk başı çektiği görülmektedir. Bu sıralamayı ABD, Birleşik Krallık ve Almanya gibi ülkeler takip etmektedirler. Türkiye’de ise bu oran yüzde 1 seviyesindedir. Ar-Ge harcamalarının artırılması ileri teknoloji ihracatını olumlu bir şekilde etkilemektedir. Bir diğer konu ise teknoloji-yenilik üretme ölçüsü olarak bilinen patent sayılarıdır. Patent başvuruları yenilikçi fikirlerin ticatileşmesini yansıtmaktadır ve ülkenin yenilik ekosistemini ne kadar benimsediğini gösteren temel referans noktasıdır. Patent başvuru ve tescil sayıları karşılaştırmalı olarak analiz edildiğinde Türkiye’nin gelişmiş ekonomilere göre geride kaldığı görülmektedir. Ayrıca Türk Patent Enstitüsü verilerine göre ABD ve Almanya Türkiye’de Türkiye’den çok daha fazla tescil başvurusunda bulunmaktadır ve yine patent sayıları diğer ülkelerde karşılaştırıldığında Türkiye’nin bu konuda performansı bir hayli düşüktür (Türkiye Bilişim Derneği, 2018: 23). Patent konusu diğer taraftan Ar-Ge harcamalarına da etki etmektedir. Çünkü yeni bir buluş veya üretim tekniğinin patentin sahibi olan firmaların izni olmadan kullanmak mümkün değildir ve dolayısıyla buda Ar-Ge’ye yapılan yatırımları engellemektedir. Patent başvurularının ileri teknoloji alanlarında artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bunun sebebi daha fazla kar oranının olmasıdır ki bu da firmaların veya ülkelerin rekabet gücünü arttırmaktadır.

Endüstri 4.0'ın rekabet gücünden bahsederken gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler açısından farklı değerlendirme yapmak ve bu ülkelerin sahip olduğu avantajlara ve dezavantajlara değinmekte fayda vardır. Gelişmekte olan ekonomiye sahip ülkelerin gelişmiş ekonomiye sahip ülkeler ligine çıkarak orada rekabet edebilmeleri söz konusu ülkelerin ekonomik büyüme oranını ve kalitesini artıracak derin dönüşümler yapması ile mümkündür. Bunun nedeni gelişmiş ekonomik sistemlerin lider olmalarına olanak tanıyan yüksek katma değere sahip ileri teknoloji ve yenilikçi mal ve hizmet üretmeleridir. Dolayısıyla bu ülkelerin Endüstri 4.0'ı sahiplenmesi ilgili ülkelerin aktif bir büyüme gerçekleştirmesi ve küresel rekabette seviye atlamaları için bir fırsattır. Gelişmiş ülkeler açısından Endüstri 4.0 gittikçe artan rekabet ortamında, sahip oldukları rekabetçi pozisyonu korumak olmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ise Endüstri 4.0'ı var olan rekabetçi ortama girebilme fırsatı olarak görmektedirler. Bu nedenle bu devrim diğerlerinden farklı olarak rekabet ortamını değiştirmekle kalmayıp ülkelerin rekabet sıralamasını da derinden etkilemektedir. Nitekim bunu Küresel Rekabetçilik Endeks 4.0 da da görmekteyiz. Endüstri 4.0 politikalarını uygulayan ülkeler rekabet gücü sıralamasında üst sıralara doğru gitmektedirler. Peki bu bilgi transferinin yoğun olduğu ve bazı sektörlerin hızlı bir şekilde yıkılarak yenilerinin inşa edildiği bu çağda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sahip oldukları avantaj ve dezavantajlar nelerdir?

Gelişmekte olan birçok ülke şu anda yeterli üretim kapasitesine sahip değildir ve onlar yabancı yatırımcıları çekebilmek için ucuz işgücüne güvenmektedirler. Bunun yanısıra Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla birçok üretim tesisinin gelişmekte olan ülkelere çıkarak ve kendi ülkelerine geri gelmesi söz konusudur. Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerin var olan bu yıkıcı değişikliklere hazırlanması gerekiyor. Bunun yanısıra içinde Türkiye'nin de bulunduğu gelişmekte olan ülkelerin bir avantajı genç nüfusa sahip olmasıdır. Burada kritik nokta sahip olunan bu insan kaynağının iyi eğitilmesidir. Gelişmiş ülkelerin ise en büyük dezavantajı sahip oldukları nüfusun yaşlı olması ve giderek daha hızlı bir şekilde yaşlanmasıdır. Rekabet gücü açısından değerlendirecek olursak bu dijital dönüşüm gelişmekte olan ülkeler için büyük bir fırsat olarak görülmektedir. Endüstri 4.0'a hızlı bir biçimde adapte olacak herhangi bir gelişmekte olan ülke kendini gelişmiş ülke statüsüne taşıyarak küresel pazarda sahip olduğu payı artırabilir. Bu fırsat Türkiye içinde geçerlidir ve Türkiye eğer bu dönüşüme uyum sağlayabilirse küresel değer zincirinde sahip olduğu yerini daha da güçlü hale getirebilir. TÜSİAD tarafından yayımlanan

rapora göre Türkiye'nin rekabet gücü yüksek olan ekonomiler arasında yer alması için küresel düzeyde yeni gelişmeleri takip etmesi ve Endüstri 4.0'ı uygulayan öncü ekonomiler arasında yer alması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bu devrimle birlikte rekabet gücünü belirleyen etkenler de değişiklik ve çeşitlilik göstermektedir. Dolayısıyla türk sanayisinin rekabetçilikte temel faktörleri olan işgücü ve lojistik avantajının bu dönemde kaçınılmaz baskılara maruz kalacağı görülmektedir (TÜSİAD, 2016: 13).

Dünya Ekonomik forumu rekabet gücü endeksine göre Türkiye rekabet gücü sıralamasında Kolombiyadan sonra 61. sırada yer alıyor. İlk sıraları Amerika, Singapur, Almanya, İsviçre ve Japonya gibi zengin ve refah toplumu ülkeler paylaşıyor. Refah, inovasyon ve şeffaflık gibi diğer alt endekslere baktığımızda ise üst sıralarda aynı ülkelerin olduğunu görmekteyiz. Bu ülkeleri zengin ve refah toplumu haline getiren unsurun teknoloji olduğu konusunda şüphe yoktur.

Tablo 7: Rekabet Gücü Sıralaması -2018

| Ülke | Rekabet Sıralaması | Yüksek Teknoloji/İhracat |
|----------|--------------------|--------------------------|
| Amerika | 1 | 20% |
| Singapur | 2 | 49% |
| Almanya | 3 | 17% |
| İsviçre | 4 | 27% |
| Japonya | 5 | 16% |
| Türkiye | 61 | 2% |

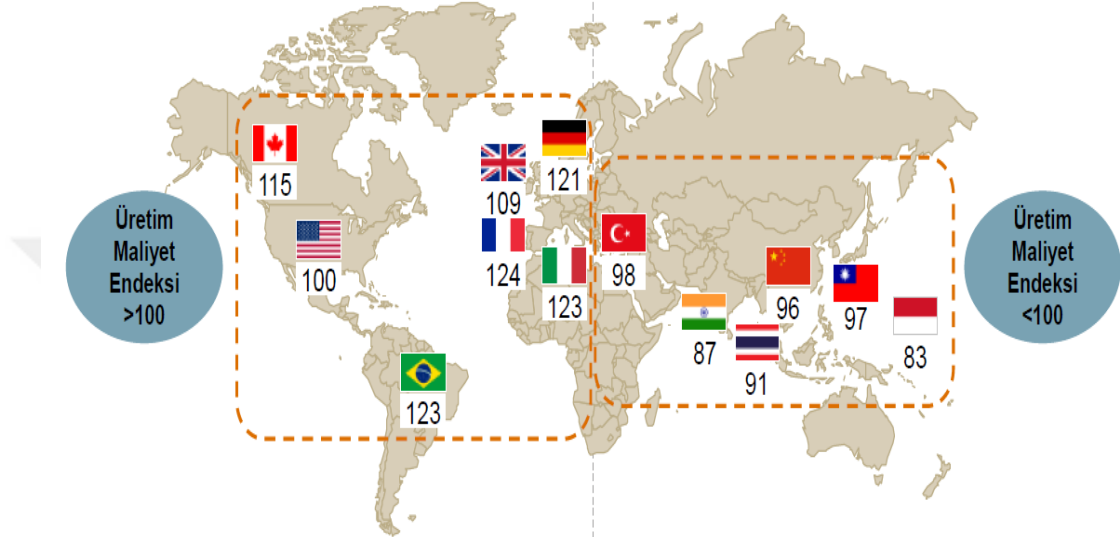
Kaynak: Dünya Bankası

Katma değeri artırmanın ve yüksek teknolojik ürün üretmenin yolunun teknolojik ilerlemeden, yenilikten, tasarımdan ve yazılımdan geçtiği bu dönemde Türkiye ve benzeri ülkeler daha çok düşük-orta teknoloji ürünler üretmektedirler. Türkiye'nin imalat sanayisine baktığımızda düşük ve orta düşük teknoloji ürünlerin daha çok ağırlıklı olduğunu görmekteyiz. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla birlikte Türkiye'nin daha çok katma değerli ürünleri üretmesi ve bunları ihraç etmesi ihtiyacı doğmaktadır.

Verimlilik, döviz kurları, üretim ücretleri ve enerji maliyetleri dikkate alarak oluşturulan BCG Global Üretim Maliyeti Endeksini gösteren şekil incelendiğinde Türkiye'nin ortalama 98 birim maliyet ile üretim yaptığı görülmektedir. Üretim

maliyet endeksi 100'den büyük olan ülkelere bakacak olursak; Almanya 121, ABD 100, Kanada 115 ve Fransa'nın 124 birim maliyet ile üretim yaptığı görülmektedir. Yani sonuç olarak Türkiye'nin üretimini ve buna bağlı olarak ihracatını artırmak için gerekli olan rekabet avantajını sağlayamadığı görülmektedir.

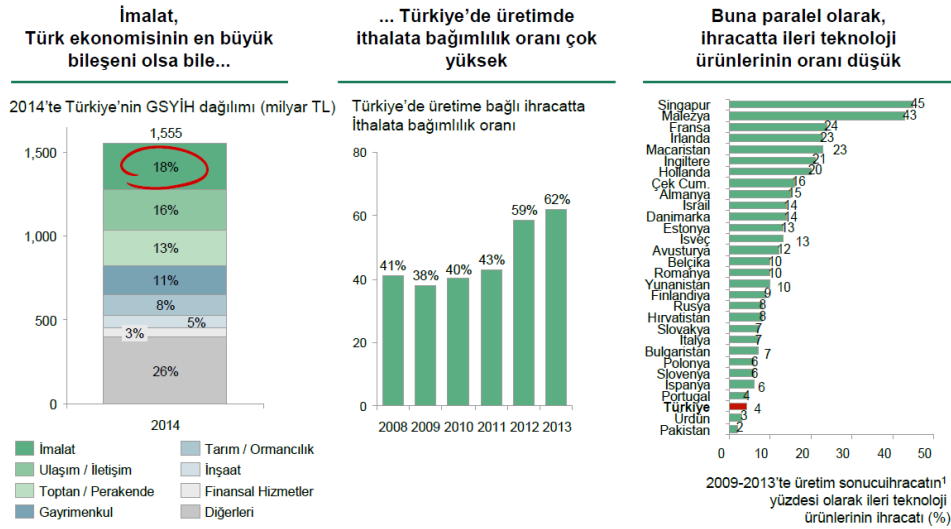
Şekil 9: BCG Üretim Maliyeti Endeksi, 2014(ABD=100)



Kaynak: Tüsiad: Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0;

Gelişmekte Olan Ülkeler Perspektifi, 2016 Üretim maliyet endeksi 100'ün altında olan ülkelerde üretim, otomasyona yatırım yapan ülkelere dönmektedir. Türkiye'de üretim maliyet endeksi 100'ün altında olduğu için rekabet gücünü koruyamamakta ve buna bağlı olarak üretimini otomasyona yatırım yapan gelişmiş ülkelere kaptırmaktadır. Coğrafi konumu olarak lojistik avantajı bulunan Türkiye'de gerekli ARGE harcamalarının yapılamaması, Endüstri 4.0 kapsamında üretim robot kullanımını ve otomasyon yetersizlikleri gibi konular nedeniyle bu avantajı değerlendirememekte ve rekabet gücünü kaybetmektedir. Bu durum ise Endüstri 4.0'ın Türkiye için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Tüsiad, 2016).

Grafik 9: Türkiye İmalat Sanayisinin Küresel Değer Zincirindeki Konumu



Kaynak: TÜSİAD: Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0; Gelişmekte Olan Ülkeler Perspektifi, 2018

Grafik 9; Türkiye imalat sanayisinin küresel değer zincirindeki konumunu göstermektedir. İmalat her ne kadar Türk ekonomisinin en büyük bileşeni olsa bile yalnızca GSYİH'sının %18 lik dilimine denk gelmektedir. Diğer yandan Türkiye'de üretimde ithalata bağımlılık oranı çok yüksektir. İhracat rakamlarının yüksek olmasına rağmen üretimde ara malların yurt dışından ithal edilmesi sebebiyle, üretimde dışa bağımlılık oranları çok yüksektir. Yine yüksek teknoloji ürünleri ihracatı sıralamasına bakacak olursak Türkiye'nin son sıralarda yer aldığını görmekteyiz. Toplam ihracat payı içerisinde ileri teknoloji ürün ihracatı oranı yalnızca %4 'tür.

Tablo 8: Türkiye'nin 2010- 2017 Yılları Arasında Teknoloji Düzeyine Göre İhracat ve İthalat (milyon dolar)

| Yıllar | Düşük Teknoloji | | Orta-Düşük Teknoloji | | Orta Yüksek Teknoloji | | Yüksek Teknoloji | |
|--------|-----------------|---------|----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------|---------|
| | İhracat | İthalat | İhracat | İthalat | İhracat | İthalat | İhracat | İthalat |
| 2010 | 34.397 | 20.428 | 33.537 | 41.598 | 33.933 | 62.226 | 3.600 | 21.115 |
| 2011 | 40.747 | 24.883 | 40.969 | 55.925 | 40.315 | 79.450 | 3.931 | 23.673 |
| 2012 | 43.497 | 23.291 | 54.225 | 56.598 | 40.745 | 73.774 | 4.799 | 22.571 |
| 2013 | 46.700 | 25.049 | 43.329 | 66.504 | 44.540 | 81.012 | 4.789 | 24.258 |
| 2014 | 52.607 | 25.344 | 42.934 | 56.914 | 44.503 | 79.120 | 5.015 | 26.364 |
| 2015 | 47.070 | 22.456 | 39.696 | 44.215 | 42.725 | 73.904 | 4.899 | 26.246 |
| 2016 | 46.832 | 21.014 | 37.864 | 42.841 | 44.219 | 75.029 | 4.681 | 28.360 |
| 2017 | 48.986 | 21.346 | 41.597 | 62.145 | 50.873 | 78.431 | 5.709 | 28.823 |

Kaynak: TÜİK

Tablo: 8' de görüldüğü gibi ileri teknoloji ihralatında önemli derecede artış yaşanırken söz konusu artış ihracat kaleminde çok daha azdır. 2017 yılı itibariyle ihracatın teknoloji düzeyine göre dağılımında ise ileri teknoloji ürünlerin payı yaklaşık %3 seviyesindedir. Endüstri 4.0'la birlikte Türkiye ileri teknoloji ihracatını artırarak gelişmiş ve refah toplumu ülkeler liginde rekabet etmeyi ve pazar payını artırmayı hedeflemektedir. Eğer geç kalınırsa ülkenin pazar olma ihtimali yüksektir.

Tablo 9: Ülkelerin Yüksek Teknoloji İhracat Rakamları (Milyar Dolar)

| Ülkeler/Yıl | 2000 | 2018 |
|-------------|------|-------|
| Çin | 41.7 | 496 |
| Kore | 54.3 | 118.3 |
| Hindistan | 2.0 | 13.3 |
| Polonya | 0.8 | 13.3 |
| Türkiye | 1 | 2.2 |

Kaynak: Dünya Bankası

Endüstri 4.0 terimi analog fiziksel üretim dünyasını dijital veri işleme dünyası ile birleştirilmesi anlamına geliyor. Bu nedenle ülkelerin endüstriyel yeterliliklerinden yararlanabilmeleri için öncelikle sanayinin ve bilgi iletişim teknolojileri sektörünün bu dönüşüme iyi hazırlanması gerekmektedir. Sanayi sektörünün ve Bilgi iletişim sektörünün yarattığı katma değer, bu sektörlerle ayrılan Ar-Ge miktarı ve ilgili sektörlerin ihracat payı önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu sektörlerde yapılan iyileştirmeler ülkenin Endüstri 4.0 bağlamında rekabet gücünü artırmaktadır.

IMD Dünya Dijital Rekabetçilik (WDC) sıralaması, ülkelerin devlet uygulamalarında, iş modellerinde ve genel olarak toplumda dönüşüme yol açan dijital teknolojileri benimseme yeteneklerini analiz eder ve sıralar. Dijital rekabetçilik gücü bilgi, teknoloji, ve geleceğe hazırlık gibi üç ana faktör temel alınarak belirlenmektedir. Bilgi: Yeni teknolojileri keşfetmek, anlamak ve inşa etmek için gerekli bilgi birikimi, teknoloji: Dijital teknolojilerin geliştirilmesini sağlayan genel içerik, geleceğe hazırlık: dijital dönüşümü gerçekleştirmek için ülkenin hazırlık düzeyi.

Tablo 10: Dijital Rekabet Sıralaması

| Ülkeler | 2018 |
|----------------|-----------|
| Amerika | 1 |
| Singapur | 2 |
| İsveç | 3 |
| Danimarka | 4 |
| İsviçre | 5 |
| Türkiye | 52 |

Kaynak: IMD Digital Competitiveness Ranking 2018

Dijital rekabet sıralamasında Türkiye 52 ci sırada yer almaktadır. Bu sıralama aynı zamanda ülkelerin Endüstri 4.0'a ne kadar hızlı bir şekilde uyum sağlayabileceğini de yansıtmaktadır. Ayrıca bu raporda Türkiye 2014 yılında sahip olduğu sırayı korumaktadır. 2016 yılında 2 kademe yükselmesinde rağmen 2018 de yine 52 ci sıraya gerilemiştir. Bilgi, teknoloji ve geleceğe hazırlık gibi üç temel bileşen sıralamasında Türkiye yeni teknolojileri keşfetmek, anlamak ve inşa etmek için gerekli bilgi birikiminde 59. sırada, teknolojiye 45 ve geleceğe hazırlık sıralamasında ise 42. sırada yer almaktadır.

Tablo 11: Dijital rekabetçilik alt endeks sıralaması

| | Alt Endeksler | | | Genel Sıralama |
|-------------------------|---------------|-----------|-------------------|----------------|
| | Bilgi | Teknoloji | Geleceğe hazırlık | |
| Amerika | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Singapur | 1 | 1 | 15 | 2 |
| İsveç | 7 | 5 | 5 | 3 |
| Danimarka | 8 | 10 | 1 | 4 |
| İsviçre | 6 | 9 | 10 | 5 |
| Birleşik Krallık | 10 | 13 | 3 | 10 |
| Tayland | 44 | 28 | 49 | 39 |
| Romanya | 45 | 44 | 57 | 47 |
| Meksika | 54 | 46 | 50 | 51 |
| Türkiye | 59 | 45 | 42 | 52 |

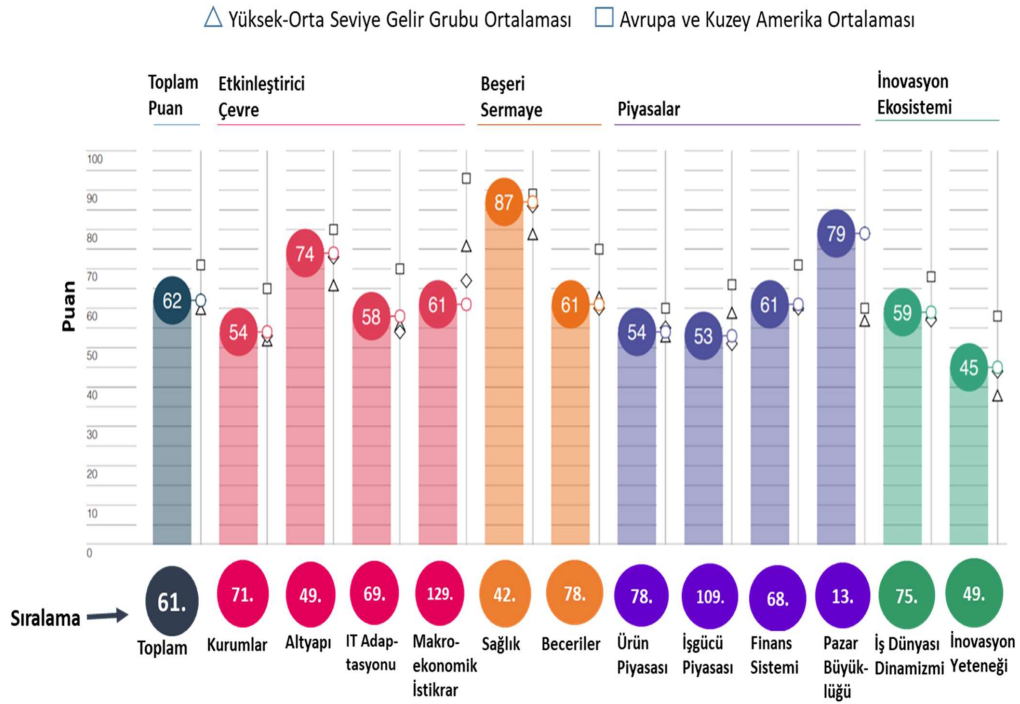
Kaynak: IMD Digital Competitiveness Ranking 2018

Tablo 12: Dünya Ekonomik Forumu Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0: 2018-2019 Türkiye

| | Sütun | 2018 (/140) | 2019 (/141) |
|----------------------|--|----------------|----------------|
| Etkinleştirici Ortam | 1. Kurumlar | 71 | 71 |
| | 2. Altyapı | 50 | 49 |
| | 3. Bilgi İletişim Teknolojilerine Adaptasyon | 71 | 69 |
| | 4. Makroekonomik İstikrar | 116 | 129 |
| İnsan Kaynağı | 5. Sağlık | 48 | 42 |
| | 6. Beceriler | 77 | 78 |
| Piyasalar | 7. Mal Piyasası | 76 | 78 |
| | 8. Emek Piyasası | 111 | 109 |
| | 9. Finansal Sistem | 65 | 68 |
| | 10. Pazar Büyüklüğü | 13 | 13 |
| İnovasyon Ekosistemi | 11. İş Dinamizmi | 76 | 75 |
| | 12. İnovasyon Kapasitesi | 47 | 49 |

Kaynak: Kaynak: Global Competitiveness Index 4.

Grafik 10: Küresel Rekabette Türkiye'nin Yeri (2019)



Kaynak: TİSK

Grafik 10 incelendiğinde, Dünya Ekonomik Forumu Küresel Rekabetçilik Raporuna göre, Türkiye'nin 2019 itibarıyla, kişi başına düşen 9346,2 dolarlık bir gelire, Türkiye'nin GSYİH'sinin dünya toplamında %1,70'lik bir paya sahip olduğu ifade edilmektedir. 2019 dönemi Küresel Rekabetçilik Endeksi hesaplamalarına göre, Türkiye 141 ülke arasından 2018'de olduğu gibi 61. sırada yerini korumuştur. Nispi olarak Türkiye'nin iyi performans gösterdiği alanlar **Bilgi ve İletişim Teknolojileri** (57,8 puan), **altyapı** (74,3 puan), **İşgücü Piyasası** (52,9 puan). Türkiye, 12 değişkenin 11'inde Avrupa ve Kuzey Amerika ortalamasının gerisinde yer almaktadır. İleri olduğu değişken ise 13. sırada olduğu **pazar büyüklüğü** değişkenidir. İşgücü Piyasası değişkeninde sınırlı bir iyileşme olduğu ifade edilmektedir: Yabancı işçi çalıştırma kolaylığı (63. sırada), işçi hakları (109. sırada), kadınların işgücü piyasasına katılımı (112. sırada) dır. Kadınların işgücüne katılımı çok düşüktür. Her 100 erkeğe karşı, işgücü piyasasında sadece 39 kadın bulunmaktadır (World Economic Forum, 2019). Türkiye **makro ekonomik ortam** bileşeninde önemli bir düşüş yaşayarak, 61,3 puanla 129. sıraya gerilemiştir.

Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte insanlık yeni bir çağa adım atmaktadır. Bu gelişmeler dünya toplumlarında yaratacağı etkilerin yanısıra refah kavramını da yeniden tanımlayacak ve politika oluşturmada derin etkiler yaratacaktır. Endişeli liderler kısa vadeli, gerici önlemlerin ötesine geçmeyi amaçlayan cevaplar ve çözümler bulmak için uğraşıyorlar. Bu bağlamda Dünya Ekonomik Forumu yeni Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'ı hazırlamıştır. Ekonomik sıçrama için teknolojinin daha iyi kullanılması gerektiğinin altı çizilerek ancak bunun yalnızca diğer rekabetçilik faktörleri ile bütüncül bir yaklaşımın bir parçası olarak mümkün olduğuna dikkat çekilmektedir. Raporda vurgulanan diğer temel bulgular şunlardır:

- *Rekabetçilik ülkeler arasında sıfır toplamlı oyun değildir. Her ülke rekabetçiliğe erişebilir.*
- *Mevcut durumda ülkeler arasında rekabetçilik bakımından büyük uçurumlar vardır ve bu uçurumların daha da büyüme riski yüksektir.*
- *4. Sanayi Devrimi'nde her ekonominin rekabetçiliğe ulaşma olanağı vardır. Ancak, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, teknolojik altyapı yetersizliği, yeterli seviyede*

yüksek niteliğe sahip işgücünün olmaması ve yatırımların geri dönüşünde belirsizliklerin olması, finansal kaynak açığı vb. bazı engeller vardır.

- *Ekonomik sıçrama yapabilmek için teknolojiyi bir kaldıraç olarak kullanabilme kabiliyeti çok sayıda ülkede sınırlı kalmıştır. Bunun temel nedeni kurumlar, altyapı ve becerilerdeki yetersizliktir.*
- *İnovasyonu teşvik etmek için bütünsel stratejiler gereklidir. Birçok ülke bu stratejileri hayata geçirmekte yetersiz kalmaktadır.*
- *Rekabetçiliğin temellerini güçlendirmek şoklara karşı olan direnci yükseltir.*
- *Eşitlik, sürdürülebilir kalkınma ve büyüme hedeflerine ulaşabilmek için proaktif ve ileri görüşlü önderliğe ihtiyaç vardır.*

Tablo 13: İnovasyon Sıralaması: 2019

| Ülkeler | Puan (0-100) | Derece |
|------------------|--------------|--------|
| İsviçre | 68.40 | 1 |
| Hollanda | 63.32 | 2 |
| İsveç | 63.08 | 3 |
| Birleşik Krallık | 60.13 | 4 |
| Singapur | 59.83 | 5 |
| Amerika | 59.81 | 6 |
| Finlandiya | 59.63 | 7 |
| Danimarka | 58.39 | 8 |
| Almanya | 58.03 | 9 |
| İrlanda | 57.19 | 10 |
| Türkiye | 37.42 | 50 |

Kaynak: Global Innovation Index 2019

Küresel İnovasyon Endeksinin 2019'e göre en inovatif ülkeler sıralamasında yine İsviçre en başta gelmektedir. Türkiye ise 126 ülke arasında bir önceki yılda 43. sırada iken 50. sıraya gerilemiştir. İlk 10 da ise dünyanın en inovatif ülkeleri sırasıyla İsviçre, Hollanda, İsveç, Birleşik Krallık, Singapur, Amerika, Finlandiya, Danimarka, Almanya ve İrlanda yer almaktadır. Japonya bir önceki yıla kıyasla 2 basamak yükselerek 14. sırada yer almaktadır. En çarpıcı örnek ise Avustralya olmaktadır. 2017 yılında 23. sıradayken 2018 yılı raporlarında 11. sıraya yükselmiştir (Global Innovation Index, 2018).

3.2.1. Swot Analizi

Türkiye Ekonomisinin dijital dönüşüme uyum sürecinde konu ile ilgili olarak, güçlü yönlerin, zayıf yönlerin, fırsatların ve tehditlerin ortaya konulması çok önemlidir.

Güçlü Yönler

- Genç Nüfus: Türkiye nüfusunun neredeyse 1/3'ü (25 milyon kişi) 18 yaşın altındadır.
- BCG Global üretim Maliyet Endeksine göre, Türkiye 98, ABD 100, Almanya 121 ortalama maliyet katsayısına sahiptir.
- Yüksek karlılık seviyesi,
- Coğrafi konumu düşük maliyetli iş gücü sayesinde global değer zincirinde rekabetçi bir yapı kazanabilme olasılığı,
- Artan müşteri memnuniyeti,
- Verimlilik artışı,
- Endüstriyel üretim artışı,
- Endüstrilerin artan rekabet gücü.

Zayıf Yönler

- İşsizlik,
- İthalata yüksek bağımlılık,
- Yatırımların yetersizliği,
- Geliştirme ve entegre olma maliyetlerinin yüksekliği, teknoloji geri beslemelerine aşırı bağımlılık,
- Kalifiye işgücü yetersizliği, ihtiyaç duyulan yetenekli işgücünün dış kaynaklardan temin edilmesi,
- Sinerjik hareket modelinin bulunmaması.

Fırsatlar

- Artırılmış müşteri memnuniyeti: Kişiselleştirilmiş üretim ve ürün çeşitliliği,
- Büyüme potansiyeli,
- Teşvikler,
- 30.000 'e yakın bilişim firması,
- Türkiye'nin üretimde (ve diğer sektörlerde) küresel pazar payını artırmak,
- Dijital teknolojiler mevcut sektörlerin üretkenliğini arttıracak şekilde yaygınlaştırıldığında, Türkiye'nin Avrupa'nın 'üretim üssü' olarak uluslararası iş bölümündeki konumunu ve gelişmiş ülkelerle arasındaki farkı koruyabilme fırsatı.

- Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı benimseyerek gelişmiş ülkeler liginde mücadele etme fırsatı,
- Dijital teknoloji sektörlerine doğru yapısal dönüşüm sağlandığında, Türkiye uluslararası iş bölümündeki konumunu iyileştirerek hızlı ve sürdürülebilir büyüme elde edebilme fırsatı.

Tehditler

- Dünya Ekonomik Forum tarafından hazırlanan Küresel Riskler Raporunda **siber saldırılara** da yer verilmiştir. Siber güvenlik riskleri hem gittikçe yaygınlaşıyor hem de yıkıcı etkileri artıyor. İşletmelere yönelik yapılan siber saldırılar beş yıl içinde neredeyse iki katına çıktı ve önceden olağanüstü kabul edilen olaylar gittikçe daha yaygın hale geliyor. Siber güvenlik ihlallerinin finansal etkisi gittikçe artıyor. 2017 yılında fidye yazılım saldırılarıyla ilgili en büyük maliyetlerden bazıları tüm kötü amaçlı e-postaların %64 'ünü oluşturuyor. 150 ülkede 300 bilgisayarı etkileyen Wanna Crazy saldırısı ve 300 milyon dolar değerinde. 3 aylık zarara neden olan NotPetya önemli örnekler arasındadır. Büyüyen bir diğer eğilim ise, kritik altyapı ve stratejik sanayi sektörlerini hedef alan siber saldırıların kullanılmasıdır. Diğer taraftan saldırganlar toplumların işleyişini sağlayan sistemlerde bir çöküşün meydana geleceğine dair korkuların artmasına sebep olmaktadır (World Economic Forum, 2018: 6).
- Beyin göçü: Endüstri 4.0'ın gelmesiyle birlikte yüksek nitelikli işgücüne olan talep de artmaktadır. Türkiye sahip olduğu yüksek nitelikli işgücünü istihdam etmekte yeterli koşulları sağlamadığında ülkede var olan yüksek nitelikli işgücünün gelişmiş ülkelere kayması riskiyle karşı karşıyadır. Bu şartlar kişi başına düşen milli gelirden bir iyileştirme yaparak sağlanabilir. Bunun da yolu yine Endüstri 4.0'dan geçmektedir. Bu bahsedilen durum biribini besleyen zincirleme olaylardır. Bu durum, Endüstri 4.0'ı benimsemeyenler için çok fazla zorluklar getirirken benimseyen ülkelerin de sahip oldukları birçok büyük problemin üstesinden gelmelerini sağlamaktadır.
- Endüstrinin ve ulusal ekonomik politika belirleyicilerinin Endüstri 4.0 'ın yeterince farkında değildir.
- Ülke içi gelir dağılımı eşitsizliği,
- Ülkeler arası gelir dağılımı eşitsizliği,
- Üretimin ulusallaşarak, merkeze çekilmesi.

➤ İşlevsizleşecek olan işgücünün istihdam problemi.

Yukarıdaki ifade edilen güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler kapsamında Türkiye'nin Endüstri 4.0 Vizyonu ve değişimin etkileri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

Endüstri 4.0 ile yeni bir dünya düzenine neden olan bir sürece girmekteyiz. Tüm dünya ülkeleri bu süreç için çalışmalarını arttırmışken, Türkiye bu sürece var olan endüstriyel fırsatlarından daha iyi faydalanmaya başlamalı ve kendini yavaş yavaş geliştirmelidir. Ürün ve imalat yapısındaki değişimler, bilimsel ve teknolojik gelişmeleri takip etmeli ve bu sürece ayak uydurabilmek için politikalar belirlemelidir. Araştırma ve geliştirme harcamaları en önemli harcama kalemidir ve bu kalem önemsenmelidir (Öztürk, 2017). Yatırımın temel sektörü ve 2011 yılında açıklanmış olan Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi'nde öne çıkan sektörlerden olan makine endüstrisinde gerçekleştirilen inovasyon ile uluslararası seviyede rekabet elde etme gücü kazanılır. Türkiye'nin daha sonra hazırlanmış olduğu "Türkiye Makine Sektörü Strateji Belgesi'nde" ise makine sektöründe teknolojik üretim üssü olma vizyonu belirlenmiştir. En önemli eğilimde bu sektörde endüstri 4.0 uygulamalarıdır (Cem Okan Tuncel, 2016). Türkiye'nin bu süreçte başarılı olabilmesi için belirlediği projelerde, öncelikle proje yönetimini emin adımlarla ilerletmeli, endüstri 4.0 için karşılaşılabilecek güçlükleri belirlemelidir (Ömür Yaşar Saatçioğlu, 2019). Türkiye'nin bu süreçteki konumunu analiz edebilmek için, OECD, Dünya Ekonomik Forumu, küresel İnovasyon Endeksi gibi raporlara bakılmalıdır. Örneğin, 2017 yılı global küresel endeksi raporuna göre, Türkiye 43. olarak ülkeler arasında yerini almıştır. Bu endekse göre, İsviçre dünya ülkeleri arasındaki yerini korumuş, İsveç 2., Hollanda ise 3. olmuştur. Liste üzerindeki diğer on ülke ise ABD, Birleşik Krallık, Danimarka, Singapur, Finlandiya, Almanya ve İrlanda'dır. Hindistan Asya'da yeniliğin merkezi olmuştur. Dahası, Sahra altı Afrika, Latin Amerika ve Karayip bölgeleri onların gelişme seviyelerine nazaran büyük bir yenilik performansı göstermiştir (Hakan Erkurt, 2020). Türkiye'de 4. Sanayi devrimine tam bir geçiş yapılmamış olsa da, Türkiye'nin bu devrim ve dijitalleşme konularındaki farkındalığı, bazı sektörlerin ve firmaların yapmış oldukları toplantılarla, altyapının iyileştirilmeye çalışılmasıyla, yurtdışına gidilerek bu devrim hakkında bilgi alınmasıyla ve vizyon belgeleri ile ve bunu hükümetin politika olarak benimsediğinin kanıtlarıyla ortaya koyulmaktadır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı sanayi

üretimini arttırmayı amaçlayan üretim reformu paketi için hazırlıklarını 2017 yılında tamamlamıştır. Üretimde dijitalleşme yaygınlaştırılacak ve 4. Sanayi devrimine geçiş sağlanacaktır (Şener, 2017).

2018 yılında yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile Cumhurbaşkanlığına bağlı, özel bütçeli, idari ve mali özerkliğe sahip “Dijital dönüşüm Ofisi” kurulmuştur. Dijital dönüşüm ofisi 4. Sanayi devrimine Türkiye’nin sağlam adımlarla girebilmesi için, yol haritası hazırlama, dijital dönüşüm ekosistemini oluşturma, bilgi ve siber güvenliğin artması için projeler hazırlama, büyük veri ve gelişmiş analiz çözümlerinin etkin kullanımına ilişkin stratejiler geliştirme gibi görevlerle dijital dönüşüm lideri olarak göreve başlamıştır (1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi , 2018).

TÜBİTAK’ın 2017 yılı raporu 4. Sanayi devriminin vizyonu hakkında bize bilgi vermektedir. Bu rapora göre; ülkelere getirisinin yanında aynı zamanda direk şirketler üzerinde de birçok avantajı vardır. Kalite, maliyet azalımı, piyasaya sürme, zaman tasarrufu gibi olumlu gelişmeler söz konusu olmaktadır. Farklı sektörlerde elde edilecek verimlilik artışı, ülkelerin ulusal düzeyde rekabet gücünü artırmaktadır. Bu nedenle gelişen ve gelişmiş ülkelerin bilişim ve bilgi teknolojileri işletmeleri bu devrimin uygulamalarını geliştirmeye başlamışlardır. Büyük işletmeler ise, bu teknolojileri üretim hatlarına sokarak halihazırda verimlilik artışını sağlamışlardır (TÜBİTAK, 2017). Global tahminler, artık 4. Sanayi devrimi ile ilgili olan uygulamaların daha fazla kullanılacağını göstermektedir. 2020’de kullanılacak robotların artacağı, 2025’te robotların ekonomik etkilerinin yıllık 1,2 trilyon kadar olacağı ve gelişmiş ekonomilerde de üretim sürecinin yaklaşık %15-25 arasında olacağı öngörülmektedir. Bunların sonucunda ülkeler, kendilerine yetebilmeleri için bu sanayi devrimine uyum sağlayacak politikalar belirlemektedir (Hasan Tutar, 2018).

Türk sanayisinin gelişmesi ve rekabet gücü elde etmesinde kilit faktör 4. Sanayi devriminin uygulanması olacaktır. İlave değeri yüksek bir yatırım dönüşümüne ulaşma imkânı elde edecektir. Uygulama sonucunda, üretkenliği ve özgünlüğü ile rekabet gücü artacaktır. (Kağncioğlu, 2019). Bu bağlamda, dijital teknolojik değişimin Türkiye’deki olası etkileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Üretim ve satışa yönelik teknolojilerin üretkenlik ve büyümeye pozitif etkisi vardır.
- Dijital teknoloji kullanımını olumlu etkileyen firma özellikleri: Girişim

büyüklüğü, işgücü niteliği (yüksek ücretler), sermaye yoğunluğu, ithalat yoğunluğu, yabancı sermayeli firmalardır.

- *Bilişim teknolojisi uzmanı istihdam eden firmaların üretkenliği, bu personeli istihdam etmeyen firmalardan ortalama %3,6 daha yüksektir. İlgili teknolojiyi kullanan ve kullanmayan firmalar arasında üretkenlik farklılığı vardır.*
- *ERP, CRM, SCM, Açık kaynak OS, RFID, bulut bilişim, genişbant mobil cihaz kullanan, sabit bağlantı hızı 100 Mb/s'dan fazla olan firmaların üretkenlikleri diğer firmalara göre daha yüksektir.*
- *Türkiye'de özellikle üretim süreçlerine yönelik dijital teknolojilerin yaygınlaşma düzeyi düşüktür. Kamu politikalarının kalkınma ve ekonomik büyüme sürecinde dijital dönüşüme yeterince odaklanmamakta ve kurumsal yapılar bu sürece uygun oluşturulmamaktadır.*

SONUÇ VE ÖNERİLER

İlk kez Uluslararası Hannover Sanayi Fuarı'nda adı konulan Endüstri 4.0'da yani dördüncü sanayi devriminde makinelerin birbiriyle iletişim içinde olduğu akıllı üretim süreçlerinin ön plana çıktığını görüyoruz. Ancak öne çıkan dijitalleşmeyi tek kurtarıcı olarak görmemek gerekir. Şirketlerde dijitalleşmenin başarılı olmasının en önemli koşulu üretim süreçlerinin çok iyi bilinmesinin gerekliliğidir. Verimsiz üretim süreci ve otomasyon işbirliğinin karmaşa ve kaos ortaya çıkarması kaçınılmazdır. Endüstri 4.0'a şüphe ile yaklaşılmasının temelinde dijitalleşme dönüşümünün maliyetli olması ve vasıflı iş gücünün yeterli olmaması yatmaktadır. Ancak uzun vadeli düşünüldüğünde şirketlerin rekabet gücünü ve pazar payını koruması için bir zorunluluk olduğunun kavranması çok önemlidir. Şirketler için dijitalleşmeye geçmenin en doğru zamanı “hemen”dir. Endüstri 4.0 işletmeler için yeni ufuklar açmakta ve istihdam açısından yeni meslekler yaratmakta, İnsan, robot tamamlayıcılığı büyük yoğunlukla üretim fonksiyonlarında yerini almaktadır.

Endüstri 4.0 süreci dünyada hala devam etmektedir. Bu konuda Türkiye ile Avrupa ülkeleri arasında gelinen nokta açısından ciddi farklar bulunmaktadır. Türkiye'deki şirketlerin, gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında, henüz yatırım öncesi ya da planlama döneminde olduğu görülmektedir. Türkiye'nin endüstriyel açıdan bulunduğu nokta 2. Endüstri devrimi ile 3. Endüstri devrimleri arasındadır. Bunun en önemli sebebi yatırım eksikliğidir. Pek çok raporda ifade edildiği gibi, Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecinde ilerleyebilmesi ancak teşvik edilecek yatırımlar ve AR-GE çalışmaları ile mümkün olabilecektir. Ancak Türkiye'nin kırılgan ekonomiler içinde yer alması endüstriyel yatırımların yapılmasına engel teşkil etmektedir. Endüstri 4.0'ın oluşturacağı yeni iş modellerinin oluşturacak olduğu istihdam problemlerinin endişe yaratmasına rağmen, tezde ifade edilen, Endüstri 4.0 'ın ekonomiler üzerinde yaratacağı olumlu etkiler ağır basmaktadır. Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim sürecinde kullanılmasıyla, yüksek teknoloji ihracatının yaratacağı yüksek katma değerden şirketler payını alacaktır. Bu gelişmenin verimlilik, karlılık ve maliyetler üzerinde yaratacağı olumlu etkilerin yanı sıra, işçi sağlığı ve güvenliği kavramlarında da önemli olumlu etkileri olacaktır. Söz konusu değişim süreci içinde bulunan bir ülkenin üretim maliyetleri, önceki endüstri devrimlerinin geleneksel yöntemleri ile üretim yapan ülkelere göre çok daha düşük seviyelerde olacaktır. Bu

süreç içerisinde iş gücü maliyetlerini minimize etmek için batıdan doğuya yönelen yatırımlar orjin ülkelerine geri döneceklerdir. Türkiye'nin bu değişimi göz önünde bulundurarak politikalarını belirlemesi gerekmektedir. Bu bağlamda, vasıflı işgücünü korumak ve vasıflı iş gücü miktarını arttırmak önemli olacaktır. Türkiye için fason üretim yapısı veya alt yüklenici pozisyonun devam ettirmesi mümkün görülmemektedir. Çünkü Endüstri 4.0 geliştikçe Türk fason üreticilerin üretim yaptığı yabancı markaların ucuz iş gücüne bağlı karlılık felsefesine ihtiyacı kalmayacaktır. Bu nedenle, Türkiye bir an önce kendi markalarına sahip olmalı ve kendi markalarını üretmelidir. Bunu başarabilmek için anahtar, inovasyon konusundaki çalışmalar olacaktır. Endüstri 4.0 sürecinde önemli mesafe kaydedebilmek, doğru politikanın etkin kullanımı ile mümkün olacaktır. Bu politikaları ana hatlarıyla şu şekilde ifade edebiliriz:

- **Etkin, güvenilir ve her yerden erişilebilir geniş bant iletişim ağ ve hizmetleri yaygınlaştırılmalı, yeni nesil erişim altyapılar tüm tüketici ve üreticileri kapsayacak şekilde geliştirilmelidir.**
- **Dijital teknolojiler bilgiye dayandığı için, herkesin özgürce bilgiye erişimini ve İnternet açıklığını güvence altına alacak hukuki düzenlemeler yapılmalıdır. Kişisel verilerin etkin bir şekilde korunması ve İnternet güvenliği sağlanmalıdır.**
- **Dijital teknolojilerin ürün, süreç ve iş modellerinde köklü dönüşümlere yol açtığı dikkate alınarak, düzenlemelerin de yeni koşullara göre esnek olması sağlanmalıdır.**
- **Mevcut koşullarda büyümenin motoru görevini üstlenen otomobil ve makine gibi “orta-yüksek teknoloji” ve tekstil ve hazır giyim gibi “emek yoğun” sektörlerde dijital teknolojiler hızla yaygınlaştırılmalı, yüksek katma değer yaratan yüksek teknoloji ihracatına önem verilmelidir.**
- **Özellikle KOBİ'lerde dijital teknolojilerin hızla yaygınlaşması desteklenmelidir.**
- **Gerekli işgücünün yetiştirilmesi ve sektörlerin talep sürekliliğinin sağlanması gereklidir.**

- Araştırmacıların ve firmaların uluslararası yenilik ağlarına aktif olarak katılması sağlanmalıdır.
- İnsan gücü, fiziki altyapı ve sabit sermaye yatırımları önemli ölçüde artırılmalıdır.



KAYNAKÇA

Aalst. Wil M.P. van der., John Mylopoulos. Michael Rosemann. Michael J. Shaw. Clemens Szyperski. (2016). Information Technology for Management

New Ideas and Real Solutions. 14th Conference, AITM 2016 and 11th Conference, Springer International Publishing AG. (eBook).

- Abersfelder, S., Bogner, E., Heyder, A., & Franke, J. (2016). Application and validation of an existing Industry 4.0 guideline for the development of specific recommendations for implementation. In *Advanced Materials Research* (Vol. 1140, pp. 465-472). Trans Tech Publications Ltd.
- Acemoglu, Daron, "Pascual Restrepo Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, NBER Working Paper No. 23285, 2017.
- Adolph, Lars ve diğerleri. (2016). German Standardization Roadmap: Industry 4.0 Version 2. DIN/DKE – Roadmap. DIN e. V.
- Ahuett-Garza, H. ve Kurfess. T. (2018). A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. *Manufacturing Letters*. 15 (2018) 60–63.
- Akerman, M., & Fast-Berglund, Å. (2017, October). Interoperability for human-centered manufacturing. In *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"* (pp. 76-83). Springer, Cham.
- Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V., & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of an industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems. *Procedia Cirp*, 52(1), 262-267.
- Alçın S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0", *Journal Of Life Economics*, 19-30.
- Alicke, K., Rexhausen, D., & Seyfert, A. (2017). Supply Chain 4.0 in consumer goods. *Mckinsey & Company*.
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *JIM*, 3, 16-21.
- Al-Osta, M., Ahmed, B., & Abdelouahed, G. (2017). A lightweight semantic web-based approach for data annotation on IoT gateways. *Procedia computer science*, 113, 186-193.
- Al-Rodhan, Nayef. (2015). The Moral Code How To Teach Robots Right and Wrong. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-08-12/moral-code>. 08.10.2018.
- Al-Shboul, M., Rababah, O., Ghnemat, R., & Al-Saqqah, S. (2014). Challenges and factors affecting the implementation of e-government in Jordan. *Journal of Software Engineering and Applications*, 7(13), 1111.

- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2017, June). The Driving Role of the Industrial Internet of Things for Strategic Change: The Case of Electronic Engineering Business Models. In Proceedings of the 24th Innovation and Product Development Management Conference (IPDMC), Reykjavik, Iceland (pp. 11-13).
- Arnold, Christian., Daniel Kiel. ve Kai-Ingo Voigt. (2016). How Industry 4.0 changes business models in different manufacturing industries. The XXVII ISPIM Innovation Conference.
- Arundel, A., Kanerva, M., & Kemp, R. (2011). Integrated innovation policy for an integrated problem: Addressing climate change, resource scarcity and demographic change to 2030. Pro INNO Europe: INNO-Grips II report, European Commission, DG Enterprise and Industry: Brussel, Belgium
- Aruoja, K. (2015). *Digital cooperation in the Baltic Sea region: a case of networked multi-level governance* (Doctoral dissertation, Tartu Ülikool).
- Assembly Line – History. <http://science.jrank.org/pages/558/Assembly-Line-History.html>.
- Attaran, M.(2017). School of Business & Public Administration, California State University, Bakersfield, 9001 Stockdale Highway, Bakersfield, CA 93311-1099, U.S.A. Business Horizons. Cilt(60): 677—688
- Au, A. K. M., & Enderwick, P. (2000). A cognitive model on attitude towards technology adoption. *Journal of Managerial Psychology*.
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), 3–30.
- Babiceanu, R. F., & Seker, R. (2016). Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. *Computers in Industry*, 81, 128-137.
- Baeg, S. H., Park, J. H., Koh, J., Park, K. W., & Baeg, M. H. (2007, October). Building a smart home environment for service robots based on RFID and sensor networks. In 2007 International Conference on Control, Automation and Systems (pp. 1078-1082). IEEE.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. ve Lee, J. (2017). Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *IFAC-PapersOnLine*”, 48(3), 1622-1627.
- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (1997). *Managing In An Age Of Modularity* (Cilt 75). Harvard Business Review.
- Banger, G. (2017, 01 23). *bizobiz.net*. 04 4, 2020 tarihinde <http://bizobiz.net/endustri-4-0-tasarim-ilkeleri/> adresinden alındı

- Barbosa, J., Leitão, P., Adam, E., & Trentesaux, D. (2015). Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution. *Computers in industry*, 66, 99-111.
- BARCLAYS (2016) The facts about Co-Bot Robot sales..
- Bartodziej, Christoph Jan. (2017). *The Concept Industry 4.0 An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Berlin, Germany. BestMasters. (eBook).
- Bauer, W., Hammerle, M., Schlund, S., & Vocke, C. (2015). Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”. *Procedia Manufacturing*, 3, 417-424.
- Bauernhansl, T. (2016). WGP-Standpunkt Industrie 4.0. WGP, Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik
- Bauer, W.; Schlund, S.; Marrenbach, D.; Ganschar, O. (BITKOM). *Industrie 4.0–volkswirtschaftliches potenzial*. Berlin, 2014.
- Baweja, Bhanu., Paul Donovan., Mark Haefele., Lutfey Siddiqi ve Simon Smiles. (2016). *Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution*. UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016.
- Beier, G., Ulrich, A., Niehoff, S., Reibig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Clean Production*, 259(120856)
- Beier, G., Niehoff, S., Ziems, T., & Xue, B. (2017). Sustainability aspects of a digitalized industry–A comparative study from China and Germany. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4(2), 227-234.
- Beier, G., Ulrich, A., Niehoff, S., Reibig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Clean Production*, 259(120856)
- Bischoff, K., & Reardon, S. F. (2014). Residential segregation by income, 1970–2009. *Diversity and disparities: America enters a new century*, 43.
- Bitkom, VDMA ve ZVEI. (2016). *Implementation Strategy Industrie 4.0 Report on the results of the Industrie 4.0 Platform*.

- Bledowski, K. (23 Temmuz 2015). *The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet*. <https://mapifoundation.org/economic/2015/7/23/the-internet-of-things-industrie-40-vs-the-industrial-internet>, (15.06.2018).
- Bogue, R. (2013). 3-D Printing: The Dawn Of A New Era In Manufacturing? *Assembly Automation*, 33(4):307—311.
- Bonekamp, L., & Sure, M. (2015). Consequences of industry 4.0 on human labour and work organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33-40.
- Borangiu, T., Trentesaux, D., Thomas, A., Leitão, P., & Barata, J. (2019). Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization.
- Bower, J. L., and C. M. Christensen. 1995. “Disruptive Technologies: Catching the Wave.” *Harvard Business Review* 73 (1): 43–53.
- Branke, J., Farid, S. S., & Shah, N. (2016). Industry 4.0: a vision for personalized medicine supply chains?. *Cell and Gene Therapy Insights*, 2(2), 263-270.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal Of Mechanical, Industrial Science And Engineering*, 8(1), 37-44.
- Brown, S. (2014). *The Industrial revolution*. <https://www.khanacademy.org/partner-content/big-history-project/acceleration/bhp-acceleration/a/the-industrial-revolution>, (16.06.2018).
- Brousell, D. R., Moad, J. R., & Tate, P. (2014). The next industrial revolution: how the internet of things and embedded, connected, intelligent devices will transform manufacturing. Frost & Sullivan, A Manufacturing Leadership White Paper.
- Brüggemann, H., & Bremer, P. (2015). *Grundlagen Qualitätsmanagement*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. First Edition. W. W. Norton & Company, Inc.
- Brynjolfsson, Erik., Andrew McAfee, and Michael Spence. (2014). *New World Order Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2014-06-04/new-world-order>. 08.10.2018.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.

- Burke, Rick., Adam Mussomeli, Stephen Laaper, Marty Hartigan, Brenna Sniderman. (2017). *The smart factory. Responsive, adaptive, connected manufacturing.* Deloitte University Press.
- Business Reporter. (2018). *How Industry 4.0 is finally getting to grips with big data.* <https://business-reporter.co.uk/2018/02/10/industry-4-0-finally-getting-grips-big-data/#gsc.tab=0>. (05.07.2018).
- Busnelli, G., Shantaram, V., & Vatta, A. (2012). Battle for the home of the future: How utilities can win. *McKinsey on Sustainability and Resource Productivity*, 44-53.
- Capgemini Consulting, “An interview with Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee”, 2013.
- Caruso, L. (2018). Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes?. *Ai & Society*, 33(3), 379-392.
- Caruso, Loris, “Digital Innovation and the Fourth Industrial Revolution: Epochal Social Changes?”, *AI & Soc*, 2017.
- Carvalho, N. G., & Cazarini, E. W. (2020). *Industry 4.0 - What Is It?* N. G.
- Carvalho, & E. W. Cazarini içinde, *Industry 4.0* (s. 1-9). São Carlos, Brazil: University of São Paulo (USP).
- Caselli, F., & Manning, A. (2019), Robot arithmetic: New technology and wages, *American Economic Review: Insights*, 1(1), 1-12.
- Cedefop, “Skills forecast: trends and challenges to 2030”, Cedefop reference series 108, 2018.
- Cem Okan Tuncel, A. P. (2016). Sectoral system of innovation and sources of technological change in machinery industry: an investigation on Turkish machinery industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 229 , 214 – 225.
- Cheng, C. H., Guelfirat, T., Messinger, C., Schmitt, J. O., Schnelte, M., & Weber, P. (2015, August). Semantic degrees for industrie 4.0 engineering: deciding on the degree of semantic formalization to select appropriate technologies. In *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering* (pp. 1010-1013).
- Chase, J. (2013). *The Evolution of the Internet of Things.* Texas Instruments.
- Cheng, H., Zeng, P., Xue, L., Shi, Z., Wang, P., & Yu, H. (2016, September). Manufacturing ontology development based on Industry 4.0 demonstration production line. In *2016 Third International Conference on Trustworthy Systems and their Applications (TSA)* (pp. 42-47). IEEE.

- Cheng, G. J., Liu, L. T., Qiang, X. J., & Liu, Y. (2016, June). Industry 4.0 development and application of intelligent manufacturing. In 2016 international conference on information system and artificial intelligence (ISAI) (pp. 407-410). IEEE.
- Chen, D., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in industry*, 59(7), 647-659
- Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., & Fraise, P. (2016). Collaborative manufacturing with physical human–robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1-13.
- Chimera, Alessandro. (2018). Still Lost On New Industry 4.0 Keywords? Find Your Answers Here. <https://www.tibco.com/blog/2018/07/13/still-lost-on-new-industry-4-0-keywords-find-your-answers-here/>. 15.09.2018.
- Cheng, C. H., Guelfirat, T., Messinger, C., Schmitt, J. O., Schnelte, M., & Weber, P. (2015, August). Semantic degrees for industrie 4.0 engineering: deciding on the degree of semantic formalization to select appropriate technologies. In *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering* (pp. 1010-1013).
- Cheng, H., Zeng, P., Xue, L., Shi, Z., Wang, P., & Yu, H. (2016, September). Manufacturing ontology development based on Industry 4.0 demonstration production line. In *2016 Third International Conference on Trustworthy Systems and their Applications (TSA)* (pp. 42-47). IEEE.
- Chesbrough, H. 2003. New business logic of open innovation. *Harvard BUSineSS Review*, 1, 11-15.
- Chien, C. F., Chou, C. W., & Yu, H. C. (2016). A novel route selection and resource allocation approach to improve the efficiency of manual material handling system in 200-mm wafer fabs for industry 3.5. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(4), 1567-1580.
- Chien, C. F., Liu, C. W., & Chuang, S. C. (2017). Analysing semiconductor manufacturing big data for root cause detection of excursion for yield enhancement. *International Journal of Production Research*, 55(17), 5095-5107.
- Chien, C. F., Wang, H. K., & Fu, W. H. (2018). Industry 3.5 Framework of an Advanced Intelligent Manufacturing System: Case Studies from Semiconductor Intelligent Manufacturing. *Management Review*, 37, 105-121.
- Christensen, C. M., Johnston, C., & Barragree, A. (2000). After the gold rush: patterns of success and failure on the Internet. Innosight, LLC.
- Christensen, C., & Raynor, M. (2013). *The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth*. Harvard Business Review Press.

- Christensen, C. M., McDonald, R., & Raynor, M. (2015). What is disruptive innovation? *Harvard Business Review*, 93; 44–53.
- Christensen, C., & Raynor, M. (2013). *The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth*. Harvard Business Review Press.
- Chui, Michael., James Manyika. ve Mehdi Miremadi. (2015). Four fundamentals of workplace automation. <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/four-fundamentals-of-workplace-automation>. 02.10.2018.
- Copeland, Michael. (2016). What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning?. <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>. 17.09.2018.
- Corfe, Scott. (2018). *4IR in the Home: Maximising the Benefits*. The Social Market Foundation. London.
- Corke, Peter. (2017) *Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB® second, completely revised*. Springer.
- Citi GPS, "Technology at Work v2.0 The Future Is Not What It Used to Be," Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, 2016
- Common Fund for Commodities, "The Fourth Industrial Revolution: Benefits and Threats for Commodity- Dependent Developing Countries", 2018.
- Crnjac, Marina., Ivica Veža ve Nikola Banduka. (2017). From Concept to the Introduction of Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30.
- CSME BULLETIN. (2018). Additive Manufacturing (AM). <http://csme-scgsm.ca/sites/default/files/BULLETIN-SPRING-2018.pdf>. (09.09.2018).
- Cymraeg. (2008). Richard Trevithick's steam locomotive. <https://museum.wales/articles/2008-12-15/Richard-Trevithicks-steam-locomotive/>. (28.08.2018).
- Danneels, E. (2004). Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda. *Journal of product innovation management*, 21(4), 246-258.
- Damianov, D., & Chukalov, K. (2016). Structural reorganization in the informational–technical system of a production machine (hybrid) for operating in the Industry 4.0. *Industry 4.0*, 1(2), 67-69.
- Dan, Y., & Chieh, H. C. (2008, July). A reflective review of disruptive innovation theory. In *PICMET'08-2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology* (pp. 402-414). IEEE.

- Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., ve Sarli, M. (2012). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers and Chemical Engineering*, 47, 145-156.
- Davies, Ron, “Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth, European Parliamentary Research Service”, European Parliament Think Tang, 2015.
- Deshpande, Ketan. (2016). Industry 4.0-Additive Manufacturing. <https://ketandeshpandemn.com/industry-40-additive-manufacturing/>. 09.09.2018.
- Desjardins, Jeff. (2017). This is how the world's smartest cities are being built. <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/this-is-how-the-worlds-smartest-cities-are-being-built>. 21.09.2018.
- Dillon, T., Wu, C., & Chang, E. (2010, April). Cloud computing: issues and challenges. In 2010 24th IEEE international conference on advanced information networking and applications (pp. 27-33). Ieee. 10.1109 / SECON.2015.7132979
- Dixon, T. (2011). ‘Low carbon’ scenarios, roadmaps, transitions and pathways: an overview and discussion.
- Dixon, T., Connaughton, J. & Green, S. 2018. Understanding and Shaping Sustainable Futures in the Built Environment to 2050. *SUSustainable Futures in the Built Environment to 2050*. Wiley-Blackwell.
- Dixon, T., Eames, M., Britnell, J., Watson, G. B. & Hunt, M. 2014. Urban retrofitting: identifying disruptive and sustaining technologies using performative and foresight techniques. *Technological Forecasting & Social Change*, 89, 131-144.
- Đuričin, Dragan., Iva Vuksanović Herceg. (2018). Industry 4.0 and Paradigm Change in Economics and Business Management. International Conference on the Industry 4.0 model for Advanced Manufacturing. Proceedings of 3rd International Conference on the Industry 4.0 Model for Advanced Manufacturing. AMP 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
- Eclipse Foundation. (2017). Open Source Software for Industry 4.0. An Eclipse IoT WorkingGroup collaboration. <https://iot.eclipse.org/resources/whitepapers/EclipseIoTWhitePaper-OpenSourceSoftwareforIndustry4.0.pdf>. 03.10.2018.

- Erol, Selim, Andreas Jäger, Philipp Hold, Karl Ott, Wilfried Sihm. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP* 54 (2016) 13 – 18.
- Executive Summary World Robotics. (2017). Industrial Robots. Erişim Tarihi. 08.04.2018.
https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf
- Ezel, J. Stephen. (2016). A Policymaker's Guide to Smart Manufacturing. INFORMATION TECHNOLOGY & INNOVATION FOUNDATION.
- Fatorachian, H. ve Kazemi, H. (2018). Üretimde Endüstri 4.0'ın eleştirel bir araştırması: teorik operasyonel çerçeve. *Üretim Planlama ve Kontrol* , 29 (8), 633-644. doi.org/10.1080/09537287.2018.1424960
- Federal Ministry of Education and Research. (2014). *The new High-Tech Strategy Innovations for Germany*. Berlin: Federal Ministry of Education and Research (BMBF).
- Fernandes, I. ve Assuncao, E. (2017). Industry 4.0: Training for Automation in Europe. *Welding Journal*.96(7):50–52.
- Feldmann, Sebastian., Ralph Buechele. ve Vladimir Preveden. (2018). Roland Berger Focus. Predictive maintenance. From data collection to value creation. Roland Berger GmbH. Munich, Germany.
- FENECH C. (2015) B. Perkins. Made-to-order: The rise of mass personalization. *The Deloitte Consumer Review*. ;11(1).
- FHSC, Foresight Horizon Scanning Centre. (2010). Technology and innovation futures: UK growth opportunities for the 2020s.
- FIELDLAB UPPS. (2016) [Available from: <http://www.upps.nl/>
- Florin Bonciu, 2017. "Evaluation Of The Impact Of The 4th Industrial Revolution On The Labor Market,"*Romanian Economic Business Review*, Romanian-American University, vol. 12(2), pages 7-16, June.
- FLORES, M., Maklin, D., Golob, M., Al-Ashaab, A. ve Tucci, C. (2018). Awareness towards Industry 4.0: key enablers and applications for Internet of Things and Big Data (Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H., Rezgui Y. Eds) *Collaborative Networks of Cognitive Systems*. içinde (s.534), *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Springer

- Foidl, H., & Felderer, M. (2015, November). Research challenges of industry 4.0 for quality management. In *International Conference on Enterprise Resource Planning Systems* (pp. 121-137). Springer, Cham
- Ford Motor Company. 100 Years of the Moving Assembly Line. <https://corporate.ford.com/innovation/100-years-moving-assembly-line.html>. 28.08.2018.
- Ford, M., "The Lights In The Tunnel", USA: Acculant Publishing, 2009.
- Ford, M. (2018). *Robotların yükselişi: Yapay zekâ ve işsiz bir gelecek tehlikesi*, (çev. Cem Duran), Kronik Kitap, İstanbul.
- FORTUNE, "Industry 4.0 Market Size, Share and Industry Analysis, by Application (Industrial Automation, Smart Factory, Industrial Lot) by Vertical
- Fragapane, G., Ivanov, D., Peron, M., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2020). Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics. *Annals of Operations Research*, 1-19. doi.org/10.1007/s10479-020-03526-7
- Frey, Carl Benedikt ve Michael A. Osborne. (2013). THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.
- Frey, Carl Benedikt ve Michael A. Osborne, "The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization", working paper, Oxford Martin Programme on Technology and Employment, 2013.
- FUCIU, Mircea ve Dumitrescu, Luigi (2018). "From Marketing 1.0 to Marketing 4.0 –The Evolution of the Marketing Concept in the Context of the 21. Century". *International Conference Knowledge-Based Organization*. Vol: 24, No: 2, s. 43-48.
- Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 14(2), 131
- Geissbauer, R., Vedso, J. ve Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. 2016 Global Industry 4.0 Survey. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. 07.09.2018.
- Ghadimi, P., Wang, C., Lim, M. K., & Heavey, C. (2019). Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for

- Industry 4.0 supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 588-600.
- Ghuman, S. S. (2016). Internet of Things- A Review. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*. 5(2): 312-316.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0 The Industrial Internet of Things*. Thailand: Apress.
- Gilchrist, A. (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Springer, Heidelberg.
- Glockner, H., Jannek, K. Mahn, J., Theis, B. (2014). *Augmented Reality in Logistic*. DHL Customer Solutions & Innovation.
- Glória, A., Cercas, F., & Souto, N. (2017). Design and implementation of an IoT gateway to create smart environments. *Design and implementation of an IoT gateway to create smart environments*, 568-575.
- Gleason, Nancy W. (2018). *Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution*. Palgrave Macmillan. Singapore.
- Gokalp, M. O., Kayabay, K., Akyol, M. A., Eren, P. E., & Koçyiğit, A. (2016, December). Big data for industry 4.0: A conceptual framework. In *2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)* (pp. 431-434). IEEE
- Greenwald, S., Alexander Kulik, André Kunert, Stephan Beck, B. Frohlich, Sue Cobb, Sarah Parsons et al. "Technology and applications for collaborative learning in virtual reality." (2017): 719-726, International Society of the Learning Sciences.
- Griffith, E. (3 May 2016). What Is Cloud Computing?. <https://www.pcmag.com/article2/0,2817,2372163,00.asp>. (26.06.2018).
- GTAI. (2014). *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade & Investment. http://www.inovasyon.org/pdf/GTAI.industrie4.0_smart.manufacture.July.2014.pdf. 09.09.2018.
- Gupta, M. P., & Jana, D. (2003). E-government evaluation: A framework and case study. *Government information quarterly*, 20(4), 365-387.
- Habib, M. K., & Chimsom, C. (2019). *Industry 4.0: Sustainability and Design Principles*. (s. 1-8). Wels: IEEE.
- Hadden, Doug. (2018). *Industry 4.0 Opportunitius and Threat for Government*. <https://freebalance.com/government-digital-transformation/industry-4-0-opportunities-and-threats-for-government/>. 02.01.2018.
- Haeffner M., Panuwatwanich K. (2018) Perceived Impacts of Industry 4.0 on Manufacturing Industry and Its Workforce: Case of Germany. In:

Şahin S. (eds) 8th International Conference on Engineering, Project, and Product Management (EPPM 2017). EPPM 2017. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.

Hakan Erkurt, Ö. V. (2020). Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Turkey. D. Z. Kaushik Kumar içinde, *Digital Manufacturing and Assembly Systems in Industry 4.0* (s. 31). Newyork: CRC Press.

HALL, B. H. LOTTI, F. MAIRESSE, J. (2009), "Innovation and Productivity in SMEs: Empirical Evidence for Italy", *Small Business Economics*, 33(1), 13-33.

HALL, B. H. MAIRESSE, J. (1995), "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms", *Journal of Econometrics*, 65(1), 263-293.

Hardman, S., Steinberger, R., & Horst, D. (2013). Disruptive Innovations: The Case for Hydrogen Fuel Cells and Battery Electric Vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38, 15438-15451.

Hardy, Q., (2013), "A Digital Diaper for Tracking Children's Health", 9 Haziran,

Harari, Yuval Noah, "21. Yüzyıl için 21 Ders", Kolektif Kitap, İstanbul, 2018.

Hartenberg, Richard. S. (1998). Encyclopaedia Britannica .Robert Fulton: American Inventor. <https://www.britannica.com/biography/Robert-Fulton-American-inventor>. (28.08.2018).

Hasan Tutar, D. T. (2018). Türkiye'nin "Vizyon 2023" Stratejisi İle Almayanın "2025" Stratejik Hedeflerinin Endüstri 4.0 Göstergeleri İtibariyle Karşılaştırılması . *International Journal Entrepreneurship and Management Inquiries (Journal EMI)* , 2602 – 3970.

Hauser, J., Tellis, G. J., & Griffin, A. (2006). Research on innovation: A review and agenda for marketing science. *Marketing science*, 25(6), 687-717.

Havle, C. A., & Üçler, Ç. (2018, October). Enablers for Industry 4.0. In *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-6). IEEE.

Hawksworth, John . Richard Berriman. Euan Cameron. (2018). Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation.

Hecklauer, F., Galeitzka, M., Flachsa, S. & Kohl, H. 2016. Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. Volume 54, 1-6.

Hennies, Manfred O. E. ve Matti Raudjärv. (2015). INDUSTRY 4.0: Introductory thoughts on the current situation. *Estonian Discussions on Economic Policy* Vol 23, No. 2, 2015. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2708757>.

- Hennessey, Meghan. (2017). INDUSTRY 4.0 FUELS LIGHTS-OUT MANUFACTURING [WEBINAR RECAP]. <https://ottomotors.com/blog/industry-4-0-fuels-lights-out-manufacturing>. 13.09.2018.
- Hellinger, A., ve Seager, H. (2011). Cyber-Physical Systems, Driving force for innovation in mobility, health, energy and production, Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering, Berlin.
- Heng, S. (2015). *Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon. Deutsche Bank Research Report*. Baden-Wuerttemberg Cooperative State University.
- Hentout, A., Aouache, M., Maoudj, A., & Akli, I. (2019). Human–robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008–2017. *AdvancedRobotics*, 33(15-16),764-799. doi.org/10.1080/01691864.2019.1636714
- Hincks, Joseph. (2017). Bill Gates Advises College Graduates on Today's Most Promising Careers. <http://fortune.com/2017/05/16/bill-gates-college-graduation-advice/>. 26.09.2018.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014, June). Smart production systems: a new type of industrial process innovation. In DRUID society conference (pp. 16-18).
- HIRSCH-KREINSEN, H., (2016), Digitization of industrial work: Development paths and prospects, *Journal for Labour Market Research*, Cilt: 49, Sayı: 1, s. 1-14.
- Hofmann, E., & Marco Rüşch. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Howaldt, Jurgen. Ralf Kopp and Jürgen Schultze. (2017) Why Industrie 4.0 Needs Workplace Innovation A Critical Essay About the German Debate on Advanced Manufacturing. *European Journal of Workplace Innovation*.
- Huang, Yong., Leu, C. Ming., Mazumder, Jyoti. ve Donmez, Alkan. Additive Manufacturing: Current State, Future Potential, Gaps and Needs, and Recommendations. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 2015, Vol. 137: 1-10.
- Huang, Y., Zhang, Y., & Xiao, H. (2019). Multi-robot system task allocation mechanism for smart factory. In 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC) (pp. 587-591). IEEE.

- Huang, T. (2017). Development of small-scale intelligent manufacturing system (SIMS). A case study at Stella Polaris AS (Master's thesis, UiT Norges arktiske universitet).
- Hwang, Jennie. S. (2016). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): Intelligent Manufacturing. SMT Magazine. <http://www.jenniewang.com/pdfs/industry4.pdf>.
- IDABC, E. European Interoperability Framework. Version 1.0, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2004.
- IEC, (2015), "Factory of The Future", White paper. <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf>(12.04.2018)
- Industry 4.0 Platform. *The background to Plattform Industrie 4.0.* <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/ThePlatform/PlattformIndustrie40/plattform-industrie-40.html>, (14.06.2018).
- Innova (2016). Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT). <https://www.innovarobotik.com/endustriyel-nesnelerin-interneti>. 09.09.2018.
- International Controller Association. (2015). *Industrie 4.0: Controlling in the Age of Intelligent Networks.* https://www.icvcontrolling.com/fileadmin/Assets/Content/AK/Ide_enwerkstatt/Files/Dream_Car_Industrie_4.0_EN.pdf. (01.07.2018).
- International Controller Association. (2015). *Industrie 4.0: Controlling in the Age of Intelligent Networks.* https://www.icvcontrolling.com/fileadmin/Assets/Content/AK/Ide_enwerkstatt/Files/Dream_Car_Industrie_4.0_EN.pdf. (01.07.2018).
- International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT) (Vol. 1, pp. 1-8). IEEE. DOI: 10.1109/SECON.2015.7132979
- i-scoop. (2020). *i-scoop*. 04 13, 2020 tarihinde https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles adresinden alındı.
- IVANOV, D., Dolgui, A., Sokolov, B., & Werner, F. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 7543(January 2017), 1–17.
- Jain, Pareekh., Mondal, Tanmoy. (2017). HfS Blueprint Guide: Industry 4.0 Services: Excerpt for Accenture. HfS Research.

https://www.accenture.com/gb-en/_acnmedia/PDF-52/Accenture-Industry-4-Excerpt-for-Accenture-Report.pdf. 08.09.2018.

- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics* (s. 1-4). Cluj-Napoca, Romania: IEEE.
- Jessop, David. (2016). The View from Europe: The Fourth Industrial Revolution. Caribbean Council. <https://www.barbadosadvocate.com/columns/view-europe-fourth-industrial-revolution-and-caribbean>. 29.09.2018
- Jeschke, Sabina, Christian Brecher, Tobias Meisen, Denis Özdemir ve Tim Eschert, “Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems”, Springer International Publishing, Switzerland, 2017.
- Johnson, M. W., Christensen, C. M. & Kagermann, H. 2008. Reinventing Your Business Model. *Harvard Business Review*, 86, 59-67.
- Jones, A. T., Romero, D., & Wuest, T. (2018). Modeling agents as joint cognitive systems in smart manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 17, 6-8.
- Jimenez, Z.A., Rospigliosi, A., Martinez, M.P. ve Izquierdo, Y.A. (2017). “Marketing 4.0: Enchancing Consumer-Brand Engagement through Big Data Analysis, in *Socio-Economic Perspectives on Consumer Engagement and Buying Behaviour*”, eds.
- Kagermann, Henning. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 April 2013 Securing the future of German manufacturing industry Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Federal Ministry of Education and Research.
- Kagermann, H. (2014). Chancen von Industrie 4.0 nutzen,[in:] Hompel M. ten, Vogel-Heuser B., Bauernhansl T.(eds.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien. Migration*. Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (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.
- Kagermann, H., Lukas, W. D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI nachrichten*, 13(11), 2.
- Kağrıcioğlu, C. H. (2019). Industry 4.0 and Applications in Turkey. *2nd International Conference on Advanced Research in Business, management and economy*. Munich, Germany: icabme.org.

- Kahl, S. C., & Grodal, S. (2016). Discursive strategies and radical technological change: Multilevel discourse analysis of the early computer. *Strategic Management Journal*, 37; 149–166.
- KAHRAMAN, H. (2018a) ‘Nesnelerin İnterneti’nde Dijital İkizlerin Yükselişi’, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, <http://www.endustri40.com/nesnelerin-internetinde-dijital-ikizlerin-yukselisi/>, (05.07.2018).
- Kam, Charing. (2018). Preventive, Predictive, and Prescriptive Maintenance: Industry 4.0 In Action. <https://www.linkedin.com/pulse/preventive-predictive-prescriptive-maintenance-industry-charing-kam>. 16.09.2018
- Kang, H. S., J. Y. Lee, S. Choi, B. H. Kim, ve S. D. Noh. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Green Technology*. 3 (1): 111–28
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0 . Final report of the Industrie 4.0 Working Group.
- Karre, H., Hammer, M., Kleindienst, M., & Ramsauer, C. (2017). Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. *Procedia manufacturing*, 9, 206-213.
- KasperskyLab ICS CERT. (2017). *Threat Landscape for Industrial Automation Systems, H2 2016*. <https://securelist.com/threat-landscape-for-industrial-automation-systems-h2-2016/77842/>. (13.07.2018).
- KAUFMANN, H. R. & Panni, M. F. K. P. (2017). Socio-Economic Perspectives on Consumer Engagement and Buying Behavior, The United States of America: IGI Global.
- Kaufmann H.R., M.F.A. Panni, Kimmel, A.J. (2015) Connecting with Consumers via Live Buzz Marketing: Public Perceptions and the Role of Ethical Ideology, *Business Ethics: A European Review*. Vol: 24. No: 2. s. 205-220.
- Kayıkcı, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing*, 21, 782-789.
- Kelnar, David. (2016). The fourth industrial revolution: a primer on Artificial Intelligence (AI). <https://medium.com/mmc-writes/the-fourth-industrial-revolution-a-primer-on-artificial-intelligence-ai-ff5e7fffcae1>. 17.09.2018.
- Kern, H., Stefan, F., & Dimitrieski, V., (2015), Intelligent and self-adapting integration between machines and information systems, *IADIS International Journal on Computer Science & Information Systems*, Cilt: 10, Sayı: 1, s. 47-63.

- Khakifirooz, M., Chien, C. F., & Chen, Y. J. (2018). Bayesian inference for mining semiconductor manufacturing big data for yield enhancement and smart production to empower industry 4.0. *Applied Soft Computing*, 68, 990-999.
- Khan, A., & Turowski, K. (2016). A survey of current challenges in manufacturing industry and preparation for industry 4.0. In *Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry"*(IITI'16) (pp. 15-26). Springer, Cham.
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
- King, A. (2020). *RMIT University : Industry 4.0 Design Principles*. 4 13, 2020 tarihinde <https://www.rmit.edu.au/industry/develop-your-workforce/tailored-workforce-solutions/c4de/articles/industry-40-design-principles> adresinden alındı.
- KLİNE, A.M. (2014). "Real Time Marketing: Go Beyond the Buzz". https://www.taylormadecanada.com/resources/files/197_Real_Time_Marketing_Design_ex4.pdf
- Kobara, K., (2016), Cyber Physical Security for Industrial Control Systems and IoT, *IEEE Transactions on Information and Systems*, Cilt: 99, Sayı: 4, s. 787-795.
- Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). *Industry 4.0: Opportunities and Challenges of The Industrial Internet*. Strategy & PwC.
- Kohout, P. ve Paliskova, M. (2017). Impacts of digitization on employment and social security of employees. Analytical study. Prague.
- Komninos, N. (2015). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. *In From Intelligent to Smart Cities*, 46-62, Routledge.
- Kondratief, N. D., & Stolper, W. F. (1937). The long waves in economic life. *The Review of Economics and Statistics*, 17(6);105–115.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). *Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies*. 04 06, 2020 tarihinde [sciencedirect.com: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005984](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005984) adresinden alındı
- Kolberg, D., Knobloch, J., & Zühlke, D. (2016). Towards a lean automation interface for workstations. *International Journal of Production Research* , 2845-2856.
- Koleva, N. (2018). Industry 4.0's Opportunities and Challenges for Production Engineering and Management. *Innovations*, 6(1), 17-18.

- Köhler, Marcel. (2018). Industry 4.0: Predictive maintenance use cases in detail. <https://blog.bosch-si.com/industry40/industry-4-0-predictive-maintenance-use-cases-in-detail/>. 16.09.2018.
- Krugman, P. (2012). Robots and robber barons, The Newyork Times, <https://www.nytimes.com/2012/12/10/opinion/krugman-robots-and-robber-barons.html>, (Erişim Tarihi: 19.04.2020)
- Krüger, J., Lien, T. K., & Verl, A. (2009). Cooperation of human and machines in assembly lines. *CIRP annals*, 58(2), 628-646.
- Kuhnová, Irena. 2017. The Fourth Industrial Revolution Calls for Innovation in Education. Erişim Tarihi: 09.04.2020. <https://www.bozpinfo.cz/josra/ctvrta-prumyslova-revoluce-si-zada-inovace-ve-vzdelavani>.
- Kumar, V. (2018). *The state of functional safety in Industry 4.0*. Texas: Texas Instruments.
- Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing must embrace big data. *Nature*, 544(7648), 23-25.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T. and Hoffmann, M. (2014), “Industry 4.0”, *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 6 No. 4, pp. 239-242.
- Lee, G., & Crespi, N. (2010), “Shaping Future Service Environments With The Cloud And İnternet Of Things: Networking Challenges And Service Evolution. Leveraging Applications Of Formal Methods”, *Verification, And Validation*, 399-410.
- Lee, J., Kao, H., Yang, S.(2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment.
- Lee, J. (2020). *Accelerating organisation culture change: Innovation through digital tools*. Emerald Group Publishing.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8.
- Lee, J. (2015). Smart Factory Systems. *Informatik Spektrum*, 38(3), 230-235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00287-015-0891-z>.
- Leswing, K. (2017). Apple CEO Tim Cook: 'If I were a country leader, my goal would be to monopolize the world's talent'. *Business Insider*. <http://www.businessinsider.com/apple-ceo-tim-cook-if-i-were-world-leader-my-goal-monopolize-talent-2017-9>. 08.10.2018.
- Lipson, Hod, Kurman ve Melba. (2013). *Fabricated. The New World of 3D Printing*. Wiley, Indianapolis, IN.

- Liu, Y., & Xu, X. (2016). Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(3), 1-8.
- Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 27(4), 626-637.
- Lindskog, E., Berglund, J., Vallhagen, J., & Johansson, B. (2013). Visualization support for virtual redesign of manufacturing systems. *Procedia CIRP*, 7, 419-424.
- Lindgardt, Z., Reeves, M., Stalk, G. & Deimler, M. S. 2009. Business Model Innovation: When the Game Gets Tough, Change the Game. The Boston Consulting Group
- Liu, H., & Wang, L. (2020). Remote human–robot collaboration: A cyber–physical system application for hazard manufacturing environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 24-34.
- Liu, Y., Zhang, W., Pan, S., Li, Y., & Chen, Y. (2020). Analyzing the robotic behavior in a smart city with deep reinforcement and imitation learning using IoRT. *Computer Communications*, 150, 346-356.
- Lobo, Francisco Almada. Industry 4.0: Manufacturing and the future of medical things. <https://www.asianhbm.com/technology-equipment/industry-manufacturing-future-medical-things>
- Lorenz, Markus., Michael Rübmann, Rainer Strack, Knud Lasse Lueth, and Moritz Bolle.(2015). Man and Machine in Industry 4.0 How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?. The Boston Consulting Group.
- Lu, Y. (2016). Industrial integration: A literature review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 1(02), 1650007.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Lucendo-Monedero, A. L., Ruiz-Rodríguez, F., & González-Relaño, R. (2019). Measuring the digital divide at regional level. A spatial analysis of the inequalities in digital development of households and individuals in Europe. *Telematics and Informatics*, 41, 197-217.
- Lydon, Bill. (2018). How Industry 4.0 and Digitization Improves Manufacturing Responsiveness, Quality and Efficiency. <https://automation.isa.org/2018/06/industry-40-digitization-improve-manufacturing-responsiveness-quality-efficiency-iot/>. 08.09.2018.
- Lydon, B. (2016), “Industry 4.0: Intelligent and Flexible Product”, Intech, May/June.

- Mabkhot, M., Al-Ahmari, A., Salah, B., & Alkhalefah, H. (2018). Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective. *Machines*, 6(2).
- MacDougall, William. (2014). *INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH Friedrichstraße 60 10117. Germany: Berlin.
- Martínez, J. A. S., Lara, M. P., Saucedo, J. A. M., Fierro, T. E. S. ve Vasant. P. (2017). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 9(3): 789–801.
- Marinova, Svetlana. Jorma Larimo., Niina Nummela. (2017). *Value Creation in International Business. Volume 2: An SME Perspective*. Palgrave macmillan: (eBook).
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of industry 4.0 in business and economics. *Economies*, 6(3), 46.
- MacDougall, William. (2014). *INDUSTRIE 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade and Invest. Berlin. Germany.
- Martin, L. (16 Ocak 2017). *Industry 4.0: Definition, Design Principle, Challenges, and the Future of Employment*. <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>. (18.06.2018).
- Mark, B. (2017). The Fourth Industrial Revolution's Impact on Government. [https://www.linkedin.com/pulse/fourth-industrial-revolutions-impact-government-](https://www.linkedin.com/pulse/fourth-industrial-revolutions-impact-government-mark-barrenechea) mark-barrenechea. 29.09.2018.
- Ma, Y. W., Chen, Y. C., & Chen, J. L. (2017, February). SDN-enabled network virtualization for industry 4.0 based on IoTs and cloud computing. In *2017 19Th international conference on advanced communication technology (ICACT)* (pp. 199-202). IEEE.
- Magretta, J. 2002. Why Business Models Matter. *Harvard Business Review*.
- MacCrory, Frank, George Westerman, Yousef Alhammadi, Erik Brynjolfsson, "Racing With and Against the Machine: Changes in Occupational Skill Composition in an Era of Rapid Technological Advance", Thirty Fifth International Conference on Information Systems, Auckland, 2014.
- Matei, A. I., & Savulescu, C. (2012, September). Empirical analysis of ICT, economic growth and competitiveness in the EU. In *Proceedings of the International Conference on ICT Management (ICTM 2012), Wroclaw, Poland September*.
- Mayr, A., Weigelt, M., Köhl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia Cirp*, 72(1), 622-628.

- McKinsey Global Institute. (2013). Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy.
- McDowall, W., & Eames, M. (2006). Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature. *Energy policy*, 34(11), 1236-1250.
- McKinsey, D. (2016). Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%20/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- McKinsey and Company. (2015). Industry 4.0: How to Navigate Digitization of The Manufacturing Sector. Tech. rep., McKinsey and Company, New York City, New York (NY).
- Meissner, H., Ilsen, R., & Aurich, J. C. (2017). Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia cirp*, 62, 165-169.
- Mell, P., ve Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing, Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg: NIST Special Publication.
- Mehra, Asheesh, "Empowering Industry 4.0 with Artificial Intelligence", <https://www.dqindia.com/empowering-industry-4-0-artificial-intelligence/>, (20 Nisan 2020).
- Metz, Cade. (2016). Spotify Moves Itself onto Google's Cloud – Lucky for Google. <https://www.wired.com/2016/02/spotify-moves-itself-onto-googles-cloud-lucky-for-google/>. 12.09.2018.
- Mihelj Matjaz, Tadej Bajd, Ales Ude, Jadran Lenarčič, Ales Stanovnik, Marko Munih, Jure Rejc, Sebastjan Slajpah. (2019), Robotik . Springer
- Miller, B., Atkinson, R.D., "Are Robots Taking Our Jobs, or Making Them? Information Technology and Innovation Foundation", ITIF, 2013.
- Mishra, N., & Singh, R. K. (2019). Taxonomy & Analysis of Cloud Computing Vulnerabilities through Attack Vector, CVSS and Complexity Parameter. In 2019.
- Mofleh, S. I., & Wanous, M. (2008). Understanding Factors Influencing Citizens' Adoption of e-Government Services in the Developing World: Jordan as a Case Study. *INFOCOMP*, 7(2), 1-11.
- Mohamed, M. (2018). Challenges and Benefits of Industry 4.0: an overview. *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(3), 256-265.

- Mokyr, J. (2003). *The Second Industrial Revolution. 1870-1914*.
<https://pdfs.semanticscholar.org/769c/a06c2ea1ab122e0e2a37099be00e3c11dd52.pdf>. (16.06.2018).
- Mourtzis, D. ve Vlachou, E. (2018). A cloud-based cyber-physical system for adaptive shop-floor scheduling and condition-based maintenance. *Journal of Manufacturing Systems*. 47: 179-198.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., et al. (2016). Cyberphysical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621-641.
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia Cirp*, 17, 9-13.
- Morariu, O., & Borangiu, T. (2012). Resource monitoring in cloud platforms with tivoli service automation management. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), 1862-1868.
- Mourad, M., Nassehi, A., & Schaefer, D. (2016). Interoperability as a Key Enabler for Manufacturing in the Cloud. *Procedia CIRP*, 52(1), 30-34.
- Mnayika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2013). *Disruptive Technologies : Advantages That Will Transform Life ,Business and The Global Economy*. McKinsey Global Institute, McKinsey & Company.
- Murray, A. 2010. "The End of Management." *Wall Street Journal*. Online. Accessed 10 January 2017
- Murray, A., Begna, G., Nwafor, E., Blackstone, J., & Patterson, W. (2015). Cloud service security & application vulnerability. In *SoutheastCon 2015* (pp. 1-8). IEEE.
- Musiad. (2017). Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği: 2017 Lojistik Sektör Raporu. http://www.musiad.org.tr/F/Root/Pdf/lojistik_raporlari_2017_12_25.PDF. 09.09.2018.
- Müller, Andreas. Ve Karevska, Stefana. (2016). How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain?. *EY's Global 3D printing Report 2016*.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.
- Nagesh, N., Wells, J., Holland, S., Pearson, T., & Peacock, B. Cobots for the automobile assembly line, 1999, 1-6.
- National Research Council. (2010). *Persistent Forecasting of Disruptive Technologies* Report 2. National Academies Press.

- Netland, Torbjorn; (2015), Industry 4.0: Where does it leave lean?, https://better-operations.com/wp-content/uploads/2015/04/Lean-in-industry-4.0_LMJ-april-2015.pdf. 03.07.2018.
- Nedelkoska, L. and G. Quintini, “Automation, skill use and training”, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202, OECD Publishing, 2018.
- Nick. G.A. ve Pongrácz F. (2016). HUNGARIAN SMART CITIES STRATEGIES TOWARDS INDUSTRY 4.0. SCIENTIFIC PROCEEDINGS I INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "INDUSTRY 4.0" 2016. VOLUME 2, P.P. 50-55.
- Oberle, M. M. (2020). *Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA*. 4 17, 2020 tarihinde <https://www.ipa.fraunhofer.de/en/expertise/digitools-for-manufacturing/manufacturing-systems/real-time-capability.html> adresinden alındı.
- OECD, “Transformative Technologies and jobs of the future”, Background report for the Canadian G7 Innovation Ministers’ Meeting, 2018.
- Ömür Yaşar Saatçioğlu, N. Ö. (2019). Scrutinizing the Barriers That Impede Industry 4.0 Projects: A Country-Wide Analysis for Turkey. *Agile Approaches for Successfully Managing and Executing Projects in the Fourth Industrial Revolution*, 21.
- Öztürk, D. (2017). ‘Technological transformation of manufacturing by smart factory vision: industry 4.0. *IJDR (International Journal of Development Research)*, 17371-17382.
- Oliver, W. Richard, Rust, T. Rolan ve Sajeev, Varki (1998). “Real Time Marketing”. *Marketing Management*. Vol: 7. No: 4. s. 29-37.
- Ovacı, C. (2017). Endüstri 4.0 Çağında Açık İnovasyon. *Maliye Finans Yazıları*, Özel Sayı, 113-132.
- Parrott, Aaron. ve Lane Warshaw. (2017). *Industry 4.0 and the digital twin Manufacturing meets its match*. Deloitte University Press.
- Plessis, C. (2017). *A framework for implementing Industrie 4.0 in learning factories*. (Master Thesis). Stellenbosch: Stellenbosch University.
- Plc Tutor. (2013). A Very Brief History of the PLC. <http://www.plctutor.com/plc-history.html>. (28.08.2018).
- Plessis, C. (2017). *A framework for implementing Industrie 4.0 in learning factories*. (Master Thesis). Stellenbosch: Stellenbosch University
- Prakash, Manu Jeevan. (2018). Industry 4.0 Use Cases for Manufacturing. <https://blog.ideas2it.com/industry-4-0-manufacturing/>. 16.09.2018.

- Peddie, Jon. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*. Springer International Publishing AG 2017. USA.
- Pelleg, Eli. (yıl yok). Why Trump must get ready for Industry 4.0. https://www.tefen.com/insights/industries/High_Tech/why_trump_must_get_ready_for_industry_40. 22.09.2018.
- Pereira, A. C., Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing* 13(2017). 1206-1214.
- Pereira, T., Barreto, L. ve Amaral, A. (2017). Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm. *Procedia Manufacturing*. 13(2017). 1253-1260.
- Phaal, R., O'Sullivan, E., Routley, M., Ford, S. ve Probert, D., (2011). A Framework For Mapping Industrial Emergence. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 78 (2):217–230.
- Polli, Manuel. (2017). “IMPLICATIONS OF INDUSTRY 4.0 ON FINANCIAL PERFORMANCE: AN EMPIRICAL STUDY” Università di Padova (Padova Üniversitesi tez).
- Porter, Michael E. ve James E. Heppelmann. (2015). How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies>. 28.09.2018.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia Cirp*, 52, 173-178.
- Quinnell, Richard. (2018). “Digital twins” enable machine simulation & maintenance, Industry4.0. <https://www.edn.com/design/automotive/4460761/-Digital-Twins--enable-simulation--maintenance--Industry-4-0?isCmsPreview=true>. 20.09.2018.
- Rao, A. S. (2018). Is India Ready For 4th Industrial Revolution?. <http://indiainvents.blogspot.com/2018/02/>. (28.08.2018).
- RobotWorx. What are autonomous robots?. <https://www.robots.com/articles/what-are-autonomous-robots>. 09.09.2018.
- Parkinson, G. (2012). Why generators are terrified of Solar. *ReNew Economy*.
- Pandremenos, J., Paralikas, J., Salonitis, K., & Harwood, N. (2009). Modularity concepts for the automotive industry: A critical review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 1(3), 148-152
- Preuveneers, D., Joosen, W., & Ilie-Zudor, E. (2017). Trustworthy data-driven networked production for customer-centric plants. *Industrial Management & Data Systems*.

- Pels, H. (2018). The Complete Guide to AI Marketing in 2018. tarihinde Emarsys: <https://www.emarsys.com/resources/blog/complete-guide-to-ai-marketing/>
Erişim Tarihi: 07.05.2019
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A Review of The Meanings and The Implications of The Industry 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Perez, C. (2010). Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202.
- Peris-Ortiz, M., Álvarez-García, J., & Rueda-Armengot, C. (Eds.). (2015). *Achieving Competitive Advantage Through Quality Management* (p. 312). Cham: Springer.
- Petrillo, A., Felice, F. D., Cioffi, R., & Zomparelli, F. (2018). Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities. *Digital Transformation in Smart Manufacturing*, 1-20.
- Prause, G., & Atari, S. (2017). On Sustainable Production Networks for Industry 4.0.
- Putnik, G. D., Varela, M. L. R., Carvalho, C., Alves, C., Shah, V., Castro, H., & Ávila, P. (2015). Smart Objects Embedded Production and Quality Management Functions.
- PWC. Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet; 2014. Erişim Tarihi: 09.04.2020. <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>
- Rao, V.Venkateswara., M.Srinagesh. ve Jyothi Sreedhar. (2017). The Fourth Industrial Revolution-Impact of Government and Society on Business- A Comprehensive Study. *International Journal of Research and Development - A Management Review (IJRDMR)*. ISSN (Print): 2319–5479, Volume-6, Issue–1, 2017.
- Rashid, Abdul. (2018). THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION IMPACT TO THE FUTURE OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT IN MALAYSIA. https://www.academia.edu/36382024/THE_FOURTH_INDUSTRIAL_REVOLUTION_IMPACT_TO_THE_FUTURE_OF_SUSTAINABLE_URBAN_DEVELOPMENT_IN_MALAYSIA. 02.10.2018.
- Rao, Sriganesh. K. ve Ramjee Prasad. (2018). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. *Wireless Personal Communications*. Volume 100, Issue 1, pp 145–159.
- Rainer K. (2016). *Additive Manufacturing: 4. Industrial Revolution*. Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology. Working paper.

- Razali, Norsam Tasli Mohd. (2018). Industry 4.0: The Enabling Technologies and Its Applications. <http://www.myforesight.my/2018/02/26/industry-4-0-the-enabling-technologies-and-its-applications/>. 12.09.2018.
- Ranjan, R., Wang, L., Zomaya, A. Y., Georgakopoulos, D., Sun, X. H., & Wang, G. (2015). Recent advances in autonomic provisioning of big data applications on clouds. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 3(2), 101-104. DOI: 10.1109 / TCC.2015.2437231
- Rahayu, A. Utami, Herawaty, Ineka, Rahmawati, Nusaimah ve Suci, Amelia (2018). "Marketing 4.0: A Digital Transformation in Pharmaceutical Industry to Reach Customer Brand Experience". *Farmaka*. Vol: 16. No: 1. s. 80-84.
- Rahman, Airini Ab., Umar Zakir Abdul Hamid., Thoo Ai Chin. (2017). Emerging Technologies with Disruptive Effects: A Review. *PERINTIS eJournal*, 2017, Vol. 7, No. 2, pp. 111-128.
- Radziwon, Agnieszka. Arne Bilberg. Marcel Bogers. Erik Skov Madsen. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering* 69 (2014) 1184 – 1190.
- Ramizov, H. (2019). Endüstri 4.0'ın Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, CBÜ,
- Reis, J. Z., & Gonçalves, R. F. (2018). The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA). *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0*, (s. 20-26).
- Report of the World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future.*
- Richard Berriman and John Hawksorth, "Will Robots Steal our Jobs? The Potential Impact of Automation on the UK and other Major Economies", UK Economic Outlook, March 2017, 30–46, <http://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeo/pwc-uk-economic-outlook-full-report-march-2017-v2.pdf>.
- Roland Berger. (2016). The Industrie 4.0 transition quantified. How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model. ROLAND BERGER GMBH.
- Roland Berger GMBH. (2016). The Indsutrie 4.0 transition quantified: How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model
- Road2CPS. (2016). *Guide to Cyber-Physical Systems Engineering*. <https://www.anysolution.eu/wp-content/uploads/2015/02/Guide-to-Cyber-Physical-Systems-Engineer.pdf>. (02.07.2018).

- Roland Berger Strategy Consultant. (2014). *Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed*. International Conference The Next Industrial Revolution Manufacturing and Society in the XXI Century, Turin,
- Rosenberg, Mitch, "The Surprising Benefits of Robots in the DC", <https://www.sdcexec.com/home/article/10269419/the-surprising-benefits-of-robots-in-the-dc>, (1 Mayıs 2020).
- Romero, D., & Vernadat, F. (2016). Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, 79, 3-13.
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & Gorecky, D. (2016, October). Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. In *Proceedings of the International Conference on Computers and Industrial Engineering (CIE46)*, Tianjin, China (pp. 29-31).
- Roblek, V., Mesko, M., & Krapez, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 1-11.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77-90. doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072 engineering and engineering management (pp. 697-701). IEEE. doi.10.1109/IEEM.2014.7058728
- ROBLEK, V. Meško, M. & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, April-June, 1–11.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77-90.
- Ruggaber, R. (2006). Athena-Advanced technologies for Interoperability of heterogeneous enterprise networks and their applications. *Interoperability of enterprise software and applications*, 1, 459-60.
- Russell, S.J. and Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, USA
- Rüßmann, M., ve diğerleri (2015). *Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group.
- Rüßmann, M., M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel, and M. Harnisch 2015. "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries." Boston Consulting Group. Accessed 2 August 2018.

- Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., et al. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. 04 15, 2020 tarihinde inovasyon.org: http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf adresinden alındı.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Sampler, J. (1998). Redefining Industry Structure for the Information Age. *Strategic Management Journal*. 19(4): 343-355.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J., (2016), Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing, *Journal of Industrial Engineering and Management*, Cilt: 9, Sayı: 3, s. 811-833.
- Santos, C., Mehrsai, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972-979.
- Sachs, J. D., & Kotlikoff, L. J. (2012). Smart machines and long-term misery. *NBER Working Paper Series*, No: 18629, 1-19.
- Sako, M., & Murray, F. (1999). Modules in Design, Production and Use: Implications for the Global Auto Industry. *A Paper prepared for the International Motor Vehicle Program (IMVP) Annual Sponsors Meeting*. University of Oxford.
- Santos, C., Mehrsai, A., Barros, A. C., Araujo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972-979
- Saldivar, A. A. F., Goh, C., Chen, W. N., & Li, Y. (2016, July). Self-organizing tool for smart design with predictive customer needs and wants to realize Industry 4.0. In *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 5317-5324). IEEE.
- Saniuk, S., Grabowska, S., & Gajdzik, B. (2020). Social Expectations and Market Changes in the Context of Developing the Industry 4.0 Concept. *Sustainability*, 12(4), 1362.
- Sanders, A., Elangeswaran, C. ve Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811-833.
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Charrua-Santos, F. M. B. (2018). Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 111-124.

- Sagarik, D., Chansukree, P., Cho, W., & Berman, E. (2018). E-government 4.0 in Thailand: The role of central agencies. *Information Polity*, 23(3), 343-353.
- Schwab, K. (2015). *The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>. (01.07.2018).
- Schmidt, Rainer., Michael Möhring. , Ralf-Christian Härting. , Christopher Reichstein. , Pascal Neumaier. ve Philip Jozinović. (2015). Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. Accepted to 18th International Conference on Business Information Systems, LNBIP.
- Schwab, Klaus. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 19, 51-56.
- Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., & Lappe, D. (2014). Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. *Automatisierung und Logistik* (s. 57-84). içinde Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R.-C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. *Business Information Systems. 18th International Conference* (s. 16-27). Poznan, Poland: Springer International Publishing
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Genova: World Economic Forum.
- Schmid, K. (9 Eylül 2018). Personalisierung Und Individualisierung In Unternehmen Und Deren Marketing. Planet of Users: <https://www.imbstudent.donau-uni.ac.at/kunde-4-0/individualisierung-und-personalisierung/> Erişim Tarihi: 07.05.2019
- Schlaepfer, R. C., Koch, M., & Merkofer, P. (2014). Industry 4.0. Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies.
- Schlötzer, F. (2015). *Industry 4.0: The World of Smart Factories* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Copenhagen Business School).
- Scenarios: A Literature Review, Working Paper” No. 01 , Technische Universität Dortmund, 2015.
- Scuratia W. G., Gattullo. M., Fiorentino. M., Ferrisea. F., Bordegoni. M. ve Uva. A.E. (2108). Converting maintenance actions into standard symbols for Augmented Reality applications in Industry 4.0. *Computers in Industry* 98(2018): 68–79.

- Seebo. (2018). Artificial Intelligence - The Driving Force of Industry 4.0. <https://www.seebo.com/industrial-ai/>. 21.09.2018.
- Seibl, F. (2015). *Module-Based Production in the Process Industry - Effects on Automation in the 'Industrie 4.0' Environment*. ZVEI - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association.
- Shava, Elvin. ve Costa Hofisi. (2017). Challenges and Opportunities for Public Administration in the Fourth Industrial Revolution. *African Journal of Public Affairs*. Volume 9 number 9.
- SHAFIQ, S. I., SANIN, C., SZCZEBICKI, E., & TORO, C., (2016), Virtual engineering factory: Creating experience base for industry 4.0, *Cybernetics and Systems*, Cilt: 47, Sayı: (1-2), s. 32-47.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management*; (s. 697-701). Bandar Sunway, Malaysia: IEEE.
- Shafiq, S. I., Szczerbicki, E., & Sanin, C. (2018). Manufacturing data analysis in internet of things/internet of data (IoT/IoD) scenario. *Cybernetics and Systems*, 49(5-6), 280-295. doi.org/10.1080/01969722.2017.1418265
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *2014 IEEE international conference on industrial*
- Shingles, Marcus, Bill Briggs, Jerry O'Dwyer. (2016). *Tech Trends 2016: Innovating in the digital era*. Deloitte University Press.
- SiemensAG.(2017).*AutonomousRobotics*.<https://www.siemens.com/content/dam/we/bassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/regions/china/events&fairs/innovation-day/docs/autonomous-robotics-en.pdf>. (25.06.2018).
- Sishi. M. N. ve Telukdarie. A. (2017). *Implementation of industry 4.0 technologies in the mining industry: A case study*. 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 201-205.
- Silva, T.C. and Zhao, L., 2016. *Machine Learning*. Machine Learning in Complex Networks. London: Springer, 71-91.
- Siddiqui, M. S., Legarrea, A., Escalona, E., Parker, M. C., Koczian, G., Walker, S. D., ... & Ulbricht, M., (2016), Hierarchical, virtualised and distributed intelligence 5G architecture for low-latency and secure applications, *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Cilt: 27, Sayı: 9, s. 1233-1241.

- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2010). *Robotics: modelling, planning and control*. Springer Science & Business Media.
- SICK. (2020). ENDÜSTRİ 4.0'IN DİJİTAL ÜRETİM VE KONTROL PROSESLERİNE YANSIMALARI. *OTOMASYON*, 26-51.
- Silva, M., Vieira, E., Signoretti, G., Silva, I., Silva, D., & Ferrari, P. (2018). A customer feedback platform for vehicle manufacturing compliant with industry 4.0 vision. *Sensors*, 18(10), 3298.
- Singh, M., & Sahu, G. P. (2018). Study of e-governance implementation: a literature review using classification approach. *International Journal of Electronic Governance*, 10(3), 237-260.
- Singh, M., Khan, I. A., & Grover, S. (2012, October). Tools and techniques for quality management in manufacturing industries. In *National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering* (pp. 853-859).
- Skwirk Online. *The Second Industrial Revolution*. http://www.skwirk.com/p-c_s-56_u-424_t-1100_c-4258/SA/7/The-Second-Industrial-Revolution/The-impact-of-the-Industrial-Revolution/Industrial-revolution/SOSE-History/. (16.06.2018).
- Smart Industry.(2018). Smart Industry roadmap: Onderzoeksagenda voor HTSM en ICT en routekaart voor de NWA. Smart Industry fit fort the future.
- Smith, Aaron. (2016). Public Predictions for the Future of Workforce Automation. <http://www.pewinternet.org/2016/03/10/public-predictions-for-the-future-of-workforce-automation/>. 27.09.2018
- Smartindustry. (2017). SMART INDUSTRY DUTCH INDUSTRY FIT FOR THE FUTURE. <http://smartindustry.nl/wp-content/uploads/2017/08/opmaak-smart-industry.pdf>. 02.10.2018.
- SmartFactoryKL. (2014). *SmartFactory KL*. 04 06, 2020 tarihinde Smart FactroyKL: https://smartfactory.de/wp-content/uploads/2018/04/SF_BR_WegbereiterVonIndustrie40_A5_EN_XS.pdf adresinden alındı
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). Industry 4.0. *DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC*, 1-94.
- Sobhrajn, P. ve Nikam, S.Y. (2014). Comparative Study Of Abstraction İn Cyber Physical System. *Int. J. Comput. Sci. Inf.Technol. (IJCSIT)*. 5 (1): 466–469.
- Sommer, L., (2015), Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?, *Journal of Industrial Engineering and Management-Jiem, Cilt: 8, Sayı: 5, s 1512-1532.*

- Soltanali, H., Germabaki, A., Thaduri, A., Padira, A., Kumar, U., & Rohani, A. (2018). Sustainable production process: An application of reliability, availability, and maintainability methodologies in automotive manufacturing. *Proceedings of the IMechE*, 1-16.
- Solvak, M., Unt, T., Rozgonjuk, D., Vörk, A., Veskimäe, M., & Vassil, K. (2019). E-governance diffusion: Population level e-service adoption rates and usage patterns. *Telematics and Informatics*, 36, 39-54.
- Stankovic, Mirjana., Ravi Gupta. ve Juan E. Figueroa. (2017). INDUSTRY 4.0 OPPORTUNITIES BEHIND THE CHALLENGE Background Paper. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/UNIDO%20Background%20Paper%20on%20Industry%204.0_27112017.pdf. 09.10.2018.
- Stankovic, J.A. (2014). Research Directions For The Internet Of Things. *IEEE IoT J.* 1 (1):3–9.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Sung, T. K. (2017). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, Article in Press.
- Suri, K., Cuccuru, A., Cadavid, J., Gerard, S., Gaaloul, W., & Tata, S. (2017, February). Model-based Development of Modular Complex Systems for Accomplishing System Integration for Industry 4.0. In *MODELSWARD* (pp. 487-495).
- Swisslog. (2018). *How Industry 4.0 Design Principles Are Shaping the Future of Intralogistics*. Ebook.
- Sztipanovits, J., Koutsoukos, X., Karsai, G., Sastry, S., Tomlin, C., Damm, W., ... & Köster, F. (2019). Science of design for societal-scale cyber-physical systems: challenges and opportunities. *Cyber-Physical Systems*, 5(3), 145-172. doi.org/10.1080/23335777.2019.1624619
- Szopiński, T., & Staniewski, M. W. (2017). Manifestations of e-government usage in post-communist European countries. *Internet Research*.
- Şener, A. N.-E. (2017). THE REFLECTIONS OF DIGITALIZATION AT ORGANIZATIONAL LEVEL: INDUSTRY 4.0 IN TURKEY. *Journal of Business, Economics and Finance*, 291-300.
- Tarantola, Adrew. (2018). Researchers teach a computer to compose sonnets like Shakespeare. <https://www.engadget.com/2018/08/10/Ai-sonnets-shakespeare/>. 17.09.2018.

- Techopedia. *Digital Revolution*, <https://www.techopedia.com/definition/23371/digital-revolution>. (17.06.2018).
- Techopedia. *Techopedia Inc.* 4 16, 2020 tarihinde <https://www.techopedia.com/definition/31742/real-time-data-processing> adresinden alındı
- TechTarget. (2019). *TechTarget*. 4 16, 2020 tarihinde <https://searchcustomerexperience.techtarget.com/definition/real-time-analytics> adresinden alındı.
- Thuemmler, C. and Bai, C. (2017). Health 4.0: Application of Industry 4.0 Design Principles in Future Asthma Management. *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare*. (pp. 23-37). Switzerland :Springer International Publishing.
- Thuc, Phan Chinh.(2017). CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR VET-SECTOR IN THE 4th INDUSTRIAL REVOLUTION ERA. Vol 51 (2017): Journal of Vocational Education and Training - Vol 51
- Thames, L. ve Schaefer, D. (2017). *Cybersecurity for Industry 4.0 Analysis for Design and Manufacturing*. USA: Springer International Publishing.
- Thuhang Tran, (2008) "A conceptual model of learning culture and innovation schema", *Competitiveness Review: An International Business Journal*, Vol. 18 Issue: 3, pp.287- 299.
- Thomas L. (2017) From mass production to mass personalization: Hewlet Packard; [Available from: <https://hpmegatrends.com/from-mass-production-to-mass-personalization-1ad6746dc24d>.
- Torres, I., Pastor, I. (2017). *Advanced manufacturing, beyond Industry 4.0 Agility and efficiency to speed up Industry 4.0*. Minsait by Indra.
- Tomás, Juan Pedro. (2017). Smart manufacturing vs. lights out manufacturing. <https://enterpriseiotinsights.com/20170616/channels/fundamentals/20170616/channelsfundamentalsufacturing-lights-out-manufacturing-tag23-tag99>. 14.08.2017.
- TroopTravel. (2018). The impact of the 4th Industrial Revolution on jobs. <https://www.trooptravel.com/impact-of-the-4th-industrial-revolution-on-jobs/>. 28.09.2018.
- Trailhead (2018). Understand the Impact of the Fourth Industrial Revolution on Society and Individuals. <https://trailhead.salesforce.com/en/modules/impacts-of-the-fourth-industrial-revolution/units/understand-the-impact-of-the-fourth-industrial-revolution-on-society-and-individuals>. 01.10.2018.

- Tung, Liam. (2017). IoT devices will outnumber the world's population this year for the first time. <https://www.zdnet.com/article/iot-devices-will-outnumber-the-worlds-population-this-year-for-the-first-time/>. 21.09.2018.
- Tuğlu, M. E. (2017). *Endüstri 4.0'ın Bir Aliminyum Döküm Fabrikasında Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Tuominen, V., (2016). The Measurement-Aided Welding Cell-Giving Sight To The Blind, *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 86(1-4: 371-386.
- Tuptuk, N., & Hailes, S. (2018). Security of smart manufacturing systems. *Journal of manufacturing systems*, 47, 93-106. doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.04.007
- TÜSİAD (2016), Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 (2016) ; Gelişmekte Olan Ülkeler PERSpektifi.
- TÜBİTAK,(2016), “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası”,[https://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/yeni-sanayi-devrimi-akilli-uretim-sistemleri-teknoloji-yol-haritasi,\(10.04.2018\)](https://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/yeni-sanayi-devrimi-akilli-uretim-sistemleri-teknoloji-yol-haritasi,(10.04.2018))
- TÜBİTAK. (2017). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. Ankara: TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı.
- Tyfield, D., & Jin, J. (2010). Low-carbon disruptive innovation in China. *Journal of Knowledge-based Innovation in China*.
- Tyfield, D., & Jin, J. (2010). Low-carbon disruptive innovation in China. *Journal of Knowledge-based Innovation in China*
- Uglovskaja, E. (2017). *The New Industrial Era. Industry 4.0 & Bobst company case study*. (Bachelor's Thesis). Finland: South Eastern Finland University of Applied Sciences.
- University of Stellenbosch Business School. (2017). THE FUTURE OF THE WESTERN CAPE AGRICULTURAL SECTOR IN THE CONTEXT OF THE 4TH INDUSTRIALREVOLUTION. <http://www.elsenburg.com/sites/default/files/2.%204IR%20LITERATURE%20REVIEW.pdf>. 08.09.2018.
- UNIDO. (2017, 12 29). *Industry 4.0: The opportunities behind the challenge*. 04 13, 2020 tarihinde <https://www.unido.org/gc17/industry40> adresinden alındı.
- Urbikain, G., Alvarez, A., López de Lacalle, L. N., Arsuaga, M., Alonso, M. A., & Veiga, F. (2017). A reliable turning process by the early use of a deep simulation model at several manufacturing stages. *Machines*, 5(2), 15.
- Ustundag, A., & Cevikkan, E. (2017). *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. İstanbul: Springer

- Xu, Xun. Industry 4.0 Centred Research.
<https://cdn.auckland.ac.nz/assets/mech/about/our-research/Industry4/Industry4centeredresearch.pdf>.
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 28(1), 75-86.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56, 2941-2962.
- Xue, L., Zhang, C., Ling, H., & Zhao, X. (2013). Risk Mitigation in Supply Chain Digitization: System Modularity and Information Technology Governance. *Journal of Management Information Systems*, 30(1), 325-352.
- Vale, R. (21 Temmuz 2016). *Second Industrial Revolution*.
<http://richmondvale.org/second-industrial-revolution/>, (16.06.2018).
- Valckenaers, P. (2018, June). ARTI reference architecture–PROSA revisited. In *International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing* (pp. 1-19). Springer, Cham.
- Valdeza, A. C., Braunera, P., Schaara, A. K., Holzingerb, A., & Zieflea, M. (2015, August). Reducing complexity with simplicity-usability methods for industry 4.0. In *Proceedings 19th triennial congress of the IEA* (Vol. 9, p. 14).
- Vermesan, Ovidiu., Peter Friess. (2013). *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. River Publishers. Denmark.
- Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia Manufacturing*, 13, 1269-1276.
- Vogel-Heuser, B., & Hess, D. (2016). Guest Editorial Industry 4.0–Prerequisites and Visions. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 411-413.
- Wang, L. ve Wang, X.V. (2018). *Cloud-Based Cyber-physical Systems in Manufacturing*, Springer International Publishing.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C., (2016), Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination, *Computer Networks*, Cilt: 101, s. 158-168.
- Wang, X. V., & Xu, X. W. (2013). An interoperable solution for cloud manufacturing. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 29(4), 232-247.

- Wang, L., & Wang, G. (2016, 4 1-8). *Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0*. 4 5, 2020 tarihinde <http://www.mecspress.net/ijem>: <http://www.mecspress.org/ijem/ijem-v6-n4/IJEM-V6-N4-1.pdf> adresinden alındı
- Wang, S., Zhang, C., Liu, C., Li, D., & Tang, H. (2017). Cloud-assisted interaction and negotiation of industrial robots for the smart factory. *Computers & Electrical Engineering*, 63, 66-78.
doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.05.025
- Wang, K. (2020). Akıllı üretim bağlamında gecikmeye duyarlı endüstriyel IoT uygulamaları için bulut işbirliğine dayalı hesaplama göç stratejisi. *Bilgisayar İletişimi*, 150, 413-420. doi.org/10.1016/j.comcom.2019.12.014.
- Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2017). Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 311-320.
- Waibel, M. W., Steenkamp, L. P., Moloko, N., & Oosthuizen, G. A. (2017). Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. *Procedia Manufacturing*, 8, 731-737.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., ve Zhang, C. (2016), "Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook". *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016.
- Wang, L., Törngren, M., Onori, M., "Current Status and Advancement of Cyberphysical Systems in Manufacturing" *J. Manuf. Syst.* 37, 517–527, 2015.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., ve Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
- Wakefield, Jane. (2015). Intelligent Machines: The jobs robots will steal first. <https://www.bbc.com/news/technology-33327659>. 23.09.2018.
- Webrazzi. (2017). Mobil uygulama gelirleri 17 milyar dolara, indirilme sayıları 26 milyara yükseldi. <https://webrazzi.com/2017/10/24/kuresel-mobil-uygulama-gelirleri-ve-indirmeleri-rekor-kirdi/>. 01.10.2018.
- Weyer, S., Schmitt, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 579-584.
- Weiss, A., Huber, A., Minichberger, J., & Ikeda, M., (2016), First Application of Robot Teaching in an Existing Industry 4.0 Environment: Does It Really Work?, *Societies*, Cilt: 6, Sayı: 3, s. 1-20.

- Wing, M. Jeannette. (2016). Cyber-physical systems you can bet your life on. <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/cyber-physical-systems-you-can-bet-your-life-on/>. 09.09.2018.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*. 182(2017): 763-769.
- Wisnam. (2008). Industry 4.0: Digital Transformation technologies for the Industry. <https://www.wisnam.com/industry-4-0-solutions/>. 14.09.2018.
- Wisskirchen, Gerlind., Blandine Thibault Biacabe., Ulrich Bormann., Annemarie Muntz., Gunda Niehaus., Guillermo Jiménez Soler., Beatrice von Brauchitsch. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. IBA Global Employment Institute
- Wilkinson, R., & Pickett, K. (2009). *The spirit level: Why more equal societies always do better*. London: Allen Lane.
- Wisskirchen, G., Biacabe, B. T., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G. J., & von Brauchitsch, B. (2017). Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace. *IBA Global Employment Institute*, 2012-2017. https://www.researchgate.net/profile/Mohamed_Mourad_Lafifi/post/World_population_and_jobs_market_where_are_we_going/attachment/5c13b4a03843b006754b5976/AS%3A703736632586245%401544795296667/download/AI-and-Robotics-IBA-GEI-April-2017.pdf, (Erişim Tarihi: 19.04.2020).
- Wiesner, S., Marilungo, E., & Thoben, K.-D. (2017). Cyber-Physical Product-Service Systems – Challenges for Requirements Engineering. *International Journal of Automation Technology*, 63-88.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0. *7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management* (s. 763-769). Zielona Gora, Poland: ELSEVIER.
- Woodhead, Roy. (2017). 4IR: The Next Industrial Revolution. Digital Catapult, 101 Euston Road, London, NW1 2RA.
- World Economic Forum. (2017). System Initiative on Shaping the Future of Production Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains,
- World Economic Forum. (2016). World Economic Forum White Paper Digital Transformation of Industries: In collaboration with Accenture. <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>. 02.10.2018
- World Economic Forum. (2017). Accelerating Workforce Reskilling for the Fourth Industrial Revolution An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work.

http://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_White_Paper_Reskilling.pdf.
02.10.2018.

World Economics Forum (WEF), (2016). The global risks report 2016. Switzerland, Geneva: World Economic Forum.

http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf, (Erişim Tarihi: 20.04.2020).

World Economics Forum (WEF), (2018) The future of jobs report 2018, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf, (Erişim Tarihi: 19.04.2020).

WORLD BANK GROUP. (2018). World development report 2019: The changing nature of work. World Bank.

<https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2019>

Wyatt, S., Bieller, S., Müller, C., Qu, D., & Song, X. (2019). World Robotics 2019 Industrial Robots. Shanghai: International Federation of Robotics.

Wyrwicka, M. K., & Mrugalska, B. (2017). "Industry 4.0" towards opportunities and challenges of implementation. DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, (icpr).

Yousif, M. (2016). *Manufacturing and the Cloud*. IEEE Computer Society.

Zimmermann, Stefan. (2018). Industry 4.0 and open innovation.

<https://atos.net/en/blog/industry-4-0-open-innovation>. 26.09.2018.

3DEO.(2018).*Metal3DPrinting*.https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2470564/The%20Ultimate%20Metal%203D%20Printing%20Guide%202018-1.pdf?t=1529621038348&utm_campaign=Intro%20to%20Metal%20AM&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=63487598&_hsenc=p2ANqtz-8zVJkFE4Aa4TTdyA6P_CVK26bG-OrQmHrSJexAhIpSHDKNieHntMHAG4APQEGRP1Rkr7nMkppVVQ5wb5gcmAKzPhCTXNLTP-IwHbnsXQWe_rBiTk&_hsmi=63487598.
(22.06.2018).

YIN, S. & KAYNAK, O., (2015), Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends, Proceedings of the IEEE, Cilt: 103, Sayı: 2, s. 143-146.

Yılmaz, M., Yıldız, S., & Gültekin, A. B. (2016). Yıkıcı yeniliklerin belirlenmesi: Sürdürülebilir inşaat sektöründe tehditler ve fırsatlar. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 18(2); 25-36.

Zaidin, N. H. M., Diah, M. N. M., Yee, P. H., & Sorooshian, S. (2014). Quality Management in Industry 4.0 Era. *Journal of Management and Science*, 4(3).

Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., ve Liu, Y. (2012). Cloud manufacturing: A new manufacturing paradigm. *Enterprise Information Systems* 8 (2), 167-187.

Zhao, X., Hwang, B. G., & Lu, Q. (2018). Typology of business model innovations for delivering zero carbon buildings. *Journal of cleaner production*, 196, 1213-1226.

- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. *Proc. Of the 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, IEEE*, (s. 2147-2152). Zhangjiajie, China : IEEE.
- Zheng, P., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., ... & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137-150.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E. ve Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: A review, *Engineering*, 3, 616-630.
- Zissis, D., & Lekkas, D. (2012). Addressing cloud computing security issues. *Future Generation computer systems*, 28(3), 583-592. doi.org/10.1016/j.future.2010.12.006
- Zoroja, J., & Pejic Bach, M. (2016). Impact of information and communication technology to the competitiveness of European countries-cluster analysis approach. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, 11(1), i-x.
- Zuehlke, D. (2010). SmartFactory -Towards a factory-of-things. *Annual reviews in control*, 34(1), 129-138. doi.org/10.1016/j.arcontrol.2010.02.008
- ZUEHLKE.(2010). SmartFactory – towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*.
- <https://www.ifr.org/> (Erişim Tarihi: 15/04/2020)
- <https://ifr.org/free-downloads/>. (Erişim Tarihi: 15/04/2020)
- <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2017> (Erişim Tarihi: 16/04/2020)
- https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20171.pdf (Erişim Tarihi: 16/04/2020)
- <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20> (Erişim Tarihi: 16/04/2020)
- <https://ifr.org/downloads/press2018/IFR%20World%20Robotics%20Presentation%20-%202018%20Sept%202019.pdf> (Erişim Tarihi: 20/04/2020)
- <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> (Erişim Tarihi: 20/04/2020)
- https://ifr.org/img/uploads/Presentation_market_overviewWorld_Robotics_29_9_2016.pdf (Erişim Tarihi: 22/04/2020)

https://ec.europa.eu/knowledge4policy/foresight/topic/continuing-urbanisation/smart-city-projects-iot-improves-urban-life_en (Erişim Tarihi: 19.04.2020).

<https://wir2018.wid.world/files/download/wir2018-summary-english.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.04.2020).

<https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2018/04/25/the-countries-with-the-highest-density-of-robot-workers-infographic/#1bced2b81853> (Erişim Tarihi: 19.04.2020).

<https://www.automotiveit.eu/produktion/audi-setzt-auf-mensch-roboter-kollaboration-278.html> (Erişim Tarihi: 11.04.2020)

<https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> (Erişim Tarihi: 12.04.2020)

<https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/> (Erişim Tarihi 05.05.2020)

<https://enterpriseiotinsights.com/20160810/internet-of-things/lights-out-manufacturing-tag31-tag99> (Erişim Tarihi: 29.04.2020).

<https://www.akinrobotics.com/tr/hakkimizda> (Erişim Tarihi: 2.5.2020)