

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİN KAMU
HARCAMALARI ÜZERİNE ETKİSİ

GÜLSEMA ÇETİNKAYA

2501170610

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. NAZAN SUSAM

İSTANBUL-2020

ÖZ

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİN KAMU HARCAMALARI

ÜZERİNE ETKİSİ

Gülsema ÇETİNKAYA

18. yüzyıl sonlarından itibaren günümüze kadar olan küreselleşme süreci dört ana aşamadan oluşmaktadır. Bu süreçte buhar makinesinin icadı ile mekanik üretim gerçekleşmiş, elektriğin üretim sistemlerinde kullanılması ise üretimin serileşerek hızlanmasını sağlamıştır. Ardından elektronik, bilgisayar ve bilgi iletişim teknolojilerinin yaygınlaşması üretimde otomasyonun sağlanmasına zemin hazırlamıştır. Ortaya çıkan her yeni teknoloji dünyanın biraz daha küçülmesine neden olarak küreselleşmeyi hızlandırmıştır. Almanya'nın 2011 yılında kamu politikası olarak geliştirdiği Endüstri 4.0 stratejisi ile dördüncü sanayi devrimi başlamıştır. Devrimin başlamasıyla birlikte geliştirilen ileri teknolojileri üretim süreçlerinde uygulamaya başlayan ülkeler küresel rekabette üstünlük elde etmeye başlamıştır. Bu durum hükümetlerin dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan dijital dönüşümü kamu harcamaları ve altyapı çalışmaları ile desteklemesinde etkili olmuş ve devrimin kamu harcamaları üzerinde nasıl bir etki yaratacağı konusu merak uyandırmıştır.

Dördüncü sanayi devriminin kamu harcamaları üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlayan bu tezde yapılan araştırmalar sonucunda dördüncü sanayi devriminin kamu yatırım ve transfer harcamalarını AR-GE çalışmaları, destekler ve teşvikler yoluyla belli ölçülerde artırdığı görülmüştür. Yapılan bu harcamaların ve desteklerin ülke ekonomisinin büyümesi ve kalkınması için önemli bir yere sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Dijital Dönüşüm, Kamu Harcamaları

ABSTRACT

**THE EFFECT OF FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION ON
PUBLIC EXPENDITURES**

Gülsema ÇETİNKAYA

The globalization process from the late 18th century to the present is consisted of four main stages. In this process, mechanical production has been realized with the invention of the steam machine, and the use of electricity in production systems has enabled the production to speed up by providing mass production. Later, the expansion of the use of electronic, computer and information communication technologies has enabled automation in production. Every emerging technology has accelerated globalization by making the world a little smaller. In 2011, The fourth industrial revolution has started with the Industry 4.0 strategy that developed by Germany as a public policy. With the beginning of the revolution, the countries that started to apply advanced technologies in their production processes have begun to gain an advantage in global competition. This situation has been effective of supporting the digital transformation process brought about by the the fourth industrial revolution by governments through infrastructure work and public expenditures and it is curious how this revolution, will have an impact on public expenditures.

In this thesis which aims to examine the impact of the fourth industrial revolution on public investment and transfer expenditures, it has observed that the fourth industrial revolution increased public expenditures to a certain extend through R&D works, supports and incentives. It is possible to say that these public expenditures and supports have an important place for the growth and development of the country's economy.

Keywords: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Digital Transformation, Public Expenditures

ÖNSÖZ

Sanayi devrimlerinin ortaya çıktığı 18. yüzyıl sonlarından bu yana meydana gelen her teknolojik gelişme yalnızca bilimsel alanda değil sosyal, siyasal ve ekonomik alanlarda da önemli etkiler yaratmıştır. Bu nedenle devletler bu teknolojik gelişmeleri desteklemeye ve kamu hizmetleri olarak sunmaya başlamıştır. Bu durum kamu harcamaları üzerinde de etki yaratmıştır. “Dördüncü Sanayi Devrimi’nin Kamu Harcamaları Üzerine Etkisi” konulu tez çalışmasında 2011 yılında ortaya çıkan dördüncü sanayi devriminin kamu harcamaları üzerinde nasıl bir etki yaratacağı konusu ele alınarak incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesi sürecinde bilgi birikimi ve tecrübeleriyle bana yol gösterip desteklerini ve katkılarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Nazan SUSAM’a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tezin hazırlık sürecinden itibaren yardıma ihtiyacım olan her an görüş ve önerileriyle daima yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Sevdâ AKAR’a ve özellikle hayatımın her anında maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

İSTANBUL, 2020
GÜLSEMA ÇETİNKAYA

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	iv
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE: ENDÜSTRİ 4.0 ÖNCESİ SANAYİ DEVİRİMLERİ VE KAMU HARCAMALARI

1.1. Sanayi Devrimlerinin Ortaya Çıkışı.....	4
1.2. Sanayi Devrimlerinin Oluşumuna Etki Eden Faktörler	6
1.2.1. Tarımsal Değişim	7
1.2.2. Demografik Değişim	8
1.2.3. Ulaşım ve Ticaret Alanındaki Gelişmeler	10
1.2.4. Sermaye Birikimi ve Mali Yapıdaki Gelişmeler	12
1.2.5. Endüstriyel Teknolojideki Gelişmeler	14
1.3. Birinci Sanayi Devrimi-Endüstri 1.0	16
1.3.1. Endüstri 1.0 Bileşenleri	17
1.3.2. Endüstri 1.0 Etkileri	20
1.3.3. Birinci Sanayi Devrimi’nde Kamu Harcamaları	21
1.4. İkinci Sanayi Devrimi-Endüstri 2.0	23
1.4.1. Endüstri 2.0 Bileşenleri	24
1.4.2. Endüstri 2.0 Etkileri	26
1.4.3. İkinci Sanayi Devrimi’nde Kamu Harcamaları	28
1.5. Üçüncü Sanayi Devrimi-Endüstri 3.0	29
1.5.1. Endüstri 3.0 Bileşenleri	30
1.5.2. Endüstri 3.0 Etkileri	32

1.5.3. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde Kamu Harcamaları	34
---	----

İKİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE BİLEŞENLERİ

2.1. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin Kavramsal Çerçevesi.....	37
2.1.1. Endüstri 4.0 Kavramı	37
2.1.2. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	40
2.1.2.1. Siber-Fiziksel Sistemler ve Simülasyon	40
2.1.2.2. Nesnelerin İnterneti	43
2.1.2.3. Büyük Veri	45
2.1.2.4. Bulut Bilişim Sistemler	48
2.1.2.5. Katmanlı Üretim ve Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar	51
2.1.2.6. Yapay Zekâ ve Otonom Robotlar	54
2.1.2.7. Akıllı Fabrikalar	60
2.1.2.8. Sistem Entegrasyonu	62
2.1.2.9. Artırılmış Gerçeklik	64
2.1.2.10. Siber Güvenlik	66
2.2. Endüstri 4.0' ın Getirdikleri	68
2.2.1. Endüstri 4.0' ın Avantajları.....	69
2.2.2. Endüstri 4.0' ın Dezavantajları	71

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE KAMU HARCAMALARI

3.1. Dünyada Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Kamu Harcamaları.....	73
3.1.1. Almanya Örneği.....	77
3.1.1.1. Almanya'da Endüstri 4.0	77

3.1.1.2. Almanya’da Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları	78
3.1.2. Çin Örneği.....	82
3.1.2.1. Çin’de Endüstri 4.0	82
3.1.2.2. Çin’de Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları	83
3.1.3. ABD Örneği	86
3.1.3.1. ABD’de Endüstri 4.0.....	87
3.1.3.2. ABD’de Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları..	88
3.1.4. Japonya Örneği.....	91
3.1.4.1. Japonya’da Endüstri 4.0	92
3.1.4.2. Japonya’da Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları	93
3.1.5. Meksika Örneği	96
3.1.5.1. Meksika’da Endüstri 4.0	97
3.1.5.2. Meksika’da Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları	98
3.2. Türkiye’de Sanayileşme ve Kamu Harcamaları	101
3.2.1. Osmanlı Devleti’nde Sanayileşme.....	101
3.2.2. Cumhuriyetin İlk Yıllarından Günümüze Sanayi ve Teknoloji Gelişmeleri	104
3.2.3. Türkiye’de Endüstri 4.0	112
3.2.3.1. Dijital Türkiye Yol Haritası	114
3.2.3.2. Dijital Dönüşüm Ofisi	117
3.2.3.3. Bilişim Vadisi.....	119
3.2.3.4. Türkiye’de Endüstri 4.0’ın Gelişimine Katkı Sağlayan Kurumlar ...	120
3.2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi Kapsamında Türkiye’de Kamu Harcamaları	121
3.2.5. Dördüncü Sanayi Devrimi Kapsamında Türkiye’de Teşvikler.....	125
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	127
KAYNAKÇA	133

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1. Birinci Sanayi Devrimi Döneminde İngiltere'nin Kamu Harcamaları (Milyon £).....	22
Tablo 2. 1. Dördüncü Sanayi Devrimi-Endüstri 4.0 Tanımları	38
Tablo 3. 1. Öncü Ülkeler ve Meksika'da Endüstri 4.0 Girişimi Örnekleri	74
Tablo 3. 2. Almanya'da 2011 Yılında Endüstri 4.0'a Yönelik Destekler ..	79
Tablo 3. 3. Çin'in Endüstri 4.0'a Yönelik Kamu Fonları.....	84
Tablo 3. 4. NNMI Programı Kapsamında Kurulan Enstitüler ve Federal Kurumlar Tarafından Sağlanan Finansman Tutarları.....	89
Tablo 3. 5. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK ve BTK'nın 2011-2019 Bütçe Giderleri (Bin TL)	123

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. Sanayi Devriminin Oluşum Nedenleri.....	6
Şekil 1. 2. Teknolojik Gelişmeler ve Sanayi Devrimi Arasındaki İlişki....	15
Şekil 1. 3. 1973-2007 Yılları Arasında AR-GE Harcamaları	35
Şekil 2. 1. Bulut Bilişim Kullanım Biçimleri.....	50
Şekil 2. 2. Dünyada Yıllara Göre Tahmini Toplam Endüstriyel Robot Tedariki (Bin)	58
Şekil 2. 3. Akıllı Fabrikaların Beş Temel Özelliği	61
Şekil 3. 1. Almanya'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)	80
Şekil 3. 2. Çin'in AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)	85
Şekil 3. 3. ABD'nin AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)	91
Şekil 3. 4. Japonya'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)	95
Şekil 3. 5. Meksika'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)	100
Şekil 3. 6. Dijital Dönüşüm Ofisi Hizmet Birimleri ve Görevleri	117
Şekil 3. 7. Türkiye'nin GSYH içindeki AR-GE Harcamaları Oranı (2006-2018)	122
Şekil 3. 8. Türkiye'nin BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2018)	124
Şekil 3. 9. Merkezi Yönetim Bütçesinden Ayrılan Dolaylı AR-GE Destekleri (2008-2018)	125

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ARPANET	: Gelişmiş Araştırma Projeleri Ağı
BITKOM	: Federal Bilgi Teknolojisi, Telekomünikasyon ve Yeni Medya Birliği
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
BMBF	: Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı
BMWI	: Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı
BTk	: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
BTYK	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CONACYT	: Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi
CSTI	: Bilim, Teknoloji ve Yenilik Konseyi
CYN	: Çin Yuanı
DOC	: Ticaret Bakanlığı
DoD	: Savunma Bakanlığı
DOE	: Enerji Bakanlığı
FOMEX	: Karma Hibrid Fon
FORDECYT	: Bölgesel Bilimsel Teknolojik Gelişme ve Yeniliğin Bölgesel Teşviki Kurumsal Fonu
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IIC	: Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu
INCJ	: Japon Yenilik Ağı Şirketi
KDV	: Katma Değer Vergisi
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KİT	: Kamu İktisadi Teşebbüsleri

LAN	: Yerel Alan Şebekeleri
METI	: Ekonomi, Ticaret ve Savunma Bakanlığı
MEXT	: Eğitim, Kültür, Spor, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı
MIIT	: Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı
MOST	: Bilim ve Teknoloji Bakanlığı
MR	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NDRC	: Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu
NIST	: Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
NNMI	: Ulusal İmalat İnovasyon Ağı
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PCAST	: ABD Başkanı'nın Bilim, Teknoloji ve Danışmanlar Konseyi
RFID	: Radyo Frekans Tanımlama
SAGARPA	: Tarım ve Kırsal Kalkınma Bakanlığı
SCT	: İletişim ve Ulaştırma Bakanlığı
SENER	: Enerji Bakanlığı
TEYDEB	: Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı
TOGG	: Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu
TOSB	: Türkiye Otomotiv Yan Sanayi İhtisas Organize Sanayi Bölgesi
TUC	: İşçi Sendikaları Konseyi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
VDMA	: Alman Mühendislik Federasyonu
WWW	: World Wide Web
ZVEI	: Elektrik ve Elektronik Üreticileri Birliği

GİRİŞ

Günümüz dijital dönüşüm çağının temelleri yüzyıllar öncesinde yaşanan devrim niteliğindeki gelişmelere dayanmaktadır. Bu devrimlerin başında 18. yüzyıl sonlarında yaşanan birinci sanayi devrimi yer almaktadır. James Watt'ın icat ettiği buhar makinesinin üretim sistemlerinde kullanılmasıyla ilk olarak İngiltere'de meydana gelen bu devrim, daha sonra diğer ülkelere de yayılmıştır.

Birinci sanayi devriminin ardından teknolojik gelişmelerin giderek artması ve 19. yüzyılın son çeyreğinde elektik gücünün de üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanması ikinci sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. ABD'de ortaya çıkan bu devrim, üretim sistemlerinde montaj hattının kullanılması ve seri üretime geçilmesiyle üretimin devasa boyutlarda artmasını sağlamıştır.

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren elektronik, bilgisayar ve bilgi iletişim teknolojilerinin gelişmesi ve üretim süreçlerine entegre edilmesiyle otomasyon sağlanmış ve üçüncü sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeler dünyanın küçülmesine ve küresel tek bir pazar haline gelmesine neden olmuştur.

Bu küresel pazarda yer almak isteyen ülkeler yaşanan gelişmeleri yakından takip ederek uygulamaya başlamış ve süreci yakalayabilen ülkeler dünyanın büyük ekonomileri olarak nitelendirilmeye başlanmıştır. Bu ülkeler dünya ekonomisinin küreselleşmesiyle üretimlerini ucuz işgücü, hammaddeye yakınlık ve maliyet avantajları nedeniyle Uzakdoğu ülkelerine kaydırmaya başlamış ve bu durum bu ülkelerin ekonomilerini daha da büyütmelerine olanak tanımıştır. Ancak üretim üssü olarak kullanılan Uzakdoğu ülkeleri üretim süreçlerini kısa süre içinde geliştirerek önemli atılımlar gerçekleştirmiş ve Doğu ile Batı arasındaki fark hızla kapanmaya başlamıştır. Bunun üzerine başta Almanya olmak üzere gelişmiş ülkeler ekonomilerini yeniden güçlendirmek ve rekabet güçlerini kaybetmemek için yeni stratejiler geliştirmiş ve 2011 yılında Almanya'nın kamu politikası olarak geliştirdiği Endüstri 4.0 stratejisi ile dördüncü sanayi devrimi başlamıştır. Endüstri 4.0 kavramı daha sonra pek çok çalışmada dördüncü sanayi devrimini tanımlamak için de kullanılmıştır.

Dijital dönüşümün tamamlanması, ülke ekonomilerinin küresel pazarda önemli bir yer alması ve rekabet güçlerini artırmaları için son derece önemlidir. Bu sebeple kamu kesimi, dönüşüm sürecini hızlandırmak için altyapı çalışmalarını fonlar, sübvansiyonlar ve teşvikler yoluyla desteklemeye ve önemli yatırımlar ve kamu harcamaları yapmaya başlamıştır. Bu durum dördüncü sanayi devriminin kamu harcamaları üzerinde nasıl bir etki yaratacağı konusunda merak uyandırmıştır. Bu kapsamda hazırlanan tez çalışması ile dördüncü sanayi devriminin gelişiminde kamu tarafından gerçekleştirilen harcamalar ve destekler incelenecek ve devrimin kamu harcamaları üzerindeki etkisi ele alınacaktır.

Tez konusu olarak dördüncü sanayi devriminin ele alınmasının temel nedeni maliye literatüründe konuya yönelik çok fazla çalışma olmamasıdır. Bu nedenle tezin maliye literatürüne önemli katkı sağlaması beklenmektedir.

Üç bölüm olarak hazırlanan çalışmanın birinci bölümde sanayi devriminin yaşanmasına neden olan etkenler incelenmiştir. Ardından birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devriminde yaşanan gelişmeler, devrimlerin bileşenleri, etkileri ve devrim dönemlerinde yapılan kamu harcamaları ele alınmış ve ülkelerin gelişim sürecinde devrimlerin ortaya çıkardığı yenilikler ve teknolojiler için yapılan bu harcamaların etkisi incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak 2011 yılında Almanya'nın dijital dönüşüm vizyonu olarak geliştirdiği Endüstri 4.0 kavramı ile başlayan dördüncü sanayi devriminin kavramsal çerçevesi açıklanmıştır. Daha sonra büyük veri, bulut bilişim, yapay zekâ, robotik teknolojiler gibi pek çok teknolojiyi içinde barındıran Endüstri 4.0 bileşenleri incelenmiş ve dördüncü sanayi devriminin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Üçüncü ve son bölümde ise ulusal Endüstri 4.0 girişimleri ve mevcut teknoloji girişimleri ile dördüncü sanayi devriminin gelişiminde önemli bir yere sahip olan Almanya, ABD, Çin ve Japonya ile gelişmekte olan ve devrime uyum sağlamaya çalışan Meksika'da yürütülen Endüstri 4.0 girişimleri, bu ülkelerde dördüncü sanayi devrimine yönelik kamu harcamaları ve destekleri ele alınmıştır. Bu girişimlerin ülkelerin yüksek teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri mal

ithalatı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Daha sonra Osmanlı'dan günümüze Türkiye'nin sanayi ve teknoloji alanlarında yapmış olduğu çalışmalar ele alınarak Türkiye'nin dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan dijital dönüşüm sürecinde geliştirdiği stratejiler ve bu stratejiler kapsamında kamu tarafından gerçekleştirilen harcamalar ve destekler incelenmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE: ENDÜSTRİ 4.0 ÖNCESİ SANAYİ DEVRİMLERİ VE KAMU HARCAMALARI

1.1. Sanayi Devrimlerinin Ortaya Çıkışı

İnsanoğlunun ekonomik tarihi, onun performansını temelden değiştirerek uzun dönemli ekonomik büyümeyi mümkün kılan iki köklü değişim çerçevesinde şekillenmektedir. Bu değişimlerden ilki “Tarım Devrimi”, ikincisi ise “Sanayi Devrimi”dir (Güran, 2014: 8). M.Ö 8000 yıllarına kadar, insanlar avcılık ve toplayıcılık yaparak hayatlarını sürdürmüştür. Bu dönemden sonra yerleşik hayata geçen insanlar, yaşamlarını hayvan yetiştiriciliği ve tarımsal faaliyetler ile sürdürmeye başlamıştır. İnsanoğlu böylece tarihin ilk ve en önemli devrimlerinden biri olan tarım devrimini başlatmış ve toprak sermayenin başlıca unsuru olmuştur. Tarım devrimi ile birlikte üretim ve ulaşım binlerce yıl, insan ve hayvanların kas gücüyle ve bu gücün daha verimli kullanılabilmesi için geliştirilen aletlerle sağlanmıştır. Böylelikle yalnızca tüketen toplumlar yerleşik hayata geçerek aynı zamanda üretebilen toplumlara dönüşmüştür (Özkan vd., 2018: 4; Günay, 2002: 8).

M.S 7. yüzyıla gelindiğinde, İslamiyet’in doğuşu ve yayılması ile Endülüs Emevileri döneminde bilim, kültür ve sanat alanında yapılan çalışmalar bilim ve tekniğin ilerlemesinde büyük katkı sağlamıştır. 11. yüzyılda Çinliler tarafından ve barut ve manyetik pusulanın bulunmasıyla, ateşli silahlar icat edilmiş ve bugünkü bilim ve teknolojinin temelleri oluşturulmuştur. 15. yüzyılda meydana gelen Rönesans ve Reform hareketleri de bilim tarihinde önemli dönüm noktaları arasında yer almıştır. Matbaanın icadı ve yayılması, okuryazarlık oranını artırmış ve bilimsel çalışmalar her alanda görülmeye başlanmıştır. Bilimsel gelişmelerin artması tüm dünyayı aydınlatarak, toplumlarda köklü değişimler meydana getirmiştir (Özkan vd.,2018: 4).

Sanayi devrimi öncesinde düşük bir iktisadi büyüme ile nüfusun ve reel gelirin çok yavaş arttığı ya da hiç artmadığı bir dünya mevcuttur. 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yaşanan gelişme ve değişimler iktisadi büyüme hızını artırmış ve sanayi devriminin temelleri atılmaya başlanmıştır (Hartwell, 2005: 1).

Sanayi devriminin ne olduğu genel olarak bilinmekle birlikte tam olarak tanımının yapılması zordur. Ancak yaşanan bu devrimi üç farklı şekilde açıklamak mümkündür. Bu tanımlardan ilki imalat sanayinde pamuk ve demir gibi bazı sektörlerin 18. yüzyılın sonlarından 19.yüzyılın başlarına kadar çok hızlı bir şekilde büyümesi, fabrikaların çoğalması ve buhar makinesinin kullanılmaya başlanması şeklindedir. İkinci tanım ekonominin 18. ve 19. yüzyılın ortaları arasındaki yapısal değişim ve nüfusun büyük bir kısmının tarım sektöründen imalat ve madencilik sektörüne geçtiği kayma olarak açıklamaktadır. Üçüncü tanım ise devrimin, tüm ekonominin, ulusal gelir haline gelerek milli gelir şeklinde devletin denetimi altına girdiği ve milli gelirden sürekli ilerlemenin amaçlandığı durum olduğunu savunmaktadır. Bu üç tanım bir araya getirildiğinde sanayi devrimi, nüfusun büyük bir kısmının tarım sektöründen imalat ve madencilik sektörüne kaydığı, fabrikalar ve buhar makineleri ile imalat sektöründe çok büyük bir büyümenin yaşandığı ve nihayetinde milli gelirin artmasını sağlayan bir gelişme olarak tanımlanabilir (Agarwal ve Agarwal, 2017: 1062). Özetle sanayi devrimi 18. yüzyılın başlarında ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin ekonomideki hemen her sektörü geliştirmesi ile ortaya çıkan iktisadi büyüme olarak tanımlanabilir.

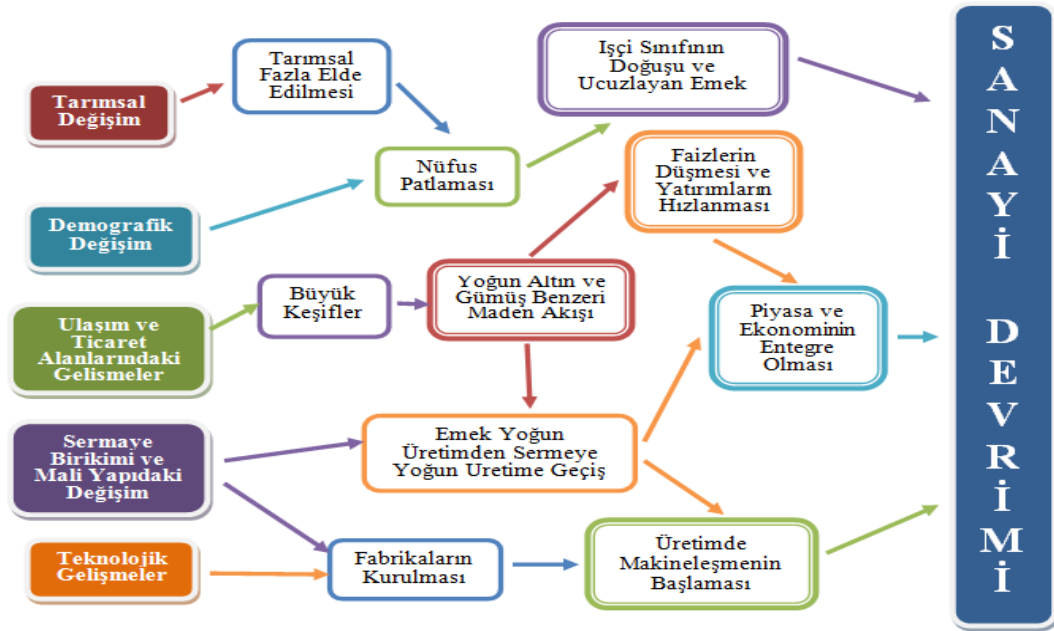
Tarihte sosyal, siyasi ve doğal sebeplerden pek çok devrim meydana gelmiş ve sanayi devriminin meydana gelme sebepleri ile ilgili de birkaç görüş ortaya atılmıştır. Bunlardan bazıları talep faktörlerindeki artış, bazıları tüketici zevklerindeki değişikliklerin endüstriyel ürünlere kayması ve bazıları da arz faktörlerinin üretim maliyetlerini düşürmesi ve bunun piyasanın genişlemesini sağlaması olarak açıklamaktadır. Sanayileşme hareketlerinin artarak devam etmesiyle sermayenin kullanılabilirliği, ucuz işgücü, teknolojik gelişmeler ve girişimcilik artmış ve böylece üretim maliyetleri daha da azalmıştır. Bu durum sanayi devriminin ivme kazanmasına katkı sağlamıştır (Agarwal ve Agarwal, 2017: 1062-1063).

1.2. Sanayi Devrimlerinin Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Tarımsal gelişmeler, nüfus artışı, ulaşım ve ticaret alanlarındaki gelişmeler, sermaye birikiminin sağlanması ve teknolojik gelişmelerin aynı dönemlerde eş zamanlı olarak yaşanması sanayi devriminin ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Dolayısıyla sanayi devrimini ele alırken yalnızca sanayi ve teknoloji alanlarında yaşanan gelişmeleri ele almak doğru değildir. Sanayi devrimi aynı zamanda bilimsel, ticari ve sosyal alanlarda yaşanan gelişmelerle de şekillenmiştir.

Sanayi devriminin oluşum süreci incelendiğinde, geçmişte yaşanan tüm gelişmelerden birikerek gelen ve dönemin tüm dinamiklerini yanına alarak hız kazanan sosyal, siyasal, ekonomik ve demografik etkenler bu devrimin baş mimarı olarak ortaya çıkmaktadır (Küçükcalay, 1997: 58). Şekil 1. 1.'de sanayi devrimini hazırlayan etmenler gösterilmiştir.

Şekil 1. 1. Sanayi Devriminin Oluşum Nedenleri



Kaynak: Tarafımızdan geliştirilmiştir.

1.2.1. Tarımsal Değişim

Sanayi devrimi öncesinde dönemin en önemli unsuru topraktır. Bu dönemde insanlar tarım ve hayvancılık yaparak küçük köy ve kasabalarda ikamet etmektedir.

Toprağa sahip olan aristokrasi sınıfı tüm üretim, tüketim ve bölüşüm süreçlerini belirlemektedir. Ayrıca toprak, dönemin belirleyici faktörü olarak toplumsal, ekonomik ve sosyal yaşamda da yerini almaktadır (Özdoğan, 2018: 3; Görçün, 2017: 8).

Sanayi devriminin ortaya çıktığı dönemlerde fiyatlardaki hızlı yükseliş, şehir nüfusundaki artış ve taşıma imkânlarındaki gelişmeler, ekili alanların genişlemesine, maliyet düşürücü teknik gelişmelerin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ayrıca bu etmenler tarımın ticarileşmesini teşvik ederek tarımsal verimlilikte artış sağlanmasını amaçlayan yeni üretim tekniklerinin benimsenmesini kolaylaştırmıştır. Bu doğrultuda elle kullanılan araçlar geliştirilmiş, tohum ekme makinesi ve harman makinesi gibi makineler icat edilerek kullanımı yaygınlaştırılmıştır (Güran, 2014: 138-139). 18. yüzyılın başında kullanılmaya başlanan tohumlama makinesi, tarımsal faaliyetlerde makineleşmenin başlangıcı olmuştur. Bu gelişmeler sonucu toprak sahipleri ve kiracıların elde ettiği yüksek gelirler, tarımsal gelişme için hem itici bir güç olmuş hem de tarımın finansmanına imkân sağlamıştır. Ayrıca tarım, başarılı bir sanayileşme için gerekli sermaye birikiminin büyük bir kısmını sağlamıştır (Deane, 1988: 43-44).

Tarımda üretim tekniğinin değişmesi ile geleneksel geçimlik ekonomi düzeni yıkılmış, önceleri geleneklerle ve toplumun ortak kararları ile yürütülen tarımsal faaliyetler artık bilim ve deneye dayalı metotlarla yürütülmeye başlanmıştır. Bu durum kendi kendine yeten, bağımsız, küçük üreticilerin yerlerini hayat standartları açısından, iklim şartlarından ziyade ulusal ve uluslararası pazarlardaki değişimlere bağlı hale gelen tarım işçilerine bırakmasına neden olmuş, tarımsal üretim piyasaya yönelmiş ve böylece tarımsal verimlilikte büyük bir artış görülmüştür (Kazgan, 2000: 43; Güran, 2014: 139).

Tarımsal verimlilik, sanayiden daha düşük bir hızda olsa da 18. yüzyıl boyunca artmaya devam etmiş ve tarım sektöründeki sosyal ve ekonomik değişiklikler, sanayileşmenin temel faktörleri olan emek ve sermaye hareketliliğini kolaylaştırılmasına imkân sağlamıştır (Freeman ve Soete, 2003: 42). Bu bakımdan

İngiltere’de başlayan tarımsal gelişmelerin sanayi devrimine dört şekilde katkıda bulunduğu söylemek mümkündür (Deane, 1988: 45):

- Özellikle sanayi merkezlerinde olmak üzere artan nüfusu beslemiş,
- Sanayi ürünlerine olan satın alma gücünü artırmış,
- Sanayileşmeyi finanse etmiş ve sermaye birikiminin oluşmasını sağlamış,
- Sanayide istihdam edilebilecek işgücü fazlasını serbest bırakmıştır.

Yaşanan gelişmeler ve tarımsal faaliyetlerdeki teknolojik dönüşüm ile tarım, başta tekstil olmak üzere birçok sektörün temel tedarik kaynağı haline gelmiştir. Böylelikle sanayi devrimi sürecinde tarımsal faaliyetler, endüstriyel faaliyetlerin temel yapı taşlarından biri olarak yerini almıştır.

1.2.2. Demografik Değişim

18. yüzyılın ortalarında ölüm oranlarının azalması ve doğum oranlarının artmaya başlaması ile nüfus artışı yaşanmıştır. Nüfus artışının temelinde, bilimsel ve tıbbi gelişmeler, beşeri bilinçlenme ve tarıma dayalı ekonomik gelişmeler yatmaktadır. 18. yüzyılda İngiltere’de gıda maddeleri üretimindeki artış, ölümlerin azalarak doğum oranlarının artmasını sağlamıştır. Bu açıdan ele alındığında ölüm oranlarındaki düşüşler tıbbi gelişmelerden ziyade tarımsal ürünlerdeki artışın bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanın sıra yoksulluğa karşı yoksulluk yasalarının¹ etkin olarak uygulanması ve açlık karşısında yeterli yardımların yapılması, nüfusu azaltan ve çoğalmasını engelleyen doğal afet, savaş ve hastalıkların da bu dönemlerde azalması nüfusun artmasını sağlamıştır (Hamitoğulları, 1982: 152-153; Deane, 1988: 28). Nüfus artışı istihdam edilebilecek insan sayısının da artmasını sağlayarak sanayi devrimini işgücü artışı olarak da beslemiştir.

Sanayileşme faaliyetleri sonucu tarım alanlarında ileri teknolojilerin kullanılmaya başlanması ile bu teknolojilere sahip olamayan küçük çiftçiler

¹ Yoksulluk yasaları, kiliselerin kendi yetki alanlarındaki yoksul insanları istihdam etmek, öksüz ve bakıma muhtaç çocukların çıraklık eğitimlerini üstlenmek, bir yoksul evi işletmek, yaşlılar ve bedensel özürllülerin bakımlarını yapmak ve cenazelerini kaldırmakla yükümlü olmalarını belirleyen yasalardır (Güngör ve Özügürlü, 1997: 3-4).

topraklarını satmış ve sanayi kesiminde iş bulmak amacıyla kentlere göç etmeye başlamıştır. 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyıl başında nüfusun büyük bir miktarının sanayi alanlarında çalışmaya başlamasıyla büyük sanayi kentleri kurulmuştur (Günay, 2002: 13). Bu süreçte kent nüfusu, kır nüfusuna göre adeta patlama yapmış ve nitekim 19. yüzyılda sanayi kentleri yaklaşık altı- on kat artmıştır (Torun, 2003:184). Bu nüfus artışı iki önemli etki yaratmıştır. Birincisi çalışan işgücünün artması ve buna bağlı olarak ikincisi de tüketici sayısının artmasıdır (Özdemir, 2014: 4). Nüfus artışının yol açtığı talep artışı ve fiyat yükselmeleri, üreticilerin genişleme ve yenilik yapma gayretlerini artırmış, ekonomiyi canlandırmış ve sanayileşmeyi harekete geçiren dinamizmi hızlandırmıştır (Deane, 1988: 31). Ayrıca sanayi devriminin yaşanmasıyla dünya tarihinde ilk kez nüfus artışı ve hayat standartlarında yükselme bir arada gerçekleşmiştir (Güran, 2014: 134).

Sanayi devrimi sürecinde toplumların gelenekleri, kuralları, davranış ve yaşam şekilleri de değiştirmiştir. Bu değişiklikler daha sonra şekillenecek olan bütün toplumsal yapıların kodlanmasında önemli bir etki oluşturmuştur. Örneğin sanayileşme ile büyük aileler yerini çekirdek ailelere bırakmıştır. Fabrikalarda iş bulmak için gelen insanlar bu fabrikalar etrafında yerleşim yerleri oluşturarak kentleşmeyi geliştirmişlerdir (Göksal, 2003: 12'dan aktaran Aksoy, 2016: 37). Bu süreçte kırsal alanlardan gelen insanların büyük bir bölümü kentsel bölgeler yalnızca aileleri ile gelebilmiş ve mevcut olsa bile üretim araçlarını kentsel alanlara taşıyamamışlardır. Bu insanlara nitelikleri ve eğitimleri olmayan diğer köylüler de dâhil olmuş ve bunların bir bölümü daha sonraki süreçlerde niteliklerini artırarak bağımsız nitelikte demirci, marangoz vb. gibi zanaatkârlar haline gelmişlerdir. Büyük bir bölümü ise giderek büyüyen imalathane ve atölyelerde kendilerine iş imkânı bulmuşlardır (Görçün, 2017: 10-22). Sanayi devriminin başladığı yıllardan itibaren 19. yüzyıl sonlarına kadar dünyanın tarımla uğraşan nüfusu önemli bir biçimde azalmış insanlar genellikle hizmet ve mamul mal üreticisi haline gelmişlerdir (Güran, 2014: 8).

1.2.3. Ulaşım ve Ticaret Alanındaki Gelişmeler

Sanayi devrimi öncesindeki dönemde üretim faaliyetleri imalathane ve atölyelerde yapılmıştır. Tedarik ise doğrudan toprak ve tarımsal faaliyetler ile sağlanmış, taşımacılık denizyolu ile özdeşleşmiş bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ancak taşımacılık faaliyetleri son derece ilkel niteliklere sahip olduğu için üretilen ürünlerin büyük bir bölümü iç pazarlarda tüketilmiş ve dış pazarlara sevk edilebilen ürünler sınırlı bir düzeyde kalmıştır (Görçün, 2017: 10-11). Batı Avrupa’da, sanayileşme sürecinde öncelikle nehir taşımacılığı gelişmiştir. Ulaşım elverişli nehir ve kıyılarda daha ekonomik ve kolay şartlarda hammadde temin edilmeye başlanması, tüccarların ürünlerini daha kolay pazarlamalarına olanak sağlamıştır. Bu durum nehirleri ve kıyıları taşımacılığa uygun olan ülkelerin daha kolay kalkınmalarını sağlamıştır (Torun, 2003: 191).

Deniz taşımacılığı buhar makinesinin gemilerde kullanılmasına kadar yelkenli gemilerle yapılmıştır. 15. yüzyıla kadar yük gemileri taşımacılık yaparak limanlara ulaşabilmek için yalnızca kıyı şeridi üzerinden ulaşım sağlayabilmiştir. Daha sonra pompalar, teleskoplar, mikroskoplar, termometreler, barometre ve saatler gibi teknik buluşların yanında buhar makinesinin de gemilere tatbikiyle deniz taşımacılığı kolaylaşmıştır. “Pusula” ve “sekstant” aletlerinin bulunmasıyla da okyanuslara açılmak ve limanlara daha hızlı ulaşabilmek mümkün olmuştur. Böylece gemilerin, nehirlerde veya karayollarında taşınan malların binlerce kat fazlasını aynı süre içinde, çok daha ucuza ve daha uzaklara taşıyabilmesi mümkün olmuştur (Rostow, 1971: 261; Torun, 2003: 191).

Denizyolu taşımacılığı alanında yaşanan gelişmeler ve yeni yolların keşfedilmesi ile Avrupa ülkeleri, doğuda sömürgeler edinerek yeni doğal kaynakları piyasaya sürmüş ve böylece ticaret hacimlerini genişletmiştir. Yönetimler de tüccar haklarını koruyarak devlet destekli büyük şirketlerin kurulmasına olanak sağlamış ve 17. yüzyılın sonunda Avrupa’da sermaye birikimi artmıştır. Böylelikle sanayi devriminin başlamasını sağlayacak finansal koşullar hazır hale getirilmiştir (Akbulut, 2011: 2). Bu gelişmeler sonucunda İngiltere’de inşa edilen gemilerin değeri, 1840’ların sonlarına doğru belirgin bir şekilde yükselmeye başlamıştır. 1860’ların

başlarına kadar inşa edilen ve kayda geçen gemilerin yıllık değeri ise milli gelirin % 1'ini aşmıştır (Deane, 1988:149).

Bir ekonominin, sanayileşmiş bir ekonomiye dönüşebilmesinin yollarından biri de uluslararası ticaretin sağladığı fırsatları değerlendirmesidir (Deane, 1988: 46). Bu sebeple sanayileşmeyi başlatan ülkelerde, deniz taşımacılığında yaşanan gelişmeler ile birlikte uluslararası ticaret yapabilmek için çok daha uzaklara ulaşma imkânı sağlanmış ve yeni yerler keşfedilerek koloniler oluşturulmaya başlanmıştır. Böylelikle yeni keşfedilen Kuzey ve Güney Amerika kıtalarında Avrupa sömürgeciliğinin ilk örnekleri görülmüştür (Adaçay ve Islatince, 2013: 28).

Avrupa'da deniz taşımacılığındaki gelişmeler hem ticaret canlandırmış hem de insanların düşünce ve zihniyet yapılarını değiştirmiştir. Yeni ulaşım kolaylıklarından yararlanılarak gerçekleştirilen ticaret ve sömürgecilik faaliyetleri ile büyük miktarlarda değerli madenin Avrupa'ya getirilmesi mümkün olmuştur (Torun, 2003: 194). Bu sayede Batı Avrupa'nın bazı kentlerinde para ve sermaye piyasaları oluşmaya başlamış ve büyük miktarlarda sermaye birikimi gerçekleşmiştir (Adaçay ve Islatince, 2013: 28). Bu açıdan Hobsbawm (1998: 50)'a göre, sanayi devriminin temelinde “deniz aşırı sömürge ve azgelişmiş pazarlar üzerindeki yoğunlaşma ve bunları kimseye kaptırmamak için verilen başarılı mücadele yatmaktadır”.

Sanayi devrimi öncesi dönemde karayolları taşımacılığı son derece riskli bir şekilde ve oldukça ilkel seviyelerde yapılmış, dış pazarlara sevk edilen ürünlerin büyük çoğunluğu yollarda yağmalanmış ya da çürümüştür. Sanayileşme sürecinde başta İngiltere olmak üzere Avrupa'da yeni ve modern yollar inşa edilmeye başlanmış ve yol yapımında daha teknolojik unsurlar kullanılmıştır. Mevcut yollar da değiştirilerek genişletilmiş ve yeni inşa edilen yolların kullanımı paralı hale getirilmiştir (Görçün, 2017: 20-21).

Demiryolu ulaşımındaki gelişmeler, ulaşım faaliyetleri içinde en son ortaya çıkan gelişmelerden olmuştur. Buharlı taşımacılık faaliyetlerinin gelişmeye başlaması lokomotif üretiminin de hızlanmasını sağlamıştır. 19. yüzyılın başında gelişen buharlı lokomotif yalnızca sanayileşmenin sembolü olarak görmek doğru değildir. Buharlı lokomotif aynı zamanda sanayileşmenin en önemli aracı olarak

faaliyete başlamış ve demiryolları ucuz, hızlı ve güvenilir bir taşıma imkânı sağlamıştır. Bu gelişmeler demir, kömür, kereste, tuğla ve makinelere daha çok talep yaratmış ve bu talep artışı bunları sağlayan endüstrilerin de teşvik edilmesinde önemli bir unsur olmuştur (Güran, 1990: 124; Özdoğan, 2018: 5)

Ulaşım ağlarının yaygınlaşması ve kullanımının kolaylaşması, hem hammadde hem de işlenmiş malların fiyatlarının düşürülmesini sağlamış ve böylelikle talebi ve sürümü artırarak dış ticaretin gelişmesine ortam hazırlamıştır. Bu gelişmeler yoksul ve azgelişmiş ülkelere üretilen malların ihraç edilebilmesini sağlayarak sanayileşmeyi ve tarımsal gelişmeyi finanse etmeyi kolaylaştıracak ekonomik bir fazla yaratmıştır (Hamitoğulları, 1982: 156; Deane, 1988: 60-61).

1.2.4. Sermaye Birikimi ve Mali Yapıdaki Gelişmeler

Sanayi devrimi öncesinde üretim ilişkilerini toprak sahibi sınıf ve topraksız ve emeğini kiralayan sınıf arasındaki ilişkiler; dönemin yaygın üretim faaliyetini ise tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Toprak sahipleri bu faaliyetler sonucunda artık değer elde etmiş ve elde edilen bu artık değeri, ticari ve endüstriyel faaliyetlere yönlendirmişlerdir (Görçün, 2017: 10). Böylece temel sermaye unsuru olan toprak önemini kaybederken endüstriyel sermaye oranı artmaya başlamıştır. Sermaye birikiminde artış yaşanması teknik ilerlemelerin de devam etmesine olanak tanımıştır.

Sanayi devriminin gelişimindeki etkenlerden biri de sermaye birikiminin sürekli ve kalıcı bir şekilde büyümesinin sağlanmasıdır. Sanayi devrimi sürecinde Avrupa’da kayda değer bir sermaye birikimi ve refah artışı gözlemlenmiş ve Burjuva sınıfı sermaye birikimine yol açan paradigmayı Merkantilizm olarak kuramsallaştırmışlardır (Görçün, 2017: 26).

Merkantilizm, Orta Çağ’ın sona ermesinde etkili olan Rönesans ve Reform hareketleri sonucunda coğrafi keşiflerle oluşan yenedünya düzeninin ekonomiye yansması olarak ortaya çıkmıştır. 15. ve 18. yüzyıllar arasında kalan dönemi kapsamaktadır. Merkantilist dönem ticari faaliyetlerin zirai faaliyetlerin yerini aldığı; derebeyliklerin hâkim olduğu ekonomik yapıya tüccarların etkili olmaya başladıkları

ve ticaretin canlanmasıyla beraber “Para Ekonomisi”nin ortaya çıktığı bir dönemi ifade etmektedir. Bu dönemde Merkantilist uygulamaların etkisiyle değerli madenler Avrupa’ya getirilmiştir. Böylelikle önemli birikimler sağlanmış ve bunun sonucunda fiyatlar son derece artmıştır. Avrupa’ya gelen bu yoğun para akışı, mal ve hizmet üretimini aşmış ve enflasyon ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda arzı aşan talep, fiyat artışını hızlandırmış ve fiyat artışları, mal ve hizmet üreten tüccarları ve tarımsal gıda maddesi üreticilerini zenginleştirmiştir. Faiz fiyatlarının da ucuzlamasıyla, uzun vadeli projelerin finansmanı sağlanmış ve yatırımlar hızlandırılmıştır (Adaçay ve İslatince, 2013: 28-29).

Endüstriyel ve ticari faaliyetler sonucu daha da artan sermaye birikimi, sermaye sahiplerinin evlerinde saklayabileceklerinden çok daha fazla olmuş ve ellerinde tutmaları son derece riskli hale gelmiştir. Bu soruna çözüm olarak bankalar düşünülmüştür. Ancak o dönemde bankalar son derece zayıf ve yetersiz bir niteliğe sahip olduğu için yeterli ilgiyi görememiştir. Bu sebeple kamu otoriteleri, bankacılık sisteminin modern ve güvenilir bir nitelik kazanması için desteklemiştir. Bu bankalardan biri olan 1694 yılında kurulan İngiltere Bankası ile birlikte geçmişte şahıs şirketleri olarak kurulan bankalar kamu destekli sermaye şirketlerine dönüşmüştür. Bankaların gelişimine paralel olarak sermaye birikimi de kayda değer bir ivme kazanmıştır (Görçün, 2017: 28).

18. yüzyıl boyunca İngiltere’de ortaya çıkan sigorta şirketleri, ortaklık bankaları, imtiyazlı büyük ticaret şirketleri gibi finansal örgütler 1802 yılında kurulan Londra Menkul Kıymetler Piyasası etrafında toplanmıştır. Bu durum finansman olgusunun sağlıklı, istikrarlı bir temele oturmasını ve kredi ilişkilerinde güven atmosferinin gelişmesini sağlayarak dolaylı yoldan endüstriyel gelişmelerin artması ve hız kazanmasında etkili olmuştur (Şahinkaya, 1999: 39).

1.2.5. Endüstriyel Teknolojideki Gelişmeler

Sanayi devriminin temelinde kuşkusuz teknolojik gelişmeler, teknik icatlar ve bilimsel buluşların oluşturduğu bir teknolojik birikim yer almaktadır. Bu teknolojik birikim, sanayileşme süreci ile birlikte büyüyerek yeni gelişmelerin yaşanmasında

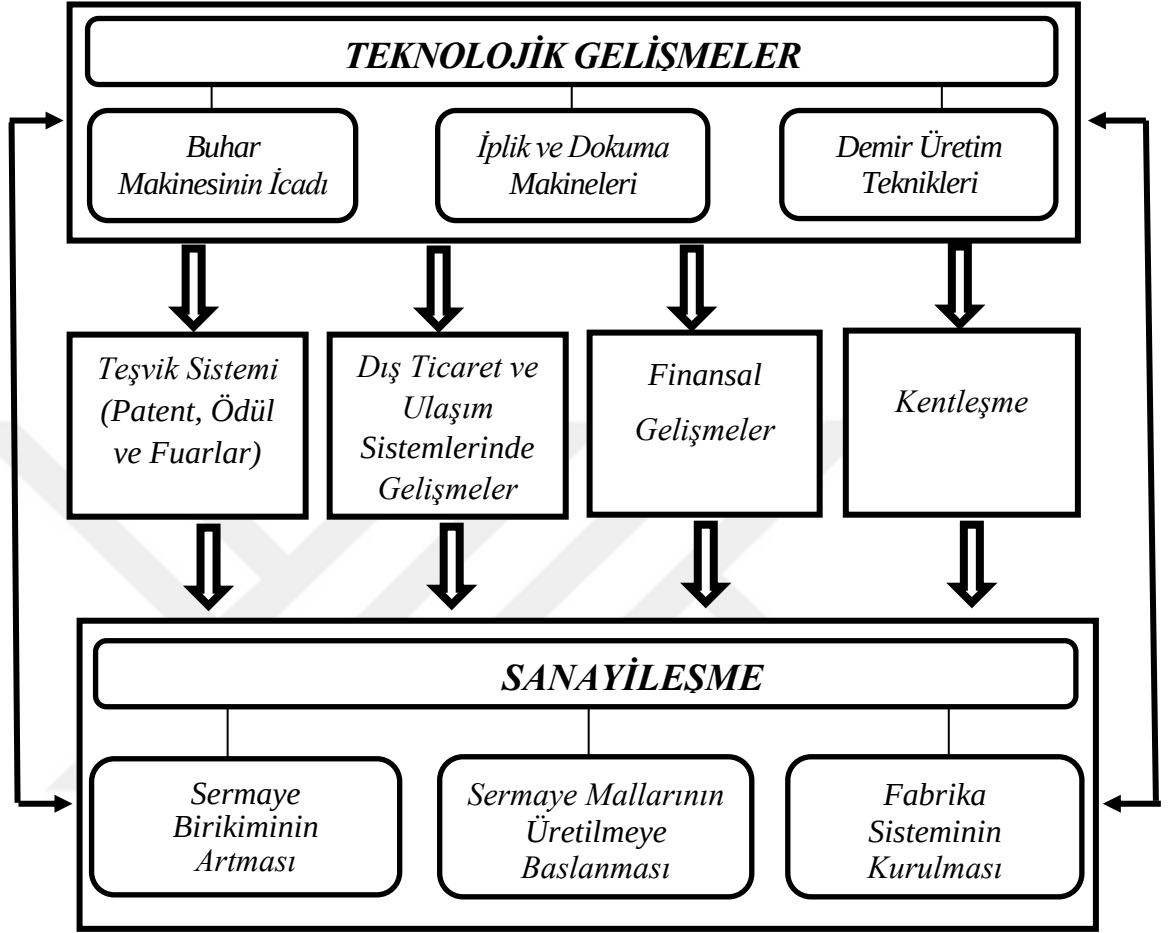
etkili olmuştur. Başka bir ifadeyle, sanayileşme süreci ve teknolojik gelişmeler arasında karşılıklı etkileşim bulunmaktadır.

İlk olarak 1712 yılında Thomas Newcomen tarafından geliştirilen buhar makinesi ve 1733 yılında John Kay tarafından geliştirilen ve dokumacılık alanında kullanılan uçan mekik (flying shuttle) isimli icadı başta olmak üzere ortaya çıkan icatların sonraki yıllarda geliştirilerek çeşitli endüstrilerde kullanılmaya başlanması devrimin başlamasında son derece etkili olmuştur. Devrim sürecinde üretilen her yeni makine, üretim sürecinde yerini aldığı makineden daha etkin olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu bağlamda sanayi devriminin başarısı, teknolojik gelişmelerin hızını önemli ölçüde artırmak ve bu gelişmelerin sürekli olarak yenilenmesini sağlamaktır (Deane, 1988: 107). Nitekim üretimde zanaat aşamasından modern sanayi aşamasına geçilmesi, insan işgücü yerine buharlı makinelerden yararlanılmaya başlanması, basit el aletlerinin yerine makine kullanılması söz konusu bu teknik gelişmeler ile mümkün olabilmiştir (Hamitoğulları, 1982: 161).

Buhar makinelerinde kömürün kullanılmaya başlanması ve demirin işlenmesi teknolojik gelişmelerde önemli bir ilerleme gerçekleştirmiştir. Kömürün kullanılmaya başlanması ve demirin işlenmesi hem deniz ve demiryolu taşımacılığının gelişmesinde hem de mamul mal üretiminde önemli değişiklikler yaşanmasında etkili olmuştur. Bu teknolojik gelişmeler sanayi sektörünün ekonomide merkeze oturmasını sağlamıştır (Torun, 2003: 194).

Teknolojik gelişmelerin buhar makinesi, fabrikalar, lokomotifler vs. aracılığı ile tarım, sanayi ve ulaşım sektörlerinde kullanılmaya başlanması bu sektörlerde verimin artmasını sağlamıştır. Bu teknolojik gelişmelerin verimliliği artırması ve maliyetleri düşürmesi iç ve dış talebin artmasına katkı sağlamıştır. Bu durum teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesinde son derece önemli rol oynamıştır.

Şekil 1. 2. Teknolojik Gelişmeler ve Sanayi Devrimi Arasındaki İlişki



Kaynak: Tarafımızdan geliştirilmiştir.

Şekil 1. 2.'de sanayi devrimi ile teknolojik gelişmeler arasındaki ilişki gösterilmektedir. Teknolojik gelişmeler, doğrudan sanayileşmeyi etkilemektedir. Ayrıca ticaret, ulaşım, finansal gelişmeler, kentleşmeyi de etkileyerek ve geliştirerek dolaylı olarak sanayileşmeyi olumlu bir şekilde etkilemektedir.

Teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesi sanayileşme sürecinde kurumsal bir nitelik kazanmış ve devlet, tüccarlar ve sanayicilerin yarattıkları teşvik sistemi mucitlerin çalışmalarına hız kazandırmıştır. Bu teşvikler sayesinde patent alan yüzlerce üründen, ekonomiye katkı sağlayacak yeni alet, makine vb. onlarca ürün üretilmiştir. Tüm bu gelişmeler sanayileşmenin ilerlemesinde oldukça etkili olmuştur.

1.3. Birinci Sanayi Devrimi - Endüstri 1.0

Birinci sanayi devrimi ya da Endüstri 1.0 olarak adlandırılan süreç, küreselleşme sürecinin dört ana aşamasından ilkidir. Meydana geldiği tarih ile ilgili tam olarak fikir birliği sağlanamamıştır. Bu nedenle pek çok iktisat bilim insanı tarafından farklı zaman aralıklarında gerçekleştiği kabul edilmektedir. Charles Wilson (1965), sanayileşmeyi hızlandıran iktisadi büyümenin dönüm noktasının 1760'larda değil 1660'larda "laissez faire" ilkesinin kabul edilmesinin ardından ortaya çıktığını savunmaktadır. P. Deane ve W.A. Cole (1962: 82), 1740'ları başlangıç tarihi olarak belirtmişlerdir. Rostow (1956: 31)'da sanayi devrimini 1783-1802 gibi bir döneme sıkıştırarak ani ve hızlı bir gelişme olarak gören iktisatçılar arasında yerini almıştır. J. U. Nef (1943: 5) ise sanayi ve teknolojik gelişmelerin başlangıcının 1750 ve 1760'larda değil, 1780'lerde olduğunu savunmaktadır. Bu gibi pek çok fikir ayrılıklarına rağmen birçok araştırmacı birinci sanayi devriminin 1760'lı yıllarda başladığını ve 1840'lı yıllara kadar sürdüğünü kabul etmektedir. Devrim, buhar makinesinin icat edilmesi ve demiryollarının inşa edilmeye başlanması ile birlikte mekanik üretime öncülük etmiştir (Schwab, 2017: 16).

Bu süreçte, el ve beden emeğine dayalı üretimden makine gücüne dayalı üretim sistemine geçilmiş ve hem performanslarını artıran hem de sayı olarak artan makineler, buhar gücüyle işlev kazanmıştır. Aynı zamanlarda yakıt olarak kömür kullanılmaya başlanmış ve bu durum makinelerin daha da yaygınlaşmasını sağlamıştır (EBSO, 2015: 4). Birinci sanayi devrimi olarak nitelendirilen ekonomik organizasyonu oluşturan temel özellikleri şu şekilde sıralamak mümkündür (Deane, 1988: 1):

- Modern bilim ve uygulamalı bilginin piyasa için üretim sürecine geçişi ve sistematik olarak uygulanması,
- Aile içi ya da yerel üretimden oluşan ekonomik faaliyetlerin, ülke çapında veya uluslararası pazarlar için üretime doğru bir uzmanlaşmaya yönelmesi,
- Aile içi üretimin genişleyerek ortaklık ve kamu teşebbüslerine daha fazla dayalı hale gelmesi,
- Kırsal kesimlerdeki nüfusun yoğun bir şekilde kentlere göç etmesi,

- İşgücünün temel mal üretiminden mamul mal veya hizmetler üretimine kayması,
- Emegın yerini sermayenin alması,
- Yeni sosyal ve mesleki sınıfların ortaya çıkmasıdır.

Birbiri ile bağlantılı bu gelişmelerin aynı dönemlerde yaşanması sanayi devrimi olarak adlandırılan süreci yaratmıştır (Deane, 1988: 1). İlk olarak İngiltere’de gerçekleşen birinci sanayi devrimi, 1830 yılından itibaren Fransa, Almanya ve Amerika’da, 1870’li yıllardan sonra da İskandinav ülkelerinde görölmeye başlanmıştır (Fölberth, 2011: 151-152).

1.3.1. Endüstri 1.0 Bileşenleri

Birinci sanayi devriminin başlamasında ve gelişmesinde etkili olan en önemli etkenler hiç kuşkusuz buhar makinesinin icadı, tekstil sanayinde yaşanan gelişmeler ve demirin işlenmeye başlamasıdır. Yaşanan bu gelişmeler göz önüne alındığında sanayi devriminin temel bileşenlerini pamuk, kömür, demir ve çelik oluşturmaktadır.

Sanayi devrimi öncesinde tekstil sanayi, yünlü dokuma imalatı ile varlığını sürdürmüş ancak sanayileşme ile beraber yünün yerini yavaş yavaş pamuk almaya başlamıştır. Böylece pamuk, tekstil sanayinin temel hammaddesi ve yarı mamulü haline gelmiştir. Pamuğun sanayi devriminin temel unsurlarından biri haline gelmesi de üç yeni gelişme sayesinde mümkün olmuştur. Bunlardan ilki, İngiliz mucit John Kay’ın 1733’de icat ettiğı ve 1750 ve 1760’lı yıllarda pamuk dokumacıları tarafından geniş ölçüde kabul edilerek kullanılmaya başlanan uçan mekik adlı icadıdır. İkincisi, Paul’un 1748 de patentini aldığı ve 1760’larda Lancashire’da uygulanmaya başlanan tarama makinesidir. Üçüncü gelişme ise 1764’de icat edilen ve 1770’de patenti alınan J. Hargreaves’in iplik yapma makinesidir (Deane, 1988: 77-78; Akbulut, 2011: 1).

Buhar makinesinin tekstil sanayinde kullanılması, birinci sanayi devriminin başlamasında ve sanayileşmenin daha da gelişmesinde etkili olmuştur. Buhar makinelerinin kullanıldığı fabrikaların artması “Fabrika Kentleri”nin ortaya çıkmasında da sağlamıştır. Bu gelişmelerle birlikte İngiltere’nin pamuklu tekstil

ihracatı 1750 sonrasında büyük bir artış göstermiş ve bu durum sanayileşmeye hız kazandıran gücü sağlamıştır. 1750 ve 1770 arasındaki dönemde pamuklu tekstil ihracatı on katın kadar artış kaydetmiştir (Hobsbawm, 1998: 52-54).

Birçok bilim insanına göre, birinci sanayi devriminin temelinde bulunan en önemli bileşen hiç kuşkusuz buhar makinesidir. Thomas Newcomen'in 1712 yılında geliştirdiği yeni bir tür buhar makinelerinden biri 1764 yılında bozulmuş ve James Watt bu makineyi onararak geliştirmiştir. Bu yeni katkı ile birlikte buhar makinesi sanayiye uygulanabilir hale gelmiş ve 18. yüzyıl sonunda dokuma tezgâhlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bir buhar makinesi binlerce insanın üretebileceği gücü tek başına üretebilmektedir ve buhar gücünün makinelerde kullanılmaya başlanması, insan gücü ile ulaşılamayacak bir üretim kapasitesinin elde edilmesini sağlamıştır. Tekstil sanayinde başlayan bu değişim zamanla diğer sanayilere de yayılmaya başlamış ve bu gelişmeler sanayileşmenin hızlanmasına katkı sağlamıştır (Eğilmez, 2019: 98; Görçün, 2017: 13).

Makinelerinin gücünün artmasını da sağlayan bir diğer önemli bileşen ise kömürdür. Sanayileşmenin başlarında makinelerin sürekli olarak işleyebilmesi için büyük miktarlarda odun kömürüne ihtiyaç duyulmuş ve bu durum 18. yüzyıl ortalarına doğru sınırlı zaten olan ormanları üzerinde büyük bir baskı yaratmıştır. Abraham Darby'nin 1709 yılında demiri odun kömürü yerine kok kömürü ile eritmeye başarmış ve daha sonra 1750'lerde odun kömürü fiyatlarının yükselmesi buna karşılık kok kömürü fiyatlarının düşmesi ile birlikte kok kömürü kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Deane, 1988: 91).

Buhar makinelerinde kömürün kullanılmaya başlanması ile kömür, metallerin işlenmesinde son derece önemli bir rol üstlenmiştir. Öte yandan buhar gücünün demiryolu araçlarında da kullanılmasıyla birlikte kömür, hammaddenin tedarik aşamasından ürünlerin pazara taşınmasına kadar gerçekleşen süreçte hem enerji kaynağı hem de hammadde olarak kullanılmıştır (Görçün, 2017: 16).

1830'lara gelindiğinde diğer kentler de fabrika kentleri kadar olmasa da makineler ile dolmuş ve bu sanayi bölgelerinde, kömür madenleri ve demir imalathaneleri gibi etkileyici makinelerle kuşatılmış büyük ölçekli işletmeler

kurulmuştur (Hobsbawm, 1998; 52-53). Bu sanayilerde işlenerek başta makine üretimi olmak üzere her alanda kullanılmaya başlanan demir, son derece önemli bir madde olarak ortaya çıkmıştır (Ünal, 2009: 130). Bu durum sanayi devriminin ikinci aşamasındaki stratejik öncü sanayileri olarak öne çıkan demir yollarının inşası, madencilik ve makine sanayinin gelişmesine olanak sağlamıştır (Fülberth, 2011: 151).

Demir sanayinin kapasitesinin artmasında üç önemli buluş etkili olmuştur. Bunların ilki, demirin odun kömürü yerine kok kömürü ile eritmeye başlanması; ikincisi, 1780'lerde daha yaygın olarak kullanılmaya başlanan demir tavlama ve haddelemenin keşfedilmesi ve üçüncüsü 1829'dan sonra kullanılmaya başlanan James Neilson'un yüksek fırınıdır (blast furnace). Bu buluşlar aynı zamanda sanayi yerleşim yerlerini de kömür madenlerinin olduğu yerlere kaydırmıştır. Bu bakımdan demir sanayi yalnızca demir kullanılan sanayilerin tamamını canlandırmakla kalmamış aynı zamanda kömür sanayiini, buhar makinesini ve taşımacılığı da canlandırmıştır (Hobsbawm, 1998; 65-66).

Birinci sanayi devrimi sürecinin bir diğer önemli bileşeni ise çeliktir. Benjamin Huntsman isimli bir mucit 1740'larda kok kömüründen yararlanarak oldukça saf dökme çelik elde etmeyi sağlayan bir teknik geliştirmiş ve çelik, buhar enerjisi için gerekli olan ve yüksek basınca dayanıklı makinelerin üretilebilmesi için temel hammadde olarak kullanılmıştır. Bununla beraber demiryolu rayları da çelikten imal edilerek demiryolu ulaşım sistemi daha dayanıklı hale getirilmiş ve bakım onarım maliyetleri daha düşük seviyelere çekilebilmiştir (Deane, 1988: 95; Görçün, 2017: 16).

Yaşanan gelişmelerin hepsi sanayileşme sürecinde üç önemli sonucun ortaya çıkmasına neden olmuştur (Weber'den aktaran Torun, 2003: 190):

- Teknolojik gelişmeler sayesinde, demir ve kömür gibi madenlerin çıkarılıp işlenmesi aşamalarında organik maddelerin yetersizliğinden dolayı doğacak sorunlarla karşılaşılmamaktadır. Böylece sanayi, hayvan gücü ve fiziksel üretim alanlarına bağımlı olmaktan kurtulmuştur.

- Buhar gücünün kullanılması ve üretimin mekanik bir yapıya dönüşmesi ile birlikte üretimde insan emeğine olan ihtiyaç azalmıştır.
- Üretimin bilim ile bütünleşmesi sonucunda geleneklerin neden olduğu tüm engeller ortadan kalmış ve üretim serbest aklın egemenliğine girmiştir.

1.3.2. Endüstri 1.0 Etkileri

Birinci sanayi devrimi getirdiği yenilikler ile birlikte ekonomik, sosyal ve siyasal tüm yaşam alanlarını kökten değiştirmiştir. Devrim ile tarıma dayalı geleneksel toplum yapısını oluşturan temel öğeler değişmiş, toplumun temel üretim karakteri “ziraat” iken “endüstri” olmuştur (Torun, 2003; 193). Sanayileşme ile birlikte milli gelir, nüfus ve kişi başına gelirler değişen oranlarda yükselmeye başlamış ve ekonomik büyüme kendi kendini besleyen ve idare edebilen bir düzenin parçası haline gelmiştir (Deane, 1988: 17).

Üretimde makinelerin kullanılması ile üretim hacminde büyük bir artış olmuş, üretimdeki artış talebi de artırmış ve bu durum ticaretin de canlanmasını sağlamıştır. Aynı zamanda deniz taşımacılığı alanında yaşanan gelişmeler ve yeni coğrafi keşifler uluslararası ticaretin gelişmesinde oldukça etkili olmuş, böylece hem iç hem de dış ticaret gelişmiştir.

Sanayi devrimi ile birlikte insan ve hayvan gücünün hâkim olduğu üretim sisteminden makine gücünün hâkim olduğu üretim sistemine geçilmiş ve bu üretim biçimi öncelikle dokuma sektöründe uygulanarak daha sonra diğer sektörlerle de taşınmıştır (Özdemir, 2014: 1). Devrim, ihtiyaç duyduğu işgücünü, gelişen teknoloji karşısında ekonomik gücünü kaybeden tarım kesiminden sağlamıştır. Değişen üretim biçimi işgücünün makinelerin hâkimiyeti altına girmesine neden olmuştur. Sonuç olarak emek yoğun üretim biçiminin sermaye yoğun şekline dönüşmesi, küçük zanaatkâr ve ustaların makine hâkimiyetine giren işçiler haline gelmesine neden olmuştur. Bu durum işçi sınıfının doğmasına neden olmuştur (Küçükkalay, 1997: 62).

Gaz lambalarının bulunması ve üretim alanlarında kullanılmaya başlanmasıyla hava karardıktan sonra da üretim devam etmiş ve böylece vardiyalı

Üretim sistemi geliştirilerek imalathanelerin üretim kapasiteleri büyük ölçüde artırılmıştır (Görçün, 2017: 22).

Fabrikalarda iş bulabilmek umuduyla kentlere gelen insanlar, kentlere ve kentlerin çevresindeki bölgelere yerleşmeye başlamıştır. Bu durum kalabalıklaşan kasvetli sokaklar, sağlıksız ve çirkin işçi mahalleleri, elektrik henüz aydınlatmada kullanılmadığı için yeterince aydınlatılamayan şehirler ve sıkışık evlerle dolu şehirlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. İnsanlar uzun yıllar boyunca temiz içme suyu ve kanalizasyon sisteminden yoksun olarak yaşamak zorunda kalmışlardır. Günlük alışma saatleri 13-14 saat olarak uygulanmış ve bu işler için genellikle kadın ve ocuk işçiler kullanılmıştır. İnsanca yaşam için verilen mücadeleler sonucunda, 19. yüzyılın sonlarına doğru devletin fabrika, maden vb. yerlerdeki kötü çalışma koşullarına müdahale ederek düzenlemesi, sosyal hizmet sunan özel girişimlere mali destek sağlaması ve işçilerin İşçi Sendikaları Konseyi (TUC) aracılığıyla verdikleri mücadeleler ile belli iyileşmeler sağlamışlardır (Günay, 2002: 13; Küçükkalay, 1997: 64; Güngör ve zğurlu, 1997: 24).

1.3.3. Birinci Sanayi Devrimi’nde Kamu Harcamaları

İlk sanayi devrimi, 19. ve 20. yüzyıllardaki diğer sanayileşme örneklerinden farklı olarak, piyasada gerçekleşen özel sermaye ve bireysel girişimciler tarafından finanse edilen bir devrimdir. Herhangi bir sanayileşme politikası olmayan hükümet, bu devrimin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynamamış aksine “laissez-faire” politikasını benimsemiştir. Vergilendirme oranları çok düşük olan bu dönemde kamu harcamaları esas olarak askeri harcamalar ve kraliyet masrafları şeklinde yapılmıştır (Harris, 2004: 204). Birinci sanayi devriminin İngiltere’de başlaması ve büyük ölçüde İngiltere etrafında gelişim göstermesi nedeniyle bu dönemde İngiltere’de yapılan kamu harcamaları ele alınmış ve Tablo 1. 1.’de gösterilmiştir. Devrimin başlangıcında, 1750 yılında 7.2 milyon £ olan toplam kamu harcamaları, 1850 yılına geldiğinde 55.5 milyon £ olarak gerçekleşmiştir. Kamu harcamalarındaki bu büyük artış genel olarak o dönemlerde yaşanan savaşları finanse etmek için kullanılmıştır.

Tablo 1. 1. Birinci Sanayi Devrimi Döneminde İngiltere'nin Kamu Harcamaları
(Milyon £)

	Toplam Harcama	Borçlanma	Genel Hükümet (Kraliyet) Giderleri	Savunma (Ordu ve Donanma Giderleri)
1750	7,2	3,2	0,8	2,7
1760	18,0	3,4	0,9	12,8
1770	10,5	4,8	0,9	3,6
1780	22,6	6,0	1,0	13,5
1790	16,8	9,4	1,2	4,7
1800	49,5	13,5	0,9	32,0
1810	81,5	24,2	5,2	48,3
1820	57,5	31,1	5,4	16,7
1830	53,7	29,1	5,4	15,2
1840	53,4	29,6	5,6	13,8
1850	55,5	28,5	7,0	15,1

Kaynak: Mitchell, B.R. ve Deane, P. (1962), "Abstract of British Historical Statistics", **Cambridge University Press**, pp. 389-397.

Bilimsel araştırmalara kamu desteğinin ilk ve güçlü savunucusu olduğu düşünülen Francis Bacon, Yeni Atlantis (1627) başlıklı eserinde, "nesnelerin gizli hareketleri ve sebepleri hakkında bilgiler çıkarmak", bilimsel keşifler ve seyahatlerin sonuçlarının değerlendirilebilmesi için büyük bir araştırma enstitüsü (Süleyman'ın Evi) kurulmasını önermiştir. Bununla beraber bilime gerçek destek, 1662'den itibaren bir grup İngiliz aydın tarafında kurulmuş ve Kral II. Charles tarafından tanınmış olan İngiliz Bilimler Akademisi (Royal Society) ile başlamıştır. İngiliz Bilimler Akademisi aracılığı ile bilimsel seyahatler, ödüller ve diğer girişimlere verilen destekler, 20. yüzyılda yapılan mali desteklerle karşılaştırıldığında çok küçük miktarlarda kalsa da bağışlarla desteklenmeye çalışılmıştır. Bu durum, bilimin üst düzeyde itibar kazanması açısından son derece faydalı olmuştur (Freeman ve Soete, 2003: 424-425).

İlk sanayi devrimi döneminde demiryollarının inşası ve lokomotiflerin yolcu ve yük taşımaya başlaması kamu hizmetleri ile mümkün olabilmektedir. Sermaye sahibi özel kesim başlangıçta, yeni gelişen bu alana ilişkin yeterli düzeyde güven sahibi olmamalarının yanı sıra yatırım maliyetlerinin de yüksek olması nedeniyle bu alana

yatırım yapmaktan kaçınmıştır. Özel kesim kamu tarafından üretilen ulaştırma hizmetlerinin müşterisi olmayı tercih etmiştir (Görçün, 2017: 18-19).

1795 yılında Berkshire'deki asliye hukuk mahkemeleri, tarım işçilerinin uzun sürelerce işsiz olması veya aldığı ücretin asgari düzeylerin altında olması halinde resmi fonlardan belli bir miktar ödeme yapılmasını sağlayan "Speenhamland Sistemi"ni onaylamışlardır. Ancak bazı çalışmalarda bu yasanın sonuçlarından facia olarak bahsedilmektedir. Çünkü girişimciler belirlenen fonlardan yararlanmak için işçilerin ücretlerini belirlenen asgari ücretin altına çekerek artı kalan kısmının sübvansede edilmesini sağlamışlardır. 1834 yılında yeni yoksulluk yasaları çıkarılmış ve bu yasalarla yetişkin işçilerin sübvansede edilmesine son verilerek iş piyasaları tümenden korumasız bırakılmıştır (Fülberth, 2011: 156-157). Hükümetin yasa konusundaki bu ve benzeri başarısızlıkları sayesinde piyasadaki diğer aktörlerin rahat etmesinin önünü açmıştır. Bu durum sanayi devrimi için gerekli olan sermaye birikimi ve teknolojinin gelişimini kolaylaştırmıştır (Deane, 2000: 193).

1.4. İkinci Sanayi Devrimi- Endüstri 2.0

Birinci sanayi devriminden sonra 1870-1914 yılları arasında özellikle çelik üretim tekniklerinin geliştirildiği, içten patlamalı motorların, elektrik enerjisinin, Atlantik ötesi telgraf ve radyo gibi teknolojik buluşların ortaya çıktığı, seri üretime geçilmesiyle üretimin devasa boyutlarda artırıldığı dönem "İkinci Sanayi Devrimi" olarak anılmaktadır.

Küreselleşme sürecini ikinci dalgasını oluşturan, teknoloji devrimi ya da Endüstri 2.0 olarak da anılan ve ilk olarak Amerika'da ortaya çıkan ikinci sanayi devrimi, özellikle 1880'den sonra ABD'nin seri üretimde yakaladığı başarı sayesinde sanayide dünya liderliğini İngiltere'den devralmasını sağlamıştır. İngiltere'nin dünya sanayi üretimindeki payı 1860-1913 yılları arasında % 19,9'dan % 13,6'ya düşmüş ve ABD'nin payı da aynı dönemde % 7,2'den % 32'ye yükselmiştir. Devrim ara dönemlerde meydana gelen savaşlar, çatışmalar ve beraberinde gelişen siyasal konjonktürler çerçevesinde zaman zaman duraklamış ve fırsatını bulduğunda kaldığı yerden devam etmiştir (Görçün, 2017: 51; Gür vd., 2017: 59).

İlk sanayi devrimi sırasında kullanılan ve basit mekanik aletlerden oluşan makineler, dişli, piston, kayış ve kaynaklar ile çalışmaktadır. Daha sonra ikinci sanayi devrimi ile birlikte bilim adamları fizik ve kimya alanında yaptıkları buluşları teknolojiye aktarmışlardır. Bu dönemde bilim ve teknoloji arasında karşılıklı bir etkileşim oluşturulmuştur (Mokyr, 1999: 219, Akbulut, 2012: 3). Devrim, İngiliz mucit H. Bessemer'i 1856 yılında icat ettiği ucuz çelik üretim yönteminin yaygınlaştığı 1860'lı yıllara dayanmaktadır. İkinci sanayi devrimi, 19. yüzyılın ikinci yarısında meydana gelen teknolojik gelişmeler; içten yanmalı motor, elektrik motoru, elektrik ampulü, telgraf, telsiz, telefon gibi icatlara dayalı sanayiler ortaya çıkararak dünyanın ekonomik sistemini değiştirmiştir (Günay, 2002: 13; Akbulut, 2011: 3). Pratikte ikinci sanayi devrimini ilkinden ayıran en önemli faktör, üretim kapasitelerinin artması ve bu kapasitelerin artırılmasında kullanılmaya başlanan yeni makinelerdir (Özdoğan, 2018: 6).

1.4.1. Endüstri 2.0 Bileşenleri

İlk sanayi devriminde yaşanan gelişmelerin artarak devam ettiği bu dönemin temel bileşenleri elektrik ve montaj hattının gelişimi ile seri üretime geçilmesi, çelik ve petroldür. Bu bileşenlerin etkisiyle ortaya çıkan buluşlar ve yenilikler aracılığıyla iletişim ve ulaşım kolaylaşmış, üretimin çeşitlenmiş ve verimlilik artmıştır.

İkinci sanayi devriminin en önemli bileşeni olan elektriğin ekonomik potansiyeli 1800'lü yılların başından itibaren fark edilmiş ve Humprey Davy, 1808 gibi erken bir tarihte elektriğin aydınlatma yeteneklerini ortaya çıkarmıştır. Ardından Michael Faraday, Hans Christian Ørsted ve Joseph Henry gibi bilim adamlarının elektromanyetik alanındaki keşiflerine dayanarak 1821'de elektrikli motoru ve 1831'de de dinamoyu icat etmiştir. Ancak elektriğin ilk etkili uygulamaları güç aktarımında değil, William Fortherrigill Cooke ve Charles Wheatstone'nun 1837 yılında geliştirdikleri telgraf aracılığıyla iletişim alanında yapılmıştır. 1876 yılında Alexander Graham Bell tarafından patenti alınan telefon da dönemin iletişim alanının gelişmesine önemli bir katkı sağlamıştır. Edison tarafından icat edilen ampulün üretim tesisleri ve şehirlerde kullanılmasına 1882 yılında başlanmıştır (Mokyr, 1999: 223; John'dan akt. Kabaklarlı, 2018: 25).

Elektrik teknolojisinin geliştirilerek üretim hatlarında kullanılmaya başlanması ikinci sanayi devriminin önemli gelişmelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Buhar gücünden çok daha güçlü olan bu yeni ve üstün teknoloji, çok daha gelişmiş makinelerin ortaya çıkmasını ve böylece üretimin çok büyük miktarlarda artmasını sağlamış ve böylece dünya, seri üretim kavramı ile tanışmıştır (EBSO, 2015: 5). Üretimde fabrikalaşmayla birlikte elektrikli cihaz, motor ve makinelerin, uçak ve otomobilin seri üretimine geçilmiş, elektrikten her alanda yararlanılmaya başlanmıştır. Elektrik- elektronik alanı, ekonomiye elektrik üretimi, ihracatı ve istihdamı ile yaptığı birinci derece katkının yanında, diğer sektörlerde kullanılması ile de ikinci derece katkılarda bulunmaktadır (Dursun, 2015). Ayrıca elektriğin fabrikaların ışıklandırılmasında kullanılmaya başlanmasıyla gaz aydınlatması kullanımından kaynaklanan ısı ve kirlilik ortadan kalkmış, yangın tehlikesi büyük ölçüde azalmış ve çalışma koşulları önemli ölçüde iyileşmiştir (Agarwal ve Agarwal, 2017: 1064).

Bu dönemde çelik üretiminin yaygınlaşmasıyla beraber özellikle çelik rayların üretiminde kullanılmaya başlanmış ve bu durum demiryollarının gelişiminde önemli katkı sağlamıştır. Daha sonra ABD mühendislik firmalarıyla birlikte çelik için ağır sanayi mühendisliği, inşaat sektörü, makine ve silah üretimi başta olmak üzere çatal-kaşık, konserve, bisiklet gibi sayısız alanda kullanılmaya başlanmıştır (Freeman ve Soete, 2003: 69-74).

Kimya sektöründe yaşanan gelişmeler ile suni gübre, yapay boya, patlayıcı, farmatik ürünler başta olmak üzere birçok ürün üretilmiş ve bunlara tıp alanında tüberküloz ve difteri karşı geliştirilen ilaçlar gibi büyük gelişmeler de eklenmiştir. Aynı zamanda bu dönemde kısa bir süre içinde ekonomide çok önemli bir rol oynayacak başka bir madde olan petrol de işlenmeye başlanmıştır (Fürberth, 2011: 175). Petrol, sanayi devrimi öncesinde de bilinen bir madde olmakla birlikte, endüstrilerde enerji kaynağı olarak kullanılabileceği ikinci sanayi devriminde keşfedilmiş ve yeni bir endüstri çeşidi olarak diğer endüstrilerin arasında yerini almıştır. Bu dönemde meydana gelen teknolojik ilerlemeler sayesinde kullanılan yeni delme teknikleri ile petrolün çıkarılması mümkün hâle gelmiş ve 1859 yılında Drake tarafından açılan bir petrol kuyusuyla petrol elde edilmeye başlanmıştır. Fabrikalarda

kullanılan makinelerde kömür yerine petrol kullanılmaya başlanmış ancak petrolün kullanımı birtakım faydalar yaratmakla beraber istenilen verim ve etkinlik elde edilememiştir. Alman mühendis Rudolf Diesel 1892 yılında içten yanmalı bir motor icat etmesinin ardından tümüyle olmasa da yaşanan sorunları büyük ölçüde gidermiş ve geliştirdiği bu teknoloji ile kayda değer bir başarı elde etmiştir. Bu motorlar endüstrilerin yanı sıra ulaşım alanlarında da büyük bir hızla benimsenmeye başlanmıştır (Görçün, 2017: 51-54).

İkinci sanayi devriminin en önemli bileşenlerinden biri de seri üretimi etkin hale getiren yönetim sistemleridir. ABD’li mühendis Frederick Winslow Taylor tarafından geliştirilen ve “Taylorizm” olarak da bilinen sistemde yönetime bilimsel bir anlayış kazandırılarak çalışanlardan maksimum verim almak hedeflenmektedir. Bu sistem, üretim sürecinin sistemli bir analizi yapıldıktan sonra işlerin belli küçük parçalara ayrılması ve her bir çalışanın işin belli bir parçasında uzmanlaşması esasına dayanmaktadır. Böylece işin ve dolayısıyla işçilerin tümü sürekli denetim altında tutularak iş kaybının asgari düzeylere çekilmesi amaçlanmaktadır (Gür vd., 2017: 60-61).

ABD’li bir girişimci olan Henry Ford tarafından geliştirilen “Fordizm” de temel ilkeleri açısından Taylorizm ile benzerlikler taşımaktadır. Ancak Fordist yaklaşımda üretim süreci küçük parçalara ayrıldıktan sonra işler yapılış sırasına göre bir üretim hattına dizilmektedir (Gür vd., 2017: 61). “Bant Tipi Üretim Sistemi” olarak da tanımlanan bu sistemin uygulanmasıyla üretim çok büyük miktarlarda artmıştır.

1.4.2. Endüstri 2.0 Etkileri

Keşfedilen her yeni teknoloji dünyayı biraz daha küçültmüş, fikirler daha hızlı yayılmış, sınırlar ortadan kalmaya başlamış ve küreselleşme hızlanmıştır. Bu bakımdan ikinci sanayi devrimi yalnızca üretim unsurları, miktarı ya da çeşitleri değil, aynı zamanda insanların tüm hayatını etkilemiş ve bu devrim, tüm dünyanın hayatına dokunabilen ilk sanayi devrimi olmuştur (Özdoğan, 2018: 6). Öyle ki ikinci sanayi devrimi, önceki devrimde meydana gelen başarıların ve gelişmelerin daha da

ilerlemesine olanak sağlamış, ortaya çıkan yeni teknolojiler ile orta ve işçi sınıflarının yaşamlarına kadar ulaşarak yaşam standartlarını yükseltmiş ve paranın satın alma gücünü artırmıştır (Mokyr, 1999: 219).

Sanayileşmenin ikinci aşaması olan bu dönemde elektrik, çelik, petrol ve kimyasal maddelerin kullanımındaki artış üretim alanlarında önemli bir büyüme yaşanmasına ve bu sektörlerin hızla gelişmesine katkı sağlamıştır. Elektriğin fabrika, atölye ve diğer üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanması üretimde verimliliğin en yüksek seviyelere ulaşmasını sağlamıştır. Bunun yanı sıra elektrik hizmetlerinde yaşanan gelişmeler sonucunda tramvay hizmetleri başlamış ve genişlemiş, seri üretim başlamış, telefon, telgraf gibi iletişim araçlarının yanı sıra dayanıklı tüketim malları da icat edilmiştir. Özellikle Henry Ford'un fabrikalarında kullandığı bant tipi üretim sistemi ve seri üretim teknikleri ile otomobilin birçok ailenin hayatına girmesi sağlanmış ve ulaşım ve iletişimde devrim denilebilecek kadar büyük kolaylıklar sağlanmıştır (Taş, 2018: 1821). Otomotiv sektöründeki gelişmeler ve otomobil kullanımının yaygınlaşması özellikle karayolları taşımacılığının da gelişmesinde son derece etkili olmuştur (MÜSİAD, 2017: 33).

Fordist üretim sisteminin uygulanması ile üretim fonksiyonunun en önemli bileşeni olan işgücü, üretim sürecinde makineleştirilmiş ve olabildiğince insani özelliklerinden uzak bir biçimde değerlendirilmiştir. Bu durum başlarda üretimin artmasını sağlayarak tüketimin de artmasını sağlamış ancak emeğin ucuzlamasına da neden olmasıyla birçok problemi beraberinde getirmiştir. Nitekim giderek artan üretim zamanla talep bulamamış ve ekonomik problemler ve sosyal hoşnutsuzluklar ortaya çıkmaya başlamıştır (Görçün, 2017: 64).

Telefon, telgraf, radyo, daktilo ve ucuz gazete kâğıdı gibi haberleşme araçlarının gelişmesi iletişimin daha hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilmesini sağlamıştır. Böylece insanlar arasındaki mesafeler daha da azalmış ve dünya daha entegre bir görünüme sahip olmuştur.

İçten yanmalı motorların buhar makinesi yerine kullanılmaya başlanması, kömürün yerini petrolün alması ve ulaşım ağlarının gelişmesinde büyük ilerlemeler kaydedilmesiyle ulaşımın kolaylaşması hammadde teminini de büyük ölçüde

hızlandırmıştır (Gür vd., 2017: 61). 1940'lardan itibaren, petrol ürünleri katalizör yardımıyla çeşitli hammaddelere dönüştürülmeye başlanmasıyla elde edilen hammaddeler de giyimden tarımsal aktivitelere, gıdadan kişisel kullanım ürünlerine kadar hayatın her alanında kullanılabilecek ürünlerin üretilmesini sağlamıştır (Görçün, 2017: 84).

İkinci sanayi devrimi sürecinde yatırımcılar sermaye birikimini geçmişe nazaran çok daha fazla artırabilmiş, seri üretime geçilmesi ile küresel anlamda olmasa bile bölgesel anlamda ticaret ağlarının genişlemesi mümkün olmuştur. Makineler sayesinde verimliliğin artmasının yanında ihtiyaç duyulan vasıflı iş gücü ve emek anlamında da verimlilikte artış görülmüştür. (Aksoy, 2017).

1.4.3. İkinci Sanayi Devrimi'nde Kamu Harcamaları

Birinci sanayi devriminin başlangıç noktası olan İngiltere'de sanayileşmenin ikinci aşaması içinde *laissez-faire* ilkesinin zirvesinde olduğu 1860'lı yıllarda olunmasına rağmen kamu harcamaları ulusal gelirin önemli bir oranına ulaşmıştır. Bu harcamalar başlangıçta yollar, su temini ve kanalizasyon hizmetleri, halk sağlığı ve gaz çalışmaları alanlarında yapılmış ve 1900'lü yılların başlarına doğru elektrik arzı, tramvaylar ve eğitim harcamaları şeklinde hem endüstriyel hem de kişisel talepleri karşılamak üzere genişletilmiştir. Avrupa'da da kişi başına yıllık kamu harcamaları üç katına çıkmış ve bu dönemde görülen kamu müdahaleleri daha çok düzenleme amacıyla yapılmıştır (Hobsbawm, 1998: 208-214; Milward ve Sheard, 1995: 503).

19. yüzyılın sonlarına doğru, yeni kimya ve elektrik teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla, devletler bilimsel ve teknolojik faaliyetlerinin alanını genişletmiştir. Bu amaçla sanayi standartları ve ölçü birimleri koyup, izlemek için ABD'de 1901'de Ulusal Standartlar Bürosu (1988'de Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü Oldu); Almanya'da 1887'de İmparatorluk Fiziksel ve Teknik Enstitüsü; İngiltere'de 1900 yılında kurulan Ulusal Fizik Laboratuvarı benzeri kuruluşlar kurulmuştur. Bu kuruluşlara ayrıca kamu laboratuvarlarının yanında sivil araştırmaları da düzenlemek ve desteklemek gibi önemli sorumluluklar ve işlevler yüklenmiştir. Ayrıca Birinci

Dünya Savaşı'nın ardından birçok ülkede devlet, bilimsel araştırma ve geliştirme faaliyetlerine destek vermeye başlamıştır. İngiltere'deki Bilimsel ve Sanayi Araştırma Dairesi (DSIR) 1915 tarihinde bu amaçla kurulmuş ve 1960'lara kadar çeşitli kamu laboratuvarlarını denetlemiş ve üniversite araştırmalarına fonlar ayırarak sivil araştırmaları destekleme görevini sürdürmüştür (Freeman ve Soete, 2003: 426).

ABD, İngiltere ve Fransa'da, savaş sonrası dönemin toplam sanayi Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) harcamalarının dörtte birinden fazlası havacılık sanayii ile ilgili çalışmalara ayrılmıştır. Bu AR-GE faaliyetlerinin büyük bir çoğunluğu özel sektör tarafından gerçekleştirilmekle birlikte, önemli bir kısmı kamu harcamaları ile finanse edilmiştir. 1960'lara gelindiğinde yeni tip askeri uçakların geliştirilmesine gerek olmadığı kanaat getirilmiş ve böylece sivil uçakların geliştirilmesi için kamu harcamaları artırılmıştır. Ancak Freeman ve Soete (2003: 430-431)'e göre, uçak sanayine yapılan yoğun kamu harcamalarının sosyal ve çevresel maliyet ve fayda unsurları göz önüne alındığında, demiryollarına, iletişime, bilgisayara veya takım tezgâhlarına yapılması daha doğrudur.

1.5. Üçüncü Sanayi Devrimi- Endüstri 3.0

1970'li yıllardan itibaren elektronik, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi sonucu üretimde otomasyonun sağlanmasıyla birlikte üçüncü sanayi devrimi dönemi hâkim olmaya başlamıştır. İlk sanayi devrimi buhar makinesi aracılığıyla mekanik üretimin gerçekleşmesi ve ikinci sanayi devrimi elektrik yardımı ile seri üretim sağlanarak üretimin hızlanması olarak tanımlanırken üçüncü sanayi devrimi elektronik, bilgisayar ve internet teknolojileri aracılığıyla üretimde otomasyonun sağlanması olarak tanımlanmaktadır.

Bu dönemde bilgisayar, mikro elektronik, fiber optik, lazer ve bilişim gibi teknolojilerin ve telekomünikasyon, nükleer ve biyogenetik gibi bilimlerin gelişimi üretimin yönünü etkilemiştir. Ayrıca önceki devrimlerde kullanılan kömür, petrol gibi fosil yakıtların hızla tükenmesi ve çevresel kaygılar yenilenebilir enerji ve sürdürülebilirlik kavramlarının gündeme gelmesinde ve güneş, rüzgâr gibi

yenilenebilir enerji kaynakları ile jeotermal enerji kaynaklarının önem kazanmaya başlamasında etkili olmuştur (Taş, 2018: 1822).

Üçüncü sanayi devrimi, yarı iletkenlerin, 1960'larda ana bilgisayarların, 1970-1980'lerde kişisel bilgisayarların ve 1990'larda internetin katalizörlüğünde gelişmesi nedeniyle bilgisayar devrimi ya da dijital devrim olarak da adlandırılmaktadır (Schwab, 2017: 16). Bu devrimde, iş bölümüne dayalı mekanik ve elektronik teknolojiyle çalışan makinelerin yerini elektronik ve bilgi teknolojisine dayalı dijital teknolojiyle çalışan makineler almaya başlamıştır (Kagermann vd., 2013: 14).

John Bardeen, Walter Brattain ve William Shockley'in 1947 yılında icat ettiği transistor ile çağdaş bilgisayarların o zaman kullanılmaya başlanan dijital çözümlerin en temel yapısı üretilmiş ve bu buluş, üçüncü sanayi devriminin ilk ve büyük adımı olarak kabul edilmiştir (Özdoğan, 2018: 13). Zaman içerisinde bilgisayarların gelişmesi, donanım ve yazılım teknolojilerindeki ilerlemeler ve internetin yaygınlaşmasıyla üçüncü sanayi devrimi yerini sağlamlaştırmıştır (Özdoğan, 2018: 23).

Önceki iki devrimden farklı olarak üçüncü sanayi devrimi, yeni teknolojilerin hemen her gün üretildiği ve test edildiği, üretim sürecinde en önemli unsurun AR-GE çalışmalarının olduğu bir dönem haline gelmiştir (MÜSİAD, 2017: 34).

1.5.1. Endüstri 3.0 Bileşenleri

Bilgisayar ve internet kullanımının yaygınlaşması ile başlayan üçüncü sanayi devrimi, enerji depolama teknolojileri, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları ve üç boyutlu baskılama gibi dijital üretim teknolojileri ile gelişimini sürdürmüştür (Heinonen vd., 2015: 10). Üretim süreçleri ve tedarik zinciri içerisinde otomasyonun gerçekleşmesi, programlanabilir makinelerin kullanılmasına olanak tanıyan dijital teknolojilerin ortaya çıkması ve bu teknolojilerin üretim süreçlerinde kullanılması bu dönemin en önemli özelliklerindendir (MÜSİAD, 2017: 34). Üçüncü sanayi devriminin başrolünde internet, bilgisayar ve dijital ürünler ve çözümler bulunmaktadır (Özdoğan, 2018: 12).

Üçüncü sanayi devriminin temel bileşenlerinden biri olan ve ilk olarak basit hesaplama aracı olarak kullanılan bilgisayarın ilk örneği Konrad Zuse tarafından 1936 ve 1938 yılları arasında geliştirilen Z1 isimli elektro-manyetik cihazdır. Ancak elektrikle çalışan ilk bilgisayar olma özelliği taşıyan ENIAC 1946 yılında tasarlanmıştır. Yaklaşık 27 ton ağırlığında ve 167 metrekare genişliğinde ve altı operatör tarafından kontrol edilen bu bilgisayar 20 saatte yapılan hesaplamaları 15 saniyeye indirmiştir (MÜSİAD, 2017: 103). Bilgisayar teknolojileri gelişimi 1950'lerden sonra ivme kazanmış ve Commodore (1977), Compaq (1983), Hewlett Packard (1966), NEC (1958) ve Toshiba (1954) gibi çeşitli üreticiler ortaya çıkmıştır. Önceleri bir oda büyüklüğünde olan bilgisayarlar bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ile giderek küçülerek evlerde ve ofislerde kullanılmaya başlanmıştır.

Bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte bilgisayarların internet aracılığıyla birbirine bağlanması da bu devrimin temel bileşenlerinden biridir. Amerikan Savunma Bakanlığı'nın çok sayıda bilgisayar kullanıcısının birbirleri ile haberleşmelerini sağlayan ve bilgisayar sistemlerini birbirine bağlayan elektronik iletişim ağı projesi olan Gelişmiş Araştırma Projeleri Ağı (ARPANET) internet ağının temellerini oluşturmuştur (Markoff'dan Akt. Kabaklarlı, 2018: 27). ARPANET'in 1969 yılında kurulmasının ardından 1969-1977 yılları arasında bu ağa çeşitli kurumlar ve üniversiteler de dâhil olmaya başlamışlardır. 1971 yılında ilk mail ve 1973 yılında da ilk dosya transferi internet aracılığıyla gönderilmiştir (MÜSİAD, 2017: 37). 1980'li yılların başında LAN adı verilen Yerel Alan Şebekelerinin ve kişisel bilgisayarların geliştirilmesi ile internet de gelişmeye ve yaygınlaşmaya başlamıştır. 1980'lerin sonunda Tim Benners-Lee'nin World Wide Web (www) üzerinde yaptığı çalışmalar sayesinde modern internetin doğuşu ve küresel bir hal alması mümkün olmuştur. Roberts (2015: 2)'e göre hızlı iletişim ve metadata öncülüğünde internetin gelişimi, bilgi teknolojisi, üç boyutlu baskılama, robotik destekli üretim sistemleri ve ticaretin gelişmesine katkı sağlayarak üçüncü sanayi devriminin yaygınlaşması ve etkinliğinin artmasında son derece etkili olmuştur.

Bu dönemde girişimciler, doğal kaynakların tükenebileceğini, piyasanın geleneksel yöntemlerle daha fazla kâr elde edemeyeceği sınıra ulaştığını anlamaya başlamış ve bu bilinçle yeşil ekonomi, yenilenebilir enerji, elektrikli taşıtlar ve

internet kullanımı gibi daha efektif ve alanında verimliliğin yanı sıra, sürdürülebilir kaynakların üretilmesine yönelmişlerdir (Aksoy, 2017). Üçüncü Sanayi Devrimi isimli kitabında devrimin yenilenebilir enerjiye ve bu enerjiye dayalı bir paylaşım ağına geçilmesine dayandığını savunan Rifkin, devrimin temellerini beş süreç ayırmıştır. Bu süreçler ancak birbiri ile ilişki içerisinde olduğunda işleyebilecek olması nedeniyle aynı zamanlarda ortak bir şekilde hayata geçirilmelidir. Aksi halde bu devrimin temelleri tutmayacaktır. Bu bileşenler (Rifkin, 2014: 57-58);

- Yenilebilir enerjiye geçilmesi,
- Her kıtadaki bina stoklarının kendi bulundukları yerlerde yenilenebilir enerji toplayabilecek mikro-enerji santrallerine dönüştürülmesi,
- Kesintili enerjileri depolamak için her binada ve altyapı genelinde hidrojen ve diğer depolama teknolojilerinin tatbik edilmesi,
- Her kıtadaki enerji şebekesini tıpkı internet gibi işleyerek enerji paylaşan bir şebeke ağına dönüştürmek için internet teknolojisinin kullanılması,
- Ulaşım araçlarının akıllı, kıtasal, etkileşimli bir enerji şebekesi üzerinden elektrik alıp satabilen elektrikli ve yakıt hücreli araçlarla değiştirilmesidir.

1.5.2. Endüstri 3.0 Etkileri

Üçüncü sanayi devrimi önceki devrimlerde olduğu toplumun her yönünü ve ulusal ve yerel ekonomilerin her sektörünü etkilemektedir. Ancak her sektör için etkisi aynı değildir. Özellikle bilgi iletişim teknolojileri, savunma, sağlık, eğitim, ileri üretim teknikleri, finans ve yönetim sektörleri üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Bu sektörler yeni keşifler, yenilikler ve ürün ve hizmetlerin ticarileşmesi ile çok hızlı bir şekilde ilerlemeye devam etmektedir (Roberts, 2015: 3).

1970’lerde, sistemlerden alınan bilgiyi bir program içerisinde iş elemanlarına aktaran mikroişlemci tabanlı programlanabilir mantık devresi geliştirilmiştir. Bu programın üretim süreçlerinde uygulanmasıyla üretimde otomasyonun sağlanması mümkün hale gelmiştir. Bu gelişme üretimde insan katkısının azalmasını ve hataların minimize edilmesini sağlamıştır. Bu dönemde bilgisayar kullanımı, akıllı telefonlar, internetin yaygınlaşması üretimi her yönüyle etkilemiş ve şekillendirmiştir (Eğilmez,

2019: 143). Bu teknolojilerde yaşanan gelişmeler e-ticaret kavramının ortaya çıkmasını sağlayarak geleneksel ticaret şeklini değiştirmiş, tüketicilerin zaman ve mekân fark etmeksizin istedikleri her an alışveriş yapabilmesine olanak tanımış ve bu gelişmeler, ticaret ve endüstrinin küreselleşmesini kolaylaştırmıştır.

Doğu Bloğu'nun yıkılıp, soğuk savaşın bitmesinin ardından hızlanan küreselleşme süreci ve bilişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler dünyayı küresel bir pazar haline getirmiş, üretim anlayışı, pazarlama ve satış teknikleri tamamen değişmiştir. Bu dönemde seri üretim yerini kişiye özel üretim anlayışına bırakmıştır. Bilişim sektörü ve internetin de yaygınlaşması ile etkinlik artmış, kaliteli ve ucuz üretim temel yaklaşım olarak benimsenmiştir (Özsoylu, 2017: 43).

Bu yeni devrim çok daha farklı ve yeni koşullar yaratmıştır. Yeni buluşlara ait ürünler, eskilerine nazaran daha hafif ve dayanıklı hale gelerek üretim sistemlerinde kullanılmış (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 424), bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin üretim süreçlerinde kullanılması da çok daha küçük, mekanik ve pratik ürünlerin gündelik yaşama girmesini sağlamıştır. Bu süreçte makineler, iş hayatında olduğu gibi gündelik hayata da hâkim olmaya başlamış ve bu durum beden gücüne duyulan gereksinimi, kişisel yaşam içerisinde de ortadan kaldırmaya başlamıştır (EBSO, 2015: 7).

Birinci sanayi devriminde kömür ve buhar enerjisinin, ikinci sanayi devriminde elektrik enerjisini kullanılmasının ardından üçüncü sanayi devriminde de nükleer ve yenilenebilir enerji kullanılarak önceki iki sanayi devriminde olduğu gibi üretimi, çalışma ve yaşam koşullarını etkilemiş ve değiştirmiştir (Rifkin, 2014: 57). İnternet teknolojisi ve yenilenebilir enerjilerin yeni bir altyapı oluşturulmak üzere birleşmeye başladığını düşünen Rifkin'e göre gelecekte yüz milyonlarca insan evlerinde, ofislerinde ve fabrikalarında kendi yenilenebilir enerjilerini üretecek ve bu enerjiyi birbirleri ile paylaşacaklardır. Bu sayede üretimde kullanılacak enerji en düşük seviyelere çekilerek hem çevre kirliliğinin ve maliyetlerin azalması hem de verimliliğin artması sağlanacaktır.

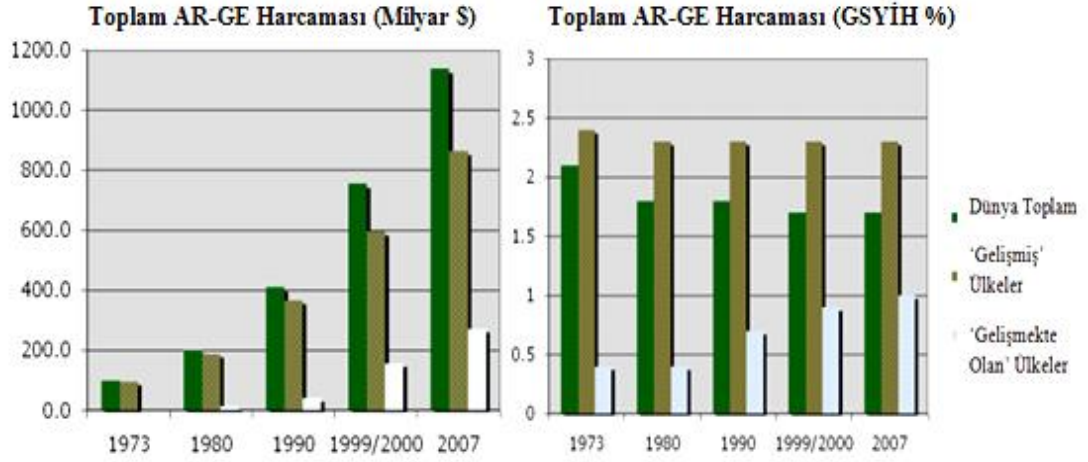
1.5.3. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde Kamu Harcamaları

Kamu harcamalarının üçüncü sanayi devriminin başlarındaki (1950 ve 1960'lı yıllar) en büyük payı İkinci Dünya Savaşı'nın da etkisiyle çok büyük ölçekli nükleer, askeri ve uzay programları almaktadır. Bu durum OECD ülkeleri içerisinde ABD, İngiltere ve Fransa'da olduğu kadar OECD ülkelerinden olmayan Sovyetler Birliği ve Çin'de de geçerlidir. ABD ve orta büyüklükteki OECD ülkelerinde 1960'larda yapılan ulusal güvenlik ve prestij için yapılan AR-GE harcamalarının payı, toplam kamu AR-GE harcamalarının %75'inden fazladır (Freeman ve Soete, 2003: 437).

İnovasyon faaliyetlerinin ortaya çıkmasıyla birçok ülkede hükümetler, teknolojilerin geliştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını sağlamak ve ekonomik büyümeyi desteklemek amacıyla bu faaliyetlerin desteklenmesine önem vermeye başlamıştır. Bu dönemde, 1970'lerin ikinci yarısından itibaren ekonominin önde gelen sektörlerinden çelik, otomotiv, kimya gibi sektörlerin desteklenmesi için seçici sanayi politikaları ön plana çıkarılmıştır. 1990'ların sonunda ise ülke ekonomilerinde ticari olarak başarılı bir yenilik akışı yaratma potansiyelini artırmak için AR-GE harcamalarına önem verilmeye, ulusal inovasyon stratejileri ve teknoloji politikaları tasarlanmaya ve uygulanmaya başlanmıştır (UNIDO, 2015: 151; Akçomak, 2016: 4).

Şekil 1. 3.'de AR-GE harcamalarının küresel toplamı gösterilmektedir. Buna göre, 1970'lerden bu yana küresel araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yapılan harcamaların miktarında sürekli bir artış olduğu ve 1973 yılında 100 milyar \$ olan harcama miktarının on kattan fazla bir artışla 2007'de yaklaşık 1,138 milyar \$ yükseldiği görülmektedir. Ancak bu miktar GSYH'ya oranla ölçüldüğünde dünya ekonomisinin genel büyümesini pek sürdürememiştir. Nitekim 1973'te %2,1 olan bu oran, 1990 ve 2007 yılları arasında yaklaşık %1,7'lik çok az bir sabit sermayeye düşmüştür (Arond ve Bell, 2009: 16). Üçüncü sanayi devriminin sonlarına doğru dünya genelinde AR-GE harcamalarının GSYH'ya oranı düşmüş olsa bile gelişmekte olan ülkeler bu oranı artırarak ekonomik büyümelerine katkı sağlamıştır.

Şekil 1. 3. 1973-2007 Yılları Arasında AR-GE Harcamaları



Kaynak: Arond, E. ve Bell, M. (2009), “Trends in the Global Distribution of R&D since the 1970s: Data, their Interpretation and Limitations”, **STESPS Working Paper 39**, Brighton: STEPS Centre, pp. 17.

Üçüncü sanayi devriminde önemli ülkelerden biri olan Japonya’nın 1960’lı yılların ikinci yarısında sanayi, üniversite ve araştırma enstitülerini bir araya getiren ve bu projeleri destekleyen kurumsal bir yapılanma olmuştur. Bu dönem AR-GE harcamalarının GSMH’ya oranı %2,5 civarındadır ve AR-GE harcamalarının yalnızca %2’si askeri ve uzay araştırmaları için kullanılmıştır (Freeman ve Soete, 2004:). AR-GE harcamalarında 1973 yılında 7,9 milyar dolar ile küresel pazar payının % 7,9’una sahip olan Japonya’da 2007 yılında 147,6 milyar dolar ile % 13 olarak gerçekleşerek çarpıcı bir şekilde artmıştır. Küresel pazara 1990’lı yıllarda giren Çin, AR-GE çalışmaları gerçekleştiren bilim adamı ve mühendis sayısını artırmaya başlamıştır. Buna paralel olarak, AR-GE harcamaları da 1990 yılında Pazar payı % 3 ile 12,4 milyar dolar ve 2007 yılında % 9,2 ile 104,9 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Arond ve Bell, 2009: 19-20; UNIDO, 2015: 93).

Teknoloji, yaşam standartlarını iyileştirmek için yapısal bir dönüşüm ve ekonomik modernizasyon sağlamaktadır (UNIDO, 2015: 103). Üçüncü sanayi devrimi döneminde bu teknolojik gelişmeleri AR-GE harcamaları ile destekleyerek yakalayan ülkeler, küresel pazarda son derece önemli bir konuma gelmişlerdir. Ayrıca bu ülkelerin ekonomik büyümeleri üzerinde AR-GE harcamaların olumlu bir etkisi olmuştur. 1970-2004 döneminde AR-GE harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli ilişkiyi analiz eden Falk (2007: 145), AR-GE harcamalarının

GSYH içerisindeki payının artmasıyla kişi başına GSYH'nın da arttığını vurgulamıştır. Dahası UNIDO (2015: 111)'ya göre, AR-GE harcamalarının özellikle ileri teknoloji sektörlerinde olumlu bir istihdam etkisine sahiptir. Net istihdam genellikle inovasyonla birlikte artmakta ve devletin ürün geliştirme desteği istihdam yaratmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE BİLEŞENLERİ

2.1. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ’NİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

18. yüzyılın sonlarında başlayan birinci sanayi devrimi ile su ve buhar gücüne dayanarak mekanik üretimin temelleri atılmıştır. Daha sonra 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında elektriğin ve montaj hattının üretimde kullanılması seri üretimi mümkün kılmış ve 1970’li yıllarda başlayan üçüncü sanayi devriminde bilgisayar ve internetin üretim süreçlerinde kullanılması üretimde dijital otomasyonun uygulanmasını sağlamıştır (Bloem vd., 2014: 11). Üçüncü sanayi devriminde ortaya çıkan bilgisayar donanımları, yazılımlar ve dijital teknolojilerin hızla gelişerek bütünleşmeye başlaması günümüzde Almanya’nın “Endüstri 4.0” stratejisini ortaya çıkarmasını sağlamış ve dördüncü sanayi devrimi sürecini başlatarak toplumları ve ekonomiyi derin bir dönüşüme uğratmıştır. Dördüncü sanayi devriminin önceki devrimin devamı olmasından ziyade yeni bir devrim olarak değerlendirilmesinin temel nedeni hız, kapsam ve sistem etkisi olarak genişliği ve derinliğinin devasa boyutlarda olmasıdır.

Schwab (2017: 9)’a göre bu yeni devrim yaşama, çalışma ve insanların birbirleri ile iletişim kurma tarzını kökten değiştirmekte ve fiziksel, dijital ve biyolojik teknolojileri iç içe geçirmektedir. Devrim, nesnelerin interneti, yapay zekâ, robot teknolojileri, üç boyutlu yazıcılar, malzeme bilimi, enerji depolama ve benzeri pek çok yeni teknolojik atılım aracılığıyla gelişimini sürdürmektedir.

2.1.1. Endüstri 4.0 Kavramı

İlk kez 2011 yılında Fraunhofer-Gesellschaft Enstitüsü ve Alman hükümeti tarafından Hannover Fuarında gündeme getirilen “Endüstri 4.0” kavramı, 2016

yılında yapılan Dünya Ekonomik Forumu Davos zirvesinin de teması olarak benimsenmiştir. Endüstri 4.0 kavramı devrimin küresel üretim süreçlerinin nasıl dönüştürüleceğini tasvir etmek için kullanılmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ile “akıllı fabrikaları” mümkün kılan sanal ve fiziksel imalat sistemlerinin küresel planda birbirleriyle esnek bir şekilde işbirliği yaptığı bir sistem yaratılması amaçlanmaktadır (Chung ve Kim, 2016: 1312; Schwab, 2017: 16-17).

Endüstri 4.0, bilişim ve iletişim alanlarında yaşanan gelişmeler aracılığıyla otomasyon, veri toplama ve paylaşma gibi üretim teknolojilerindeki yeni yaklaşımların birbirleri ile etkileşime geçmesi sonucu ortaya çıkan bir kavramdır. Başka bir deyişle dördüncü sanayi devrimi bulut bilişim, büyük veri, nesnelerin interneti, üç boyutlu yazıcılar, artırılmış gerçeklik ve benzeri dijital teknolojilerin tam olarak uygulanmasına dayanmaktadır (Schrauf ve Berttram, 2016: 7). Dördüncü sanayi devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu sürece yönelik yapılan bazı tanımlamalar Tablo 2. 1’de gösterilmektedir.

Tablo 2. 1. Dördüncü Sanayi Devrimi-Endüstri 4.0 Tanımları

Yazar	Tanım
Merkel (2014)	Endüstri 4.0, dijital teknolojilerin ve internetin konvansiyonel endüstri ile birleşmesi yoluyla tüm endüstriyel üretim alanının kapsamlı bir dönüşümüdür.
Chung ve Kim (2016: 1312)	Endüstri 4.0, bir sistem içinde birbirleriyle ve insanlarla işbirliği yapan nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler ve hizmet internetinin birleşimidir.
Deloitte (2015: 3)	Endüstri 4.0 ya da Dördüncü Sanayi Devrimi terimi imalat sanayinde yer alan tüm değer zinciri sürecinin organizasyonu ve yönetiminde daha ileri bir gelişme aşamasını ifade etmektedir.
Geissbauer vd. (2014: 16)	Endüstri 4.0 terimi Dördüncü Sanayi Devrimi’ni temsil eder ve ürünlerin yaşam döngüsünün tüm değer zinciri üzerinde yeni bir organizasyon ve kontrol seviyesine dönüşümünü ifade eder.
McKinsey Digital & Company (2015: 7)	Endüstri 4.0, neredeyse tüm ürün bileşenlerinin ve üretim ekipmanlarının gömülü sensörler, siber-fiziksel sistemler ve veri analizleri ile imalat sektörünün dijitalizasyonu sağlanması olarak tanımlanmaktadır.

Kaynak: Belirtilen kaynaklardan yararlanılarak tasarlanmıştır.

Endüstri 4.0'ın temelinde insana ihtiyaç duymadan kendi başına otonom bir şekilde faaliyette bulunabilen makinelerin üretim sistemlerine uyumlaştırılması bulunmaktadır. Bu açıdan Endüstri 4.0, üretim sistemlerinde bilgisayarlaşmanın en üst düzeye çıkarılmasını ve böylece üretimin yüksek teknoloji ile donatılmasını amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda üretimde insan emeğinin en aza indirilmesiyle üretim süreçlerinde yaşanan hataların ortadan kaldırılması, üretimde esnekliğin en üst düzeye çıkarılması ve böylece ürünlerin tamamen tüketiciye özel hale getirilmesi ve üretimin hızlandırılması amaçlanmaktadır (Eğilmez, 2019: 186).

Devrimin önemli bir noktasını oluşturmakla birlikte, dördüncü sanayi devriminin kapsamını yalnızca akıllı ve bağlantılı makine ve sistemlerle açıklamak doğru değildir. Gen dizilemeden nano-teknolojilere, yenilenebilir enerjiden kuantum bilgiişleme kadar birçok alanda eşzamanlı ileri atılımlar yaşanmakta ve bu gelişmeler de bu devrimin kapsamında ele alınmaktadır. Dördüncü sanayi devrimini önceki devrimlerden ayıran temel fark da bu teknolojilerin iç içe geçerek kaynaşması ve fiziksel, dijital ve biyolojik alanlarda etkileşime olanak tanınmasıdır (Schwab, 2017: 17).

Yaşanan ve yaşanacak olan gelişmelerin ekonomideki tüm sektörleri, endüstrileri ve tedarik zincirlerini dönüştürdüğü bu süreç dördüncü sanayi devrimi ya da Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Bu devrimi, üretim ve tüketim süreçlerinin birbirleri ile tamamen entegre hale geldiği, üretim süreçlerinde otomasyonun en üst düzeylerde uygulandığı ve insan faktöründen arındırılmış bir üretim sisteminin yaratıldığı bir dönüşüm olarak özetlemek mümkündür. Endüstri 4.0 ile beraber ortaya çıkan gelişmelere yakın bir gelecekte özel sektör, kamu ayrımı olmaksızın her kesimin uyum sağlamasını gerektirecektir. Nitekim Almanya'nın 2011 yılında Endüstri 4.0'ı sanayi politikası olarak uygulamaya başlamasının ardından diğer ülkelerde de dördüncü sanayi devrimine yönelik çalışmalar başlatılmıştır.

Almanya'nın "Endüstri 4.0"ı kamusal bir program ile sanayiye yenileme ve dönüştürme amacıyla kullanmaktadır. Çin'de benzer bir yaklaşım ile bu süreci "Made in China 2025 ve InternetPlus" olarak adlandırmaktadır (Kagermann vd. 2016: 6). Dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamak için geliştirilen programlar,

Hollanda’da “Smart Industry”, İsveç’te “Production 2030”, Fransa’da “Nouvelle France Industrielle”, İspanya’da “Industria Conectada”, Çekya’da “Průmysl 4.0” ve İtalya’da da “Fabbrica Intelligente” olarak isimlendirilmektedir. ABD ise bu dönüşüm sürecini “Nesnelerin İnterneti ya da Endüstriyel İnternet” olarak adlandırılarak büyük sanayi ve teknoloji şirketlerinin desteğiyle yönetilmektedir. General Electric tarafından kurulan Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (IIC) bu çalışmalardan biridir. IIC, fiziksel nesneleri insanlarla, süreçlerle ve verilerle birleştiren ekosistemler oluşturma girişimlerini koordine etmektedir (Kagermann vd., 2016: 17).

2.1.2. Endüstri 4.0’ın Bileşenleri

Bilgi teknolojileri, internet, robotik ve otomasyon teknolojilerinin bütünleştiği Endüstri 4.0 süreci sistemler arası entegrasyon, sanallaştırma, veri toplama ve analizi, tedarik-üretim-lojistik sistemlerinde esneklik gibi bir takım gereksinimlere sahip olan bir süreçtir (Görçün, 2016:145-146). Bununla birlikte sensörler, kameralar ve kendi kendine öğrenme yazılımları bu süreçlerin işleminde vazgeçilmez unsurlar olarak yerlerini almaktadır (Bloem vd., 2014: 14). Bu gereksinimlerin ve unsurların sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi ve endüstriyel dönüşümün sağlanması bir takım temel faktörlere bağlıdır.

Günümüzde yaşanan teknolojik ilerlemelerin tamamı dördüncü sanayi devriminin gelişimine katkı sağlamakla birlikte büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu yazıcılar, nesnelerin interneti, yapay zekâ ve otonom robotlar, siber fiziksel sistemler ve simülasyon, akıllı fabrikalar, sistem entegrasyonu, artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenleri devrimin gelişimine katkı sağlayan temel faktörlerdir. Bu bileşenlerin etkinlik düzeyleri ve birbirleri ile uyumu endüstrileşme sürecinin başarı ile tamamlanması açısından son derece önemlidir.

2.1.2.1. Siber- Fiziksel Sistemler ve Simülasyon

Dördüncü sanayi devriminin temel bileşenlerinden biri olan Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems), akıllı ağ sistemlerinin ve süreçlerinin temellerini

oluşturan üretim, sürdürülebilirlik ve müşteri memnuniyetinin geniş kapsamlı entegrasyonunun bir sonucudur (Bloem vd., 2014: 12). Siber fiziksel sistemler kavramı, geliştirilen yeni yöntemler aracılığıyla insanlar ile iletişime geçebilen, entegre hesaplama ve fiziksel yeteneklere sahip yeni nesil sistemleri ifade etmektedir (Baheti ve Gill, 2011: 161). Bu sistemler analiz, iletişim ve depolama yeteneklerini fiziki cihazların izlenmesi ve/veya kontrolü için kullanılmaktadır. Bunu güvenli, verimli ve gerçek zamanlı olarak yapmaktadır (Sanislav ve Miclea, 2012: 28).

Ulusal Bilim Vakfı (The National Science Foundation)'na göre siber fiziksel sistemler “gözleme, koordinasyon ve kontrol gibi üretim süreçlerindeki temel prensiplerin, hesaplama ve iletişim bileşkesinden oluşan karma teknoloji tarafından yönetildiği sistemlerdir”. Bahsedilen karma teknoloji, fiziksel makinelerin siber teknolojilerle bütünleştirilmesi sayesinde çok daha akıllı hale getirildiği bir teknolojidir. Bu nedenle bütünleştirme süreci bir bütün halinde siber fiziksel sistemler olarak anılmaktadır (EBSO, 2015: 18). Başka bir ifadeyle siber fiziksel sistemler, tüm üretim, depolama, lojistik gibi süreçlerin birbiriyle bağlantılı olmasını sağlayan, bu üretim süreçleri içerisinde gerçekleştirilen operasyonları en yüksek performans düzeyinde yöneten ve üretim süreçleri arasındaki entegrasyonu en üst düzeyde sağlayarak yürüten sistemlerdir.

Siber fiziksel sistemler, bilişim teknolojileri aracılığıyla mekanik ve elektronik cihazlar arasında bağlantı kuran ve söz konusu cihazların her birinin bir ağ sistemi içerisinde iletişimini ve bu iletişimin devamlılığını sağlayan sistemlerdir. Bu teknolojilerin ilk örneği insanlar veya nesneleri otomatik olarak tanımlamak için radyo dalgalarının kullanıldığı RFID (Radio-frequency identification) teknolojisidir. RFID'in çok daha gelişmiş bir versiyonu olan siber fiziksel sistemler makineler, akıllı cihazlar ve kişiler olmak üzere her şeyi içinde barındıran akıllı bir ağ yaratmaktadır. Bu akıllı ağlar temel bileşenlerden biri olan akıllı fabrikaların en önemli yapı taşlarını oluşturmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017: 14-15; Roberts, 2006: 19).

Lee, Bagheri ve Kao (2015: 19-20), siber fiziksel sistemlerin oluşumunu beş aşamadan oluşan bir piramit ile açıklamaktadır. İlk aşama akıllı bağlantı aşamasıdır. Makinelerden ve bileşenlerden doğru ve güvenilir veri elde etmek, bir siber fiziksel

sistem uygulaması geliştirmenin birinci adımıdır. İkinci aşama verilerden anlamlı bilgilerin çıkarıldığı verinin bilgiye dönüştürölmesi aşamasıdır. Üçüncü aşama her bağı makinenin diğetine bilgi aktarabildiğı ve makineler arası veri akışının oluşturulduğu siber aşamasıdır. Sistem hakkında kapsamlı bilginin üretildiğı ve bu bilgilerin doğru kararların alınabilmesi için uzman kullanıcılara gönderildiğı dördüncü aşama bilişselliktir. Son aşama ise makinelerin kendi kendilerini yapılandırdığı ve uyarladığı, geri bildirimler ve denetimlerin olduğu yapılandırma aşamasıdır. Bir siber fiziksel sistemin oluşturulması bu beş aşamanın gerçekleştirilmesi ile mümkün olmaktadır.

Siber fiziksel sistemler, akıllı makinelerin, depolama sistemlerinin ve bağımsız olarak bilgi alışverişi yapabilen ve birbirlerini bağımsız olarak kontrol edebilen üretim tesislerinin ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır (Kagermann vd., 2013: 5). Bu tesisler çok sayıda insanı, bilgi teknolojilerini, otomasyon bileşenlerini ve makineleri içeren yüksek oranda ağı bağı olan bir sistem yaratmıştır (Kagermann vd., 2013: 46). Akıllı şebekeler, robotik cihazlar, otomatik kumanda elektroniğı, otonom taşıt sistemleri, medikal izleme ve endüstriyel süreç denetim sistemleri siber fiziksel sistem örnekleri arasında yer almaktadır (Banger, 2017: 47). Bu ve benzeri sistemler sayesinde imalat, mühendislik, malzeme kullanımı ve tedarik zincirinde yer alan süreçler dijitalleştirilmiştir.

Bilgisayar üzerinden izlenen simölasyon teknolojisi sayesinde siber fiziksel sistemlerin gerçek zamanlı olarak uzaktan izlenmesi, denetlenmesi, yönetilmesi ve çalışma parametrelerinin değıştirilmesi mümkün olmaktadır (Banger, 2017: 132). Simölasyon makine, ürün ve insan içeren, gerçek zamanlı verilerden faydalanarak fiziksel dünyayı dijital dünyaya taşıyan ve böylece makine kurulum sürelerini azaltarak kaliteyi artıran bir modelleme teknolojisidir. Üretim süreçlerinde simölasyon kullanımı, sürecin gelişimini takip edilebilir hale getirerek zaman, maliyet ve risk yönetimi açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca üretim sürelerinin kısaltılmasını ve başlangıç aşamasındaki üretim hatalarının azaltılmasını sağlayarak karşılaşılan yeni durumlarda hazırlanan planlar sayesinde gerekli tepkilerin daha kolay ve hızlı verilmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle

günümüzde simülasyon üretimden pazarlamaya, eğitimden sağlığa kadar her alanda kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Vaidya vd., 2018: 235; Çelen, 2017: 10).

Siber fiziksel sistem teknoloji araştırmalarına yapılan yatırımlar özel sektör yatırımlarının yanında hükümet yatırımları ile de desteklenmektedir. Avrupa Birliği'nde Avrupa ülkeleri ve endüstrisi için sağlanan fon ile Gömülü Akıllı Sistemleri için Gelişmiş Araştırma ve Teknoloji (Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence Systems, ARTEMIS) adında endüstri birliği kurulmuş ve kamu-özel sektör finansman ortaklığı ile büyük bir teknolojik girişim başlatmıştır. Benzer şekilde ABD Başkanı'nın Bilim, Teknoloji ve Danışmanlar Konseyi (U.S. President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST) 2007 yılında bir rapor yayınlamıştır. Ulusal Bilim Vakfı bu rapordaki önerilere dayanarak siber fiziksel sistemler ile ilgili araştırmaları ve eğitimleri finanse etmektedir (Bagheti ve Gill, 2011: 163).

2.1.2.2. Nesnelerin İnterneti

CISCO İnternet İş Çözümleri Grubu (Internet Business Solutions Group-IBSG)'na göre nesnelerin interneti, internete insanlardan daha fazla “şey ya da nesne”nin bağlandığı durumu ifade etmektedir. 2003 yılında dünya üzerinde yaklaşık 6,3 milyar insan ve internete bağlı 500 milyon cihaz bulunmaktadır. Yani CISCO IBSG'nin tanımına göre nesnelerin interneti henüz mevcut değildir. 2010 yılına gelindiğinde ise telefon, tablet ve bilgisayar gibi cihazlardaki artışla birlikte insan nüfusu 6,8 milyara ve internete bağlı cihaz sayısı 12,5 milyara yükselmiştir. Böylece kişi başına cihaz sayısı 1,84'e yükselmiştir. Bu rakamları daraltan CISCO IBSG, nesnelerin internetinin 2008 ve 2009 yılları arasında doğduğunu tahmin etmektedir (Evans, 2011: 2-3).

Nesnelerin interneti (Internet of Thing) kavramı 1999 yılında ilk kez Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır. Bununla birlikte nesnelerin interneti teknolojisinin ilk uygulaması esasında 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'nden bir grup araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar kahve makinesindeki kahve seviyesini görebilmek için periyodik olarak internet üzerinden bilgisayarlarına

görüntü aktaran bir sistem kurmuşlardır. Böylece insan müdahalesi olmadan çalışabilen bir sistem yaratılmıştır. Objelerin ve nesnelerin internete bağlanmasını sağlayan nesnelerin interneti, kablosuz teknolojilerin son yıllarda gelişmesiyle önem kazanmaya başlamıştır (Khan vd., 2020: 1; López-de-Armentia vd. 2012: 869).

Dördüncü sanayi devriminin temel altyapı ögesi olan nesnelerin interneti, veri toplayan ve bu verileri ihtiyaç doğrultusunda işleyerek dönüştüren bir dizi akıllı ve bağlantılı sensörden oluşmaktadır (Shwab ve Davis, 2018: 138). Yani nesnelerin interneti makinelerin, sensörlerin ya da günlük hayatta kullanılan cihazların kendi bünyelerinde mevcut olan internet ve bilişim teknolojileri sayesinde insan müdahalesine gerek kalmadan kendi aralarında iletişim kurmalarını sağlamaktadır. Bu teknoloji ile donatılmış nesneler birbirleri ile veri alışverişi yaparak ve bu iletişim sonucu toplanan bilgiler ile karar verebilmekte ve faaliyete geçebilmektedir. Böylece daha etkin ve verimli bir üretim sürecinin ortaya çıkması da mümkün hale gelmektedir.

Nesnelerin interneti sayesinde emek verimliliği artırılabilir, enerji ihtiyacını azaltılarak taşıma süreci daha verimli hale getirilebilir ve iklim değişiklikleri ile daha etkin bir şekilde ilgilenilebilecektir (Prisecaru, 2016: 58). Dahası kaynak kullanımı ve durumuna ilişkin daha şeffaf ve gerçek zamanlı bir üretim sürecinin oluşmasını, üretkenliğin artmasını ve hizmetler sunumunda maliyetlerin azalmasını mümkün kılacaktır (Shwab, 2017: 149).

Bu teknolojinin birçok faydası bulunmaktadır ancak kullanım alanının genişlemesi, dört aşamanın geliştirilmesi ve kullanıma geçirilmesi gerektirmektedir. İlk olarak eylemleri algılayan, ileten ve gerekli durumlarda eylemi gerçekleştiren cihazlar temin edilmelidir. İkinci olarak bu cihazları birbirine bağlayan bir iletişim altyapısı sağlanmalıdır. Üçüncü aşamada bu cihazlar tarafından üretilen verileri toplayan ve dağıtan güvenli bir veri yönetim sistemi oluşturulmalıdır. Son olarak da bu sistemde toplanan verileri işleyerek organizasyonun ve bireylerin gereksinimlerini karşılamak için hizmet paketleri sunan uygulamalar hazırlanmalıdır (Shwab ve Davis, 2019: 141-142). Tüm bu aşamaların gerçekleştirilmesi nesnelerin internetinin sorunsuz işleyebilmesi için son derece önem arz etmektedir.

Endüstriyel nesnelerin interneti (Industrial Internet of Thing), endüstriyel süreçlerin, varlıkların ve operasyonel işlemlerin gerçek zamanlı izlenmesi, verimli bir şekilde yönetilmesi ve kontrolünün sağlanması ile maliyetlerin düşürülmesi ve üretim oranlarının artırılması için kullanılan akıllı ve yüksek bağlantılı endüstriyel bileşenlerin ağıdır (Khan vd., 2020: 2). Bu son teknoloji değişim dalgası modern görünümü tamamlayacak makineler, fabrikalar ve altyapılar dâhil olmak üzere mevcut endüstrileri, değer zincirlerini, iş modellerini ve iş gücünü değiştirecek bir etkiye sahiptir (WEF & Accenture, 2015: 3).

Nesnelerin interneti teknolojilerini kullanan birçok şirketten biri olan Hollanda menşeli Sparked, ineklerin kulaklarına yerleştirdikleri sensörler aracılığıyla yaşamsal fonksiyonlarını ölçmeye başlamıştır. Bu sistem aracılığıyla Hollandalı çiftçiler akıllı telefonlar ve bilgisayarlar aracılığıyla ineklerin hasta olup olmadıkları hakkında anında bilgi alabilmektedir. Hayvanların hareketleri, yeme alışkanlıkları ve çevresel faktörler de izlenebilmekte ve bu sayede insanların tüketebilmesi için daha sağlıklı süt ve et ürünlerinin üretilmesine de olanak tanımaktadır. Bu sistem ile her yıl inek başına 200 megabayt veri üretilmektedir (The Economist, 2010).

Amerikan moda şirketi olan Ralph Lauren de bu teknolojiler ile donatılmış bir spor gömleği geliştirmiştir. Bu gömlek ile ter miktarı, nabız hızı, nefes alma yoğunluğu vb. etkiler ölçülerek gerçek zamanlı idman verileri sağlanabilmektedir (Shwab, 2017: 140).

CISCO'nun yaptığı bir araştırmaya göre kamu sektöründe nesnelerin internetinin kullanımının önemli ölçüde artması beklenmektedir. Bu araştırmaya göre akıllı park, akıllı aydınlatma, akıllı atık toplama, pozitif tren kontrolü, trafik optimizasyonu, akıllı binalar gibi alanlar nesnelerin internetinin kullanılması için planlanan alanlardır (Noronho vd., 2014: 12).

2.1.2.3. Büyük Veri

İnternet ağları ile çevrelenmiş dördüncü sanayi devrimi döneminde bilgi ve veri akışı çok farklı kaynaktan çok büyük miktarlarda gerçekleşmektedir. Bu hızlı ve yoğun veri akışı devimin önemli bileşenlerinden biri olan büyük veriyi ortaya

çıkarmaktadır. Witkowski (2017: 767)'ye göre büyük veri (big data), internetin hızlı gelişiminin ardından üretilen büyük miktarlardaki verinin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesini sağlayan teknolojidir. Bu teknoloji, sürekli büyüyen veritabanının hızlı ve verimli bir şekilde yönetilmesi ve kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Büyük veri beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler hacim (volume), çeşitlilik (variety), hız (velocity), doğrulama (verification) ve değer (value)'den oluşmaktadır ve genellikle 5V olarak adlandırılmaktadır (Yin ve Kaynak, 2015: 144). Hacim toplanan, depolanan, analiz edilen veri kümelerinin büyüklüğünü ifade etmektedir. Çeşitlilik ise bir veri kümesindeki yapısal heterojenliği ifade etmektedir. Burada işletim sistemleri, sosyal ağlar veya internet gibi çeşitli kaynaklardan gelen veriler veri çeşitliliğini göstermektedir. Bu kaynaklardan sürekli akan ve değişen verilerden sürekli doğru sonuçların alınabilmesi için veri analizinin gerçek zamanlı olarak yapılması gerekmektedir. Yani hız, verinin üretilmesi, analiz edilmesi ve üzerinden işlem yapılması için gereken hızı ifade etmektedir. Bu denli hızlı büyüyen veri akışı sırasında verilerin güvenli olup olmadığının kontrol edilmesi gerekliliği de doğrulama bileşenini gerekli kılmaktadır. Son olarak değer bileşeni tüm bileşenlerin uygulanmasının ardından büyük verinin üretilmesi ve işlenmesi ile elde edilen verilerin kurum için artı değer sağlaması gerekliliğini ifade etmektedir (Witkowski, 2017: 768; Gandomi ve Haider, 2015: 138; Aksoy vd., 2017: 1916). Büyük verinin etkin bir şekilde kullanılmasında bu bileşenler büyük bir öneme sahiptir.

Büyük veri teknolojisi, verilerin geleneksel veri yönetim sistemlerinden daha ileri düzeyde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Büyük veri teknolojisiyle birbirleriyle uyumlu olmayan farklı içeriklerden, veritabanlarından ve web sayfalarından toplanan verilerin net bir şekilde analiz edilerek işlenmesi ve birleştirilmesi mümkün hale gelmektedir (Witkowski, 2017: 768; Gandomi ve Haider, 2015: 138). Üç çeşit büyük veri bulunmaktadır (Gahi, Guennoun ve Mouftah, 2016: 953):

- Yapısal veriler, modellenmesi, girilmesi, işlenmesi, sorgulanması, saklanması, ve görselleştirilmesi kolay olan tüm veri türlerini ifade

etmektedir. İşlenmesinde yüksek performanslı yetenekler veya paralel teknikler gerektirmemesi nedeniyle faydalı bilgilerin çıkarılması kolaydır.

- Yarı yapısal veriler veya kendi kendini tanımlayan veriler özünde katı bir modeli barındırmayan yani geleneksel veri tabanlarında saklanmayan yapısal verilerdir. Yarı yapısal verilerin en bilinen örnekleri JSON (JavaScript Object Notation) ve XML (Extensible Markup Language)'dir.
- Yapısal olmayan veriler, önceden tanımlanmış bir biçimi olmadan sunulan ve saklanan veri türleridir. Genellikle makaleler, belgeler, kitaplar, e-postalar gibi serbest biçimli metinler ve görüntü, video, ses gibi medya dosyalarından oluşmaktadır.

Bir yazılım firması olan Apache tarafında geliştirilen Hadoop büyük veri için tasarlanmış ilk ve en bilinen yazılımdır. Hadoop depolama ve hesaplama olarak iki temel özellik sunmaktadır. Verileri farklı kümelere dağıtılmış bölümlerde depolayarak daha sonra bu verileri MapReduce teknolojisini kullanarak işlemektedir. MapReduce, verilerin birkaç kümeye dağıtılmasını ve son bir geri bildirim sağlamak için tüm sonuçların toplanmasını içermektedir. Hive, PIG, Mahout, CASSANDRA, IN-MEMORY gibi yazılımlar büyük veri analizinde kullanılan yazılımlardır (Gahi vd, 2016: 953-954).

Küresel ölçekte tüm şirketleri kapsayacak şekilde iş verilerinin hacmi her yıl 1-2 katına çıkmakta ve birçok işletme büyük veri teknolojilerinden faydalanmaktadır. Örneğin Iowa'dan Hindistan'a kadar birçok çiftçi ne yetiştireceği, ne zaman dikeceği, gıda tazeliğini tarladan sofraya kadar nasıl izleyeceği ve değişen iklim koşullarına nasıl uyum sağlayacağı gibi konularda daha iyi kararlar almak için tohumlardan, uydulardan, sensörlerden ve traktörlerden gelen verileri kullanmaktadır. Petrol sektörünün öncülerinden olan Shell de yer altındaki sismik hareketleri ve dalgaları izleyerek hidrokarbon kaynaklarının potansiyelini ve boyutunu hesaplamak için veri toplamaktadır. 500 havayolu şirketinin ve 160'a yakın askeri birliğin büyük motorlarını üreten Rolls-Royce şirketi de tasarım, üretim ve satış sonrası destek hizmetleri süreçlerinde büyük veri teknolojilerinden yararlanmaktadır (Shwab, 2017: 158; Çark vd., 2019: 119). Verilen bu örnekler büyük veri teknolojilerinin her geçen gün önemini artırdığını göstermektedir ve

ulusal güvenlikten bilimsel araştırmalara, ekonomik ve ticari faaliyetlerden kamu yönetimine kadar birçok alanda da bu teknolojilerden yararlanılmaktadır. Bu uygulamalarda büyük veriden yararlanılmasındaki temel amaç, özellikle kalite açısından istenen performans seviyelerine ulaşmak için izlenen sürecin hatasız ve maliyet etkin bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Nitekim büyük verilerin verimli bir şekilde işlenmesi ve analizi, endüstriyel sektörlerde rekabet gücü sağlamanın yanında verimliliği artırma potansiyeline de sahiptir. Büyük verinin başlıca uygulama alanları arasında sağlık ve eğitim hizmetleri, kamu hizmetleri, iletişim, perakendecilik ve ticaret, medya ve eğlence sektörü, sigortacılık, bankacılık, ulaşım ve enerji sektörü yer almaktadır (Yin ve Kaynak, 2015: 144; Aktan, 2018: 7).

2.1.2.4. Bulut Bilişim Sistemler

Yaşadığımız dijital çağda internet her alanda etrafımızı çevrelemiş durumdadır. Bilgisayarlar, iletişim teknolojileri ve internet ağlarının hızla büyümesiyle büyük miktarlarda veri ortaya çıkmaktadır. Giderek artan bu verilerin saklanması ve yönetilmesi gerekliliği de bulut bilişim teknolojilerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

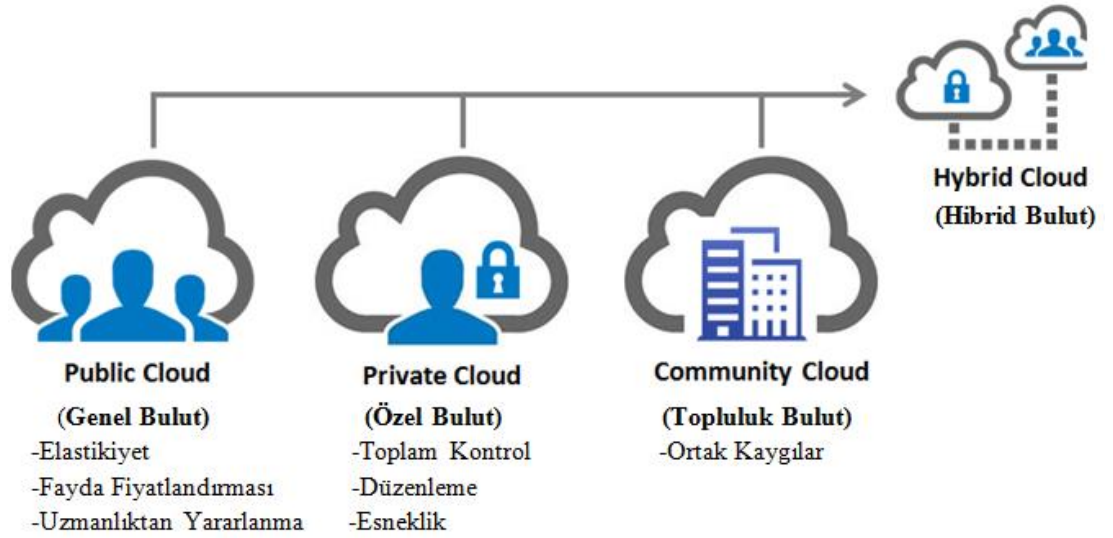
NIST (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü)’e göre bulut bilişim (cloud computing), minimum yönetim çabası veya servis sağlayıcısı etkileşimi ile hızlı bir şekilde tedarik edilebilen ve serbest bırakılabilen, ağlar, sunucular, uygulamalar, servisler ve depolama sistemleri gibi paylaşılabilir ve yapılandırılabilir bilişim kaynaklarının ortak bir havuzda toplanmasıyla istenilen her an her yerden ağ erişimi sağlayan bir hizmet modelidir (Mell ve Grance, 2011; 2). Başka bir deyişle mevcut tüm veri, program ve uygulamanın sanal bir sunucuda depolanması ve internete bağlı olunan herhangi bir ortamda cihazlar aracılığıyla bu programlara, verilere ve bilgilere kolayca ulaşımın sağlandığı bir “online” hizmetler bütünüdür. Bulut bilişim, daha hızlı veri transferi ve fazla depolama alanı ile kurulum gerektirmeden çok daha ucuza her yerden çalışma imkânı sağlayarak çalışma alanını genişletme, altyapı karmaşasını ortadan kaldırma, maliyet tasarrufu yapabilme gibi bir takım olanaklar da sağlamaktadır (Gündüz ve Daş, 2018: 331).

Bulut bilişim kullanıcılara sayısız hizmet ve hizmet modeli sağlayabilmektedir. Ancak bulut bilişim temelinde Hizmet Olarak Yazılım (SaaS), Hizmet Olarak Platform (Paas), Hizmet Olarak Altyapı (IaaS) olmak üzere üç hizmet modeli bulunmaktadır. Hizmet Olarak Yazılım (SaaS)'da, kullanıcılar başka bir yazılıma ihtiyaç duymadan, sadece internet sağlayıcıları üzerinden bulut altyapısı üzerinde çalışan uygulamaları kullanmaktadır. Elektronik posta, sanal masaüstü, oyunlar, iletişim vb. bu model ile sağlanmaktadır. Hotmail, Google Mail ve Yahoo Mail gibi web tabanlı e-mail hizmetleri en bilinen SaaS hizmetleridir. Servis Olarak Platform (PaaS) modelinde servis sağlayıcıları, müşterilerin kendi uygulamalarını daha verimli ve hızlı bir şekilde geliştirip, çalıştırabilecekleri, test edebilecekleri ve dağıtabilecekleri bir platform sunulmaktadır. Bu modelde ağ, sunucular ve işletim sistemleri de dâhil olmak üzere temel bulut altyapısının bakım ve denetiminden servis sağlayıcı sorumludur. Microsoft tarafından sağlanan Windows Azure, Amazon'un web hizmetleri, IBM'in SmartCloud'u ve Google tarafından sağlanan App Engine PaaS modelinin uygulandığı hizmetlerdir. Üçüncü model olan Servis Olarak Altyapı (IaaS) modelinde kullanıcılar ihtiyaçlarını karşılayabilecek her türlü işletim sistemi ve uygulamayı servis sağlayıcıları üzerinden kendileri sağlayabilmektedir. Kullanıcı, temel bulut altyapısını yönetme veya denetleme yetkisine sahip olmamakla birlikte, işletim sistemleri, depolama ve dağıtılan uygulamalar üzerinde denetim yapabilmektedir. En eski IaaS sağlayıcısı Elastik Bulut Bilişim adı verilen Amazon EC2'dur. Diğer bazı IaaS modeli uygulama örnekleri de Rackspace, IBM Blue Cloud ve Sun Grid'dir (Mell ve Grance, 2011: 2-3; Rajaraman, 2014: 247-248; Chadha ve Bajpai, 2012: 44).

Bulut bilişim hizmetleri kullanım biçimi açısından genel bulut, özel bulut, topluluk bulut ve hibrid bulut olmak üzere dört kullanım biçimine sahiptir. Genel bulut (public cloud), bulut bilişim hizmetinin üçüncü bir tarafa ait olduğu ve internet üzerinden bulut altyapısının genel kullanıma açık olduğu hizmetleri kapsamaktadır. Kullanıcılar web uygulamaları aracılığıyla bu hizmetlere erişebilmektedir. Amazon, Google, GoGrid bu hizmetlere örnek olarak gösterilebilir (Yıldız, 2009: 9). Özel bulut (private cloud), bulut altyapısının özel kurum ve kuruluşlar için sağlandığı hizmetlerdir. Özel bulutta sadece aynı organizasyonda, bulut ve kaynak erişimine

sahip olan kullanıcılar hizmete erişebilmektedir ve denetim kullanıcı tarafından yapılmaktadır (Chadha ve Bajpai, 2012: 44). Topluluk bulutunda (community cloud) bulut bilişim altyapısı birkaç kuruluş tarafından, ortak amaçlar için kullanılmaktadır. Bu hizmet modeli ilgili kuruluşlar ya da başka üçüncü taraflarca yönetilmekte ve kurum içinde veya kurum dışında var olabilmektedir (Zissis ve Lekkas, 2012: 584). Son olarak Hibrid veya karma bulut (hybrid cloud) olarak adlandırılan hizmet modeli, bulut bilişim altyapısının genel, özel ve topluluk bulutlarının özgünlüklerini koruyarak veri ve uygulama taşınabilirliğine olanak sağlayan standart ve tescilli teknolojiler ile birleşmesi sonucu oluşmaktadır (Mell ve Grance, 2011: 3).

Şekil 2. 1. Bulut Bilişim Kullanım Biçimleri



Kaynak: Bulut, C. (t.y.), “Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>, Erişim Tarihi: 01.03.2020

Bulut bilişim teknolojilerini kullanan kurum ve kuruluşlar, bilgisayar donanım, yazılım ve hizmetleri için sermaye giderlerini azaltabilmekte ya da ortadan kaldırmakta ve yalnızca bulut bilişim hizmetleri için kullandığı kadar bedel ödeyerek önemli miktarlarda maliyet tasarrufu sağlayabilmektedir. Bu teknoloji, kullandığın kadar öde hizmeti ile küçük işletmelerin rekabet gücünün artmasına da katkı sağlamaktadır (Chadha ve Bajpai, 2012: 44). Bununla birlikte donanım ve yazılım altyapılarının basitleşmesini sağlayarak yönetimi kolaylaştırmakta ve elektronik atıkların ve enerji tüketiminin azalmasını sağlayarak çevrenin de korunmasını mümkün kılmaktadır (Jadeja ve Modi, 2012: 879-880). Esnek bir bilgi

işlem altyapısı sunulduğu için gerektiğinde sağlayıcıdan daha fazla bilgi işlem gücü talep edilebilmekte, bir sunucuda herhangi bir sorun çıkması durumunda sistemin başka bir sunucuya kaydırılması mümkün olabilmektedir. Dahası kuruluşlara önemli verilerin saklanabilmesi için yedekleme hizmeti de sağlanabilmektedir (Rajaraman, 2014: 253).

Bulut teknolojisi her ne kadar büyük faydalar sağlasa da bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bulut bilişim ile ilgili en büyük endişe güvenlik ve gizlilik. Kullanıcıların önemli verileri bulut altyapısında depolanması siber saldırıların yaşanmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu verilere herhangi bir konumdan ulaşılması kullanıcı gizliliğini de tehdit edebilmektedir (Jadeja ve Modi, 2012: 880). Ayrıca bulut bilişim altyapısının sorunsuz işleyebilmesi için kesintisiz internet erişimi sağlamak gerekmektedir. İnternetin olmadığı bir durumda bulut bilişim altyapısına ulaşmak mümkün olmayacaktır.

Bulut bilişim teknolojileri konusunda en büyük şirketler Google, Microsoft, Amazon ve Dropbox'tur. Bu şirketlerin kendi bünyelerinde devasa sunucuları bulunmaktadır. Ayrıca birçok şirket bulutta 2 GB'dan 50 GB'a kadar depolama hizmetini ücretsiz olarak sunmaktadır (Shwab, 2017: 148). Bunlar dışında Zoho, Open Cirrus Cloud ve BlueSky bulut bilişim teknolojisi uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir. Zoho KOBİ'ler için web tabanlı hizmetler sunmaktadır. Intel, HP, Open Cirrus Cloud ve Yahoo şirketlerinin de kullandığı, yazılımların test edilerek toplam kalite kontrolü ve yönetiminin yapılmasına olanak sağlamaktadır. BlueSky ise bulut temelli bir e-öğrenme platformu olarak hizmet vermektedir ve Çin'deki eğitim hizmetlerinin geniş bir kitleye ulaşmasını sağlamaktadır (Gür vd., 2017: 94-95). Günümüzde kullanılan en bilindik bulut uygulamaları Netflix ve Spotify'dır. Netflix ve Spotify platformlarında oluşturulan hesaplarla makul bir ücret ödenerek bulut üzerinden istenilen içeriğe erişim sağlanması mümkün olmaktadır.

2.1.2.5. Katmanlı Üretim ve Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla gerçekleştirilen katmanlı üretim teknolojileri, dördüncü sanayi devriminin bileşenlerinden birini oluşturmaktadır.

Katmanlı üretim geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak katmanlar şeklinde düzenlenmiş model verilerinden üç boyutlu nesneler yaratan bir süreci ifade etmektedir. Katmanlı üretimi yakından ilgilendiren kavramlardan biri olan hızlı prototipleme, bilgisayar ortamında hazırlanan üç boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD, Computer Aided Design) çizimlerinden doğru parçaların üretilmesini sağlayan bir teknolojidir ve de insan müdahalesine çok az ihtiyaç duymaktadır. Bu kapsamda hızlı prototipleme ve üç boyutlu yazıcı yöntemlerinin kullanıldığı teknolojilerin sanayi ile bütünleşmesine katmanlı üretim adı verilmektedir (Pham ve Gault, 1998: 1258; Banger, 2017: 147).

Üç boyutlu yazdırma işlemi bilgisayar ortamında tasarlanan sanal nesnelerin fiziksel olarak üretilmesi işlemidir. Bu açıdan üç boyutlu yazıcıların çalışma prensibi dijital ortamda tasarlanmış herhangi bir üç boyutlu nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesi ve her bir katmanın eritilen malzeme ile üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanmaktadır (EBSO, 2015: 10). Üç boyutlu yazıcılar, üretim sürecinde meydana gelebilecek sorunların önceden tespit edilmesine ve bu sorunların en alt seviyelere çekilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu teknoloji ile üretim sürecinde esnekliğin sağlanması ve tasarlanan ürünlerin kısa süre içinde üretilmesi mümkün olmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar ve katmanlı üretim sayesinde tedarik zincirindeki depolama ve lojistik alanlarında yaşanan sorunlar son bulacaktır. Bu durum üretim ve tedarik maliyetlerin azalmasını ve elde edilecek toplam verimin en üst seviyelerde olmasını sağlayacaktır (Schrauf ve Berttram, 2016: 22-24).

Katmanlı üretim teknolojisi yirmi beş yılı aşkın bir süredir varlığını sürdürmektedir. Ancak üç boyutlu yazıcılar günümüzdeki kadar küçük, ucuz ve işlevsel olmadığı için geçmişte çok rağbet görmemiştir (Scwab ve Davis, 2019: 195). Üç boyutlu yazıcıların küçük ve daha uygun maliyetli olması Adrian Bowyer'in 2004 yılında RepRap projesini gerçekleştirmesi ile mümkün olmuştur. RepRap projesi kendi kendini kopyalayabilen 3 boyutlu yazıcılar fikri ile başlamıştır. Bu RepRap yazıcı kendi parçalarını üretebilmekte ve bu parçaların birleştirilmesiyle yeni bir

RepRap yazıcı elde edilebilmektedir (Ranellucci, 2013: 75). Böylece RepRap projesi yeni üç boyutlu yazıcıların oluşumuna altyapı hazırlamıştır.

Günümüzde üç boyutlu baskı teknolojisi metal, seramik, beton, plastik gibi malzemelerin yanı sıra yapay insan organlarından uçak kanatlarına ve hatta nükleer silahların üretilmesine olanak tanıyan geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir (Campbell vd., 2014: 2). Çin’de WinSun Dekorasyon Tasarım Mühendisliği, çimento ve inşaat atığı karışımından yararlanarak üç boyutlu yazıcı ile evler inşa etmiştir. Nike Vapor Laser Talon ayakkabıları ve New Balance’ın sporcular için özel ayakkabıları bu teknoloji kullanılarak üretilmiştir (Mpofu vd., 2014: 2150). Üç boyutlu yazıcı üreticisi ve sağlayıcısı firmalara Formlabs, Shapeways, 3D Hubs, Carbon 3D, Ultimaker, Zortax, Local Motors, MyMiniFactory, Aleph Objects, Stratasys, 3D Systems ve Hewlett-Packard örnek olarak gösterilebilir (Özdoğan, 2018: 79).

Üç boyutlu yazıcılar son dönemlerde artan gıda tedarik sorunlarına çözüm üretebilmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. İsrail’deki Redefine Meat firması, hem tedarik sorunlarına çözüm üretmek hem de fazla et tüketiminin neden olabileceği sağlık sorunlarının önüne geçebilmek amacıyla yağ, kan ve kas dokusuna sahip bitki bazlı biftek üretmek için üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Firma yöneticileri ineğin yalnızca küçük parçaların değil tamamını da üretebilecek kapasiteye sahip olduklarını belirtmektedir (Fleming, 2020).

Tekstil endüstrisinde de üreticiler hammadde tedarikinin gelecekte çevresel sorunlara² neden olacağı düşüncesi nedeniyle üç boyutlu baskı teknolojisine yönelmektedir. Tekstil endüstrisinde üç boyutlu yazıcı kullanımı daha ucuz, özelleştirilmiş ve hızlandırılmış bir tasarım süreci, daha az hammadde israfı, daha az enerji maliyeti ve daha kısa bir teslim süresi sağlamaktadır (Hay, 2019; Stitotaw vd., 2020: 15).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi sağlık alanında da yoğun şekilde kullanılmaktadır. John Hopkins üniversitesinden bir grup araştırmacı üç boyutlu

² Tekstil endüstrisi, pamuk üretiminde sürekli sulama ihtiyacı nedeniyle dünyanın üçüncü en büyük su tüketicisidir. Bu durum gelecekte önemli su sorunlarının yaşanmasına sebep olabilecektir (Hay, 2019).

baskı ile biyonik kulak üretmeyi başarmışlardır. Heriot-Watt Üniversitesi bilim adamları embriyonik kök hücre kümeleri üreterek üç boyutlu basılmış yapay organların üretilmesinin önünü açmıştır. Tel Aviv Üniversitesi araştırmacıları da insan hücrelerinden ve hastaya özgü biyolojik verilerden yapay bir kalp üretmeyi başarmışlardır (Mpofu vd., 2014: 2015; Thomas, 2019).

Üç boyutlu baskı teknolojisinin ileri bir boyutu ise “Dört Boyutlu Baskı” teknolojisidir. Dört boyutlu baskılama, malzeme ve nesnelerin üretildikten sonra biçim ve işlevlerini değiştirme yeteneğine sahip olmasını mümkün kılmaktadır. Bu olgu üç boyutlu yazdırılmış ürünlere programlanabilir yeteneklerin eklenmesi olarak da açıklanabilir (Campbell vd., 2014:1-3). Dört boyutlu baskılama yönteminde, nem içeriği, sıcaklık, basınç, yükseklik veya ses gibi çevresel etkiler ile ürünler kendi başlarına bir araya gelme, yeniden yapılanma, mutasyona uğrama ve çoğalma yeteneklerini kullanabilecektir. Üretilen programlanabilir ürünler arızalandıklarında ya da eskidiklerinde atılmayacak ve talepleri karşılayabilmek için kendi kendini onaracak veya güncelleme yapacaktır (Tibbits, 2014: 121).

2.1.2.6. Yapay Zekâ ve Otonom Robotlar

Dördüncü sanayi devriminin hedeflerinden biri olan tam otomasyonun sağlanması ile akıllı üretim sistemlerinin oluşturulması, yapay zekâ ve otonom robotlar ile mümkün olacaktır. Üretim sistemlerinin akıllı olmasını sağlayan kavram olan yapay zekâ (artificial intelligence) makinelere, robotlara ve uygulamalara insanların sahip olduğu zekânın aktarılması ile insanların yapabildiği işlerin bu makineler, robotlar ve uygulamalar aracılığıyla da yapılabilmesini sağlayan bir teknolojidir.

Bilgisayar programlama bilimi olarak başlayan yapay zekâ kavramının araştırmacılar arasında tam kabul görmüş bir tanımı bulunmamaktadır. Russell ve Norvig (2010: 2) bu tanımları dört şekilde sınıflandırmıştır: Tanımlardan ilki yapay zekânın insan gibi düşünerek karar verme, öğrenme, problem çözme gibi faaliyetleri yerine getirebileceği şeklindedir. İkinci yapay zekâyı, insanlar tarafından yapılan ve zekâ gerektiren davranışları sergileyen makineler yaratma sanatı olarak

tanımlamaktadır. Üçüncü tanımda yapay zekânın karşılaşılan sorunlara rasyonel çözümler üretebilen sistemler olduğu ve dördüncü tanımda da yapay zekânın karşılaşılan bu sorunların giderilmesi ve hedeflerine ulaşılması için uygun önlemler olarak hareket edebilen bir sistem olduğu kabul edilmektedir. Bu tanımlar ışığında yapay zekâyı, makinelerin insanlar gibi düşünme, öğrenebilme ve karar verme yetisine sahip olmasını sağlayan ve gerektiğinde amaçlarına ve hedeflerine ulaşmak için faaliyete geçebilmesine olanak tanıyan bir teknoloji olarak tanımlamak mümkündür.

Yapay zekâ konusunda ilk çalışma Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından 1943 yılında yapılmıştır. Alan Turing'in 1950 yılında yazdığı "Hesaplayan Makineler ve Zekâ" isimli makalesinde sorduğu "makineler düşünebilir mi?" sorusu yapay zekâ çalışmalarının ilerlemesinde etkili olmuştur. Ancak yapay zekâ terim olarak ilk kez John McCarthy tarafından 1956 yılında Dartmouth Kolejinde yapılan bir konferansta kullanılmıştır. Bu nedenle Dartmouth Koleji yapay zekânın resmi doğum yeri olarak kabul edilmektedir (Russell ve Norvig, 2010: 16; Turing, 1950).

Geniş bir uygulama alanına sahip olan yapay zekâ, yeteneklerine göre üç kategoriye ayrılmaktadır. İlki, yalnızca bir alanda uzmanlaşmış ve uzmanlaştığı alan dışındaki görevleri yerine getiremeyen "Yapay Dar Zekâ" dır. İkincisi güçlü veya insan seviyesinde yapay zekâ olarak da adlandırılan, bir insan kadar akıllı olabilen ve insanların yapabildiği herhangi bir entelektüel görevi gerçekleştirebilen "Yapay Genel Zekâ"dır. Son olarak "Yapay Süper Zekâ" ise, sosyal beceriler, genel bilgelik ve bilimsel yaratıcılık dâhil olmak üzere hemen her alanda insan beyninden daha akıllı olan yapay zekâyı ifade etmektedir (Urban, 2015). İnsan zekâsına sahip yapay zekâları yaratmak oldukça zordur ve mevcut teknoloji seviyesi yalnızca yapay dar zekânın uygulanmasına olanak tanımaktadır.

Günümüzde yapay zekâ, insanlarla özdeşleştirilmiş genel öğrenme ve yüksek düzeyde usamlama gibi bilişsel işlevleri yerine getirme konusunda hızla gelişme göstermekte ve birçok alanda kullanılmaktadır. Alandaki bazı öncü şirketler ile birlikte Microsoft, Amazon, Facebook, IBM, Google ve DeepMind yapay zekâ

teknolojileri alanındaki en iyi uygulamaları geliştirmek, bu uygulamaları formüle etmek ve halkın yapay zekâyı daha iyi anlamasını sağlamak amacıyla çalışmalara başlamışlardır. Hanson Robotics tarafından geliştirilen Sofia, Apple işletim sistemine entegre edilen Siri, Microsoft’a ait sesli komutla çalışan bir yazılım olan Cortona, Google’ın yapay zekâ şirketi DeepMind tarafından geliştirilen AlphaGo ve Google ve Tesla’nın sürücüsüz araçları bu yapay zekâ uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir (Shwab ve Davis, 2019: 170-171; Gökten, 2018: 885).

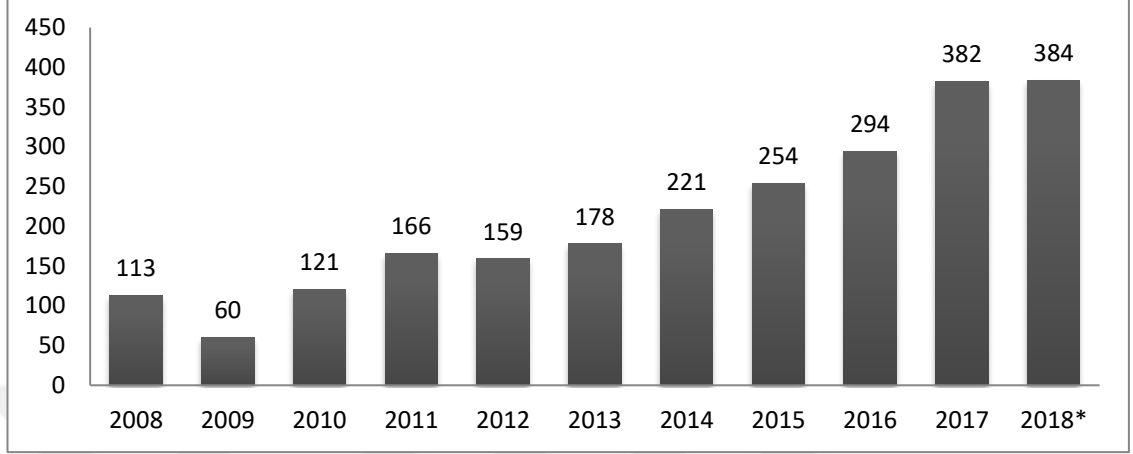
Yapay zekâ yalnızca endüstriyel teknolojileri etkilemekle kalmayıp aynı zamanda gazetecilik, tıp, muhasebe ve hukuk gibi bilgiye dayalı mesleklerde de varlığını göstermiştir. Bu gelişmeler ilerledikçe avukat ve doktorların yerini tamamen alamayacak olsalar bile örnek olay çalışmalarını ve tanısıl görüntülemeleri analiz edebilen yapay zekâ uygulamaları ile bu mesleklerde değişime sebep olacaktır (Shwab ve Davis, 2019: 174). Nitekim IBM’in Watson isimli robotu akciğer kanseri teşhisi konusunda, bazı testlerde % 50’ye karşılık % 90 oranında tutarlılık göstererek insanlara kıyasla daha kesin bir teşhis yeteneği sergilemiştir (Shwab, 2017: 164).

Yapay zekânın kullanım alanlarından olan otonom robotlar, dördüncü sanayi devriminin en önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Öğrenen makine veya akıllı makine olarak da adlandırılan otonom robotlar, içerdikleri gömülü bilişim donanımları ile yapay zekâ uygulamalarını gerçekleştirerek eyleme dönüştürebilen, çevrelerinden veri toplayabilen ve diğer akıllı ve bağlantılı nesneler ile iletişim kurabilen makinelerdir. Otonom robotlar, kendisi ve çevresi hakkında veri toplayarak bilgi edinebilen, insan müdahalesi olmadan el, kol vb. uzuvlarını kullanabilen, hareket edebilen ve uzun süre kendi başına çalışabilen, tasarımında olmadığı sürece insanlara, çevresine veya kendisine zararlı durumlardan kaçınabilen makinelerdir (Banger, 2017: 74-77). Robotik alanı ve sensörlerdeki hızlı gelişmeler sayesinde robotlar çevrelerini daha iyi kavrama, tepki verme, ev işleri gibi çok çeşitli görevlerde rol alma yeteneği kazanmaya başlamıştır. Ayrıca programlamanın gerekli olduğu geçmiş dönemlerden farklı olarak günümüzde bulut bilişim teknolojisi sayesinde robotların programlanmasına gerek duyulmamaktadır. Bu robotlar sistemlere uzaktan erişim sağlayarak başka robotlardan oluşan ağlara bağlanabilmektedirler (Shwab, 2017: 26).

Robotların endüstriyel faaliyetlerde kullanılmaya başlanması General Motors'un 1961 yılında Unimate adını verdiği robotla mümkün olmuştur (Bloem vd., 2014: 14). Daha sonra 1963 yılında Fuji Yusoki Kogyo şirketi tarafından ilk paletleme robotu, 1973 yılında ise endüstriyel robot üreticisi Kuka Robotics tarafından dünyanın ilk endüstriyel robotu olan Famulus üretilmiştir (Banger, 2017: 72). O zamanlardan itibaren teknoloji, kapasite, verim ve performansta önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir. Nitekim günümüzde robotların sağladığı avantajlardan pek çok endüstri dalı faydalanmaya başlamıştır. Bu endüstrilerin başında otomotiv olmak üzere elektrik/elektronik, metal ve makine, plastik ve kimyasal üretim ve yemek sanayileri gelmektedir. Robot endüstrisindeki harcamalar da 2019 yılında 135 milyar doları geçerek 2015 yılındaki harcamaların neredeyse iki katına ulaşmıştır (Shwab ve Davis, 2019: 174). ABB, FANUC, YASKAWA ve KUKA Robotics, dünya çapında önde gelen endüstriyel robot üreticileridir.

Uluslararası Robotik Federasyonu (2019a: 13)'na göre 2018 yılında küresel robot tedariki yazılım ve çevresel cihazlar dışında %6'lık bir artışla 16,5 milyar dolar değerine ve 422.271 adede yükselmiştir. Bu artışla birlikte dünyada çalışan robot sayısı 2.439.543 olarak hesaplanmıştır. 2018 yılında yeni tedarik edilen robotların üçte ikisi (%67) Asya'da üretilmiş ve 2013'ten 2018'e kadar yıllık robot üretimleri ortalama %23 artmıştır. İkinci büyük Pazar olan Avrupa'nın 2013-2018 arasındaki yıllık ortalama üretimi %12, ABD'nin ise %13 oranında artmıştır. Bu oranlarla birlikte endüstriyel robotlar için beş büyük Pazar olan Çin, Japonya, ABD, Güney Kore ve Almanya küresel robot tedarikinin %74'ünü oluşturmaktadır.

Şekil 2. 2. Dünyada Yıllara Göre Tahmini Toplam Endüstriyel Robot Tedariki (Bin)



*Ön veri

Kaynak: IFR (2019a), “World Robotics 2019 Preview”, **World Robotics Industrial Robots 2019: Statistics, Market Analysis, Forecast and Case Studies**, Frankfurt, Germany, International Federation of Robotics, p.2.

Otonom robotlar profesyonel kullanım için servis robotu olarak da çeşitli sektörlerden rağbet görmektedir. Bu servis robotlarının satış değeri % 32 artarak 9,2 milyar dolara yükselmiştir. Lojistik sektörü % 41’lik bir pay ile servis robotlarının kullanıldığı en büyük sektördür. Bunu % 39’luk pay ile tıp sektörü izlemektedir ve ardından arazi ve savunma alanlarında servis robotları kullanılmaktadır (IFR, 2019b). Bu servis robotları evlerde, hastanelerde, havaalanlarında, otellerde, alışveriş merkezlerinde, bankalarda ve bu gibi birçok yerde kullanılan robotlardır. Evlerde en çok kullanılan servis robotları temizlik robotlarıdır.

Servis robotlarının en çok kullanıldığı lojistik sektöründe Amazon depolarda ürünlerin taşınması ve yerleştirilmesi için Kiva’nın lojistik robotlar kullanmaya başlamıştır. Kiva robotları işletme giderlerinin yaklaşık % 20 oranında düşmesini ve her merkez için yaklaşık 22 milyon dolar maliyet tasarrufu sağlamıştır. Ayrıca akıllı alan kullanımı ile stok alanının %50 büyümesinde de etkili olmuştur (Kim, 2016).

Yapay zekâ ve otonom robotlar, üretim süreçlerinde, çıktılarda ve iş modellerinde yüksek etkiye ve değişiklik yelpazesine sahip teknolojilerdir. Hemen her alanda kullanılan bu teknolojiler bir takım avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajların başında yüksek düzeyde üretim otomasyonu gelmektedir. Ürünlerin

tamamının veya çoğunun robotlar, yapay zekâ ve otomasyon teknolojileri ile üretilmesi insan emeğine olan ihtiyacı da azaltmaktadır ve üretim 7/24 sürdürülebilmektedir. Otonom robotlar, verilen görevleri belirlenen süre içerisinde kesin olarak tamamlarken güvenlik, esneklik, çok yönlülük ve işbirliğine de odaklanabilmektedir. Bu açıdan otonom robotlar, otonom üretim yöntemlerini daha hassas bir şekilde gerçekleştirmektedir. Bu teknolojiler yazılım ve donanımlarının yükseltilmesiyle görev ve kapsamlarını genişleterek çalışmalarının kalitesini iyileştirebilmekte böylece üretim verimliliğinin artırılmasını ve maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır. Hizmetlerin yüksek düzeyde standartlaşmasında da etkili olmaktadır (Ivanov, 2017: 285-286; Vaidya vd., 2018: 235).

Bu teknolojilerin bazı olumsuz yanları da bulunmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte yapay zekâ, otonom robotlar ve otomasyon teknolojilerinin insan emeğine olan ihtiyacı azaltması istihdam yapısını derinden etkileyerek büyük teknolojik işsizliklerin yaşanmasına sebep olabilecektir. Ayrıca artan işsizlik ile birlikte büyük vergi ve sosyal güvenlik kayıplarının ortaya çıkması, kamu gelirlerinin de azalmasına neden olabilecektir. Bill Gates, 2017 yılı başlarında insanlar yerine istihdam edilecek robotların vergilendirilmesini önermiş ve “Robot Vergisi” gündeme gelmiştir. Robot vergisi ile robot ve otomasyon teknolojilerini kullanan işverenlerin elde edecekleri yüksek miktarlardaki kârlarının vergilendirilmesi ve elde edilecek gelirin işsizlik ve sosyal güvenlik fonlarının finansmanı için kullanılması amaçlanmaktadır. Bu sayede artan işsizlik maliyetleri de azaltacaktır (Çetinkaya ve Akar, 2018: 49-54).

Ayrıca Elon Musk ve Stephan Hawking gibi bazı kişiler, yapay zekânın günün birinde öldürücü robotlara dönüşeceği endişesiyle gelecekte yapay zekâyâ sahip silahlandırılmış robotların yasaklanması gerektiğini düşünmektedir (Özdoğan, 2018: 92). Bu durum silahlandırılmış robotlara yönelik ulusal ve uluslararası anlaşmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır.

2.1.2.7. Akıllı Fabrikalar

Dördüncü sanayi devriminin temel bileşenlerinden biri olan ve diğer bileşenlerin de gelişimi ile ortaya çıkan akıllı fabrikalar, üretim süreçlerinde makinelerin birbirleri ile otonom bir şekilde iletişim halinde olarak üretimi gerçekleştirdiği fabrikalardır. Bu fabrikalarda insan faktörü büyük ölçüde üretim sürecinin dışında kalmaktadır.

Akıllı fabrikalar (Smart Factories), geniş bir ağ üzerinde performanslarını kendi kendine optimize edebilen, neredeyse gerçek zamanlı olarak yeni koşullara uyum sağlayabilen ve bunları öğrenerek tüm üretim süreçlerini bağımsız olarak çalıştırabilen esnek üretim sistemleridir. Akıllı fabrikalar kendi dört duvarları içerisinde çalışabilmekle birlikte benzer üretim sistemlerinden oluşan küresel bir dijital tedarik ağına da geniş bir şekilde bağlanabilmektedir (Burke vd., 2017: 5).

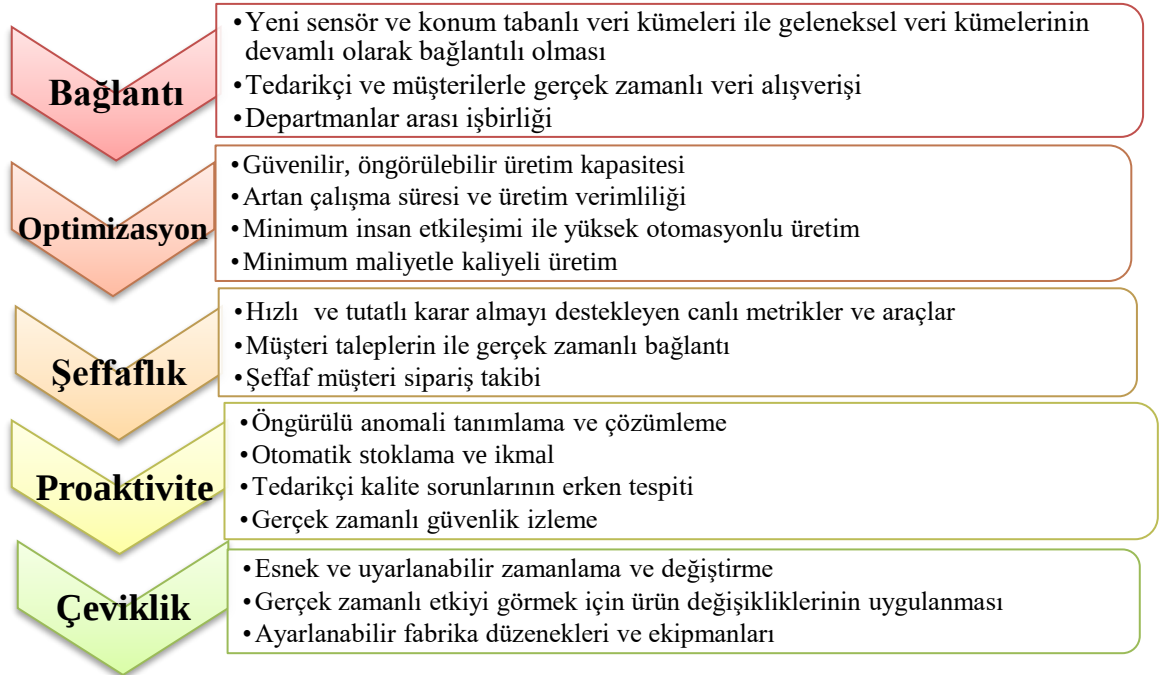
Üretim sistemi içerisinde yer alan cihazlar ve taraflar arasındaki gerçek zamanlı veri alışverişi, enerji tüketimi, materyal hareketleri, müşteri siparişleri ve geri bildirimleri akıllı fabrikaların temel unsurlarıdır. Bu unsurlar sürekli değişen pazar taleplerine, teknoloji seçeneklerine ve düzenlemelerine uyum sağlanması ve üretim süreçlerinde etkin bir sistem kurulması açısından son derece önemlidir (Shrouf vd., 2014: 698).

Akıllı fabrikalarda üretim sistemlerinde kullanılan akıllı robotlar ile robotik sistemler ve yapay zekâ; bu robotların kendi aralarında iletişim kurabilmesiyle siber fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti; üretim süreçlerinde gereksinim duyulan verilere erişilmesi açısından da büyük veri ve bulut bilişim teknolojileri ile yakından bağlantılıdır. Dolayısıyla akıllı fabrikalar pek çok açıdan dördüncü sanayi devriminin diğer bileşenleri ile entegre bir şekilde çalışmaktadır. Böylece üretim süreçlerinin her aşamasında birbirleri ile bağlantılı makine ve cihazların bulunduğu bu fabrikalarda, üretimin hızlı ve sorunsuz bir şekilde işleyebilmesi ve daha kaliteli ve hatasız ürünlerin üretilmesi mümkün olmaktadır.

Burke ve arkadaşları (2017: 6-7)'na göre akıllı fabrikalarda üretim süreçlerinin sorunsuz işlemesi bağlantı, optimizasyon, şeffaflık, proaktivite ve

çeviklik olmak üzere beş temel özelliğin sağlanması gerekmektedir. Akıllı fabrikalarında gerçek zamanlı karar vermek için gerekli verilerin oluşturulmasında temel süreçlerin ve materyallerin bağlantılı olması tedarikçiler ve müşterilerden elde edilen verilerin entegrasyonunun sağlanmasını ve böylece tedarik ağının verimliliğinin artmasını sağlayacaktır. Optimize edilmiş bir akıllı fabrikada otomatik iş akışları, varlıkların senkronizasyonu ve optimize edilmiş enerji tüketimi üretimde verimliliği, kaliteyi ve çalışma sürelerini artırarak maliyetleri ve israfı azaltacaktır. Akıllı fabrikalarda ortaya çıkan verilerin şeffaf olması gerçek zamanlı, hızlı ve tutarlı kararlar almayı destekleyecektir. Proaktif bir sistemin oluşturulduğu akıllı fabrikalarda çalışanlar ve sistemler, sorunlar ve zorluklar meydana geldikten sonra tepki vermek yerine sorunları önceden tespit ederek hareket edebilecektir. Çeviklik ise akıllı fabrikanın minimum müdahale ile program ve ürün değişikliğine uyum sağlamasına olanak sağlayacaktır. Dolayısıyla bu özellikler fabrikaların karşılaştığı sorunların üstesinden gelmesini, üretimde verimliliğin artmasını, çalışma sürelerinin ve maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır.

Şekil 2. 3. Akıllı Fabrikaların Beş Temel Özelliği



Kaynak: Burke, R. vd., (2017). **The Smart Factory: Responsive, Adaptive, Connected Manufacturing**, Deloitte University Press, p. 6.

Üretim süreçlerinde kullanılan makine teçhizatın tamamen otomatik sistemlerle donatıldığı ve hiçbir insan müdahalesine gerek duymayan akıllı fabrikaların kurulması “Karanlık (lights out) Fabrikalar”ın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Karanlık fabrikalarda kullanılan üretim sistemleri üretimin devamlılığını sağlayan bir otomasyon şeklidir. İlk karanlık fabrika Çin’de kurulan cep telefonu parça üreticisi Changying Precision Technology şirketine ait bir fabrikadır. Bu fabrikada kullanılan bir robotun 6-8 işçinin yapabildiği işi tek başına yaptığı ve sistemin fabrikada aktif olarak kurulup çalıştırılmasının ardından ürün çıktısındaki kusurlu parça oranının %25’lerden %5’lere kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Karanlık fabrikaların en bilinen örneği ise Japonya’da FANUC Robotics’tir. Bu fabrikada 2001 yılından bu yana robotlar, robot üretimi gerçekleştirmekte ve yaklaşık bir ay boyunca hiçbir müdahaleye gerek duymadan yedi gün yirmi dört saat üretim yapabilmektedir. FANUC’un önemli müşterileri arasında Tesla ve Apple’da bulunmaktadır. Amazon.com, Canon, Phillips de tesislerinde robotik sistemleri kapsamlı bir şekilde kullanmaya başlayarak karanlık fabrikalar kurmuştur (Alkan, 2018; Pearson, 2014; STM ThinkTech, 2019).

2.1.2.8. Sistem Entegrasyonu

Şirketler, departmanlar, işlevler ve yetenekler gibi birbirine bağlı yapılar arasında sağlanan sürekli akış dördüncü sanayi devriminin temelini oluşturan kritik bir noktadır. Bu açıdan, sadece üretim ve tüketim süreçlerindeki değer zincirlerinde otomasyonun sağlanmasını değil aynı zamanda tüm bileşenlerin entegrasyonunun da gerçekleştirilmesi ve birden çok sistemin bir araya getirilerek tek bir sistem halinde çalışabilmesi gerekmektedir. Entegrasyon, üretim süreçlerinin bütün bileşenlerinin birbirleriyle gerçek zamanlı ve sürekli olarak iletişim içerisinde olmasını sağlamaktadır. Böylelikle akıllı ve kendini yönetebilen makine-makine etkileşimlerinin daha hızlı, verimli ve yüksek kalitede bir dijital dönüşümün yaşanması mümkün olmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017: 14).

Dördüncü sanayi devriminin bileşenlerinden olan sistem entegrasyonunun üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar, esnek ve yeniden yapılandırılabilir bir üretim sistemi oluşturmak için işletme veya fabrika içerisinde yer alan tüm katmanların

dikey entegrasyonu, işletmeler arası işbirliğini kolaylaştırmak için bir değer zincirinde yer alan tüm paydaşların yatay entegrasyonu ve ürün kişiselleştirmesini desteklemek için tüm değer zinciri boyunca uçtan uca mühendislik entegrasyonudur (Banger, 2017: 61; Kagermann vd., 2013: 20).

Yatay entegrasyon, hammadde temini, tedarikçiler, üreticiler, lojistik, distribütörler, müşteriler ve geri dönüşüm dahil üretim ve planlama sürecinde yer alan her bir adımın hem kendi içerisinde hem de farklı şirketlerin üretim ve planlama süreçlerindeki adımlar arasında kesintisiz bir akış sağlanması anlamına gelmektedir. Bu entegrasyon, hammadde tedarikinden üretime, tasarımdan pazarlamaya ve sevkiyata kadar her aşamayı kapsamaktadır. Yatay entegrasyon ayrıca yeni iş modellerinin geliştirilmesinde de etkili olmaktadır (SIEMENS, 2016: 10; Kagermann vd., 2013: 20).

Dikey entegrasyon ise, işletme veya fabrika gibi bir üretim sisteminin, sensör ve aktüatör, kontrol, üretim yönetimi ve uygulama ve kurumsal planlama gibi farklı hiyerarşik seviyelerindeki çeşitli bilgi teknoloji sistemlerinin uçtan uca entegrasyonunu ifade etmektedir (Bitkom, VDMA ve ZVEI, 2016: 26). Yani dikey entegrasyon süreçlerde kullanılan teknolojik altyapının kesintisiz iletişim akışını sağlamaktadır.

Müşteri odaklı bir üretim sürecinde, üretim mühendisliği, ürün tasarlama ve geliştirme, ürün planlaması, üretim, hizmetler, bakım ve geri dönüşüm gibi bir faaliyet zinciri ortaya çıkmaktadır. Uçtan uca mühendislik entegrasyonunun bu değer zincirinde uygulanması ile sürekli ve tutarlı bir ürün modeli oluşturulmakta ve üretimin her aşamasında tekrar kullanılabilir hale gelebilmektedir. Bu açıdan uçtan uca mühendislik entegrasyonu ile kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler sunulmasını desteklemektedir. Mühendislik sürecinin uçtan uca entegrasyonunun iki temel unsurunu işletmelerin yatay entegrasyonu ve fabrikaların dikey entegrasyonu oluşturmaktadır (Wang vd. 2016: 3).

Dikey ve yatay entegrasyonun gerçekleştirilmesi ile üretim süreçlerinde yaşanan değişiklikler ve problemlere hızla karşılık verilebilmekte, müşteriye özel kişiselleştirilmiş üretim kolaylaşmakta, kaynak verimliliğinde artış sağlanmakta ve

küresel tedarik zincirinde optimizasyon elde edilebilmektedir. Dahası işletmeler daha esnek bir yapıya kavuşarak ihtiyaç duyulan değişiklikleri basit arayüz güncellemeleriyle bile sağlamaya başlamıştır (SIEMENS, 2016: 10).

Dassault Systems isimli bir şirket ve dijital bir platform olan Boost AeroSpace'in Avrupa havacılık ve savunma sanayi için işbirliği platformu olarak kurulan "AirDesign" sistem entegrasyonuna örnek olarak gösterilebilir. Bu platform, üretim ve tasarım konularında işbirliği sağlamak amacıyla ortak bir çalışma alanı oluşturarak bunu bulut tabanlı bir hizmet olarak sunmaktadır. Böylelikle birçok iş ortağının ürün ve üretim verilerini paylaştığı karmaşık operasyonlar verimli bir şekilde yönetilmektedir (TÜSİAD ve BCG, 2016: 27).

2.1.2.9. Artırılmış Gerçeklik

Zenginleştirilmiş gerçeklik olarak da adlandırılan artırılmış gerçeklik (augmented reality), gerçek dünyadaki ortamların bilgisayar aracılığıyla üretilen görüntü, ses, grafik ve GPS verilerinin zenginleştirilmesiyle oluşturulan canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görüntülerdir (Banger, 2017: 157). Azuma (1997: 356)'ya göre artırılmış gerçeklik, sanal gerçekliğin bir varyasyonudur ve sanal nesnelerin gerçek dünyayla birleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Sanal gerçeklik ile oluşturulan dünya tamamen sanaldır ancak artırılmış gerçeklik gerçeği tamamen değiştirmek yerine gerçeği tamamlamaktadır. Buna dayanarak artırılmış gerçekliğin, gerçek ve sanalın birleştirilmesi, gerçek zamanlı etkileşim ve üç boyutlu ortamlara konumlandırma olmak üzere üç temel özelliğinin olduğunu söylemek mümkündür.

Artırılmış gerçeklik, yararlanılan teknoloji açısından ele alındığında optik temelli teknolojiler ve video temelli teknolojiler olmak üzere iki ayrı kategoride değerlendirilmektedir. Bu teknolojiler arasındaki temel fark gerçek ve sanal dünyanın bütünleşmesi sonucu oluşan sahnenin görüldüğü ortamdır. Optik temelli teknolojilerde bütünleştirilmiş sahne gözlük aracılığıyla gerçek dünyada görüntülenirken, video temelli teknolojilerde bütünleştirilmiş sahne bilgisayar, tablet veya mobil cihazlar üzerinden görüntülenmektedir (İçten ve Bal, 2017: 402).

Harvard Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği'nden Ivan Sutherland, 1968 yılında “Demoklas’ın Kılıcı” adını verdiği başa takılan ilk görüntüleyiciyi tasarlayarak artırılmış gerçeklik teknolojisini ilk uygulamasını yaratmıştır. 1992 yılında artırılmış gerçeklik terimini ilk defa kullanan Thomas Caudell ve David Mizell, 1990’ların başında Boeing firması için başa takılan bir dijital görüntüleyici kılavuz oluşturmuşlardır. “İlk Cyborg, Giyilebilir Bilgisayarların Babası ve Aracılı Gerçeklik” terimlerinin mucidi olan Prof. Steve Mann, 1999 yılında EyeTap adını verdiği dijital gözlükleri kullanmaya başlamıştır. 2000’li yıllardan itibaren mobil cihazlara yönelik uygulamaların geliştirilmesine hız verilmesiyle artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımı da hız kazanmıştır (Altınpulluk ve Kesim, 2015: 3).

Günümüzde Google tarafından tasarlanan “Google Glass” isimli gözlük ve Microsoft tarafından geliştirilmiş ve Windows 10 işletim sistemine entegre edilmiş bir gözlük olan “Hololens” artırılmış gerçeklik seviyesinin ilerlemesini sağlayan teknolojiler olarak yerini almaktadır. Tüm dünyayı etkisi altına alarak ve birçok kişinin kullanıp birçok kişinin de duyduğu bir uygulama olan Pokémon GO oyunu da artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilen bir oyundur. Bu oyun sayesinde oyuncular gerçek zamanda gerçek ortamlara yerleştirilebilen dijital görüntüleri izleyerek oyunu oynayabilmişlerdir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin endüstrilerde kullanılması makinelerin çok daha kolay montajına/sökülmesine, karmaşık ürünlerin ve kritik öneme sahip operasyonların gerçekleştirilmesinde çalışanların ve makinelerin izlenmesine, hataların en az seviyelere indirilmesi için anlık değişiklikler ve bildirimler üretilmesine ve iş veriminin artırılmasına olanak tanımaktadır (Khan vd, 2020: 9). Endüstride artırılmış gerçeklik uygulamalarına örnek olarak SIEMENS, fabrika çalışanlarına acil durumlarda yapılması gerekenleri öğretmek amacıyla artırılmış gerçeklik teknolojisinden yararlanarak veri tabanına bağlı ve üç boyutlu bir ortam hazırlayan sanal bir fabrika operatörü eğitim modeli geliştirmiştir. Söz konusu sanal ortam aracılığıyla çalışanlar siber model üzerinden diğer makinelerle etkileşerek parametreleri değiştirebilmekte, operasyonel bilgilere ve bakım talimatlarına erişim sağlayabilmektedir (TÜSİAD ve BCG, 2016: 30). Volkswagen ise çarpışma

testlerinin görüntülerinin analizinde artırılmış gerçeklik teknolojisinden yararlanarak araçların motor ve gövde yapılarının görselleştirilmesini sağlamaktadır.

Artırılmış gerçeklik sadece endüstri ile sınırlı kalmayıp eğlence, eğitim, tıp, havacılık, savunma, pazarlama, seyahat de dâhil olmak üzere geniş bir yelpazede birçok olası uygulama alanına sahiptir. Tıp alanında kullanılan artırılmış gerçeklik teknolojileri, tomografi, MR ve ultrason verilerinin toplanması ve operasyon öncesi cerrahlara iç anatominin görüntüsünü sağlayarak operasyonların planlanmasını sağlamaktadır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının bir başka kategorisi de karmaşık makinelerin montajı, bakımı ve onarımıdır. Gerçek ekipmanlar üzerinde görüntülenen ve yapılması gereken görevleri ve nasıl yapılacağını gösteren görüntüler, montaj hatlarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca oluşabilecek sorunların yerlerinin ve sebeplerinin daha kolay tespit edilmesini ve müdahale edilmesini de sağlamaktadır (Azuma, 1997: 357-358; Silva vd., 2003: 6-7). Özetle artırılmış gerçeklik teknolojileri her alanda hayatımızı iyileştirmekte ve geliştirmektedir.

2.1.2.10. Siber Güvenlik

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte bilişim, iletişim, enformasyon teknolojilerinin gelişimi ile büyük veri ve bulut bilişim aracılığıyla tüm verilerin sanal ortamlarda saklanması, nesnelerin interneti aracılığıyla sistemler, cihazlar, araçlar olmak üzere tüm nesnelerin internete bağlı olması ve her alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanması siber tehditlerin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Gizlilik ve güvenliğin sağlanması hem bireysel hem de kurumsal mahremiyetin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Dördüncü sanayi devriminin bileşenlerinden biri olan Siber Güvenlik (Cyber Security) bu sebeple büyük bir öneme sahiptir.

Siber güvenlik, sanal ortamda bireysel kullanıcıların ve kuruluşların varlıklarını korumak amacıyla kullanabilecekleri araçlar, politikalar, yönergeler, eylemler, güvenlik önlemleri, güvenlik kavramları, risk yönetim yaklaşımları, eğitim başta olmak üzere en iyi uygulama ve teknolojilerin toplandığı sistemlerdir.

Bahsedilen kullanıcıların ve kuruluşların varlıkları bağlı bilgi işlem aygıtlarını, uygulamaları, altyapıyı, personeli, hizmetleri, telekomünikasyon sistemlerini ve sanal ortamda iletilen ve depolanan bilgilerin tamamını içermektedir. Kısaca siber güvenlik, sanal ortamlardaki ilgili siber riskler ve tehditlere karşı kullanıcıların ve kuruluşların varlıklarının güvenlik özelliklerine ulaşmasını ve korunmasını sağlamaya çalışmaktadır (Von Solms ve Van Niekerk, 2013: 97). Siber tehditlerin çeşitleri yoğunlukları ve etkileri arttıkça, siber güvenlik alanında yapılan gelişmeler de artmaktadır. Bu siber tehditlerin çeşitleri ve yöntemleri şu şekildedir (Güldali, 2019):

- IP gizleme ve başka IP'nin yerine geçme (IP Masquerading),
- Ağ tarama (Network scanning) ile içeri sızma,
- İki bağlantı arasına sızarak dinleme ve veri ele geçirme (MITM),
- Kripto saldırı ile şifre kırma,
- Açık mikrofon/kamera dinleme,
- Hedef yapının tüm internet servislerini yıkıcı aksiyon alma,
- Hedef sistemde barınan ve kullanılabilen hizmetleri servis dışı bırakma (DoS-Denial of Service),
- Hedef sistemin güvenlik duvarını aşarak veri kopyalama,
- Yemleme (Phishing),

Siber tehditler için tedbir alınmaması, bu tehditlerin dijital teknolojiler üzerinde yıkıcı bir etki yaratmasına neden olabilecektir. Akıllı üretim sistemlerini, büyük veri ve bulut bilişim gibi teknolojilerde yer alan geniş veri ağlarını bozabilecek virüsler ve saldırılar, şirketlerin üretim tesisleri ve sistem altyapıları üzerinde çok kötü etkiler yaratacaktır. Ancak bir kuruluşun siber riskler ve tehditleri engellemesini veya yok etmesini sağlamak için uygulayabileceği basit bir düzeltme, tek bir ürün veya yama yoktur. Bu nedenle kuruluşların bu tehditlere karşı kendi önlemlerini alması gerekecektir (Waslo vd., 2017: 17).

Birçok şirket siber güvenlik için birbirinden farklı yöntemler geliştirmektedir. Ancak siber güvenlik konusunda gerçekleştirilen her güvenlik stratejisine karşı yeni bir siber tehdit ile karşılaşmak muhtemeldir. Bu sebeple alınacak güvenlik önlemleri

sürekli olarak güncellenmeli ve denetlenmelidir. Siber tehditler için güvenlik teknikleri geliştiren şirketlerden biri de SIEMENS'dir. SIEMENS kapsamlı bir koruma sağlanması amacıyla sürekli ve derin bir savunma stratejisi geliştirmiştir. Böylece kapsamlı bir güvenlik sistemi oluşturularak geliştirme ve mühendisliğin yanı sıra servis ve operasyon faaliyetlerinde de güvenlik sağlanmaktadır (Kahraman, t.y.).

2.2. ENDÜSTRİ 4.0'IN GETİRDİKLERİ

İnternetin ve mobil bilgisayarların ortaya çıkmasıyla gelişmiş teknolojiler, üretim süreçlerinin yavaş yavaş değişmeye başlamasına zemin hazırlamıştır. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla bilgi teknolojilerinin ve otomasyonun yaygınlaşması ve siber-fiziksel sistemler, büyük veri, nesnelerin interneti ile tüm üretim süreçlerinin birbirine bağlandığı yeni bir sistem geliştirilmiştir. Bu yeni sistem, akıllı makineler ve otonom robotlar ile insanlardan ve birbirinden bağımsız olarak bilgi alışverişi yapabilen, faaliyete geçebilen ve birbirlerini bağımsız olarak kontrol edebilen üretim tesislerinin kurulmasına zemin hazırlamaktadır. Bu gelişmelerin endüstrilerde kullanılması bir takım yenilikleri de beraberinde getirmektedir.

Dördüncü sanayi devriminin getirmekte olduğu yenilikler şu şekilde sıralamaktadır (Kagermann vd., 2013: 15-16; Ege, 2014: 28);

- Seri üretimden bireysel müşterilerin isteklerini yerine getirebilen özel üretime geçilmekte,
- Siber fiziksel sistem tabanlı ağ ile üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunların kısa sürede telafi edilmesi ve önceden üretilemeyen karmaşık ve akıllı ürünlerin geliştirilip üretilmesi sağlanmakta,
- Uçtan uca gerçek zamanlı şeffaflık sunarak kısa sürede doğru kararlar alınması sağlanmakta,
- Üretim süreçlerinde optimal kaynak kullanımı sağlayan akıllı fabrikalar hayata geçirilmekte,
- Tasarım aşamasından üretime geçiş aşaması arasında gerekli zamanın azalması ile ürün yaşam döngü süresi kısaltılmakta,
- Maliyetlerin azaltılarak daha yüksek verimliliğin oluşması sağlanmakta,

- Kendi kendini organize edebilen üretim yöntemleri sayesinde üretim için gerekli enerji miktarına ve insan, makine, üretim tesisleri gibi diğer kaynaklara ihtiyacı azaltmakta,
- Yeni hizmet ve iş modellerinin ortaya çıkmakta,
- Çalışanların bireysel farklılıklarına duyarlı iş yapısı sağlanmakta,
- Esnek çalışma organizasyonu ile çalışanların kişisel ihtiyaçlarını karşılayacak daha iyi iş/yaşam dengesi sağlanmakta,
- Endüstri 4.0'a uyum sağlayan firmaların küresel pazardaki payı büyümekte ve üretim sanal dünya ile daha fazla iç içe geçmektedir.

Dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan gelişmelerin ortaya çıkardığı bu etkiler tüm dünyada dijital bir dönüşümün de yaşanmasına ortam hazırlamıştır. Bu süreç üretimde verimliliğin artması ve maliyetlerin azalması başta olmak üzere pek çok olumlu gelişme yaratmakla birlikte insan işgücüne olan ihtiyacı azaltması sonucu istihdam sorunları da yaratarak bazı avantaj ve dezavantajların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

2.2.1. Endüstri 4.0'ın Avantajları

Sanayileşmenin dördüncü aşaması olan Endüstri 4.0 ve beraberinde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler, üretim biçimleri ve ilişkilerinde önemli değişiklikler meydana getirmiştir ve bu değişiklikler bir takım faydalar sağlamaktadır. Bu faydaların başında artan üretkenlik, verimlilik ve kârlılık bulunmaktadır.

Akıllı fabrikalarda kullanılan bilişim ve otomasyon teknolojileri sayesinde insan müdahalesine ihtiyaç duymadan kendi kendine koordine olabilen ve gerektiğinde faaliyete geçebilen üretim süreçleri, sistemin en verimli şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu sayede üretimin gerçekleşmesi için gereken enerji miktarı, maliyetler ve üretim süresi düşürülerek üretim miktarı ve kalitesi artırılmaktadır.

Üretim süreçlerinde yapay zekâ, otonom robotlar ve üç boyutlu yazıcıların kullanılması üretimde insan emeğinin en aza indirilmesini, personel kaynaklı

hataların minimize edilmesini, yüksek hızda üretim yapılmasını ve kaynak israfının önüne geçilmesini sağlayarak verimliliği artırmaktadır. Üretkenliğin ve verimliliğin artması fiyatların azalmasını ve üretim kârının artmasını da sağlayacaktır. McKinsey & Company tarafından hazırlanan bir rapora göre mevcut tüm iş faaliyetlerinin bu teknolojiler ile otomatik hale getirilmesi şirketlerin milyonlarca dolar tasarruf etmesini ve yeni iş türlerinin yaratılmasını sağlayacaktır (Manyika vd., 2017). Ayrıca robotik teknolojilerin kullanılmaya başlanması, üretimin ucuz işgücü nedeniyle düşük ücretli işgücüne sahip ülkelere kaydırılması gerekliliğini ortadan kaldırarak üretim tüketim pazarına yakın yerlerde yapılabilmesini mümkün kılacaktır. Bu durum taşımacılık ve lojistik maliyetlerini düşürecektir. Dahası fabrikalarda kullanılan üç boyutlu yazıcılar ve katmanlı üretim sistemi sayesinde stok ve depolama maliyetleri de azalacaktır.

Yatay ve dikey entegrasyonun gerçekleştirilmesi, şirketler, tedarikçiler, üreticiler, ithalatçılar, servisler ve benzeri birimlerin birbirleri ile iletişim içerisinde olmasını sağlayarak müşteri şikâyetleri, önerileri ve talepleri hızlıca değerlendirilebilecek ve kişiselleştirilmiş üretim kolaylaşacaktır (Özsoylu, 2017: 60). Entegrasyonun gerçekleştirilmesi tedarik zincirinin verimli bir şekilde kullanılmasını ve üretim sürecinin daha esnek bir yapıya kavuşmasını sağlayarak karşılaşılan sorunlara anlık çözümler üretilebilmesi ve ihtiyaç duyulan değişikliklerin küçük düzeltmelerle yapılabilmesini sağlayan çevik bir üretim sistemi yaratacaktır.

Üretim sistemlerinde insanların yapamayacağı işleri yapabilen ve günlük yaşantımızda yemek yapabilen, müzik çalabilen ve hatta arabalarımızı çalıştırabilen robotik sistemler evde, işte ve diğer birçok yerde yaşam kalitemizi artırma potansiyeline sahiptir. Bu açıdan özelleştirilmiş robotlar yeni işler yaratacak, mevcut işlerin kalitesini artıracak ve insanların yapmak istediklerine odaklanabilmeleri için daha fazla zaman tanıyacaktır (Xu vd., 2018: 92).

Endüstri 4.0 teknolojileri, 31 Aralık 2019 yılında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan ve daha sonra dünyaya yayılarak pandemi olarak nitelendirilen Covid-19 (koronavirüs) salgınının etkilerinin hafifletilmesinde son derece faydalı olmuştur. Bulaşma riskini en aza indirmek için insanları birbirleriyle temastan kaçınmaya

zorlayan ve sosyal mesafe ve izolasyon önlemlerini gerekli kılan bu süreçte özellikle sağlık sistemi başta olmak üzere çalışma hayatı, eğitim sistemi ve günlük yaşantımızda her alan olumsuz bir şekilde etkilenmiştir. Üretim süreçlerine dijital teknolojileri henüz entegre edemeyen firmalar/ şirketler bu süreçte üretimlerini durdurmak zorunda kalırken, dijital teknolojileri kullanarak tam otomasyona geçebilen şirketler üretimlerine devam edebilmiştir. Çalışma alanlarına uzaktan erişimi mümkün kılan teknolojiler sayesinde bu sürecin etkileri en aza indirilmiştir. Ayrıca üç boyutlu yazıcılar ve katmanlı üretim teknolojileri ile maskeler, siperlikler, solunum cihazları ve destek ekipmanları üretilmekte ve salgının bulaşma hızının azaltılması ve tedavi sürecinin desteklenmesinde kullanılmaktadır.

Eğitim sistemleri de bu süreçten en çok etkilenen alanlardan biri olmuş ve sosyal mesafe ve “evde kal” çağrıları nedeniyle dünya genelinde eğitim süreçlerine geçici olarak ara verilmiştir. Bu süreçte öğrencilerin dijital teknolojilerle uzaktan eğitim almaları desteklenmiştir. Türkiye’de de Milli Eğitim Bakanlığı, bu süreci dijital eğitim platformu olarak hizmet veren Eğitim Bilişim Ağı (EBA) altyapısını güçlendirilerek yürütmüştür. Yükseköğretim kurumlarında ise üniversiteler kendi uzaktan eğitim sistemlerini oluşturarak eğitim-öğretim sürecinin devam etmesini sağlamıştır (Özer, 2020: 1126).

2.2.2. Endüstri 4.0’ın Dezavantajları

Dördüncü sanayi devrimi, yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde önemli ekonomik faydalar sağlamakla birlikte bazı zorlukların da ortaya çıkmasına neden olacaktır. Endüstri 4.0 teknolojileri vasıfsız işçilere ihtiyacın azalmasına neden olarak çalışma hayatı ve istihdam yapısı üzerinde önemli değişiklikler yaratacak ve büyük bir işsizlik sorunun ortaya çıkmasında etkili olacaktır. Ayrıca bu teknolojilerin yaygınlaşması ve insan istihdamının azalması önemli ölçüde vergi ve sosyal güvenlik kayıplarının da yaşanmasına neden olabilecektir.

Devrimin getirdiği teknolojiler her geçen gün daha çok insan, şirket ve hatta devlet tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum verilerin yanlışlıkla veya kasıtlı olarak çalışanlar tarafından kaybolmasına ya da çalınmasına sebep olabileceği

gibi sisteme üçüncü kişilerce erişim, bilgisayar korsanlığı ve siber teröristler gibi güvenlik sorunlarının ve siber tehditlerin de ortaya çıkmasına ve artmasına neden olmaktadır. Karşılaşılan siber tehditler milyarlarca dolarlık hasara neden olabilmektedir (Xu vd., 2018: 93).

Akıllı fabrikalar, otonom robotlar ve siber fiziksel sistemler gibi günümüzde ucuz olmayan teknolojilere büyük yatırımlar yapılması gerekmektedir. Küçük ve orta ölçekli işletmeler dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan dijital dönüşüme uyum sağlamak için bu yatırımları yapabilecek sermayeye sahip olmayabilir. Bu durum, bu teknolojilere sahip büyük şirketlerin, küçük şirketleri piyasadan silmesine neden olabilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE KAMU HARCAMALARI

3.1. Dünyada Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Kamu Harcamaları

Dünya ekonomisinin küreselleşmesinin en önemli etkisi sermaye akımlarının serbestleşmesi ve üretimin yer değiştirebilmesini sağlamak olarak gösterilmektedir. Sermaye akımlarının serbestleşmesi ile sermaye, en çok para kazanabileceği sektörlerle ve yerlere kaymaya başlamıştır. Üretimin yer değiştirebilmesi ile de üretim, en ucuza gerçekleşebildiği yerlere kaydırılmıştır. Üçüncü sanayi devriminin başladığı 1980'li yıllardan itibaren ABD ve Avrupa ülkeleri, sağlanan vergi kolaylıkları ve ucuz işgücü nedeniyle üretim merkezlerini başta Çin olmak üzere Uzakdoğu ülkelerine kaydırmıştır. Uzun süre ABD ve Avrupalı firmaların üretim üssü olarak çalışan Çin ve Uzakdoğu ülkeleri zamanla yabancı firmalar için üretim yapmayı bırakarak bu ürünleri kendi markaları altında üretmeye başlamış ve kısa sürede sanayi malı üretiminde çarpıcı gelişmeler göstermiştir. Bu gelişme sonrasında Alman hükümeti Doğu'nun Batı'yı geçtiğini ve Doğu ile Batı arasındaki teknolojik gelişmelerin hızla açılmakta olduğunu fark etmiştir. Bu nedenle Almanya 2011 yılında imalat sanayinde bilgisayarlaşmanın en üst düzeye çıkarılmasını ve üretim sistemlerinin gelişmiş teknolojilerle donatılmasını hedefleyen Endüstri 4.0 girişimini gündeme getirmiştir (Eğilmez, 2019: 186).

Dördüncü sanayi devrimini başlatan bu gelişmenin ardından ABD, diğer Avrupa ülkeleri ve birçok ülke de farklı isimlerle kendi stratejilerini belirleyerek bu devrime uyum sağlamaya başlamıştır. Bazı ülkeler Almanya'da olduğu gibi bu dönüşüm sürecini kamu politikası olarak devlet desteği ile gerçekleştirirken bazı ülkeler kamu-özel ortak girişimlerle, bazıları ise özel girişimlerle gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Dördüncü sanayi devrimini başlatan Endüstri 4.0 girişimi ile

Almanya, dünyanın önde gelen ekonomilerinden olan ABD ve Çin, dünyanın teknoloji devlerinden biri olan Japonya ve gelişmekte olan ve dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamaya çalışan Meksika’da gerçekleştirilen girişimlerden bazıları ve uygulama alanları Tablo 3. 1.’de gösterilmektedir.

Tablo 3. 1. Öncü Ülkeler ve Meksika’da Endüstri 4.0 Girişimi Örnekleri

Ülke	Girişim	Uygulama Alanı/Sektörü	Destekleyen Kurum
ALMANYA	Endüstri 4.0 Platformu	Hükümet Tarafından Koordine Edilen Genel Öneriler	Devlet
	BDEW	Enerji Sektörü	Sanayi Kuruluşları
	BDI	Sektörler arası Üretim	Sanayi Kuruluşları
	BITKOM	Bilgi İletişim Teknolojileri Şirketleri	Sanayi Kuruluşları
	VDA	Otomotiv Sanayi	Sanayi Kuruluşları
	VDMA	Makine ve Tesis Mühendisliği	Sanayi Kuruluşları
	ZVEI	Elektrik ve Elektrik Mühendisliği Sanayi	Sanayi Kuruluşları
ÇİN	Nesnelerin İnterneti Merkezi Şanghay	Bilgi İletişim Teknolojileri	Devlet
	Internet Plus	Bilgi İletişim Teknolojileri	Devlet
	Made in China 2025	İmalat Sanayi	Devlet
	Akıllı Fabrikalar 1.0 Girişimi	İmalat Sanayi	Özel Sektör
JAPONYA	e-F@ctory Girişimi	Fabrika Otomasyonu	Özel Sektör (Mitsubishi)
	Endüstriyel Değer Zinciri Girişimi	Gevşek Tanımlanmış Standartlar	Akademik Kurumlar ve Özel Sektör
	Endüstri 4.1 J	Güvenli Bulut Tabanlı Veri İşleme	Özel Sektör (NTT Data)
	IoT Hızlandırma Konsorsiyumu	Nesnelerin İnternetini Büyük Veri ve Yapay Zekâya Bağlama	Devlet ve Özel Sektör
	Robot Devrimi Girişimi	Endüstriyel ve Uygulamalı Robotik	Devlet ve Özel Sektör
ABD	Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu	Entegrasyon, Standardizasyon, Yeni İş Modelleri	Özel Sektör
	Akıllı İmalat Liderlik Koalisyonu	Açık Bir Platformda Ortak Rekabet Öncesi Araştırma	Özel Sektör
	AllSeen İttifakı	Tüketici Elektronikliği	Özel Sektör
	Açık Bağlantı Vakfı	Farklı Sistemler Arasında İletişim	Özel Sektör
	Ulusal Üretim İnovasyonu Ağı	İmalat Mükemmelliğine Adanmış İnovasyon Merkezi	Devlet
MEKSİKA	CIMAT	Mobil Robotik Araştırma Merkezi	Devlet
	CIATEC	Montaj Tesislerinin Maliyetini ve Süresini Azaltmak için Merkez	Devlet
	CIDESI	Havacılık ve Otomotiv için Teknolojik Hizmetler Sunan Ar-Ge Merkezi	Devlet
	INFOTEC/ FIWARE	IoT, Büyük Veri ve Bulut Bilişim ile ilgili Teknolojileri Kullanıma Sunan Bir Laboratuvar	Devlet
	CIATEQ	BT, Elektrik ve Kontrol, Mekanik Sistemler vs. Hizmetleri Sunan Merkez	Devlet

Kaynak: Kagermann vd. (2016), **Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners**, Acatech Study, Munich: Herbert Utz Verlag 2016, s. 37-57; Mexican Ministry of Economy (2016), **Crafting the Future: A Roadmap for Industry 4.0 in Mexico**, Mexico City, s. 76-78, kaynaklarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Almanya, Çin, Japonya ve ABD ulusal Endüstri 4.0 uygulamaları ve mevcut teknoloji atılımları ile genel ekonomik durumlarını iyileştiren öncü ülkeler olarak dördüncü sanayi devriminin gelişiminde önemli bir yere sahiptir (Kagermann vd., 2016: 37). Dünya Ekonomik Forumu’nun 2018 yılında hazırladığı “Üretimin Geleceğine Hazırlık Raporu 2018”de de bu ülkeler dördüncü sanayi devriminde lider ülkeler arasında değerlendirilmektedir (World Economic Forum ve A.T. Kearney, 2018). Gelişmekte olan ve Latin Amerika’daki yüksek teknoloji ihracatının %80’inden fazlasını üreten Meksika, dördüncü sanayi devriminin ortaya çıkardığı gelişmeleri takip etmektedir (Mexican Ministry of Economy, 2016: 11).

Endüstri 4.0 esas itibarıyla fabrikaların, şirketlerin ve imalat endüstrilerinin dijital teknolojiler ile donatılması temeline dayanmaktadır. Bu açıdan bir ülkenin dijital dönüşümünü tamamlayabilmesi için o ülkedeki özel sektörün desteklenmesi gerekmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülke, kamu çalışmaları ile planlar, projeler, stratejiler veya yol haritaları belirleyerek özel sektörün dijital dönüşümünü gerçekleştirmesi için çalışmalar yapmaktadır. Gelişmiş teknoloji altyapısının oluşturulması için yapılan bu çalışmalar kamu harcamalarının ekonomik sınıflandırması açısından ele alındığında yatırım harcamalarının ilk aşamalarda artmasına neden olmaktadır. Hükümetler ayrıca dijital dönüşümün tamamlanması için Endüstri 4.0’a yönelik girişimler hazırlamak ve yürütmekle birlikte, özel sektörün kendi dönüşümünü sağlayabilmesi için destekler, teşvikler veya sübvansiyonlar da hazırlamakta ve özel sektörün küresel pazarda söz sahibi olmasını desteklemeye çalışmaktadır. Bu durum yatırım harcamalarının yanında transfer harcamalarının da artmasına neden olmaktadır. Dijital dönüşüm sürecinin başlamasının ardından ülkeler, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin önemini daha çok farkına varmış ve AR-GE harcamalarını da önemli ölçüde artırmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda geliştirilen teknolojiler yalnızca özel sektör tarafından kullanılmakla kalmayıp kamu sektöründe de artan şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Endüstri 4.0’ın bileşenlerini oluşturan bu yeni gelişmiş teknolojiler, kamu kurum ve kuruluşlarında kaynakların verimli kullanılmasını, israfın, hata oranlarının ve iş yükünün azaltılmasını, kamu hizmetlerinin kalitesinin, verimliliğinin ve etkinliğinin artırılmasını sağlayacaktır. Böylelikle kamu hizmetleri giderlerinin

azalması ile kamu hizmetlerinden duyulan memnuniyetin artırılması mümkün olacaktır (Sayar ve Yüksel, 2018: 93-95). Bu noktada kamu sektöründe dijital teknoloji altyapısının oluşturulmasının ardından cari harcamaların zamanla azalacağı yargısına ulaşılmaktadır.

Hazırlanan girişimler, planlar, projeler vs. ile dördüncü sanayi devriminin gereklerini yerine getirebilen ülkelerin dijital dönüşümdeki başarısı yüksek teknoloji girişimleri ile gelişim göstermektedir. Zira bu ülkelerde yapılan yüksek teknoloji ihracatı oranları, o ülkelerin dijital ekonomide ne kadar söz olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle ülkeler, dijital ekonomide hızla ilerleyebilmek için teknoloji üretimini destekleyen yatırımlar yapmaktadır. Dijital ekonomide yüksek teknoloji ihracatının artması, o ülkenin dijitalleşme başarısını da artırmaktadır.

Bilgi iletişim teknolojileri genel olarak, bilgisayar, elektronik ürünler ve bu ürünlerin donanımlarını ifade etmektedir. Bilgi iletişim teknolojileri ithalatı yapan ülkelerin, yeterli altyapısının ve bu ürünleri üretebilecek donanımlı bireylerinin olmadığı anlamına gelmektedir. Bir ülke ne kadar çok bilgi iletişim teknolojileri ihracatı yaparsa, o ülkenin verimliliği ve ekonomik büyümesi o kadar artmaktadır. Nitekim bir ülke ne kadar bilgi iletişim teknolojileri ithalatı gerçekleştiriyorsa, dijital dönüşüm sürecinden o kadar geri kaldığı ve dijital dönüşümü tamamlamış ülkelere bağımlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle yüksek teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim mal ithalatı göstergelerinin dijital dönüşüm sürecini daha iyi açıklayabilmek ve anlayabilmek amacıyla ele alınması gerekmektedir.

Bu bölümde ülkelerin dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamak amacıyla yapmış oldukları yatırım ve transfer harcamaları ele alınacaktır. Bu ülkelerin Endüstri 4.0 sürecinde dijital dönüşüm seviyelerinin değerlendirilmesi için GSYH içerisindeki AR-GE harcamaları oranı ve son yıllarda uluslararası ticaretin en dinamik bileşenlerinden olan yüksek teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatı göstergelerine de değinilecektir. Bu göstergeler değerlendirilen ülkelerde dördüncü sanayi devrimine yönelik yapılan çalışmaların ne kadar etkili olduğunun ele alınması ve bu ülkelerin karşılaştırılması açısından önem arz etmektedir.

3.1.1. Almanya Örneği

Üçüncü sanayi devriminin son dönemlerinde Almanya, makine ve elektrik mühendisliğinde bir dünya lideri haline gelmiştir. Elde edilen bu öncülüğün devamlılığını sağlamak amacıyla Yüksek Teknoloji Stratejileri ile yeni teknolojiler geliştirilmeye başlanmıştır. İlk aşamadaki Yüksek Teknoloji Stratejisi (2006-2009), bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarının hükümet faaliyetlerinde ön plana çıkarılmasını, ikinci aşama Yüksek Teknoloji Stratejisi (2010-2013) ise teknolojik yeniliklerle dijital ekonomi ve toplum, sürdürülebilir ekonomi ve enerji, sağlıklı yaşam, sivil güvenlik gibi büyük toplumsal zorlukların üstesinden gelinmesini amaçlamaktadır. Üçüncü aşamadaki yeni çerçeve 2014 yılında başlayan Yüksek Teknoloji Strateji, bu gelişmelere bilgi teknolojilerine de başarıyla ekleyerek Endüstri 4.0 girişimini gündeme getirmiştir. Endüstri 4.0, Federal hükümetin Yüksek Teknoloji Stratejisi kapsamında klasik endüstrilerin bilgisayarlaştırılmasını ve otomasyonunu teşvik etmek amacıyla tasarlanmış bir projedir (Kagermann vd., 2016: 9; Fukuda, 2020: 2; EFI, 2015: 25-136).

3.1.1.1. Almanya’da Endüstri 4.0

İlk olarak 2011 yılında ortaya çıkan Endüstri 4.0, 2012 yılında Alman hükümetinin Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF) ve Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı³ (BMWI) aracılığıyla hükümet programına alınmış ulusal bir stratejik girişimdir. 2013 yılında Almanya’da yapılan seçimlerin ardından kurulan koalisyon hükümeti, Endüstri 4.0 girişimini teknolojik liderliğin sağlanması açısından hayati olarak kabul etmektedir. Bu girişim Almanya’da, geleceğe ilişkin güçlü, teknoloji tabanlı bir vizyonu tanımlamaktadır. Odak noktası üretim süreçlerini kalite, fiyat ve esneklik açısından optimize etmek ve genel olarak daha iyi finansal getiri sağlamaktır. Stratejik hedefi ise Almanya’nın dijital dönüşüm boyunca geleneksel olarak imalat ve makine mühendisliğindeki güçlü konumunu korumaktır. Ayrıca bu girişim ile birlikte teknolojik araştırmaların, endüstri partnerlerine ortak

³ 2013 yılında Almanya’da yapılan seçimlere kadar Federal Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığı olarak anılan bakanlığın ismi, seçimlerin ardından Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı olarak değiştirilmiştir.

bir ağ oluşturulmasının ve standardizasyonun desteklenmesi amaçlanmaktadır. (Kagermann vd., 2016: 9; Klitou vd., 2017: 3; European Commission, 2017). Rüßmann ve arkadaşları (2015: 7-9)'na göre, Endüstri 4.0 girişiminin benimsenmesi Alman imalat sektörlerinin verimliliğini 90 milyar € ile 150 milyar € arasında artıracaktır. Gelişmiş donanım ve yeni veri uygulamaları tüketici taleplerinin artmasını sağlayarak yılda yaklaşık 30 milyar € veya Almanya GSYH'sının yaklaşık % 1'i kadar gelir artışı sağlayacaktır.

Alman endüstrisinin dijital dönüşümünü koordine etmek amacıyla, 2013 yılında BITKOM, VDMA ve ZVEI öncülüğünde politika yapıcılar için merkezi bir iletişim noktası görevi gören "Platform Industrie 4.0" kurulmuştur. Platform, 2015 yılında BMBF ve BMWI'nın desteği ile genişletilmiştir. Günümüzde çalışmalarını sürdüren bu platform, Endüstri 4.0'ın uygulanması için ileri görüşlü konseptler ve çözümler geliştirilmesini, ulusal ve uluslararası işbirlikleri aracılığıyla endüstride dijitalleşmenin teşvik edilmesini ve KOBİ'lerin dijital dönüşüme yönelik fikirlerinin uygulanmasını desteklemeyi amaçlamaktadır (Platform Industrie 4.0, 2019: 1-2). Temel hedefi Almanya'nın imalat sanayindeki uluslararası lider konumunu güvence altına almak ve genişletmek olan bu platformda şirketler, sendikalar, dernekler, bilim ve siyaset birimleri üretimde dijital dönüşümü desteklemek için güçlerini birleştirmiştir (Platform Industrie 4.0, 2020).

3.1.1.2. Almanya'da Endüstri 4.0'a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları

Araştırma, geliştirme ve inovasyon, Almanya'nın refah ve rekabet gücünü oluşturmaktadır. Bu sebeple son yıllarda hiç olmadığı kadar AR-GE harcaması yapan Alman hükümeti, Endüstri 4.0 girişimini desteklemeye büyük önem vermektedir. Tablo 3. 2'de 2011 yılında Almanya'nın Endüstri 4.0 stratejisinin geliştirilmesine yönelik destek miktarı gösterilmektedir. Bu girişim için BMBF ve BMWI aracılığıyla 200 milyon € (GSYH'nın %0,0074'ü) finansman sağlanmıştır. Bu çerçevede, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti ve bilgi iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi ve araştırma faaliyetlerine BMBF tarafından 120 milyon € fon sağlanmıştır. Endüstri 4.0'ın standartlaştırma ve düzenleme çalışmaları

için finansman sağlama sorunluluğuna sahip BMWI ise “Endüstri 4.0 için Otonomi⁴” ve “Akıllı Hizmetler Dünyaları⁵” programlarını 80 milyon € araştırma fonu ile desteklemiştir. Ayrıca Endüstri 4.0 Platformu’nun işletilmesi için kamu finansmanı esas olarak BMWI tarafından sağlanmaktadır (Klitou vd., 2017: 4).

Tablo 3. 2. Almanya’da 2011 Yılında Endüstri 4.0’a Yönelik Destekler

Kurum	Finansman Tutarı	GSYH Oranı
BMBF	120 milyon €	0,0044
BMWI	80 milyon €	0,0029

Kaynak: Klitou, D., Conrads, J., Rasmussen, M., Probst, L. ve Pedersen, B. (2017). **Digital Transformation Monitor Germany: Industrie 4.0**, European Commission, European Union, p. 4.

BMWI, Almanya’da küreselleşme ve dijitalleşmenin sağlanması, Almanya’nın rekabet gücünün artırılması ve yüksek istihdam seviyesinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Bakanlık, enerji, sanayi, inovasyon, KOBİ’lerin desteklenmesi ve Avrupa ekonomik ve parasal birliğin sağlanması konularında çalışmalar yürütmektedir (BMWI, 2020a). Bakanlığın 2013 yılı bütçesi yaklaşık 6.119 milyar €, 2014 yılı bütçesi de 7,418 milyar € olarak tahsis edilmiştir. Federal hükümet, internetin yaygınlaştırılması ve hızlandırılması yoluyla dijital altyapının oluşturulması, dijital ekonominin ve dijital istihdamın geliştirilmesi ve dijital dönüşümün desteklenmesi amacıyla 2014 yılında “Dijital Gündem 2014-2017” projesini kabul etmiştir. Bu proje ile Almanya’nın 2018 yılına kadar dijital dönüşüm konusunda Avrupa’nın en gelişmiş ülkesi konumuna gelmesi hedeflenmektedir. 2016 yılında yaklaşık 7.622 milyar € olarak tahsis edilen BMWI bütçesinden yaklaşık 98 milyon € Dijital Gündem kapsamındaki fonlara tahsis edilmiştir. Bu fonların odak noktası KOBİ’lerin uluslararası pazarlara ulaşmasına yardımcı olacak ağ standartlarının oluşturulması, bilgi teknolojileri güvenliğinin sağlanması ve Endüstri 4.0 girişiminin desteklenmesi olarak belirlenmiştir. 2017 yılında 7.735 milyar €

⁴ Endüstri 4.0 İçin Otonomi programı, yenilikçi ürünlerin geliştirilmesini hızlandırmak için en yeni bilgi iletişim teknolojilerini endüstriyel üretimle birleştirmek üzere tasarlanmıştır. Amaç, Almanya’nın dünya standartlarında bir üretim tesisi ve son teknoloji üretim teknolojilerinin tedarikçisi olarak lider konumunu güçlendirmektir (Autonomik Industrie 4.0, 2020).

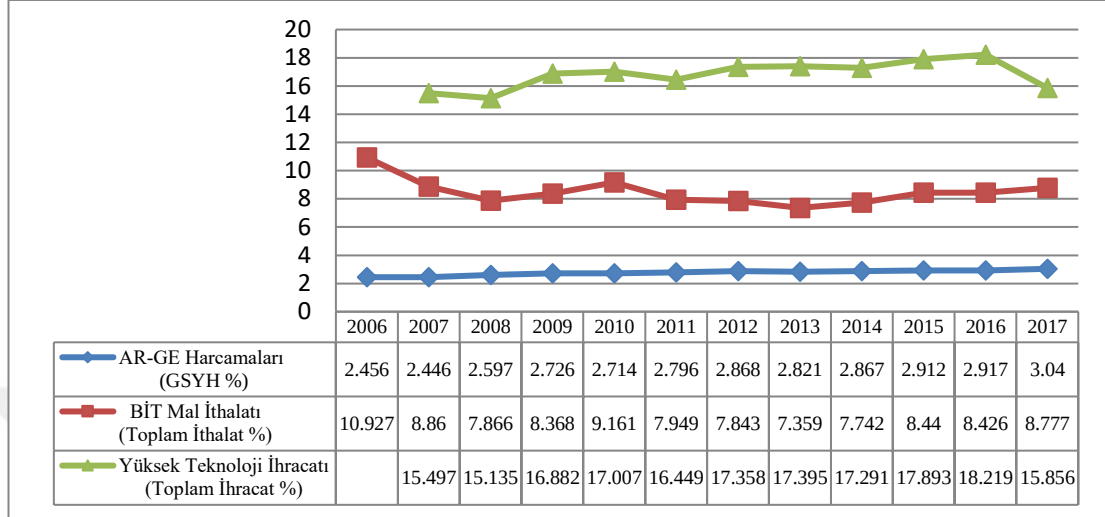
⁵ Akıllı Hizmetler Dünyaları programı, 20 akıllı hizmet projesinin finanse edildiği, projelerin her birinin ağına bağlı teknik sistemlere dayanan ve hizmet platformları, uygulama mağazaları ve diğer çevrimiçi pazarlar aracılığıyla sağlanabilecek yeni hizmetler için verilerin toplanması, analiz edilmesi ve kullanılmasına olanak sağlamayı amaçlamaktadır. Nihai amaç ise Alman işletmelerinin daha rekabetçi hale getirilmesine yardımcı olmaktır (Smart Service Welt, 2020).

olarak belirlenen BMWI bütçesinden Dijital Gündem kapsamındaki fonlar 173 milyon €'ya çıkarılmıştır. 2019 yılı bütçe yasasında BMWI bütçesi 8.188 milyar € olarak onaylanmıştır. Bu bütçeden 132 milyon € araştırma ve geliştirmeye, 30 milyon € KOBİ'lerin dijitalleştirilmesine, 57 milyon € Alman Havacılık ve Uzay Merkezi'ne, 30 milyon € dış ticaret ve yatırım teşviklerine ve 432 milyon € Dijital Gündem kapsamındaki fonlara tahsis edilmiştir (BMWI, 2020b; The Federal Government, 2014: 2-4).

2005-2017 yılları arasında federal hükümetin AR-GE harcamaları, 9,0 milyar € artarak 2017'de 16,6 milyar €'ya yükselmiştir. 2017 yılında hükümet ve sanayi birlikte 99,6 milyar € AR-GE harcaması yapmış ve AR-GE harcamalarının GSYH'ya oranı da %3,04'e ulaşmıştır (Şekil 3. 1). Bu oranın %2,1'i özel sektör, %0,94'ü ise kamu finansmanından oluşmaktadır. Eylül 2018'de kabul edilen Yüksek Teknoloji Stratejisi 2025 ile yapılan federal yatırımlar 2018 yılında 15,8 milyar €'u aşmıştır. Strateji kapsamında AR-GE harcamaları GSYH'ya oranının 2025 yılında %3,5'e ulaşması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşılması için politika yapıcılar ve özel sektörün birlikte çalışması gerekmektedir. Bu oranlarla Almanya, Avrupa Birliği'ndeki tüm AR-GE harcamalarının %30'unu oluşturmaktadır (BMBF, 2020; BMBF, 2019: 7).

Endüstri 4.0 girişimi Almanya'da büyük bir katma değer yaratmış ve yazılım, donanım ve bilgi teknolojileri hizmetleri 2016/17 yılında %20'den fazla büyüme kaydetmiştir. Bu büyümenin ilerleyen yıllarda katlanarak devam etmesi ve 2025 yılına kadar 425 milyar €'ya varan bir katma değer potansiyeli yaratması öngörülmektedir. Zira tüm endüstriyel üretim süreçlerinin yaklaşık %90'ı BİT tarafından desteklenmektedir. Bu süreçte en çok gelişen sektörlerden biri Almanya'nın en büyük endüstri sektörü olan otomotiv endüstrisidir. 2016 yılında otomotiv sektörü için 21 milyar €'dan fazla inovasyon harcaması yapılmış ve toplam AR-GE harcamalarının yaklaşık %35'i de otomotiv sektörü için ayrılmıştır. Böylece Almanya'nın en büyük ihracat endüstrisi olan otomotiv sektörü aynı zamanda Almanya'nın dünya ihracat lider olmasını da sağlamıştır (MacDougall, 2018: 3-6).

Şekil 3. 1. Almanya'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)



Kaynak: World Bank Data (2020), “Indicators of Research and Development Expenditure (% of GDP), ICT Goods Imports (% total goods imports), and High-Technology Exports (% of manufactured exports)”, (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

Almanya, 2007 yılında Avrupa'nın en büyük BİT ihracatçısı ve ithalatçısı konumunda yer almıştır (OECD, 2009: 90). Ancak toplam ithalat içindeki BİT mal ithalatı oranı son yıllarda dalgalanmalar göstermiş ve 2013 yılından sonra sürekli artarak 2017 yılında %8,777 oranında gerçekleşmiştir. Endüstri 4.0 girişiminin başladığı 2011 yılından sonra yüksek teknoloji ihracatı oranlarında genel olarak artış eğilimi görülen Almanya, 2017 yılında düşüş yaşamış ve toplam ihracat içindeki yüksek teknoloji ihracatı %15,856 oranında gerçekleşmiştir. Bu durumun temelinde 2017 yılında Alman ekonomisinde özellikle otomotiv sektöründe yaşanan emisyon değişikliğinin satışları olumsuz etkilemesi ve Brexit'ten kaynaklanan belirsizliğin etkisi olduğunu düşünülmektedir.

Yapılan AR-GE harcamaları, Almanya'nın 2017'de %11,6 olan araştırma yoğun ürünlerin dünya ticaretindeki payını korunmasını sağlamıştır (BMBF, 2020). BİT mal ithalatı oranı artarken ve yüksek teknoloji ihracatı oranı azalma eğilimi gösterse bile Almanya, dünya ticaretinde Avrupa ülkeleri arasında lider konumda yer almaktadır.

3.1.2. Çin Örneği

2000’li yıllardan itibaren Çin, sanayi devriminin başladığı 18. yüzyıllardan bu yana meydana gelen en önemli imalat mucizelerinden birini gerçekleştirerek 2012 yılı sonunda imalat operasyonlarında küresel bir lider ve dünyanın ikinci büyük ekonomisi konumuna gelmiştir. Dünyada önde gelen ülkelerden biri olan Çin, taklit ve düşük kaliteli üretim nedeniyle düzenli olarak eleştirilse de dünya üretim toplamının büyük bir kısmını oluşturan kişisel bilgisayarlar, cep telefonları gibi yüksek teknoloji ürünlerini üreterek dördüncü sanayi devrimine uyum sağlama konusunda hazır olduğunu göstermiştir (Li, 2018: 66; Liu, 2016: 53).

3.1.2.1. Çin’de Endüstri 4.0

Çin hükümeti, dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamak amacıyla Mart 2015’te Çin ekonomisini ve toplumu geleneksel internetin ötesinde sayısallaştırarak ilerletmesi beklenen bir eylem planı olan Internet Plus’ı açıklamıştır. Planının merkezi yönetim düzeyinde uygulanmasından Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu (NDRC) sorumludur. Internet Plus, ekonomik yeniden yapılandırmayı desteklemek, insanların geçim kaynaklarını iyileştirmek ve hatta hükümet işlevlerini dönüştürmek için mobil internet, bulut bilişim, büyük veri ve nesnelerin internetini geleneksel endüstrilere entegre etmeyi amaçlamaktadır (Wang vd., 2016: 5; Wübbeke vd., 2016: 20). Internet Plus, Made in China 2025 girişiminin endüstriyel ve ekonomik iyileştirme hedefi ile internetin entegre edilmesini sağlayacak bir plan olarak büyük öneme sahiptir.

Çin Devlet Konseyi, Mayıs 2015’de Almanya’nın ileri teknoloji stratejisine yanıt olarak “Made in China 2025” planını açıklamıştır. Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komiyonu, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (MOST) ve Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı (MIIT) tarafından on yıllık bir eylem planı olarak geliştirilen Made in China 2025, ekonomik kalkınma için stratejik hedefler oluşturmuştur. Plan, Çin’in emek yoğun üretimden bilgi yoğun üretime endüstriyel bir dönüşüm başlatmaya, üretilen ürünlerin kalitesini iyileştirmeye, Çin’in kendi markalarını yaratmaya, ileri teknolojiler geliştirerek sağlam bir üretim kapasitesi oluşturmaya

odaklanmaktadır (Li, 2018: 67; The State Council PRC, 2020). Bu plan ile 2015 yılından 2025 yılına kadar Çin'in imalat endüstrisinin önde gelen sanayi ülkelerinin kalkınma ve verimlilik seviyelerini yakalaması beklenmektedir. Planın amacı ise üretimde temel bileşenlerin ve malzemelerin yerel içeriğinin 2020 yılına kadar %40 ve 2025 yılına kadar %70 artırmaktır. Böylece Çin Halk Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. yılı olan 2049 yılında, Çin'in dünya çapında bir numaralı sanayi gücü olmasını sağlamak Made in China 2025 planının temel hedefidir (Müller ve Voigt, 2018: 660).

3.1.2.2. Çin'de Endüstri 4.0'a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları

Ekonomik kalkınmanın desteklenmesi için inovasyona dayalı büyüme stratejisi ile Çin, on yıllardır teknoloji odaklı harcamalarını artırmaya devam etmektedir (China Power Team, 2018). Dördüncü sanayi devriminin ortaya çıkmasının ardından Made in China 2025 stratejisi ile belirlenen hedeflere ulaşılması için her seviyedeki hükümet kuruluşları Çin'in endüstriyel geleceğine büyük miktarlarda fon sağlamışlardır. Bu amaçla 2014 yılında kurulan Ulusal Entegre Devre Fonuna ile 139 milyar CYN (19 milyar €), 2016 yılında kurulan Gelişmiş Üretim Fonuna ile 20 milyar CYN (2,7 milyar €), katkı sağlanmıştır (Wübbeke vd., 2016: 7). Büyük Fon olarak da adlandırılan Ulusal Entegre Devre Fonu, entegre devre endüstrisinde çip tasarımı, üretimi, paketlenmesi ve test edilmesini desteklemek amacıyla bu endüstride faaliyet gösteren şirketlere yatırım yapmaktadır. Çin hükümeti, 2019 yılında yerli entegre devre endüstrisini beslemek ve ABD ile teknoloji açığını kapatmak amacıyla 204,2 milyar CYN (28,9 milyar \$) değerinde yeni bir Ulusal Yarı İletken Fonunu kurmuştur. Bu fon, akıllı telefonlarda ve veri merkezlerinde kullanılan işlemcileri ve depolama çiplerini içeren entegre devre endüstrisinde genel stratejilerin ve yatırımların belirlenmesinde son derece önemli bir rol üstlenmektedir (Kubota, 2019; Bloomberg News, 2019). Gelişmiş Üretim Fonu ise endüstriyel robotlar, yeni enerjili araçlar ve raylı ulaşım sistemlerinde faaliyet gösteren şirketlerin desteklenmesi, yüksek teknoloji endüstrilerinin Batı seviyelerine yükseltilmesi ve Made in China 2025 girişiminin desteklenmesi amacıyla

kurulmuştur. Çin hükümeti 2019 yılında bu fona 50 milyar CYN (7,1 milyar \$) daha finansman ayırmıştır. Merkezi olarak yönetilen bu fonlar dışında en az yirmi yerel hükümet, toplam yaklaşık 600 milyar CYN (85,2 milyar \$) değerinde yarı iletken endüstrisine yatırım araçları kurmuştur (Huifeng, 2019). Tablo 3. 3’de Çin’de kamu tarafından Endüstri 4.0’a yönelik hazırlanan fonlar ve finansman tutarları gösterilmektedir.

Tablo 3. 3. Çin’in Endüstri 4.0’a Yönelik Kamu Fonları

Kuruluş Yılı	Fon	Finansman Tutarı
2014	Ulusal Entegre Devre Fonu	139 milyar CYN (19 milyar €)
2016	Gelişmiş Üretim Fonu	20 milyar CYN (2,7 milyar €)
2016	Hükümet Rehberlik Fonu	347 milyar \$
2019	Ulusal Yarı İletken Fon	204,2 milyar CYN (28,9 milyar \$)

Kaynak: Wübbeke, J., Meissner, M., Zenglein, M.J., Ives, J. ve Conrad, B. (2016). **Made in China 2025: The Making of a High-tech Superpower and Consequences for Industrial Countries**, Mercator Institute for China Studies, Papers on China, No 2, p. 7; China Power Team (2018), “Is China a Global Leader in Research and Development?”, **China Power**, (Çevrimiçi), <https://chinapower.csis.org/china-research-and-development-rnd/>, Erişim Tarihi: 15.06.2020, Kubota, Y. (2019), “China Sets Up New \$29 Billion Semiconductor Fund”, **The Wall Street Journal**, Oct. 25, 2019, (Çevrimiçi) <https://www.wsj.com/articles/china-sets-up-new-29-billion-semiconductor-fund-11572034480>, 14.07.2020, kaynaklarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

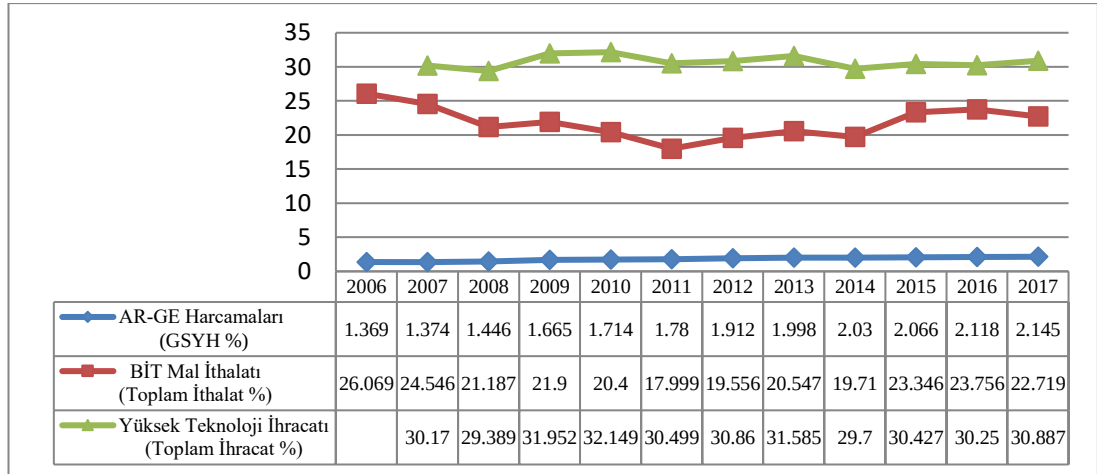
Ekonomisini her geçen gün daha da büyüten Çin, AR-GE yatırımlarına son yirmi yılda büyük önem vermeye başlamıştır. Yıllar itibariyle sürekli artış gösteren AR-GE harcamaları, 2017 yılında yaklaşık 280 milyar \$’a ulaşmış ve bu rakam ülkenin GSYH’sının %2,145’ini oluşturmuştur (Şekil 3. 2). Bu oran ayrıca toplam dünya AR-GE harcamalarının %20’sini oluşturmaktadır. ABD’nin ardından AR-GE harcamalarında dünyada ikinci sırada yer alan Çin, harcamaları giderek artırarak bu farkın daralmasını sağlamıştır (Veugelers, 2017; European Commission, 2020). Çin’de yapılan bu AR-GE harcamalarının %70’inden fazlası özel sektör ve yaklaşık %20’si de kamu tarafından finanse edilmiştir. Hükümet 2020 yılı için bilim ve teknoloji harcamalarına yaklaşık 320 milyar CYN (45 milyar \$) ayırmıştır (Chen, 2020). Hükümet ayrıca özel sektörün AR-GE’yi finanse etme yükünü azaltmak amacıyla 2016 yılında 347 milyar \$ değerinde 901 Hükümet Rehberlik Fonu⁶

⁶ Hükümet Rehberlik Fonları aracılığıyla gerçekleştirilen yatırımların %11’i büyük veri, %14’ü nesnelerin interneti, %17’si telekomünikasyon, medya ve teknoloji, %22’si de yapay zekâ, %25’i

kurmuştur (Tablo 3. 3). Dahası özel sektörde yapılacak AR-GE yatırımlarını teşvik etmek amacıyla kazançlı vergi indirimleri de sağlanmaktadır (China Power Team, 2018).

Bilgi iletişim teknolojileri ihracatı oranı 1996'dan itibaren yılda %30 büyüyerek 2007 yılında neredeyse 360 milyar dolara ulaşan Çin, 2004 yılından beri dünyanın en büyük BİT mal ihracatçısı konumuna gelmiştir (OECD, 2009: 90). Daha sonra teknoloji seviyesini artırarak BİT mal ihracatını artıran Çin'in 2017 yılında BİT mal ithalatı 528 milyar \$ olurken, ihracatı 781 milyar \$'a ulaşmıştır (Export.gov, 2019). Toplam ithalat içerisindeki BİT mal ithalatı oranı son yıllarda önemli ölçüde dalgalanmalar göstererek 2017 yılında %22,719 oranında gerçekleşmiştir (Şekil 3. 2.). Bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte BİT mal ve hizmetlerin kalitesi iyileşmeye başlamış ve bu durum Çin'in rekabet gücünün artmasını sağlamıştır.

Şekil 3. 2. Çin'in AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)



Kaynak: World Bank Data (2020), "Indicators of Research and Development Expenditure (% of GDP), ICT Goods Imports (% total goods imports), and High-Technology Exports (% of manufactured exports)", (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

1990'lı yıllarda yüksek teknoloji ihracatı çok düşük seviyelerde olan Çin, 2000'li yılların başından itibaren teknoloji yoğun ürün üreten sektörlerle daha çok odaklanmaya başlamış ve günümüze kadar dalgalı bir seyir izlese de yüksek

sağlık alanında yapılmıştır (Çevrimiçi, <https://infogram.com/government-guidance-fund-in-2016-1gk92ejrw78rp16>, 15.07.2020).

teknoloji ihracatının toplam ihracat içerisindeki oranı genel olarak yüksek bir oranda gerçekleştirmiştir. Bu oranlar sayesinde Çin, Almanya, Japonya, ABD ve Meksika ülkeleri arasında birinci sırada yer almıştır. Yüksek teknoloji ithalatındaki bu artış, Çin'in küresel ticarete daha çok söz sahibi olabilmesini ve hızlı bir ekonomik büyüme gerçekleştirmesini sağlamıştır.

AR-GE ve sanayi stratejileri ile Çin, nükleer enerji, güneş enerjisi, yeni enerji araçları, yapay zekâ, ileri teknoloji üretim ve robotik gibi hızla büyüyen yüksek teknoloji sektörlerinde önemli bir rakip haline gelmiştir. Bu gelişmelerle Çin'in 2030 yılına kadar dünyanın en büyük nükleer enerji üreticisi haline geleceği düşünülmektedir (European Commission, 2020).

3.1.3. ABD Örneği

Amerika Birleşik Devletleri, inovasyon ve girişimcilik için bir yaşam alanı olan Silikon Vadisi aracılığıyla İkinci Dünya Savaşı'nın ardından teknolojik gelişmelere daha da önem vermeye başlamıştır. Silikon Vadisi, yüksek teknoloji ve inovasyon yoğun bir araştırma bölgesi olarak faaliyet göstermektedir. Silikon Vadisi'nde gerçekleştirilen faaliyetlerin gelişimi, ABD'nin ekonomik büyümesini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle ABD hükümeti, Silikon Vadisi aracılığıyla yürütülen inovasyon faaliyetlerini İleri Teknoloji Programı, Üretim Teknolojisi Programı gibi programlar ve sermaye kazançları üzerindeki vergi oranlarını düşürme gibi vergi politikaları hazırlayarak desteklemekte ve finanse etmektedir (Wonglimpiyarat, 2006: 1083-1085).

Amerika Birleşik Devletleri, Silikon Vadisi'nin sahip olduğu potansiyelden beslenerek dijital dönüşüm sürecinde avantaj sağlamış ve dördüncü sanayi devriminde önemli küresel aktörlerden biri olmuştur. ABD, bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarını 2000'li yılların başında uygulamaya başlamıştır. 2004 yılında yayınlanan Yenilikçi Amerika (Innovate America) raporu ile ABD'nin inovasyon kapasitesini artırmaya yönelik yetenek, teknoloji, yatırım ve altyapı konuları gündeme getirilmiştir. Obama yönetimi, ilk kez 2009 yılında yayınlanan ve daha sonra güncellenen Amerikan İnovasyon Stratejisini (Strategy for American

Innovation) ortaya koymuş ve bu strateji ile ekonomik büyümenin sürdürülmesi ve tüm vatandaşlara daha kaliteli iş, daha iyi sağlık ve yaşam kalitesi sağlanmaya çalışılmıştır. Temmuz 2011’de eklemeli üretim, üç boyutlu baskı gibi teknolojilerle yüksek kaliteli üretim yaratacak yatırımları kanallandırmak, küresel rekabet gücünü artırmak ve akademi, sanayi ve hükümeti bir araya getirmek amacıyla Gelişmiş Üretim Ortaklığı (Advanced Manufacturing Partnership)’nı başlatmıştır. Daha sonra Ocak 2013’de Obama yönetimi tarafından Ulusal İmalat İnovasyon Ağı (National Network for Manufacturing Innovation-NNMI) programı önerilmiştir. 2014 yılında resmi olarak hayata geçirilen ve İmalat ABD (Manufacturing USA) olarak da adlandırılan NNMI, dijital dönüşüm sürecinde ABD’nin imalat stratejilerine hayat vermekte olan yapılardan biridir ve bağımsız olarak yönetilen inovasyon enstitülerinden oluşmaktadır (Tablo 3. 4). Bu enstitüler, yeni girişimlerin büyütülmesi, pazara yeni teknolojilerin transferinin hızlandırılması ve tedarik zincirlerinde yeni girişimlerin benimsenmesine yardım sağlayan bölgesel merkezler olarak hizmet vermektedir (Fukuda, 2020: 3).

3.1.3.1. ABD’de Endüstri 4.0

ABD’de Endüstri 4.0 genellikle akıllı üretim, nesnelerin interneti veya endüstriyel internet gibi terimleri kapsamakta ve büyük ölçüde özel sektör girişimleri tarafından yönlendirilmektedir. Nitekim Endüstriyel İnternet konsepti, 2012 sonlarında General Electric şirketi tarafından gündeme getirilmiştir. Endüstriyel İnternet, büyük veri analizlerini nesnelerin interneti ile birleştiren fiziksel ve dijital dünyaların sıkı bir entegrasyonu olarak görülmektedir. Bu konsept, enerji üretimi ve dağıtımı, sağlık, üretim, kamu sektörü, ulaşım ve madenciliği kapsamakta ve Endüstri 4.0’dan çok daha geniş bir uygulama alanına sahiptir (Rojko, 2017: 78; Kagermann vd., 2016: 12).

ABD’de dördüncü sanayi devriminin yönetildiği en önemli girişimlerden biri Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (Industrial Internet Consortium- IIC)’dur. IIC, en iyi uygulamaları belirleyerek, birleştirerek, test ederek ve teşvik ederek endüstriyel internetin büyümesini hızlandırmak için gerekli organizasyonları ve teknolojileri bir araya getirmek üzere General Electric tarafından CISCO, AT & T, IBM ve Intel ile

birlikte Mart 2014'te kurulmuştur. Konsorsiyum, ortak mimariler, birlikte çalışabilirlik ve açık standartlar aracılığıyla fiziksel nesneleri insanlarla, süreçlerle ve verilerle birleştiren ekosistemler yaratabilen girişimler koordine etmeyi amaçlamaktadır. Küçük ve büyük teknoloji yenilikçileri, pazar liderleri, araştırmacılar, üniversiteler ve devlet kuruluşlarından oluşan üyeler, ileri teknolojilerin ticari kullanımını hızlandırmak için birlikte çalışmaktadır (Kagermann vd., 2016: 53; IIC, 2020). Konsorsiyumda ABD'li kuruluşlar haricinde Kore, Japonya ve Çin'den şirket, üniversite veya araştırma kuruluşları da bulunmaktadır. TÜSİAD da konsorsiyumun üyeleri arasında yer almaktadır (BSTB, 2018a: 51).

3.1.3.2. ABD'de Endüstri 4.0'a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları

Dördüncü sanayi devrimi ile dijital dönüşümü ekonomik büyüme ve rekabet gücünün artması olarak gören ABD'de dönüşüm süreci büyük oranda özel sektör tarafından yürütülmektedir. Hükümet ise geliştirdiği politikalar, yüksek AR-GE harcamaları ve artan destek ve teşviklerle süreci desteklemektedir.

ABD'de dördüncü sanayi devrimi teknolojilerinden katmanlı üretim, biyoteknoloji, dijital teknolojiler, temiz enerji, siber güvenlik, robotik, yapay zekâ ve çok daha fazla teknolojinin gelişmesini sağlamayı amaçlayan NNMI programı, 14 imalat enstitüsü ile çalışmalarını sürdürmektedir. ABD endüstrisinden kuruluşlar, üniversiteler ve Ticaret Bakanlığı (DOC), Savunma Bakanlığı (DoD) ve Enerji Bakanlığı'nı (DOE) arasında kamu-özel ortaklıkları ile oluşturulan enstitüler, üretim inovasyonu, eğitimi ve işbirliği yoluyla ABD'nin dijital dönüşümünü başarıyla tamamlamasını hedeflemektedir. Kamu-özel ortaklığı olarak oluşturulan bu enstitülerin finansman tutarları America Makes enstitüsü (yedi yıl) haricinde beş yıllık olarak belirlenmiştir. Tablo 3. 4.'te bu enstitülerin kuruluş yılları, bulundukları merkezler, geliştirilen teknolojiler, destekleyen federal kurumlar ve bu kurumlar tarafından sağlanan finansman tutarları gösterilmektedir.

Tablo 3. 4. NNMI Programı Kapsamında Kurulan Enstitüler ve Federal Kurumlar Tarafından Sağlanan Finansman Tutarları

Kuruluş Yılı	Enstitü	Teknoloji	Finansman Kurumu	Merkez	Federal Finansman
Ağustos 2012	Ulusal Katmanlı Üretim İnovasyon Enstitüsü (America Makes)	Katmanlı Üretim, Üç Boyutlu Baskı	DoD	Youngstown, Ohio	65 Milyon \$ (7 Yıl)
Şubat 2014	Dijital Üretim Enstitüsü (MxD)	Dijital Üretim ve Tasarım	DoD	Chicago, Illinois	83 Milyon \$ (5 Yıl)
Şubat 2014	Yarın için Hafif Yenilikler Enstitüsü (LIFT)	Gelişmiş Hafif ve Modern Metal Üretimi	DoD	Detroit, Michigan	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Ocak 2015	Yeni Nesil Güç Elektroniği Üretim İnovasyon Enstitüsü (PowerAmerica)	Geniş Bant Aralığı Güç Elektroniği Üretimi	DOE	Raleigh, North Carolina	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Haziran 2015	İleri Kompozit Üretim İnovasyonu Enstitüsü (IACMI)	Kompozit Malzemeler	DOE	Knoxville, Tennessee	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Temmuz 2015	Amerikan Entegre Fotonik Üretim Enstitüsü (AIM)	Fotonik Entegre Ekosistemler	DoD	Roscheser, New York	110 Milyon \$ (5 Yıl)
Ağustos 2015	Amerika'nın Esnek Hibrid Elektronik Üretim Enstitüsü (NextFlex)	Esnek Hibrid Elektronik	DoD	San Jose, California	75 Milyon \$ (5 Yıl)
Nisan 2016	Amerika'nın Gelişmiş Fonksiyonel Kumaşları Enstitüsü (AFFOA)	Geliştirilmiş Tekstil	DoD	Cambridge, Massachusetts	75 Milyon \$ (5 Yıl)
Aralık 2016	İleri Rejeneratif Üretim Enstitüsü (BioFabUSA)	Rejeneratif Tıp, Doku Mühendisliği	DoD	Manchester, New Hampshire	80 Milyon \$ (5 Yıl)
Ocak 2017	İleri Robotik Üretim Enstitüsü (ARM)	İnsan İşbirlikçi Robotik, Yapay Zekâ, Otomasyon	DoD	Pittsburg, Pennsylvania	80 Milyon \$ (5 Yıl)
Ocak 2017	Temiz Enerji Akıllı Üretim İnovasyon Enstitüsü (CESMII)	Akıllı Üretim	DOE	Los Angeles, California	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Mart 2017	Ulusal Biyofarmasötik Üretiminde Yenilik Enstitüsü (NIIMBL)	Biyofarmasötik Üretim	DOC	Newark, Delaware	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Mart 2017	Süreç Yoğunlaştırma Dağıtımında Hızlı İlerleme Enstitüsü (RAPID)	Temiz Üretim İçin Modüler Kimyasal Proses Yoğunlaştırma	DOE	New York, New York	70 Milyon \$ (5 Yıl)
Mayıs 2017	Gömülü Enerjiyi ve Emisyonları Azaltma Enstitüsü	Temiz Enerji ile Sürdürülebilir Karbon	DOE	Rochester, New York	70 Milyon \$ (5 Yıl)

(REMADE)	Emisyonu ve Üretimini Azaltma
----------	-------------------------------------

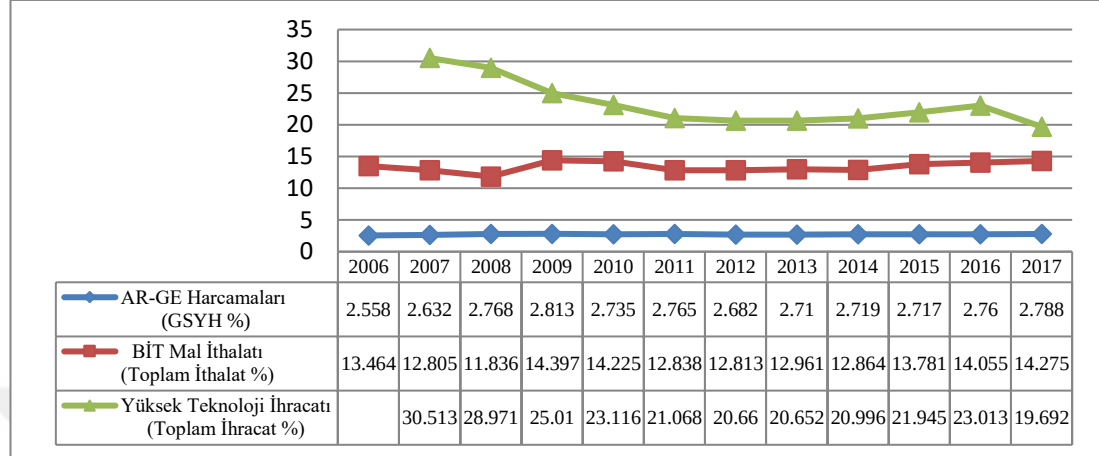
Kaynak: Manufacturing USA (2019), **Manufacturing USA Annual Report, Fiscal Year 2018**, NIST, (Çevrimiçi) <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-5.pdf>, Erişim Tarihi: 25.04.2020, kaynağından yararlanılarak oluşturulmuştur.

2016 yılında NNMI programı kapsamında yürütülen enstitüler için toplam yaklaşık 333,81 milyon \$ harcama yapılmış ve bu harcamaların yaklaşık 144,9 milyon \$'ı federal fonlar ile finanse edilmiştir. 2017 yılında 298,5 milyon \$ olan toplam enstitü harcamalarının 120,7 milyon \$'ı ve 2018 yılında 496,9 milyon \$ olan toplam enstitü harcamalarının ise 183,4 milyon \$'ı federal fonlar ile finanse edilmiştir. Bu fonlar, teknoloji araştırma ve geliştirme projeleri, eğitim ve işgücü yetiştirme çalışmaları, tesis ve üretim ekipmanı satın alma, enstitü operasyonları gibi sermaye yoğun faaliyetler için harcanmıştır (Manufacturing USA, 2017: 9; Manufacturing USA, 2018: 16; Manufacturing USA, 2019: 15).

ABD'de, dördüncü sanayi devrimine yönelik yapılan çalışmalar ve harcamalar sonucunda 2016 yılında imalat sektörü yaklaşık 2 trilyon \$ değere ulaşmıştır. Bu miktar ABD GSYH' sının %12'sini oluşturmaktadır. Özellikle imalat sektörünü canlandırmak için çaba sarf eden ABD, bu hedefe ulaşmak için dördüncü sanayi devimi teknolojilerini yakından takip ederek başarıyla uygulamaktadır (World Economic Forum ve A.T. Kearney, 2018: 16).

ABD, 2000'den 2017'ye kadar yıllık ortalama %4,3 büyüyen bir yatırımla bilimsel araştırma ve geliştirme finansmanı konusunda lider konumundadır. 2017 yılında toplam 547,9 milyar \$ ile en yüksek AR-GE harcamasına sahip ABD, dünyanın küresel AR-GE harcamaları toplamının %25'ini oluşturmaktadır. Dünyanın en yüksek AR-GE harcaması miktarına sahip ABD'nin AR-GE harcamalarının GSYH içindeki yoğunluğu ise 2006 ve 2017 yıllar arasında sabit bir seyir izlemiş ve 2017 yılında 2,788 oranında gerçekleşmiştir. ABD'de AR-GE finansmanının kaynağını ise %70 özel sektör ve %10 federal hükümet olmuştur (McCarthy, 2020; Boroush, 2020: 1).

Şekil 3. 3. ABD'nin AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)



Kaynak: World Bank Data (2020), “Indicators of Research and development expenditure (% of GDP), ICT goods imports (% total goods imports), and High-technology exports (% of manufactured exports)”, (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

2007 yılında %13,464 BİT mal ithalatı oranı ve 273 milyar \$ ile ABD, BİT ürünlerinin en büyük ithalatçısı olmuştur (OECD, 2009: 90). 2008 yılında küresel kriz nedeniyle BİT mal ithalatı oranı düşmüş daha sonraki yıllarda genel olarak yükselme eğilimi göstererek 2017 yılında %14,275 oranında gerçekleşmiştir. 2007 yılından sonra sürekli olarak düşen yüksek teknoloji ihracatı oranları ise 2012 yılından sonra tekrar artmaya başlamış ancak 2017 yılında keskin bir düşüş yaşamıştır (Şekil 3. 3). Bu keskin azalışın nedeni olarak 2017 yılında ABD’de yaşanan başkanlık seçimleri olduğu düşünülmektedir. Bu oranlardaki düşüşe rağmen 2017 yılında ABD’nin araştırma yoğun ürünlerinin dünya ticaretindeki payı yaklaşık %11,3 olmuştur (BMBF, 2020).

3.1.4. Japonya Örneği

Dijital dönüşüm sürecinin en önemli aktörlerinden biri olan ve küresel ekonomide ABD ve Çin’den sonra üçüncü sırada yer alan Japonya (Kagermann vd., 2016: 45), dünyanın teknoloji devlerinden biri olarak teknolojik gelişmeleri diğer ülkelere kıyasla çok daha önce desteklemeye başlamıştır. Japonya, 1990’lardan beri yerli bilim ve teknoloji gelişmelerini teşvik ederek beş yıllık Bilim ve Teknoloji Temel Plan’larını uygulamıştır. İlk Bilim ve Teknoloji Temel Planı (1996-2000)’nda

ülke için yeni bir AR-GE sisteminin kurulmasını hedeflemiş ve bu plan için 17 trilyon ¥ (132 milyar €) bütçe ayırmıştır. Sonraki planlarda da bilim, teknoloji ve inovasyon çalışmaları yoğun şekilde desteklenerek büyük miktarlarda fon sağlanmıştır. Beşinci Temel Plana gelindiğinde dünyada yaşanan dijital dönüşüm ele alınarak “Toplum 5.0 (Society 5.0)” stratejisi geliştirilmiştir (Carraz ve Harayama, 2018: 36-41).

3.1.4.1. Japonya’da Endüstri 4.0

Bilim, Teknoloji ve Yenilik Konseyi (CSTI) tarafından Ocak 2016’de sunulan Toplum 5.0, Bakanlar Kurulu kararı ile onaylanarak Japonya için büyüme stratejisi olarak tanımlanmıştır (Fukuyama, 2018: 47). Beşinci Temel Planda Toplum 5.0, “ihtiyaç duyan insanlara doğru zaman ve miktarda, gerekli mal ve hizmeti sağlayabilen; çok çeşitli sosyal gereksinimlere tam olarak cevap verebilen; her insanın kolaylıkla yüksek kalite hizmet alabileceği, yaş, cinsiyet, bölge ve dil farklılıklarının üstesinden gelebileceği ve dinç ve rahat yaşayabileceği bir toplum” olarak tanımlanmaktadır (CSTI, 2016: 13).

Japon Hükümeti, Nisan 2016’da Süper Akıllı Toplum (Super Smart Society) olarak da anılan Toplum 5.0 vizyonunu başlatmıştır. Daha sonra Haziran 2017’de Toplum 5.0’ı gerçekleştirebilmek için Bakanlar Kurulu tarafından “Geleceğe Yatırım Stratejisi 2017” kabul edilmiştir. Bu strateji ile orta ve uzun vadeli büyüme elde etmek için her sanayi ve sosyal alana dördüncü sanayi devriminin bilgi iletişim teknolojisi yeniliklerini dâhil ederek çeşitli toplumsal zorlukları çözen Toplum 5.0’ı gerçekleştirmek hedeflenmektedir. Bu ulusal vizyon aynı zamanda Japonya’nın önemli sorunlarından olan yaşlanan nüfus, azalan doğum hızı, nüfus azalması gibi çeşitli toplumsal sorunları çözerek ve insan kaynakları gelişimini teşvik ederek genç, yaşlı, kadın, erkek, engelli, tedavi edilemez hastalığı olan vb. kişilerin dahil olduğu ve tüm vatandaşların dinamik ve yüksek kalitede bir yaşam sürdürebildikleri, insan merkezli bir toplum oluşturmaya çalışmaktadır (Fukuyama, 2018: 48-49).

Toplum 5.0, bilgi teknolojileri, robotik, yapay zekâ, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik vb. gelişmiş teknolojilerin insanların yaşamlarına, sağlıklarına ve

diğer faaliyet alanlarına eklemelenmesini sağlamaktadır. Böylece üretimin artırılması, yaşlanan toplumla ilgili maliyetlerin azaltılması, eşit gelir dağılımı, sera gazlarının azaltılması, bölgesel eşitsizliklerin düzeltilmesini ve ekonomik büyümeyi sağlayarak Endüstri 4.0'dan bir adım önde hizmetler sunmaktadır. Bu gelişmelerin yaşanmasını mümkün kılan Toplum 5.0, aynı zamanda Birleşmiş Milletler tarafında önerilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşılmasını da sağlamaktadır (Pereira vd., 2020: 3307).

Japon ekonomisinin sürdürülebilir kalkınması ve Japon halkının yaşam kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kurulan ve faaliyet gösteren Japonya İş Federasyonu (Keidanren), 2017 yılında “Toplum 5.0’ı Gerçekleştirerek Japonya’yı Canlandırmak: Geleceğin Toplumunu Yaratmak” eylem planını yayınlamıştır. Eylem planı, karmaşık sorunların çözülmesi, yeni bir akıllı toplum oluşturulması ve endüstriyel rekabetçiliğin artırılması için kamu-özel işbirliğine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Plan kapsamında şehirler, bölgeler, altyapı, siber alan ve mallar, ürünler ve hizmetler olmak üzere beş öncelikli alan ve her alan için üç hedef ve üç temel faaliyet belirlenmiştir. Örneğin şehirler alanında kamu-özel sektör ortaklıkları yoluyla finansman baskılarının üstesinden gelmek; trafik sorunları, dağıtım verimliliği ve afetlerde yaşanan sorunları çözülme kavuşturmak ve kadınların ve yaşlıların topluma katılımının artırılarak ve Japonya’ya daha fazla yatırım getirilmesini sağlayarak uluslararası rekabet gücünü artırmak hedeflenmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için ise kentsel faaliyetlerin görselleştirilmesine olanak tanıyan bir sensör ağı geliştirmek; mobilite, afet yönetimi ve kaynak geri dönüşümü gibi alanlarda kentsel yönetimi geliştirmek amacıyla veri analizi altyapısını oluşturmak ve kentsel yönetim sisteminin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla sistem ve altyapılarını oluşturmak temel faaliyetler olarak belirlenmiştir (Holroyd, 2020: 5-6).

3.1.4.2. Japonya’da Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları

Altyapı, lojistik, sağlık, finans teknolojisi ve özellikle yapay zekâ alanlarının gelişmesini hedefleyen Toplum 5.0, Japon hükümetinin teknolojik gelişmelere yönelik harcamalarını artırmasında etkili olmuştur. Japonya’nın 2002-2017 yılları

arasında yaklaşık 3,6 trilyon ¥ (33 milyar \$) olan bilim ve teknoloji bütçesi, 2018 yılında 3,8 trilyon ¥ (35 milyar \$)'e 2019 yılında da 4,2 trilyon ¥ (38 milyar \$)'e ulaşmıştır. Bu artışın nedenleri arasında bütçe hesaplamalarında yapılan teknik değişikliklerin etkisi olmakla birlikte artış miktarı Japonya şartlarında akıl almaz bir artış olarak nitelendirilmektedir. Dijital teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması için yapılan harcamalar ve yatırımlar da bu artışın nedenleri arasında yer almaktadır (UNESCO, 2019).

Toplum 5.0'ın temel hedeflerinden olan azalan doğum hızı ve yaşlanan nüfus sorunlarının çözülmesi, büyük ölçekli doğal afetlerin önlenmesi, küresel ısınma gibi çeşitli sorunlara çözüm üretilmesi amacıyla Japon hükümeti tarafından 2018 yılında Moonshot Araştırma ve Geliştirme Programı oluşturulmuştur. Program, bu sorunlara çözüm üretmek için uluslararası AR-GE işbirliğini teşvik etmeyi ve 2050 yılına kadar program kapsamında belirlenen hedeflere ulaşmayı amaçlamaktadır. Program bütçesi Eğitim, Kültür, Spor, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (MEXT) ve Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) tarafından tahsis edilmektedir. 2018 yılı için MEXT tarafından 80 milyar ¥, METI tarafından 20 milyar ¥ olmak üzere 100 milyar ¥ (yaklaşık 900 milyon \$) tahsis edilmiştir. Bu miktar 2018 yılı Japonya GSYH'ının %0,018'ini oluşturmaktadır. 2019 yılında ise program bütçesine MEXT 1,6 milyar ¥, METI 400 milyon ¥ olmak üzere 2 milyar ¥ (yaklaşık 18 milyon \$) tahsis edilmiştir (Cabinet Office, t.y.).

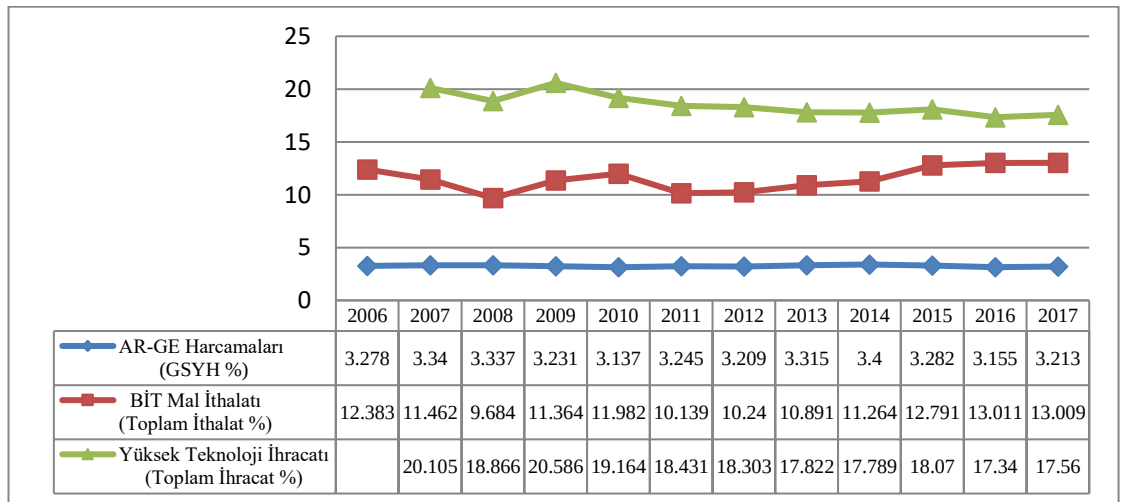
Dördüncü sanayi devrimi ortaya çıkmadan çok önceleri bile ileri bilim ve teknoloji odaklı bir ulus olmayı hedefleyen Japonya AR-GE çalışmalarına son derece önem vermektedir. Bu amaçla Beşinci Bilim ve Teknoloji Planında 2020 yılına kadar GSYH içindeki AR-GE harcamaları oranının %4'e ulaşması hedeflenmektedir. 2017 yılında AR-GE harcamalarının GSYH'ya oranı %3,213 olarak gerçekleşmiştir. Bu oranın %72,4'ü özel sektör, %8,4'ü kamu ve kalanı ise üniversiteler ve diğer kaynaklar aracılığıyla finanse edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında belirlenen hedefe ulaşılması için AR-GE çalışmalarına daha fazla yatırım yapması gerekmektedir (Statistics Bureau of Japan, 2020; Holroyd, 2020: 7). 2006 yılından 2017 yılına kadar genel olarak sabit bir görünüm sergileyen GSYH içindeki AR-GE harcamaları

oranlarıyla Japonya, bilim ve inovasyon alanında dünyanın önde gelen yatırımcıları arasında yer almaktadır.

Ancak Japonya'nın toplam AR-GE harcaması diğer büyük ülkelerle karşılaştırıldığında, ABD ve Çin'in harcama tutarının yarısından daha azdır. AR-GE harcamalarındaki bu düşük miktar Japon hükümetinin bilim ve teknoloji yetenekleri azaltması konusunda endişelerini artırmış ve hükümet, 2019 yılında 8,6 milyar ¥ ile MEXT aracılığıyla Bilimsel Araştırmalar için Yardımlarla (Kakenhi) doğal, sosyal ve beşeri bilimlerde yaratıcı ve öncü akademik araştırmaları desteklemiştir (Nippon.com, 2019). Şekil 3. 4'te Japonya'nın AR-GE harcamaları, BİT mal ithalatı ve yüksek teknoloji ihracatı oranları gösterilmektedir.

Şekil 3. 4.'e göre, 2006 yılında %12, 383 olan BİT mal ithalatı oranı, 2008 yılında küresel mali kriz nedeniyle önemli ölçüde azalmış ve 2015'e kadar dalgalı bir görünüm sergilemiştir. 2015 yılından sonra genel olarak sabit bir oranda görülen BİT mal ithalatı oranı 2017 yılında %13,009 olarak gerçekleşmiştir. 2008 krizinin ardından yükselen ve 2009'da %20,586 oranında gerçekleşen yüksek teknoloji ihracatı ise 2009 yılından sonra sürekli olarak azalma eğilimi sergilemiş ve 2017 yılında 17,56 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 3. 4. Japonya'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)



Kaynak: World Bank Data (2020), "Indicators of Research and Development Expenditure (% of GDP), ICT Goods Imports (% total goods imports), and High-Technology Exports (% of manufactured exports)", (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

Dördüncü sanayi devrimi ortaya çıkmadan önce dünyanın teknoloji devlerinden olan Japonya, dijital dönüşümün hızla yayılmaya başlamasıyla bazı avantajlarını yavaş yavaş kaybetmeye başlamıştır. Özellikle Çin'in teknolojik ilerlemeler kaydederek sanayileşmiş bir ekonomiye dönüşmesi Japonya'nın rekabet gücünün azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte küçülen ve hızla yaşlanan bir nüfusa sahip olması ülke ekonomisinin geleceği ile ilgili kaygılar yaratmaya başlamıştır. Japonya'nın, karşılaştığı bu sorunların üstesinden gelebilmesi ve küresel rekabet gücünü elinde tutabilmesi için Toplum 5.0 stratejisi hedeflerini hızla gerçekleştirmesi ve bu amaçla AR-GE harcamalarını artırması, BİT ve yüksek teknoloji ihracat ve ithalat seviyelerini iyileştirmesi gerekmektedir.

3.1.5. Meksika Örneği

Meksika Ekonomi Bakanlığı (2016: 11)'na göre Meksika, günde 1 milyar \$'dan fazla ihracat yapan birinci sınıf bir üretim merkezidir. Bu ihracatın yarısını üretilen ürünler oluşturmaktadır ve bu ürünlerin büyük bir kısmı oldukça gelişmiş teknolojilerdir. Nitekim Latin Amerika'daki yüksek teknoloji ihracatının %80'inden fazlası Meksika'da üretilmektedir. Bunun yanı sıra uluslararası ticaret anlaşmaları, Meksika Pesosu ve ABD doları arasındaki kolerasyonun sağlanması ve elektronik ve otomotiv endüstrilerinde elde edilen deneyimler imalat sanayinin gelişmesini sağlayarak Meksika'nın bir ihracat platformu olarak ön plana çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Meksika'nın düşük maliyetli iş gücü ve yüksek hacimli üretim kapasitesi ülkenin dünya standartlarında bir üretim merkezi haline gelmesine zemin hazırlamıştır (Liao vd., 2018: 5). İhracata yönelik bir ülke olan Meksika, üretilen mal ticaretindeki konumunu desteklemek için dördüncü sanayi devrimi ile bağlantılı gelişmelere, fırsatlara ve zorluklara büyük önem vermektedir (Speringer ve Schnelzer, 2019: 26).

3.1.5.1. Meksika’da Endüstri 4.0

Meksika, üretilen mal ve hizmetlerin ihracatındaki rekabet gücünü artırmak için nesnelerin interneti üzerinden dijital üretimin sağlanmasına odaklanmaktadır. Bunun yanı sıra ülke genelinde ulusal araştırma laboratuvarları, inovasyon merkezleri gibi AR-GE kümeleri kurularak uzun vadeli, sürdürülebilir ekonomik büyüme için beşeri sermayeye yatırım yapılmakta ve küresel rekabete devam edebilecek sürdürülebilir bir ekonomi inşa edilmeye çalışılmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda 2018 yılı itibariyle Meksika, gelişmiş üretim ve inovasyon teknolojileri ile ilgili 26 eyalette 98’in üzerinde AR-GE merkezine ve ayrıca Endüstri 4.0 teknolojilerine odaklanan 34 endüstriyel kümeye ev sahipliği yapmaktadır (Speringer ve Schnelzer, 2019: 26-28).

Meksika, sahip olduğu bu maliyet rekabetçiliği avantajının yanında fırsatları yakalamak, düşük maliyetin ötesinde yetenekler geliştirmek ve aynı zamanda üretimin geleceğine ilişkin uzun vadeli bir vizyon sağlamak ve bu amaçla Endüstri 4.0 sürecini başlatmak için ulusal hükümet, Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi (CONACYT) ve Ekonomi Bakanlığı gibi kurumlar aracılığıyla araştırma ve geliştirme programları oluşturmuştur. Buna ek olarak Tarım ve Kırsal Kalkınma Bakanlığı (SAGARPA), İletişim ve Ulaştırma Bakanlığı (SCT) ve Enerji Bakanlığı (SENER) gibi diğer kurumlar da ülke ekonomisine fayda sağlayacak inovasyonu teşvik eden Endüstri 4.0 projeleri üzerinde çalışmaya başlamıştır (Garcia, t.y.).

Yapılan çalışmaların ardından Nisan 2016’da 2030 yılına kadar sürecek Geleceği Hazırlama (Crafting the Future) isimli bir yol haritası geliştirilmiştir (Liao vd., 2018: 6). Meksika Ekonomi Bakanlığı tarafından dördüncü sanayi devrimine yönelik hazırlanan bu yol haritası, devlet kurumları, bilim ve akademi kuruluşları, uluslararası BİT şirketleri, çok uluslu şirketler ve ticaret birlikleri ile işbirliği içerisinde tasarlanmıştır. Geleceği Hazırlama stratejisi, yüksek katma değere sahip kimya endüstrisi, havacılık ve uzay ekonomisi ve otomotiv endüstrisi olmak üzere üç stratejik üretim sektöründe daha yüksek düzeyde otomasyon ve dijital üretim yaratmak için yeni teknolojilerin benimsenmesini vurgulamaktadır. Bu odak sektörlerin yanı sıra uzay endüstrisi, enerji sektörü ve lojistik gibi diğer ulusal

endüstriler için de yol haritası önermektedir. Yol haritasında önerilen stratejiler, teknolojik gelişmeler yoluyla üretim sürecinde akıllı fabrikalar kurmaya odaklanmaktadır (Speringer ve Schnelzer, 2019: 27-28).

2016 yılında Nuevo León eyalet hükümeti, bir dizi AR-GE merkezinin geliştirilmesinin yanı sıra yenilikçi ve otomatik teknoloji merkezli gelişmiş bir sanayi üssü oluşturmak ve Geleceği Hazırlama girişimi desteklemek için Nuevo León 4.0 programını başlatmıştır. Nuevo León, Meksika’da bulunan yüksek oranda endüstrileşmiş bir eyalettir. Nuevo León 4.0 girişimi, özel sektör, akademi ve hükümet girişimlerinin birleşmesi ile dünya standartlarında dijital bir platform oluşturularak ileri teknolojiye sahip yeni bir iş ve üretim modeliyle üretim sistemlerinin modernize edilmesi amacıyla kurulmuştur. Nuevo León 4.0 ile gelecekteki sanayi sektörlerinin güçlendirilmesi, yüksek katma değerli endüstriyel kalkınma, istihdam ve iş gücü sağlayarak Meksika ekonomisinin gelişmesi ve Endüstri 4.0 sürecinde Meksika’nın ulusal ve uluslararası rekabette yeniden konumlandırılması hedeflenmektedir⁷.

3.1.5.2. Meksika’da Endüstri 4.0’a Yönelik Harcamalar ve Kamu Harcamaları

Geleceği Hazırlama stratejisi için kamu ve özel yatırım miktarı tam olarak bilinmemektedir. Ancak bu girişim için devlet finansmanı, Bölgesel Bilimsel Teknolojik Gelişme ve Yeniliğin Bölgesel Teşviki Kurumsal Fonu (FORDECYT) ve şehir, eyalet ve federal hükümet kuruluşlarından finanse edilen Karma - Hibrid Fonu’nu (FOMEX) içermektedir. FORDECYT, Meksika araştırmalarını desteklemek, yeni teknolojiler geliştirmek ve iç pazarda yeni iş modelleri uygulamak için 1000 metrekarelik bir araştırma tesisinin kurulmasına 130 milyon Meksika Pezu’su (yaklaşık 6,5 milyon \$) ayırmıştır. Bununla birlikte Intel, Volkswagen, General Electric gibi çok uluslu şirketler, dördüncü sanayi devrimini ilerletmek için Meksika’nın ulusal sponsorları konumunda yer almaktadır. Bu sponsorların,

⁷Kaynak: (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/overview/solid-fundamentals-local-manufacturing-sector-prepares-changes-brought-about-industry-40-and-global>, Erişim Tarihi: 08.05.2020; (Çevrimiçi) <https://globalbusiness-magazine.de/en/nuevo-leon-leader-industry-4-0-mexico/>, Erişim Tarihi: 08.05.2020.

Geleceği Hazırlama projelerinin uygulanmasında önemli finansal katkılar sağlaması ve itici güçler olması beklenmektedir (Speringer ve Schnelzer, 2019: 28).

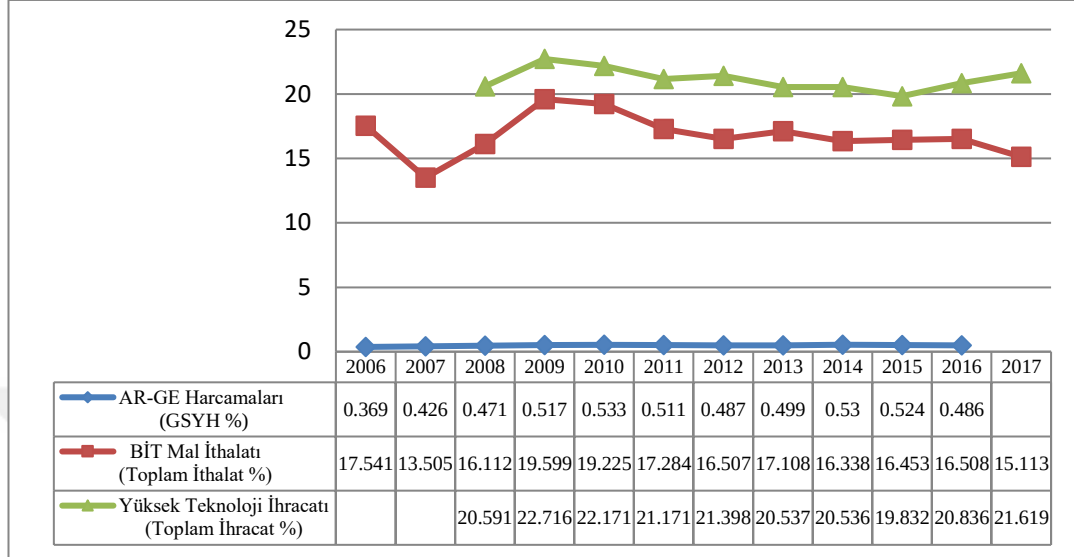
Meksika, uzun zamandır güçlü ve sürdürülebilir bir ekonominin geliştirilmesi için araştırma ve inovasyonun önemini kabul etmektedir. Ancak bugüne kadar AR-GE harcamalarının GSYH'nın %1'ine yükseltilmesi hedefine biraz uzak kalmış, çeşitli programlarla yapılan kamu harcamaları, yeni teknolojilerin ve yenilikçi şirketlerin gelişimini teşvik etmek üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olmuştur⁸. 2006-2017 yılları arasında GSYH içindeki AR-GE harcaması oranının en yüksek olduğu %0,53 oranı 2014 yılında gerçekleşmiştir. Meksika'daki araştırma ve inovasyon harcamalarında diğer ülkelerin aksine sadece %35'i özel sektör tarafından karşılanmaktadır. Devlet, özel sektörü teşvik etmek ve yatırımlarını artırmak amacıyla CONACYT aracılığıyla 2009 yılında Yenilik Teşvikleri Programını kurmuş ve 2009-2014 yılları arasında program kapsamında 40,4 milyar Meksika Pezu'su (2,7 milyar \$) yatırım yapılmıştır. Bu miktarın 18,7 milyar Meksika Pezu'su (1,3 milyar \$) kamu sübvansiyonu olarak tahsis edilmiştir⁹.

Şekil 3. 5'te Meksika'nın AR-GE harcamaları, BİT mal ithalatı ve yüksek teknoloji ihracatı oranları gösterilmektedir. Buna göre, 2006 yılından 2017 yılına kadar sürekli olarak dalgalanmalar gösteren BİT mal ithalatı oranı 2017 yılında %15,113 oranında gerçekleşmiştir. Ancak 2007 yılında bu göstergede yaşanan azalışın sebepleri arasında, Meksika'da görülen yolsuzluk, işsizlik ve doğal afetler yer almaktadır. Meksika'da yüksek teknoloji ihracatı oranı da aynı şekilde yıllar içinde dalgalanmalar sergileyerek 2017 yılında %21,619 oranında gerçekleşmiştir. Bu oranlarla büyük bir ihracat ülkesi olan Meksika, gelişmiş ülkeler arasında öne çıkmayı başarmıştır.

⁸Kaynak: (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/mexico-2017/research-innovation>, 08.05.2020.

⁹Kaynak: (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/overview/innovation-drive-government-efforts-improve-scientific-research-and-link-it-business-creation>, 20.06.2020.

Şekil 3. 5. Meksika'nın AR-GE Harcamaları, BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2017)



Kaynak: World Bank Data (2020), “Indicators of Research and development expenditure (% of GDP), ICT goods imports (% total goods imports), and High-technology exports (% of manufactured exports)”, (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

Dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamak amacıyla hazırlanan çalışmalar ve yapılan harcamalar ile Meksika, dijital teknolojiler geliştirerek üretimde otomasyonu sağlayan bir ülke görünümüne sahip olmaya başlamıştır. Nuevo León 4.0 programı kapsamında yürütülen çalışmalar sonucunda 2017 yılında eyalet nüfusunun yalnızca %4’ü ile Meksika GSYH’sının %8’i kadar katkı sağlanmıştır. Bu kapsamda eyalet, Meksika’nın fiili Endüstri 4.0 merkezi haline gelmiştir. Ülkenin genel görünümüne bakıldığında ise 2017 yılında imalat sektörü, 1.14 trilyon \$ ile Meksika GSYH’sının yaklaşık %16’sını oluşturmuştur. Bu imalat ürünlerinin büyük çoğunluğunu yüksek teknoloji ürünleri oluşturmaktadır. Meksika dünyanın üçüncü büyük bilgisayar ihracatçısı olarak milyarlarca dolar değerinde bilgisayar, telekom ekipmanı ve sağlık ekipmanı olmak üzere yüksek teknoloji ürünleri ihraç etmektedir (Waterfield, 2018).

Gelişmekte olan diğer ülkelere kıyasla yüksek ihracat oranlarına sahip olan Meksika’nın, bu avantajını kaybetmemek ve Endüstri 4.0 sürecinde dijital dönüşümünü tamamlaması önem arz etmektedir. Hâlihazırda önemli çok uluslu

şirketlerin desteğini alan Meksika'nın uluslararası rekabette yerini güçlendirmesi için daha çok AR-GE harcaması yapması gerekmektedir.

3.2. Türkiye’de Sanayileşme ve Kamu Harcamaları

Sanayi devrimlerinin dünya genelinde radikal bir dönüşüm meydana getirdiği açıktır. Yükselen bir ekonomi olarak Türkiye’de bu dönüşümden etkilenen önemli ülkelerden biridir. Türkiye, Cumhuriyet’in ilk yıllarından bu yana üretken bir sanayiye sahip olmayı ekonomik ajandasının en üst sırasına koyan bir ülke konumundadır. Osmanlı Devleti’nin son dönemleri de hesaba katıldığında, Türkiye’nin yaklaşık iki yüz yıllık bir sanayi serüveni bulunmaktadır. Türkiye bu uzun serüven boyunca birçok alanda önemli gelişmeler kaydetmiştir (Gür vd., 2017: 135).

Sanayi devriminin ortaya çıktığı 18. yüzyıl sonlarından itibaren gerek Osmanlı Devleti’nde gerek Cumhuriyet’in ilk yıllarında sanayileşmenin önemi kavranmış, gerekli atılımlar gerçekleştirilmiş ve önemli kamu yatırımları yapılmıştır. Bu bölümde Osmanlı’dan günümüze Türkiye’nin sanayi devrimlerini yakalamak için yaptığı çalışmalar ve harcamalar ele alınacaktır.

3.2.1. Osmanlı Devleti’nde Sanayileşme

Birinci sanayi devriminin gerçekleştiği dönemlerde üç kıtada hükümlanlık süren Osmanlı Devleti ekonomisi, sanayi devrimi ortaya çıkmadan önce dünya genelinde olduğu gibi genel itibarıyla tarımsal faaliyetlere ve küçük zanaatkarlar tarafından yapılan imalat ve ticaret faaliyetlerine dayanmaktadır. Dünyanın tamamını etkileyerek dengelerin değişmesine neden olan sanayi devrimi, Osmanlı Devleti’nin de etkilenmesine neden olmuştur. Osmanlı yöneticileri batıda gelişen bu dinamiğin önemini kavrayarak uyum sağlamak amacıyla 18. yüzyıl sonlarından itibaren nispeten ülkenin ihtiyaçlarını dikkate alan pek çok sanayileşme hamlesi gerçekleştirmiştir. Ancak bu projelerin hayata geçirilmesi için gerekli beşeri ve fiziki sermaye birikiminin yetersiz olması fabrikaların faaliyete geçmesi yaklaşık 30 yıllık bir gecikme ile 19. yüzyılın başlarını bulmuştur (Erdem, 2016: 18-21).

Osmanlı Devleti'nde ilk sanayileşme hamleleri III. Selim ve II. Mahmut dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu dönemlerde görülen sanayileşme hamlelerinin temelinde devlet ve toplum hayatında özellikle de askeri alanda, askerlerin kullanacağı fes gibi kılık-kıyafet ile top tüfek gibi silah imalatına odaklanan bir yapı mevcuttur. Ancak bu politikalar ve kurulan fabrikaların, Batılı ülkelerde olduğu kadar etkin bir kaynak tahsisi ve tedarik zinciri sistemi üzerine kurulmaması nedeniyle sürdürülmesi mümkün olmamıştır (Engin, 2011: 19).

Osmanlı Devleti, Tanzimat fermanının ardından ülke üzerindeki kontrolünü artırmaya başlamış, bu güçle beraber ülkenin imarını devletin ana politikalarından biri olarak belirlemiş ve sanayileşme hamlelerine hızla devam etmiştir. Bu amaçla, Avrupa'dan en son teknolojilerin kullanıldığı makineler ithal edilerek devlet mülkiyetinde bir dizi fabrika tesis edilmiş ve 1830 ve 1840'lı yıllarda büyük çoğunluğu devlet eliyle olmak üzere 160 civarında büyük ölçekli fabrika kurulmuştur. 1840'lı yıllarda sanayi alanına, fabrikaların inşasına ve üretimine toplam bütçe gelirlerinin 1/8'i tahsis edilmiştir. Bu oran 1847-1848 yıllarında 1/8'den 1/6'ya yükselmiştir (Bozdemir, 2011: 20). Devletin imarı ve iktisadi gelişimi için ayrılan bu bütçenin yaklaşık 2/3'ü devlet fabrikalarına tahsis edilmiştir. Bu fabrikaların en önemlileri ise İzmit Çuha Fabrikası, Veliefendi Basma Fabrikası, Zeytinburnu Demir Fabrikası, Feshane ve Hereke Kumaş Fabrikasıdır. Devlet bu fabrikalara işlerlik ve rekabet gücü kazandırmak için bazı önlemler geliştirmiştir. Avrupa'dan getirtilen ustalar ile yerli çalışanlara modern teknolojiler öğretilmeye çalışılmış, Avrupa'ya teknik eğitim almaları için öğrenciler gönderilmiş ve böylece sınaî eğitim desteklenmiştir. İkinci olarak bu fabrikalara devletçe alım önceliği tanınarak fabrikalarda üretilen ürünlerin mevcut olması halinde devlet görevlilerinin başka yerlerden alışveriş yapması yasaklanmıştır. Vergi desteği için ise bu fabrikalara yurtdışından sağlanan her türlü alet, makine, araç ve hammaddelerin tüm vergilerden muaf tutulması sağlanmıştır (Güran, 1992'den aktaran Damalıbağ, 2012: 201).

Osmanlı Devleti, sanayileşmenin temel sorunlarından olan vasıflı işgücü ve sermaye yetersizliğini aşmıştır. Ancak 19. yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren yoğunluk kazanan devlet eliyle sanayileşme girişimi 1860'lı yıllara gelindiğinde

durma noktasına gelmiştir. Bu duruma sebep olan etkenlerin hammadde yetersizliği ve teknoloji üretememek olduğu görülmektedir. İthal sanayi teknolojisi ve büyük kaynak tahsisleriyle kurulan fabrikalara yeterli ve kaliteli hammadde temin edilememesi, fabrikaların işleyebilmesinin önünde bir engel oluşturmuştur. Zaman içinde fabrika teknolojilerinin yenilenmemesi de fabrikaların rekabet güçlerinin azalmasına neden olmuştur. Teknoloji ithal edilerek eski teknolojinin yenilenmesinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle fabrikalar bir süre sonra ya kapanmaya ya da verimsiz ya da yüksek maliyetle de olsa üretime devam ederek sanayileşme için tahsis edilen kaynakları israf etmeye başlamıştır. Teknoloji üretimini gerçekleştirmeden yalnızca ithal teknolojiler ile kurulan fabrikaların ve sanayiye yapılan yatırımların faturası Osmanlı Devleti'ne ağır olmuştur (Kal'a, 2003: 252-253).

Bu durum Osmanlı fabrikalarının yapısının değişmesine ve 1880'lerden itibaren sanayide özel girişimin rolünün artmasına neden olmuştur. 1890'lara gelindiğinde ise hem fabrikaların sayısının artması hem de ülke içinde coğrafi dağılımının çeşitlenmesiyle özel fabrikalar Osmanlı sanayinde itici güç olarak yerini almıştır. Bu durum devletin ülkenin sınırlı finansman kaynaklarını, rekabet gücü zayıf sanayileşme yerine altyapı ve ulaştırma projelerine yönlendirmesini sağlamış ve sanayileşmenin gerçekleştirilmesi için özel sektörü desteklemesinde etkili olmuştur. Bu kapsamda fabrika kurmayı amaçlayan girişimcilere, sınırları ve süresi kesin çizgilerle belirlenmiş bir bölgede fabrikasyon üretim için tekel hakkı tanımıştır. Bu tekel hakkı teknoloji transferi, üretim ve pazarlama süreçlerinde önemli vergi ayrıcalıklarıyla desteklemiştir (Damlıbağ, 2012: 220). Ancak yerel girişimcinin çok az olması ve sermayesiz, deneyimsiz ve yeterli bilgi sahibi olmaması nedeniyle özel teşebbüs ile kurulan fabrikalar yabancıların eline geçmiştir (Seyitdanlıoğlu, 2009: 65). Bu kesim ellerinde bulundukları bu imkânları devletin ve milletin kalkınması için kullanmak yerine çoğunlukla kendi çıkarları uğruna kullanmayı tercih etmişlerdir (Erdem, 2016: 33). Nihayetinde, 19. yüzyıl Osmanlı sanayileşme hamleleri istenilen başarıyı elde edememiş olsa bile, Cumhuriyet dönemindeki milli sanayi yatırımları için büyük bir ilham kaynağı ve tecrübe birikimi olmuştur (Erdem, 2016: 41).

3.2.2. Cumhuriyetin ilk Yıllarından Günümüze Türkiye’de Sanayi ve Teknoloji Gelişmeleri

Cumhuriyetin ilanının ardından ülkemizde her alanda başlayan yatırım faaliyetleri sanayi alanında da görülmüştür. Cumhuriyet kuruluncaya kadar siyasi ve ekonomik baskılarla kan kaybetmeye başlayan Osmanlı sanayisi, Atatürk’ün destekleriyle tekrar hareketlenmiş ve 17 Şubat 1923 yılında İzmir’de I. İktisat Kongresi’nde tekrar gündeme gelmiştir (Doğan, 2013: 212-213). Kongreye katılan sanayici, tüccar, çiftçi ve işçi grubundan delegeler temsil ettikleri iktisadi kesimin sorunlarına yönelik çözüm önerileri sunmuş ve sanayi kesimine yönelik sanayinin teşvik edilmesi, desteklenmesi, güçlendirilmesi ve korunmasına yönelik kararlar alınmıştır.

28 Mart 1927’de çıkarılan Teşvik-i Sanayi Kanunu ile sanayiye olan destek daha da artırılarak özel teşebbüsler yaratılması ve yerli malların üretilmesi amaçlanmıştır. Ancak kanun kapsamında yalnızca büyük işletme olarak kabul edilen, en az 10 beygirlik çevirici güçle çalışan ve yıl içinde en az 1500 işçi çalıştırılan kurumlar bu desteklerden yararlanabilmiştir. Dolayısıyla Teşvik-i Sanayi Kanunu’ndan tüm sanayicilerin faydalanması mümkün olmamıştır (Doğan 2013: 216).

Türkiye’de sanayileşme süreci, 1929 Dünya Ekonomik Bunalımının neden olduğu ortamda büyük bir gelişim göstermiştir. Bu dönemde Türkiye ekonomisi dışa kapatılmış ve sanayileşme kamu girişimlerinin temel amacı olarak belirlenmiştir (Dalgıç, 2015: 96). I. İktisat Kongresinden başlayarak sürdürülen ekonomi politikalarının tatmin edici bulunmaması, devletçi ekonomi politikalarının ve Birinci Beş Yıllık Sanayi Planının gündeme gelmesine neden olmuştur (Yücel, 2015: 17).

1933-1939 yılları arasında özel sektör yerine devletçilik politikası uygulanmasına geçilmiştir. Bu amaçla devlete dayalı sanayileşmeyi gerçekleştirmek için Birinci Beş Yıllık Sanayi Planı’nı 1934 yılında uygulamaya başlamıştır (Doğan, 2013: 216-217). Bu plan çerçevesinde temel hammadde ve yarı mamullerin yurtiçinde üretilmesine, iç tüketimi karşılayabilecek tesislerin kurulmasına ve ileri teknoloji

gerektiren projelere öncelik verilmiştir (Apaydın, 2015: 105). Planda belirlenen yatırımların gerçekleştirilmesi amacıyla 44 milyon lira tahsis edilmiş, ancak 44 milyon lira ile gerçekleştirilmesi planlanan tesisler 100 milyon lira harcanarak tamamlanabilmiştir. Bu plan makro düzeyde hazırlanan bir planı olmamakla birlikte Türkiye'nin sanayileşmesi, kalkınması ve özgüven kazanmasında son derece etkili olmuştur (Yücel, 2015: 36-37).

İkinci Beş Yıllık Sanayi Planı, ilkinde nazaran çok daha geniş bir program olarak hazırlanmış, 100 yeni tesis kurulması öngörülmüş, 112 milyon liralık yatırım yapılması ve 35.000 kişilik istihdam yaratması hedeflenmiştir. Ancak 1939 yılında çıkan II. Dünya Savaşı'nın etkileri savaşa katılmamış olsa bile Türkiye'de son derece etkili hissedilmiştir. Savunma harcamaları nedeniyle yatırımlar bir süre ertelenerek kontrollü adımlar atılmış ve devlet ekonomideki etkinliğini daha fazla artırmak amacıyla sıkı tedbirler almıştır. Bu sebeple İkinci Sanayi Planı yürürlüğe girememiş ve II. Dünya Savaşı boyunca hem ekonomik anlamda hem de sanayileşme anlamında gelişme kaydedilememiştir. (Apaydın, 2015: 105; Yücel, 2015: 41-44).

1950-1960 yılları arasında devletçi politikalar yerine liberal ekonomi benimsenmiş ve buna bağlı olarak dışa kapalılık yerine serbest dış ticaret uygulanmaya başlanmıştır. Tarıma ve dış ticarete dayalı bir ekonomik sistem oluşturularak bu sistemden sağlanacak tasarrufların sanayiye aktarılması amaçlanmıştır. Bu dönemde kamu ve özel girişimcilik arasında denge oluşturmak amaçlanmış ve özel girişime öncelik veren politikalar izlenerek yabancı sermayeye ve özel sektöre önemli teşvikler sağlanmıştır. Bunun sonucunda özel sektörün büyümesi ve dinamizm kazanması mümkün olmuştur. Ancak kamu müdahalesinde bir azalma olmamış, hiçbir KİT özelleştirilmemiş, aksine yeni KİT'ler kurulmuştur. Kurulan KİT'lerle birlikte sanayileşme adına önemli adımlar atılmış olsa da, özel sektör öncülüğündeki sanayileşme ile Türkiye'deki sanayi dağınık bir görünümüne bürünmüştür. İhracat, dış yardımlar, kredi ve yabancı sermaye yatırımları toplamı ihtiyacı karşılayamaz hale gelmiş ve ithalatın % 60 oranında serbestleşmesi dış ticaret açığının artmasına sebep olmuştur (Yücel, 2015: 51-52; Gümüş, 2015: 115).

1960'lı yıllarda ithal ikameci, korumacı politikalara geri dönmüştür. 1960-1980 yılları arasında sanayileşme olgusunun en çok yer aldığı, sanayinin ekonominin lokomotifini olarak görüldüğü ve sanayinin ekonominin ana eksenini oluşturacağı düşüncesinin vurgulandığı planlar uygulanmıştır (Apaydın, 2015: 105). 1962 yılında hazırlanan Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967) ile Türkiye, 1963 yılından itibaren bu planları uygulamaya başlamıştır. Bu plan ile tarım dışında sanayiye ağırlık verilerek sanayi yatırımları hız kazanmıştır. Sanayiye yapılacak teşvikler ve organize sanayi bölgelerinin artırılması amacıyla da her beş yılda bir kalkınma planları hazırlanmıştır (Doğan, 2013: 2017).

1960 yılından günümüze kadar olan süreçte hazırlanan kalkınma planlarının ortak noktası genel olarak sanayileşmenin ön plana çıkarılması olmuştur. Bu planlarda kamu kesiminin ekonomik faaliyetleri de doğrudan düzenlenmiştir. Bu planlar ile sanayileşme aracılığıyla yalnızca üretim artışı değil, aynı zamanda sanayi kesiminin tüketim malları sanayiinden ara malları ve yatırım mallarına doğru bir değişim ve gelişim göstermesi hedeflenmiştir (Apaydın, 2015: 105; Yücel, 2015: 56).

İthal ikameci sanayileşme süresince imalat sanayi katma değerinin ulusal gelir içerisindeki payı 1970'te %15,3 iken 1980 yılında %17,1'e yükselmiştir. Bu dönemde izlenen politikalar sayesinde 1970-1980 yılları arasında GSMH sürekli artış göstermiş ve ekonomik büyüme gerçekleştirilmiştir. Başka bir deyişle, bu dönemde ekonomik büyümenin yaşanmasındaki temel etken, sanayi sektörünün büyümesi ve ekonomide sanayi sektörünün etkisinin artmasıdır (Kepenek ve Yentürk, 2008: 419; Yıldırım, 2006: 11).

1980 yılında 24 Ocak Kararları olarak adlandırılan kapsamlı bir program uygulamaya konulmuş ve bu program ile dış ticareti teşvik eden ihracata dayalı sanayileşme stratejisi benimsenmiştir. Bu sanayileşme stratejisinin temel hedefi ise düşük maliyetle yüksek kaliteli mal üreterek uluslararası alanda rekabet edebilmektir. Program ile sıkı para ve maliye politikalarının uygulanması, ücretlerin baskı altında tutulması, faizlerin yükseltilmesi, kamunun iktisadi faaliyetlerinin kısıtlanması ve özel sektörün desteklenmesi gibi bir takım tedbirler uygulanmıştır. Ancak faizlerin yükselmesi üretim maliyetinin de yükselmesine neden olmuş ve uluslararası

rekabette bazı firmaların bu duruma karşı koyamamaları piyasadan çekilmesine neden olmuştur. İthal mallara olan rağbetin artması da iç piyasayı tehdit etmeye başlamıştır. 1980 sonrası dönemde de sanayi politikaları başarılı olamaması ve sanayi sektörünün gelişmemesi nedeniyle GSMH büyüklüğü gelişmiş ülkelerin 9-10 kat gerisinde kalmış ve yeterli ekonomik büyüme sağlanamamıştır. Bu durum 1980 sonrası sanayileşme politikalarının başarısız olmasına neden olmuştur (Yıldırım, 2006: 12-22).

Osmanlı Devleti'nin sanayileşmesinin önündeki en büyük engel olan teknoloji ve girdi eksikliği ile bu sorunların giderilememesi, Türkiye'nin de sanayileşmesinin önünde engel oluşturmıştır. Bu durum Türkiye'nin imalat sanayi ürünleri ihracatını artıramamasına ve dışa bağımlı bir ekonomik yapı oluşturmaya neden olmuştur (Dalgıç, 2015: 96). Sanayi araştırmasının ve teknoloji üretiminin sıfır olduğu bu dönemlerde TÜBİTAK, dünyadaki dönüşüme uyum sağlamak amacıyla bir bilim politikası hazırlanmasını önermiştir. Bu çerçevede 1981-1983 yılları arasında yürütülen çalışmalar sonucunda Türkiye'nin ilk Bilim Politikası oluşturulmuştur. 1983-2003 Türk Bilim Politikası ile Türkiye'nin gelişmiş ve sanayileşmiş ülkeler arasında yer alan, bilime katkı sağlayabilen, yeni teknolojiler üretebilen ve geliştirebilen ülkeler arasında yer alması amaçlanmıştır. Bilim ve teknolojiye ilerlemenin altın anahtarı olarak görülen AR-GE harcamalarının 1983 yılı için %0,3 olan GSYH'ya oranının, on yıl içerisinde %1'e, yirmi yıl içerisinde de %2'ye çıkarılması hedeflenmiştir. Bu politikada aynı dönemlerde ortaya çıkan üçüncü sanayi devriminin temel bileşenlerinden olan bilgisayar teknolojileri, telekomünikasyon teknolojileri ve elektronik mühendisliği alanlarının desteklenmesine öncelik verilmesi amaçlanmıştır. Ancak ilk defa uluslararası standartlara uygun olarak ayrıntılı bir şekilde uygulamaya hazır edilmiş bu plan hayata geçirilememiştir. Aynı dönemlerde Güney Kore'nin hazırladığı bilim politikası ile Türk Bilim Politikası arasında büyük benzerlikler bulunmaktadır. İki politika arasındaki tek önemli fark Güney Kore'nin hazırladıkları politikaları kararlılıkla uygulaması ve bu sayede bilim ve teknoloji konusunda önemli bir sıçrayış sergilemesidir. (Dağlı ve Oğuztürk, 2018: 1486; Bayraktutan ve Bıdırdı, 2015: 41).

1990'lı yıllarda uygulanan kalkınma planlarında sanayileşmenin, kalkınmanın temel kaynağı olduğuna vurgu yapılmıştır. Sanayi sektörünün optimum kapasitede çalışmasının sağlanması, kısa dönemde üretimi artıracak yatırımların artırılması ve bu sayede verimliliğin ve üretimin artırılması amaçlanmıştır. Planlarda dünya piyasalarına uyum sağlayabilmek amacıyla dışa açık, rekabet gücü yüksek ve ihracata dönük bir sanayi yapısının oluşturulması hedeflenmiştir. Ayrıca AR-GE, teknoloji geliştirme ve üniversite sanayi işbirliği konularına da değinilmiştir (Sungur ve Ünlü, 2016: 1642). Ancak 1990'lı yıllarda ekonomi politikalarında finans piyasalarına ilişkin düzenlemelere öncelik verilmiştir. Bu durum sanayileşme sürecinin devam etmesine rağmen kalkınma planlarının öneminin azalmasına ve yalnızca hedef bağlamında kalmasına neden olmuştur (Tonus, 2007: 193).

Bilimin üretici bir güç haline geldiği ve teknolojik gelişmelerin sanayilerde kullanımının hızla arttığı bu dönemde Türkiye'nin bilim ve teknoloji bakımından ileri ülkeler düzeyine getirilmesi amacıyla, 1993 yılında Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003 yeniden hazırlanmıştır. Politikanın temel hedefleri, 10.000 nüfus başına 7 olan araştırmacı sayısının 15'i aşması; % 0,33 olan GSMH içerisindeki AR-GE harcamaları oranının %1'i aşması; evrensel bilime katkı açısından dünya sıralamasında kırkıncı sırada yer alan Türkiye'nin otuzunculuğa çıkarılması ve ülke AR-GE harcamaları içerisindeki özel sektör payının %18'den %30'a yükseltilmesi olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu hedeflere erişebilmek amacıyla ileri teknoloji malzemeler, bilişim, nükleer teknoloji, uzay teknolojisi ve biyo-teknoloji konularına öncelik verilmesi kararlaştırılmıştır (TÜBİTAK, 1993: 11-12).

Alınan kararların uygulama sonuçları ele alındığında 1990 yılında 7,5 olan 10.000 nüfus başına düşen AR-GE personeli sayısı, 2002 yılında 13,6'ya yükselmiş ve belirlenen hedefe oldukça yaklaşmıştır. 1990 yılında %0,32 iken 1991'de %0,53'e yükselen AR-GE harcamalarının GSYH'ya oranı, 2001 yılında %0,72'ye yükselmiştir. Ancak bu oran muhtemelen ekonomik kriz nedeniyle 2002 yılında %0,67'ye gerilemiş ve 1993'te öngörülen hedefin altında kalmıştır. Bilimsel Atıf Endeksi'nde (Science Citation Index) taranan dergilerde yer alan Fen Bilimleri dalındaki yayınlara göre yapılan dünya sıralamasında, 1980'li yılların sonunda

41'inci gelen Türkiye, TÜBİTAK Uluslararası Bilimsel Yayınları Teşvik Programı ile sıralamasını 22'nciliğe çıkarmıştır. Bu verilere göre Türkiye, dünya yayın sıralamasındaki konumunu, belirlenen hedeften çok daha iyi bir noktaya taşımıştır. AR-GE harcamalarındaki özel sektör payının 1999 yılında %35'e kadar çıkması ile öngörülen hedefe ulaşılmış ancak bu oran, 2002 yılında %26,6 ile son beş yılın en düşük değerine düşmüştür (Göker, 2003: 6-9).

1993-2003 Bilim ve Teknoloji Politikasının ardından, Yedinci Kalkınma Planı içinde yer alan Bilim ve Teknoloji Atılım Projesi (1995) ile dünya ile bütünleşme çalışmaları yapılmıştır. Proje kapsamında Türkiye'nin bilim ve teknoloji yeteneğinin yükseltilmesi hedeflenmiştir. Proje, bu yeteneğin yükseltilmesi için gerekli olan insan işgücünün yetiştirilmesinin yanında eğitim ve öğretim reformu üzerine odaklanmaktadır. Bununla birlikte, üniversite-sanayi işbirliğinin ve burs ve destek programlarının geliştirilmesi, girişimciliğin ve yaratıcılığın özendirilmesi, AR-GE ağının geliştirilmesi ile teknoloji geliştirme bölgeleri ve teknoloji transferine ilişkin politikalar üzerinde de durulmuştur (Dağlı ve Oğuztürk, 2018: 1488).

2000'li yıllara, önceki dönemlerin sanayi mirası olan teknoloji ve sermaye yoğun üretimden uzak, daha çok emek yoğun bir üretime dayalı sanayi tipi ile girilmiştir. Uygulanan politikalardan ders çıkarılması amaçlanmasına rağmen, Türkiye ekonomisi ve sanayi sektöründe beklenen olumlu sonuçlara ulaşamadığı görülmüştür. Nitekim Türkiye'nin temel sektörlerde iktisadi gelişimini tamamlamadan uluslararası rekabete açılması, ülkenin dışa bağımlı bir ekonomi durumuna düşmesine ve kronik dış ve cari açık sorununu çözememesine neden olmuştur. Dahası yüksek enflasyon, işsizlik ve siyasi istikrarsızlıklar nedeniyle 2000'li yıllara krizler eşliğinde girilmiştir (Öcal, 2014: 16).

2001 yılında yaşanan kriz nedeniyle bu dönemde ekonomik girişimler daha dar kapsamlı olarak gerçekleştirilmiş ve az risk politikası uygulanmaya başlanmıştır. İhracat mallarının özellikle Avrupa'ya sunulması hedeflenmiş, ülke içinde bölgeler arası gelişmişlik farklarının giderilmesi amacıyla planlar ve programlar hazırlanmıştır (Doğan, 2013: 223). Bu dönemde teknoloji üreten, AR-GE çalışmalarına önem veren, özgün tasarım ve markalar geliştirerek uluslararası

pazarda yer edinmeyi amaçlayan bir yapı benimsenmiştir. Ayrıca AR-GE desteklerinin artırılması, teknoloji destek ve geliştirme merkezleri, teknoparklar ve teknoloji enstitülerinin kurulmasının desteklenmesi ve sanayinin teknoloji kapasitesinin geliştirilmesi için üniversite-sanayi işbirliğinin yaygınlaştırılması hedeflenmiştir (Sungur ve Ünlü, 2016: 1642). Ancak krizin sanayiye etkileri doğrudan ve dolaylı olarak hissedilmiş ve bu durum yüksek enflasyon, kur riski, dolarizasyon gibi sorunlar nedeniyle sanayi sektöründe yatırımların azalmasına neden olmuştur (Öcal, 2014: 17).

BTYK, 2000’li yılların başında, 2003-2023 yıllarını kapsayacak Bilim ve Teknoloji Politikası’nın hazırlanmasını kararlaştırmıştır. Alınan bu karar doğrultusunda yapılan hazırlıklar sonucu Cumhuriyet’in 100. yılında, Atatürk’ün işaret ettiği muasır medeniyet seviyesine ulaşma hedefi doğrultusunda Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri projesi hazırlanmış ve BTYK’nın 24 Aralık 2001 tarihli toplantısına onaylanmıştır. Proje, bilim ve teknolojiye hâkim, teknolojiyi bilinçli kullanabilen ve teknolojiler üretebilen, teknolojik gelişmeleri toplumsal ve ekonomik faydaya dönüştürme yeteneği kazanmış bir refah toplumu yaratmayı hedeflemektedir. Vizyon 2023 Projesi, Teknoloji Öngörü Projesi, Ulusal Teknoloji Envanter Projesi, Araştırma Bilgi Sistemi (ARBİS) ve TÜBİTAK Ulusal Araştırma Altyapısı Bilgi Sistemi olmak üzere dört alt projeden oluşmaktadır (Yücel, 2015: 94). Projenin temel eksenini oluşturan Teknoloji Öngörü Projesi ve diğer üç alt proje ile birlikte, ülkenin yirmi yıllık bilim ve teknoloji stratejileri şekillendirilmiştir. Bu çerçevede BİT, mekatronik, nanoteknoloji, biyoteknoloji ve gen teknolojileri, üretim süreç ve teknolojileri gibi stratejik teknoloji alanlarında yetkinlik kazanılması için yol haritaları belirlenmiştir (Bayraktutan ve Bıdırdı, 2015: 42).

2002 yılı sonrasında siyasi istikrarın sağlanması ile birlikte makroekonomik göstergelerde yaşanan gelişmelerle ve uygulanan politikalar ile Türkiye ekonomisinde önemli iyileşmeler görülmüştür (Gür vd., 2017: 139). Ancak 2008 yılında yaşanan küresel kriz nedeniyle 2008 ve 2009 yılları tamamen kriz etkisinde geçmiştir. Bu süreçte sanayi sektörü duraklamalar ve gerilemeler yaşamıştır (Doğan, 2013: 227).

Küresel krizin ardından sanayinin gelişmesi ve teşvik edilmesi için Türkiye Sanayi Strateji Belgesi (2011-2014) ve Türkiye Sanayi Strateji Belgesi (2015-2018) olmak üzere iki adet ulusal sanayi stratejisi belgesi açıklanmıştır. 2011-2014 yıllarını kapsayan strateji belgesi ile orta ve yüksek teknolojili sektörlerin üretim ve ihracat içindeki paylarının artırılması, düşük teknolojili sektörlerin katma değeri yüksek ürünlere geçişin sağlanması ve yeteneklerini sürekli geliştirebilen şirketlerin ekonomideki ağırlığının artırılması olmak üzere üç temel stratejik hedef belirlenmiştir. 2015-2018 yıllarını kapsayan strateji belgesinde ise sanayide bilgi ve teknolojiye dayalı yüksek katma değerli yerli üretimin gerçekleştirilmesi, kaynakların etkin kullanıldığı, daha yeşil ve rekabetçi sanayi yapısına dönüşümün sağlanması ve sosyal ve bölgesel gelişmeye katkı sağlayan, nitelikli işgücüne sahip sanayinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Belirlenen bu hedeflere ulaşılması amacıyla gerçekleştirilen AR-GE ve ihracat teşvikleri, KOBİ finansman destekleri, altyapı yatırımları, yerli otomobil ve uçak projesi ve yerli savunma sanayi hamlesi Türkiye’de kapsamlı bir sanayi atılımının yapılması adına olumlu gelişmelerdir. Ancak atılan bu stratejik adımlarda geç kalınması Türkiye’nin sanayi üretiminde teknoloji yoğun üretime tam anlamıyla geçiş yapamamasına neden olmuştur (Gür vd., 2017: 140).

Eylül 2019’da Milli Teknoloji Hamlesi çerçevesinde hazırlanan 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, “Yüksek Teknoloji ve İnovasyon, Dijital Dönüşüm ve Sanayi Hamlesi, Girişimcilik, Beşeri Sermaye ve Altyapı” olmak üzere beş temel bileşenden oluşmaktadır. Strateji kapsamında izlenen çalışmalar sonucunda Türkiye’nin sanayi ve teknoloji alanlarında 2023 hedeflerine ulaşması amaçlanmaktadır.

Cumhuriyet’in kuruluş yıllarından günümüze kadar ekonomik kalkınmanın kilit noktasının sanayileşme olduğunun farkında olan Türkiye, sanayiye yönelik hazırlanan her plan, politika ve strateji belgesinde bu öneme vurgu yapmıştır. Bu belgelerinin her biri Türkiye’nin sanayileşmesinin ve teknolojik ilerlemesinin gerçekleştirilebilmesini sağlayabilecek belgeler olarak hazırlanmıştır. Ancak hazırlanan bu belgelerin bir kısmı siyasi istikrarsızlıklar ve krizler gibi sorunlar nedeniyle uygulanamamıştır. Türkiye’nin bu plan, politika ve strateji belgeleri ile belirlenen hedef ve uygulamaların her birini kararlılıkla yerine getirmiş olması

durumunda, bugün çok daha farklı, teknoloji yoğun ve gelişmiş bir sanayi görünümüne sahip olabileceğini söylemek mümkündür.

3.2.3. Türkiye’de Endüstri 4.0

Cumhuriyet’in ilk yıllarından itibaren ilk Türk Uçağı Vecihi H-6 (1924), ilk yerli motor olan Gümüş Motor (1960), ilk yerli otomobil Devrim (1961), ilk yerli bilgisayarlar Uslu ve Boncuk (1970’li yıllar), ilk yerli cep telefonu Aselsan-1919 (1990’lı yıllar) gibi girişimlerle ve 2000’li yıllarda geliştirilen yerli savaş gemisi Milgem, yerli tank Altay, yerli insansız hava aracı Anka ve yerli eğitim uçağı Hürkuş ile Türkiye’nin yerli sanayi üretimine ve inovasyona ne derece önem verdiği ortaya konulmaktadır (Tiryakioğlu, 2016: 178). Ancak bu gelişmelere rağmen Türkiye bugün Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasında bir konumda yer almaktadır (Eğilmez, 2019: 191).

2011 yılında ortaya çıkan Endüstri 4.0 ile sanayide yaşanan dönüşümün Türkiye’yi de etkisi altına alması kaçınılmazdır. Nitekim Türkiye’nin daha önce yaşanan sanayi devrimlerini kaçırmaması, yaşanan bu dönüşüme daha yakından ilgi göstermesine yol açmaktadır (Dursun ve Şengül, 2018: 70). Ancak henüz üretimde otomasyonun sağlanamadığı ve robotikten yeterince faydalanamayan Türkiye’nin öncelikle üretimde otomasyonu artırması, sonra sensör, uyarıcı vb. teknolojiler aracılığıyla desteklenmesi ve daha sonra siber fiziksel sistemlere geçmesi gerekmektedir (Özhan, 2016: 24).

Dünyanın hızla bilişim teknolojilerini farklı alanlara adapte ederek yeni bir endüstriyel döneme girdiği bu süreçte Türkiye’nin de AR-GE kabiliyetini artıracak ve endüstriyi işbirliğine teşvik edecek büyük adımlar atması gerektiği düşünülmektedir. Zira dördüncü sanayi devrimini de kaçırmaması, gelişmiş ülkelerle arasındaki farkın daha da açılmasına neden olacaktır (Özhan, 2016: 25). Bu durum Türkiye’nin üretimdeki lojistik avantajı ve düşük işgücü maliyetinden doğan avantajlarının yok olmasına neden olacak ve uluslararası rekabette büyük bir dezavantaj yaratacaktır (TÜBİTAK, 2016: 1).

Yeni sanayi devrimine uyum sağlayabilmek amacıyla Şubat 2016’da gerçekleştirilen 29. BTYK toplantısında, Türkiye’nin dördüncü sanayi devrimindeki konumunun güçlendirilmesi, sanayide dijital dönüşümün hızlanması ve yüksek teknoloji üretiminde uluslararası rekabet gücünün artırılmasını sağlayacak akıllı üretim sistemlerine geçilmesine yönelik bazı kararlar alınmıştır. Alınan bu kararlar çerçevesinde yaşanan dijital dönüşümü gerçekleştirmeye elverişli yürütme, uygulama ve izleme modellerinin geliştirilmesi, dördüncü sanayi devriminin temel bileşenlerinde (büyük veri, bulut bilişim, yapay zekâ vb.) yetkinlik kazanılmasına yönelik hedef odaklı AR-GE çalışmalarının artırılması ve bu teknolojilerin yerli firmalar tarafından üretilmesine olanak sağlayacak teşvik ve destek sistemlerinin gözden geçirilmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır (BTYK, 2016).

Alınan karar kapsamında, 2016 yılında TÜBİTAK tarafından hazırlanan “Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri yol Haritası” ile dördüncü sanayi devrimine hazırlık yapılmaya başlanmıştır. Hazırlanan yol haritası ile Dijitalleşme, Etkileşim ve Geleceğin Fabrikaları olmak üzere 3 teknoloji grubunda 8 kritik teknoloji, Türkiye’nin küresel seviyeyi yakalaması ve üzerine geçmesi amacıyla 10 stratejik hedef ve 29 kritik ürün belirlenmiştir (TÜBİTAK, 2016: 5-6). Yol haritasında belirtilen bu teknolojiler, hedefler ve ürünlerle birlikte sektörel uygulamalar, teknik özellikler ve bunların geliştirilmesine yönelik AR-GE projeleri de belirlenerek bir taslak oluşturulmuştur. Bu taslak ile Türkiye’nin dijital dönüşümünün tamamlanması ve dördüncü sanayi devriminin önemli aktörlerinden biri olması hedeflenmiştir.

Türkiye’deki farklı kurum ve kuruluşlarca yürütülen Endüstri 4.0 çalışmalarının tek bir çatı altında toplanması amacıyla 2016 yılı sonlarında Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından “Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu” kurulmuştur. Bu platform yapısı itibarıyla Almanya’nın Endüstri 4.0 Platformu’na benzemektedir. Platformun amacı, sanayinin rekabet gücünün artırılması ve sürdürülebilir kılınması, akıllı üretim sistemlerinin hayata geçirilmesi, üretimde verimliliğin artırılması, işgücü niteliğinin devamlı olarak iyileştirilmesi, üretim sisteminin tüm aşamalarında teknolojinin kullanılması için gerekli politikaların oluşturulması ve hayata geçirilme sürecinde tüm paydaşlar arasında etkili iş

birliğinin sağlanması olarak belirlenmiştir. Platform dâhilinde Sanayi’de Dijital Teknolojiler, İleri Üretim Teknikleri, Açık İnovasyon, Eğitim, Altyapı ve Standardizasyon, Mevzuat ve Patent başlıklarıyla altı çalışma grubu oluşturulmuştur (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 38-39).

3.2.3.1. Dijital Türkiye Yol Haritası

Türkiye’nin dördüncü sanayi devrimi girişimi, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın yaptığı çalışmalar sonucunda hazırlanan “Türkiye’nin Sanayi Devrimi Dijital Türkiye Yol Haritası”, 2018 yılı ortasında netleşmiş ve ilan edilmiştir. Dijital Türkiye Yol Haritası hazırlanırken ülke sanayinin ileri teknoloji üretim kapasitesini artırmak, yerli ve katma değeri yüksek ürünlerin küresel pazarlara entegre edilmesini sağlamak amacıyla Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı başlatılmış ve bu kapsamda sanayi zirveleri düzenlenmiştir. Bu zirvelerde, öncelikle büyüme potansiyeli, ülkeye katkısı, mevcut durum ve gelişme potansiyelleri değerlendirilerek yedi odak sektör belirlenmiştir. Bu sektörler motorlu kara taşıtları, elektronik ve yarı iletkenler, makine ve teçhizat, kimya ve ilaç, gıda ve içecek, çelik sanayi ve bilişim ve yazılım sektörleridir (BTSTB, 2018b: 13).

Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı ile 10 yılda odak sektörlerden 87 milyar \$ ilave katkı ile toplamda 300 milyar \$ sanayi katma değerine ulaşmak, yüksek teknoloji ürün payını %3’ten %15’e çıkarmak ve 8,1 milyon kişiye istihdam sağlamak hedeflenmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülke için oldukça maliyetli olan dijitalleşme sürecinin devlet desteği olmaksızın gerçekleştirilmesi zordur. Bu nedenle program kapsamında devlet, kamuda yerli malı alımına yönelik destekler, araştırma geliştirme ve tasarım faaliyetlerine yönelik damga vergisi istisnası, vergi indirimi, sigorta prim desteği gibi destekler, endüstri bölgelerinin desteklenmesi ve teşviki ve sanayi işbirliği programları ile Türkiye’nin dijitalleşme sürecini hızlandırmayı amaçlamaktadır (BSTB, 2018b: 16-17).

Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı sonrasında 10 yıllık bir perspektifte hazırlanan Dijital Türkiye Yol Haritasının ilk iki yılı kısa vadede gerçekleştirilecek eylemlerden ve imalat sanayinde dijital dönüşüme ivme kazandıracak somut adımlardan oluşmaktadır. 3-5 yıllık orta vadede, başta odak

sektörlerde ve seçili teknolojilerde olmak üzere Türkiye'nin dijitalleşme konusundaki açığını kapatmaya odaklanılmaktadır. 6-10 yıllık uzun vadede ise dijitalleşme sürecinde belirli sektör ve teknolojilerde bölgesel veya küresel lider olmak amaçlanmaktadır. Bu yol haritası yalnızca sanayinin dijital dönüşümü olarak değil aynı zamanda toplumun da dönüşümünü hedefleyen bir program olarak hazırlanmıştır. Bu hedefler doğrultusunda hazırlanan yol haritasının altı temel bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenler “insan, teknoloji, altyapı, tedarikçiler, kullanıcılar ve yönetişimdir” (BSTB, 2018a: 17).

Dördüncü sanayi devriminin temeli olan dijitalleşme yalnızca imalat süreçlerinde ve sanayilerde son teknoloji dijital ürünlerin kullanılması ile mümkün olacak bir olgu değildir. Dijital dönüşüm sürecinin başarılı bir şekilde tamamlanması için teknolojik gelişmelerin yanında birkaç kritik noktanın da ele alınması gerekmektedir. Bu kritik noktaların başında hem dijitalleşme sürecini yöneten hem de bu süreçten etkilenen “insan” gelmektedir. Dijitalleşme sürecinin tamamlanması için nitelikli işgücünün yetiştirilmesi ve mevcut işgücünün bu sürece adapte edilmesini sağlayacak eğitim altyapısının düzenlenmesi son derece önemlidir. Bununla birlikte dijital dönüşüm ile birlikte istihdam yapısında önemli değişiklikler yaşanacak ve insan emeğine dayalı bazı meslekler yok olurken bilgi teknolojileri yoğun yeni meslekler ortaya çıkacaktır.

Yol haritasının ikinci temel bileşeni, dijital dönüşümün tamamlanmasını sağlayacak teknoloji altyapısının oluşturulmasını hedeflemektedir. Üçüncü bileşen olan altyapı ile de dijitalleşme sürecinde sanayinin ihtiyaç duyacağı veri altyapısının güçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Tedarikçiler bileşeninin temel amacı, ulusal teknoloji tedarikçilerinin yetkinliklerinin geliştirilmesi ve böylelikle dijital dönüşüm sürecinde imalat sanayinin ihtiyaçlarını ve taleplerini karşılayacak, seçili teknoloji alanlarında küresel pazarda söz sahibi olabilecek, dünya devi teknoloji şirketlerinin kurulmasını sağlamaktır. Kullanıcılar bileşeni, işletmelerin (kullanıcıların) dijital teknolojileri daha etkin bir şekilde kullanabilmelerine olanak sağlayacak faaliyetleri içermektedir. Son olarak yönetişim bileşeninin temel amacı ise dijital dönüşüm sürecini yönlendirecek ve paydaşlar arasında koordinasyonu sağlayacak etkin bir yönetişim altyapısının oluşturulmasıdır. Nitekim diğer beş bileşen kapsamında

belirlenen hedefler doğrultusunda belirlenecek projelerin kurumsal bir çatı altında organize edilmesi gerekmektedir (BTSB, 2018a: 18-21).

Yol haritasında belirlenen bu hedefler kapsamda insan bileşeni için dijital teknoloji eğitimi verecek teknik kolejler, sürekli eğitim merkezlerinin kurulması ve dijital teknoloji alanında verilecek eğitimlerin artırılması ve yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Teknoloji bileşeninde, AR-GE faaliyetlerinin artırılması, araştırma merkezlerinin kurulması, dijital yenilik proje sayısının artırılması gibi teknoloji altyapısı oluşturmaya yönelik hedefler belirlenmiştir. Altyapı bileşeni için veri iletişim altyapısının güçlendirilmesi, veri hızının artırılması, siber güvenlik ve veri güvenliğinin sağlanması ve ilk ulusal endüstriyel bulut platformunun kurulması hedeflenmiştir. Tedarikçiler bileşeni için yerli dijital teknoloji firmalarının envanterinin çıkarılması ve bu tedarikçilerin ürün ve hizmetlerinin müşteriye erişiminin desteklenmesi, tedarikçilerin teknoloji edinim ve geliştirme imkânlarının güçlendirilmesi hedeflenmiştir. Kullanıcılar için dijital dönüşüm merkezlerinin açılması, dijital dönüşüm danışmanlarının yetiştirilmesi ve dijital dönüşüm destek programlarının oluşturulması hedef olarak belirlenmiştir. Son olarak yönetim bileşeni için önemli bir yere sahip olan Sanayide Dijital Dönüşüm Platformunun kurumsallaştırılması planlanmıştır (BTSB, 2018a: 18-21).

Dördüncü sanayi devriminde dijitalleşme sürecinin tüm gerekliliklerinin ayrıntılı olarak ele alındığı Dijital Türkiye Yol Haritası ile altı temel bileşen kapsamında gerçekleştirilmesi gereken önemli adımları belirleyerek Türkiye'nin dijital dönüşüm vizyonu hazırlanmıştır. Belirlenen hedeflere ulaşılması ve dijital dönüşüm sürecinin başarılı bir şekilde tamamlanması halinde, Endüstri 4.0 aracılığıyla kazanılacak rekabet avantajı, sanayi üretiminde yıllık yaklaşık %3'e kadar bir artış yaratacaktır. Bu büyüme Türkiye GSYH'sında %1 ve üzeri ek bir büyüme ve 150-200 milyar TL değerinde ek gelir sağlayarak ekonomik büyümenin gerçekleşmesine zemin hazırlayacaktır. Bu süreçte Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim süreçlerine dâhil edilmesi için önümüzdeki 10 yıllık süreçte yılda yaklaşık 10-15 milyar TL yatırım yapılması gerekmektedir (TÜSİAD ve BCG, 2016: 14). Yol haritası kapsamında belirlenen hedeflere ulaşılması ve dijital teknolojilerin

geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan finansman kamu tarafından AR-GE harcamaları, destekler ve teşvikler yoluyla sağlanmaktadır.

3.2.3.2. Dijital Dönüşüm Ofisi

Dördüncü sanayi devrimi ile gelişmeye başlayan teknolojilerin ardından Türkiye’de farklı kurumlarca ayrı ayrı yürütülen e-devlet uygulamalarının, yapay zekâ, büyük veri, siber güvenlik gibi çalışmalarının tek bir çatı altında toplanması ve kamu sektörünün dijital dönüşümünün hızlandırılması için 10 Temmuz 2018 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi kurulmuştur. 30474 sayılı Resmi Gazete’de, 1 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi kapsamında kurulan Dijital Dönüşüm Ofisi’nin görevleri “kamunun dijital dönüşümüne öncülük etmek, kamuda dijital dönüşüm yol haritası hazırlamak, kamu, özel sektör, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarını arasındaki işbirliğini geliştirerek dijital dönüşüm ekosistemini oluşturmak ve bunların bu sürece katılımını teşvik etmek, kamuda büyük veri, yapay zekâ, siber güvenlik çalışmalarına öncülük etmek ve koordinasyon sağlamak, yerli ve milli dijital teknolojilerin kamuda kullanımının artırılmasına yönelik projeler geliştirmek” şeklindedir (Resmi Gazete, 2018). Dijital Dönüşüm Ofisi’nin teşkilat yapısı sekiz daire başkanlığı ve hukuk müşavirliğinden oluşmaktadır. Şekil 3. 6.’da bu hizmet birimleri ve bu birimlerin görevleri açıklanmaktadır.

Şekil 3. 6. Dijital Dönüşüm Ofisi Hizmet Birimleri ve Görevleri

Dijital Dönüşüm Koordinasyon Dairesi Başkanlığı	• Kamuda dijital dönüşüm yol haritasını hazırlamak ve dijital dönüşüm ekosistemini oluşturmak, kamu kurumlarında dijital dönüşüm çalışmalarını geliştirmek, yürütmek ve koordine etmekle görevlidir.
Dijital Teknolojiler, Tedarik ve Kaynak Yönetimi Dairesi Başkanlığı	• Kamunun dijital dönüşümü kapsamında öncelikli sektörleri ve alanları belirlemek, kamu hizmetlerinde dijital teknolojilerin kullanımına yönelik çalışmalar yürütmek ve bu teknolojilerin maliyet etkin bir şekilde tedarik edilmesini sağlamakla görevlidir.
Dijital Uzmanlık, İzleme ve Değerlendirme Dairesi Başkanlığı	• Kamu kurum ve kuruluşlarının uyması gereken ulusal ve uluslararası standartları belirlemek ve uygulanmasını koordine etmek ve bu standartlar doğrultusunda hazırlanacak BİT projelerinin planlanması ve yürütülmesine teknik destek sağlamakla görevlidir.

Siber Güvenlik Dairesi Başkanlığı	• Ulusal siber güvenlik ve bilgi güvenliğini destekleyecek projeler geliştirmek ve bunların ülke çapında uygulanmasına yönelik çalışmalar yapmakla görevlidir.
Büyük Veri ve Yapay Zekâ Uygulamaları Dairesi Başkanlığı	• Kamuda büyük veri teknolojilerinin ve yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi ve etkin olarak kullanılmasını sağlamak, büyük veri analitiği, güvenliği ve mahremiyeti çalışmalarını yürütmekle görevlidir.
Uluslararası İlişkiler Dairesi Başkanlığı	• Dijital dönüşüm kapsamında uluslararası kuruluşlar ve ülkelerle ilişkileri yürütmek, ülkemizi temsil etmek ve koordinasyonu sağlamakla görevlidir.
Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı	• Dijital Dönüşüm Ofisinin bilgi ve iletişim teknolojilerinin ve siber güvenliğinin sağlanmasına yönelik çalışmalar yürütmekle görevlidir.
Yönetim Hizmetleri Dairesi Başkanlığı	• Dijital Dönüşüm Ofisinin insan kaynaklarını yönetmek, personel eğitimi faaliyetlerini yürütmek ve mali işlerle ilgili hizmetler yürütmekle görevlidir.
Hukuk Müşavirliği	• Dijital dönüşüm çerçevesinde ihtiyaç duyulan düzenlemeler kapsamında mevzuat çalışmalarının koordinasyonunu sağlamakla görevlidir.

Kaynak: DDO (2020). “Hizmet Birimlerimiz ve Görevleri”, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/hizmet-birimlerimiz/>, 07.08.2020 kaynağından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile koordineli olarak çalışan Dijital Dönüşüm Ofisi, kamu kurumlarının dijital dönüşümünü sağlamaya çalışmakta ve böylece kamu hizmetlerinin hızlandırılıp bürokrasi süreçlerinin azaltılmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda ilk olarak eğitim altyapısını geliştirmeye odaklanması ve üniversitelerde dijital teknolojilerin geliştirilmesine yönelik programların artırılması, 30.000’e yakın öğrencinin dijital teknoloji alanında doktora yapması, dijital yetkinliklere sahip işgücünün sanayi ile buluşturulması için özel teşvikler sağlanması gibi çalışmalar yürütülmektedir (Yankın, 2019: 16).

2019 yılında merkezi yönetim bütçesinden hazine yardımları kapsamında Dijital Dönüşüm Ofisi’nin başlangıç ödeneği 70 milyon TL olarak belirlenmiştir.

2020 yılında ise bu miktar 80.5 milyon TL olarak belirlenmiştir. Ofisin henüz iki yıl faaliyet göstermesi nedeniyle yapılan harcamaların etkinliğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi zordur.

3.2.3.3. Bilişim Vadisi

ABD'nin Silikon Vadisi'nden esinlenerek 16.08.2012 tarihinde kurulan Bilişim Vadisi (Muallimköy Teknoloji Geliştirme Bölgesi), Türkiye'nin dijital dönüşümünü sağlamayı hedefleyen en büyük tematik teknoloji geliştirme bölgesidir. Bilişim Vadisi'nin paydaşları TÜBİTAK, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi, Türk Patent ve Marka Kurumu, Türk Standartları Enstitüsü, TOSB, KOSGEB, İstanbul Ticaret Odası, Kocaeli Sanayi Odası, Kocaeli Ticaret Odası, Gebze Ticaret Odası, İstanbul Sanayi Odası, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'dür. 2012 yılında kurulan Bilişim Vadisi'nin temelleri mayıs 2015'de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı himayesinde atılmıştır (TGBD, 2020; Bilişim Vadisi, t.y.: 2-6). 3 milyon metrekare alanda beş etap olarak kurulması planlanan vadinin 200 bin metrekarelik birinci etabı tamamlanmıştır. Merkezi Bilişim Vadisi içerisinde bulunan Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu'nun (TOGG) 2019 yılı sonunda ilk yerli ve milli otomobilin tanıtımını yapmasının ardından Bilişim Vadisi'ndeki firmaların sayısı 79'dan 112'ye yükselmiştir.

Bilişim Vadisi'nin bilişim ve ilgili sektörlerin gelişimini sağlaması, bu sektörlerdeki firmalar için bir cazibe merkezi olması ve sektörün bütün alt dalları ile işbirliği içerisinde çalışabileceği bir merkez üs olması hedeflenmektedir. Ayrıca Microsoft, Huawei gibi büyük firmalarla Türkiye'deki firmaların işbirliği kurmasını sağlayan bir teknoloji transfer merkezi olması amaçlanmaktadır (MARKA ve Bilişim Vadisi, 2019: 31-49). Bu kapsamda, başta bilişim teknolojileri olmak üzere yazılım, robotik, telekomünikasyon ve elektrik- elektronik vb. alanlarda AR-GE çalışmaları yürüten bütün firmalara ev sahipliği yapmaya hazırdır (TGBD, 2020).

Bilişim Vadisi'nde faaliyet gösteren firmalara önemli vergisel avantajları sağlanmaktadır. Bu avantajlar, firmaların damga vergisinden muaf tutulması ve 12 yıl süreyle %100 KDV muafiyetine tabi olması, çalışanlara %100 gelir vergisi indirimi uygulanması ve personelin sigorta primlerinin %50'sinin devlet tarafından

karşılanması ve bu firmaların 2023 yılına kadar yürüttükleri AR-GE ve teknoloji geliştirme çalışmaları nedeniyle gelir ve kurumlar vergisinden muaf tutulması şeklindedir (MARKA ve Muallimköy Teknopark A.Ş., 2013: 5).

Bilişim Vadisi'nin bütçesi ve finansman miktarı ile ilgili net bir bilgiye ulaşılmamıştır. Ancak Bilişim Vadisi'nin teknoloji tabanlı girişimciliğin de merkezi haline gelmesi ve otomasyon, robotik, siber güvenlik, nesnelerin interneti, haberleşme ve finans gibi alanlarda da faaliyet göstermesi amacıyla 100 milyon TL tutarında bir Girişim Sermayesi Yatırım Fonu kurulması planlanmaktadır.

3.2.3.4. Türkiye’de Endüstri 4.0’ın Gelişimine Katkı Sağlayan Kurumlar

Türkiye’de bilim, sanayi, teknoloji ve bilgi iletişim alanlarında faaliyet gösteren, TÜBİTAK, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı hazırladıkları plan ve projeler, gerçekleştirdikleri faaliyet ve çalışmalar ile doğrudan ve dolaylı olarak Endüstri 4.0’ın gelişimine katkı sağlamaktadırlar. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın¹⁰ Endüstri 4.0 kapsamında görevleri kısaca sanayi ve teknolojiye yönelik araştırma, geliştirme ve yenilikçilik program ve projeleri hazırlamak, bu kapsamda gerçekleştirilecek faaliyetleri ve yatırımları desteklemek, politikalar belirlemek ve bu konularda düzenleme ve denetleme yapmaktır (Resmi Gazete, 2011).

Kuruluşundan bu yana Türkiye’nin sanayileşmesini geliştirmek ve hızlandırmak amacıyla faaliyet gösteren bakanlık, bu çerçevede kalkınma planlarını hazırlamak, sanayi politikaları ve stratejilerini belirlemek ve sanayi, bilim ve teknoloji alanlarının gelişmesine yönelik faaliyet ve yatırımları desteklemekle görevlidir. Dördüncü sanayi devriminin başlamasının ardından dijital teknolojilerin gelişimine daha çok önem veren Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Türkiye’nin Endüstri 4.0’a yönelik çalışmalarını hızlandırmıştır. Bakanlık bu kapsamda

¹⁰ 1939 yılından 2011 yılına kadar Sanayi ve Ticaret Bakanlığı adıyla anılan bakanlık, 03.06.2011 tarihli 635 sayılı KHK ile Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olarak değiştirilmiştir. Anayasa değişikliğinin ardından 09.07.2018 tarihli ve 703 sayılı KHK’ya göre Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ismi değiştirilerek Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olmuştur (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020a).

Türkiye'nin dijital dönüşümünü gerçekleştirmesini sağlamak amacıyla hazırlanan hemen her çalışmada faaliyet göstermekte ve bu çalışmalara destek sağlamaktadır.

TÜBİTAK, kurulduğu 1963 yılından itibaren Türkiye'de bilim ve teknolojinin teşvik edilmesi, akademik ve endüstriyel araştırma geliştirme çalışmalarının ve yeniliklerin desteklenmesi, Türkiye'nin Bilim ve Teknoloji politikalarının belirlenmesi gibi görevleri yerine getirmekte ve çalışmalar sürdürmektedir (TÜBİTAK, 2020a). Bu kapsamda TÜBİTAK, Türkiye'de AR-GE, inovasyon, bilim ve teknolojinin olduğu her alanda faaliyet gösteren önemli kuruluşlar arasında ilk sırada yer almakta ve bu faaliyetlere önemli destekler sunmaktadır. Yapılan çalışmalar ve sağlanan destek ve muafiyetler ile TÜBİTAK, GSYH içindeki AR-GE harcamaları oranının artmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Gerçekleştirilen faaliyetler ve sağlanan destekler aynı zamanda Endüstri 4.0 sürecinde Türkiye'nin dijital dönüşümünü tamamlaması açısından büyük önem arz etmektedir.

Teknoloji alanında çalışmaların yapıldığı bir diğer kurum olan ve Düzenleyici ve Denetleyici Kurumlar arasında yer alan Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), elektronik haberleşme sektöründe düzenleme ve denetleme yaparak etkin bir şekilde rekabetin sağlanmasını, tüketici haklarının korunmasını, ülke genelinde faaliyet alanıyla ilgili hizmetlerin yaygınlaşmasını, kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını, alanıyla ilgili teknolojik gelişmelerin ve yeni yatırımların sağlanmasını amaçlamaktadır (Gürkan, 2013: 337). BTK, doğrudan dördüncü sanayi devriminin gelişimine yönelik faaliyetler göstermemektedir. Ancak bilgi ve iletişim teknolojileri, telekomünikasyon, siber güvenlik gibi teknoloji alanlarında faaliyet göstererek ve çalışmalar yürüterek Türkiye'nin dijital teknoloji altyapısının oluşturulması dolaylı olarak katkı sağlamaktadır.

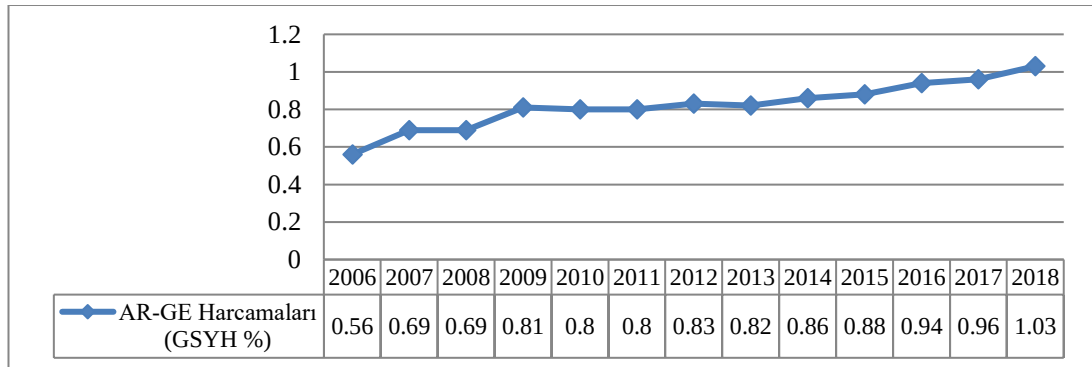
3.2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi Kapsamında Türkiye'de Kamu Harcamaları

Türkiye'nin mevcut sanayi teknoloji ekosistemi ile küresel teknolojik dönüşümü yakalayabilmesi için belirli alanlarda gelişim sağlaması gerekmektedir.

AR-GE yatırımları bu gelişimin sağlanması için gereken en önemli noktalardan biridir. Artan devlet teşvikleri, dışa açılmanın vermiş olduğu rekabet baskısının etkisi ve hazırlanan politikalar ve stratejiler ile Türkiye’de AR-GE alanlarına tahsis edilen kaynaklar ve bu alanlarda istihdam edilen personel sayıları son zamanlarda ciddi bir artış göstermiştir. Bu açıdan Türkiye’de kamu kesiminin AR-GE’ye ilgisi de her geçen gün artmaktadır (Dursun ve Şengül, 2018: 71; Gür vd., 2017: 144).

Sanayileşmenin ve dijital dönüşümün sağlanması için AR-GE yatırımlarını artırması gerektiğinin farkında olan Türkiye, uzun zamandır sanayileşmenin sağlanması için geliştirdiği politikalar, stratejiler ve planlarda AR-GE harcamalarının artırılmasını hedeflemektedir. Bu süreçte 2006 yılında %0,56 olan AR-GE harcamaları oranı belirlenen hedeflere ulaşılmasa da genel olarak artış eğilimi sergileyerek 2018 yılında %1,03 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3. 7.). Ancak bu oranların diğer ülke oranları ile karşılaştırıldığında yeterli olmadığı görülmektedir. Ayrıca 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi’nde, 2023 yılına kadar GSYH içindeki AR-GE harcaması oranını %1,8’e çıkarmayı ve 2023 yılında dünyanın önde gelen 10 ekonomisi arasına girmeyi hedefleyen Türkiye’nin, bu hedefe ulaşabilmesi için çok daha fazla AR-GE yatırımı yapması gerekmektedir.

Şekil 3. 7. Türkiye’nin GSYH içindeki AR-GE Harcamaları Oranı (2006-2018)



Kaynak: TÜİK (2020), “Araştırma Geliştirme Faaliyet İstatistikleri”, (Çevrimiçi) http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1082, Erişim Tarihi: 20.05.2020

Dijital Türkiye Yol Haritasının uygulanmaya başlandığı 2018 yılında yapılan 38 milyar 534 milyon TL AR-GE harcamasının 13 milyar 24 milyon TL’si merkezi

yönetim bütçesinden karşılanmıştır. 2019 yılı merkezi yönetim bütçesinden AR-GE için 15 milyar 597 milyon TL başlangıç ödeneği tahsis edilmiştir (TÜİK, 2019).

Türkiye’de faaliyet gösteren Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK ve BTK’nın yapmış olduğu harcamalar, dijital teknolojilerin geliştirilmesi ve Türkiye’nin dijital dönüşümünün tamamlanmasına yönelik olarak gerçekleştirildiği için dördüncü sanayi devrimi kapsamında yapılan kamu harcamaları arasında değerlendirilebilmektedir. Bu kurumların dördüncü sanayi devriminin ortaya çıktığı 2011- 2019 yılları arasında yapmış olduğu harcamalar Tablo 3. 5’de gösterilmektedir.

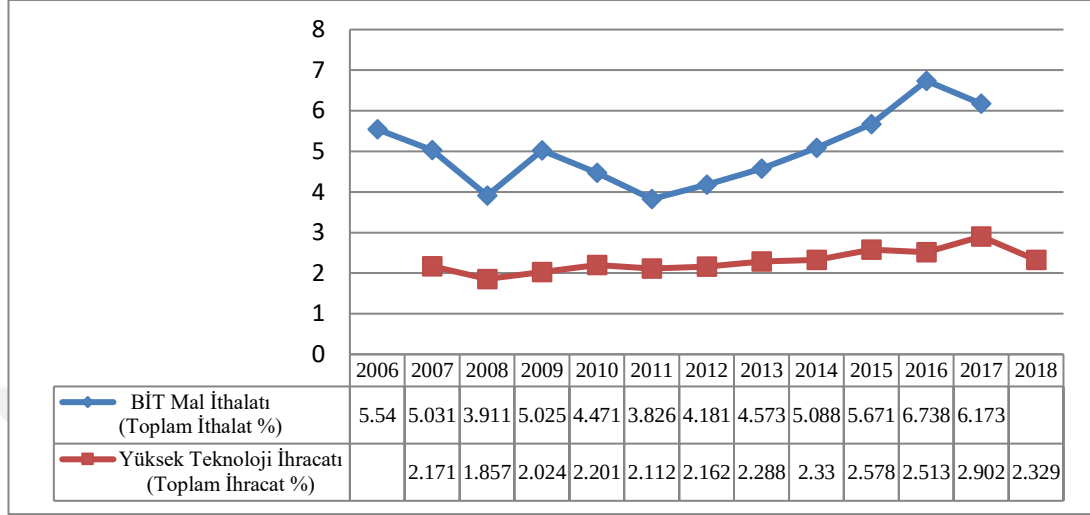
Tablo 3. 5. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK ve BTK’nın 2011-2019 Bütçe Giderleri (Bin TL)

	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK	BTK
2011	677,957	1.413,611	1.364,000
2012	2.491,364	1.561,970	1.525,000
2013	2.454,561	2.176,376	1.723,000
2014	2.684,744	2.439,738	2.002,000
2015	3.410,170	3.179,413	2.266,000
2016	4.460,633	3.250,685	2.608,000
2017	5.848,486	3.475,906	2.744,000
2018	6.777,150	4.804,257	3.763,000
2019	9.214,084	5.219,082	4.697,000

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2020b). “2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/faaliyet-raporlari>, TÜBİTAK (2020b). “2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.tubitak.gov.tr/tr/icerik-faaliyet-raporlari>, BTK (2020). “2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.btk.gov.tr/faaliyet-raporlari>, 23.06.2020.

Bahsi geçen kurumlar, bilim, sanayi ve teknoloji alanlarında harcama yaparak doğrudan ya da dolaylı şekilde dördüncü sanayi devrimine yönelik harcama yapmaktadırlar. Bu harcamalar Türkiye’nin dijital teknoloji altyapısının oluşturulmasında, özel sektörün AR-GE çalışmalarının desteklenmesinde ve dijital dönüşümün hızlandırılmasında son derece etkili olmuştur.

Şekil 3. 8. Türkiye'nin BİT Mal İthalatı ve Yüksek Teknoloji İhracatı Göstergeleri (2006-2018)



Kaynak: World Bank Data (2020), “Indicators of ICT Goods Imports (% total goods imports), and High-Technology Exports (% of manufactured exports)”, (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 30.03.2020

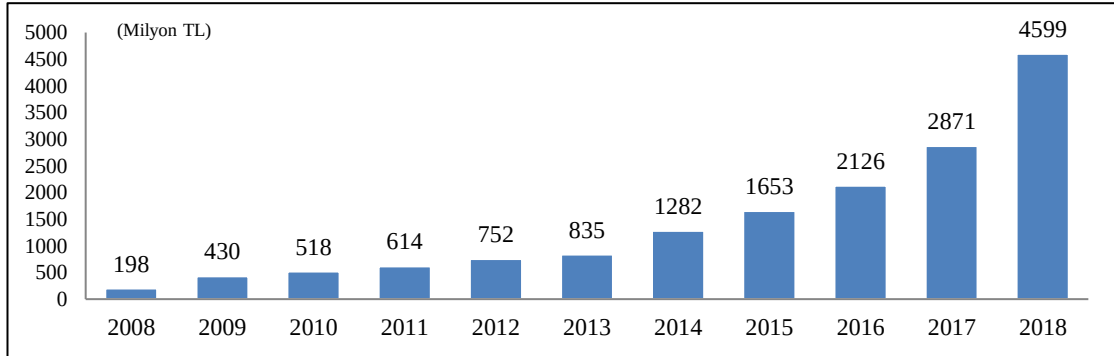
Şekil 3. 8.'de Türkiye'nin bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatı ile yüksek teknoloji ihracatı oranları gösterilmektedir. Buna göre en güncel veriler BİT mal ithalatı oranları için 2017, yüksek teknoloji ihracatı oranları için ise 2018 yılına kadar ulaşılabilir. Türkiye'de ise dördüncü sanayi devrimi 2016 yılından sonra tartışılmaya başlanmış ve devrime yönelik önemli adımlar 2018 yılı itibarıyla atılmaya başlanmıştır. Bu nedenle Türkiye'deki girişimlerin ve çalışmaların etkilerinin incelenmesi zordur. Ancak mevcut veriler ele alındığında Türkiye'nin belirlenen hedeflere en kısa zamanda ulaşabilmesi ve teknoloji altyapısını oluşturabilmesi için BİT mal ithalatı oranlarını hızla artırması gerekmektedir. Aynı zamanda küresel rekabette söz sahibi olabilmesi için de yüksek teknoloji ihracatı oranlarını artırması gerekmektedir.

Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecinde kamu girişimleri önemli bir yer tutsa da yeterli olmayacaktır. Çünkü özel sektörün dijitalleşemediği bir ekonomide dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan küresel dönüşümü yakalamak mümkün değildir. Bu sebeple Türkiye'de özel sektörün teşvik edilmesi ve özel sektörün gerçekleştireceği girişimlere altyapı oluşturulması için her geçen yıl daha fazla destek ve teşvik ödeneği tahsis edilmektedir.

3.2.5. Dördüncü Sanayi Devrimi Kapsamında Türkiye’de Teşvikler

Katma değeri yüksek üretimin mümkün olacağı dijital dönüşümün sağlanması için hem dijital teknolojilerin üretim ekosistemine ve tüm değer zincirine entegre edilmesi hem de bu teknolojilerin Türkiye’de üretilmesine altyapı oluşturulması gerekmektedir (TÜSİAD ve BCG, 2017: 36). Bu nedenle Türkiye’de bulunan teknoloji üreticisi ve teknoloji kullanıcısı şirketlerin inovasyon seviyelerinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Nitekim Türkiye’de 2018 yılı AR-GE faaliyetleri için yapılan 38 milyar 534 milyon TL harcama miktarının yaklaşık %60’ı özel sektör tarafından yapılmıştır (TÜİK, 2020). 2006 yılında yaklaşık %37 olan özel sektör AR-GE harcamaları oranındaki bu artış, devletin özel sektörü artan şekilde çeşitli destek ve teşvikler, gelir ve kurumlar vergisi muafiyetleri ile desteklemesi sonucu yaşanmıştır.

Şekil 3. 9. Merkezi Yönetim Bütçesinden Ayrılan Dolaylı AR-GE Destekleri (2008-2018)



Kaynak: TÜİK (2019), “Merkezi Yönetim Bütçesinden AR-GE Faaliyetleri İçin Ayrılan Ödenek ve Harcamalar, 2019”, Çevrimiçi, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30579>, Erişim Tarihi: 25.05.2020.

Şekil 3. 9’da 2008-2018 yılları arasında merkezi yönetim bütçesinden ayrılan Dolaylı AR-GE destekleri gösterilmektedir. 2008 yılında 198 milyon TL olan destek miktarı 10 yıl içinde yaklaşık 23 kat artarak 4.599 milyon TL seviyesine yükselmiştir. Destek miktarındaki bu büyük artış, Türkiye’nin sanayileşme ve dijital dönüşüm çabasının göstergesidir.

Türkiye’de özel sektörün desteklenmesine yönelik çalışan en önemli kuruluşlardan biri Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB)’dir. TÜBİTAK’a bağlı bir başkanlık olarak çalışan TEYDEB, “özel sektör kuruluşlarının araştırma-teknoloji geliştirme ve yenilik faaliyetlerini desteklemek ve bu yolla Türk sanayisinin araştırma-teknoloji geliştirme yeteneğinin, yenilikçilik kültürünün ve rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunmak amacıyla, proje esaslı AR-GE faaliyetlerini desteklemektedir” (TEYDEB, 2012: 3). TEYDEB özel sektörün dijital dönüşümünü desteklemek amacıyla destek programları yürütmekte ve önemli destekler sağlamaktadır.

TEYDEB tarafından sağlanan bu destekler aracılığıyla özel sektörün AR-GE çalışmalarına ağırlık vermesi, teknoloji düzeyi yüksek ürün ve hizmetlerin üretebilmesi, verimliliklerini artırması ve uluslararası pazarda rekabet gücünü artırması amaçlanmaktadır. Böylelikle Türkiye’nin dijitalleşme seviyesi artırılması ve küresel pazarda söz sahibi olması mümkün olacaktır.

TEYDEB tarafından sağlanan desteklerin sektörlere göre dağılımı ele alındığında, Bilgi ve İletişim Teknolojileri (%30), Otomotiv (%17) ve Makine ve İmalat Teknolojileri (%13) sektörlerine verilen desteklerin toplamı, bütün desteğin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (TEYDEB, 2020: 11). Dördüncü sanayi devrimi ile yaşanan dönüşümün sağlanmasında önemli bir konuma sahip olan bu sektörlerdeki gelişmeler Türkiye’nin dijitalleşme sürecine bir adım daha yaklaşmasını sağlaması açısından önemlidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten günümüze yaşanan tüm sanayi devrimleri yalnızca sanayi ve teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle sınırlı kalmayıp bilimsel, sosyal ve ekonomik alanlarda da önemli gelişmeler yaşanmasında etkili olmuştur. İlk iki sanayi devriminde devrimin ortaya çıktığı ülke, dünya ekonomisinde lider konumuna gelmiş ve bu durum diğer ülkelerinde sanayi devrimlerine yönelik çalışmalar yapmasında etkili olmuştur. Batılı ülkeler teknolojik gelişmeleri takip ederek devrimlerin içinde kalmış ve kendilerini geliştirmiştir. Zamanla Uzakdoğu ülkelerinin de kendilerini geliştirmeleri üzerine rekabet güçlerini kaybetme tehlikesi altına giren Batılı ülkeler gelişmiş teknolojilerle donatılmış yeni stratejiler geliştirmeye başlamıştır. Almanya'nın 2011 yılında endüstri politikası olarak geliştirdiği Endüstri 4.0 stratejisi dördüncü sanayi devrimini başlatmıştır.

Endüstri 4.0'ın temelinde üretim süreçlerinin büyük veri, nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, bulut bilişim, üç boyutlu yazıcılar gibi dijital teknolojilerle donatılması yer almaktadır. Yani esas itibarıyla Endüstri 4.0 özel sektörün dijital dönüşümünü gerçekleştirmesine dayanmaktadır. Ancak bu teknolojilerden yararlanan sadece özel sektör değildir. Kamu yönetiminden ulusal güvenliğe, sağlık çalışmalarından bilimsel araştırmalara kadar pek çok alanda da bu ileri teknoloji nimetlerinden yararlanılmakta ve büyük faydalar sağlanmaktadır. Kamu kurumlarında bu dijital teknolojilerin kullanılması, kaynak israfının azalmasını, hizmet kalitesinin iyileşmesini, etkinlik, verimlilik ve şeffaflığın artmasını sağlayarak kamu hizmetlerinden duyulan memnuniyetin artmasını sağlayacaktır.

Endüstri 4.0 teknolojileri, 31 Aralık 2019'da Çin'de ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altına COVID-19 (koronavirüs) pandemisi sürecinde çalışma hayatından sağlığa, eğitimden gündelik yaşantımıza kadar her alanda ortaya çıkan zorlukların üstesinden gelinmesinde son derece önemli bir rol oynamıştır. Siber fiziksel sistemler, robotik teknolojiler ve akıllı fabrikaların üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanması izolasyon sürecinde üretimin kesintiye uğramasının önüne geçmiştir. Üç boyutlu yazıcılar ile maskeler, koruyucu siperlikler, solunum araçları ve ekipmanları üretilmiş ve salgının etkileri azaltılmaya çalışılmıştır. Ayrıca birçok

bulut bilişim teknolojisi şirketi de COVID-19 ile ilgili çalışmaların artırılmasını ve ilaç ve aşıların geliştirilmesini hızlandırmak amacıyla bilgi ve teknoloji altyapılarını kamunun erişimine açmıştır.

Bu tez çalışmasında yapılan araştırmalar sonucunda, önceki sanayi devrimlerinde olduğu gibi devrimi yakalayabilen ülkelerin küresel ekonomide rekabet güçlerini artırdığı görülmüştür. Bu noktada dijital dönüşümün sağlanmasında hükümetlere büyük sorumluklar düşmektedir. Nitekim gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede hükümetler dördüncü sanayi devrimine yönelik çalışmalar başlatmıştır. Bu ülkelerde, devrime yönelik kamu çalışmaları hazırlanan planlar, projeler, stratejiler veya yol haritaları ile yürütülmekte ve bu çalışmalar AR-GE harcamaları, destekler ve teşviklerle finanse etmektedir. Bu açıdan dördüncü sanayi devrimine uyum sağlamak için yapılan çalışmaların yatırım harcamaları ve transfer harcamalarını artırarak kamu harcamalarının artmasına neden olduğu söylenebilir. Bu noktada ülke ekonomilerinin büyümesi ve toplumun refahının artması için bu harcamaların yapılması kaçınılmazdır.

Çalışma kapsamında incelenen Almanya, Çin, ABD, Japonya, Meksika ve Türkiye’de kamu kurumlarının genel olarak kamu-özel ortaklıkları AR-GE harcamaları, oluşturulan fonlar, programlar ve projelerle dördüncü sanayi devriminin gerektirdiği dijital dönüşüm sürecini desteklediği görülmektedir. Bu süreçte tüm ülkeler GSYH içindeki AR-GE harcamaları oranlarını artırmayı hedeflemiş ve belirlenen hedeflere ulaşılmasa da bu oranları artırmışlardır. Kamu kurumları tarafından sağlanan fonlar ve destekler de bu ülkelerin dijitalleşme sürecini hızlandırmıştır.

Dijital dönüşüm için gerçekleştirilen gelişmeler, küresel ekonomide ülkelerin dijitalleşme başarısını gösteren toplam ihracat içindeki yüksek teknoloji ihracatı oranının Almanya, Çin ve Meksika’da artmasını sağlamıştır. ABD’de ise dördüncü sanayi devrimine yönelik çalışmaların başlatıldığı yıllardan itibaren yükselmeye başlayan yüksek teknoloji ihracatı oranı 2017 yılında keskin bir düşüş yaşamıştır. Bu düşüşün nedeni olarak 2017 yılında yapılan seçimlerin etkisi olduğu düşünülmektedir. Teknoloji konusunda küresel liderlerden biri olan Japonya’nın

yüksek teknoloji ihracatı oranı ise genel olarak azalma eğilimi izlemektedir. Özellikle Çin başta olmak üzere Uzakdoğu ülkelerinin teknolojik ilerlemeler kaydetmesi Japonya'nın rekabet gücünün azalmasına ve yüksek teknoloji ihracatının da azalmasına neden olmuştur. Türkiye'nin ise yüksek teknoloji ihracatı oranları son dönemlerde artış eğilimi görülmesine rağmen incelenen ülkelere nazaran çok düşük oranlarda kalmaktadır. Türkiye'nin küresel rekabette güç kazanması için yüksek teknoloji üretimini ve ihracatını artırması son derece önemlidir.

Dördüncü sanayi devrimi kapsamında oluşturulan tüm girişimler, stratejiler, planlar ve projelerde dijital teknolojilerin ülke içinde üretilmesi hedeflemektedir. Ancak bu plan, proje ve girişimler uzun dönemli olarak hazırlandığı için bu teknolojiler kısa dönemde bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatının artırılması ile sağlanmıştır. Nitekim incelenen ülkelerde dijital dönüşümün sağlanması için gerekli altyapının, bilgisayar, elektronik ve dijital teknoloji ekipmanların oluşturulmasında bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatlarının arttığı görülmektedir. Yalnızca Meksika'da bu oran azalma eğilimi göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelere biri olan Meksika'nın dijital dönüşümünü tamamlaması için bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatını artırması gerekmektedir. Türkiye'de ise bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatı oranları 2011 yılından itibaren artmaya başlamış ancak 2017 yılında bir düşüş yaşamıştır. Türkiye'nin de teknoloji altyapısını oluşturması ve dijital dönüşümünü tamamlaması için bu bilgi iletişim teknolojileri mal ithalatını hızla artırması gerekmektedir.

Türkiye'de, ilk sanayi devriminin çıktığı zamanlarda Osmanlı Devleti, batıda gelişen devrimin önemini kavrayarak çalışmalar başlatmış ancak teknoloji geliştirememesi ve hammadde eksikliği nedeniyle başarılı olamamıştır. Cumhuriyet'in ilanının ardından günümüze kadar ekonomik büyüme ve kalkınmanın kilit noktasının sanayileşme olduğunun farkında olan Türkiye, sanayileşmeye yönelik birçok kamu çalışması yapmış ve planlar, programlar ve politikalar hazırlamıştır. Ancak hazırlanan bu belgeler tam anlamıyla uygulanamamış ve Türkiye'nin günümüzde Endüstri 2.0 ve 3.0 arasında bir yerde kalmasına neden olmuştur.

Günümüzde ise Türkiye’de kamu, hem aktif olarak dijital dönüşüm sürecinde rol alarak hem de destekler ve teşvikler yoluyla özel sektörün bu süreçte yer almasını sağlayarak dördüncü sanayi devrimi girişimlerini yürütmektedir. Yapılan desteklerle belirlenen programların özel sektör tarafından uygulanması, Türkiye’nin dijital dönüşümünü tamamlamasına ve böylece rekabet gücünün artırarak ve küresel pazarda söz sahibi olabilmesine katkı sağlayacaktır.

Genel olarak dördüncü sanayi devriminin kamu harcamaları üzerindeki etkisi ele alındığında devrimin gerektirdiği yüksek teknoloji altyapısının kurulmasını büyük finansman kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle kamu harcamalarının ekonomik sınıflandırması açısından teknoloji altyapısının oluşturulmasında yatırım harcamaları ilk aşamada artmaktadır. Teknoloji altyapısının oluşturulmasının ve hedeflere ulaşılmasının ardından ise yatırım harcamalarının azalması mümkün olacaktır. Dijitalleşme sürecinde özel sektör kuruluşlarının kendini geliştirmesi ve küresel pazarda yer alabilmesi için kamu tarafından hazırlanan fonlar, destekler veya teşviklerin toplam kamu harcamaları içindeki iktisadi transfer harcamalarını da artırması kaçınılmazdır. Ancak yatırım harcamalarında olduğu gibi özel sektörün bu fırsatları iyi değerlendirerek dijital dönüşümlerini tamamlaması, iktisadi transfer harcamalarının da zamanla azalmasını sağlayacaktır.

Dördüncü sanayi devrimi ile ortaya çıkan dijital teknolojilerin, özellikle otomasyon ve robotik teknolojilerin insan istihdamının yerini alması işsizlik sorunları gibi birçok sosyal sorunun ortaya çıkmasına neden olabilecektir. İşsizlik sorunlarının artması vatandaşların gelir elde edememelerine ve dolayısıyla vergi ödeyememelerine, sosyal güvenlik kayıplarının yaşanmasına ve dolaylı olarak kamu gelirlerinin de azalmasına neden olacaktır. Bu nedenle işsiz kalacak bireylerin devlet tarafından güvence altına alınacağı koşulsuz temel gelir gibi uygulamalar gündeme getirilmiştir. Koşulsuz temel gelir uygulaması ile bireylere koşulsuz olarak yapılan yardımlar sosyal transfer harcamalarının artmasına neden olacaktır.

Endüstri 4.0 ile otomasyon ve robotik teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması, teknolojik işsizlik yaratarak insan istihdamının azalmasına ve dolaylı olarak piyasanın durgunlaşmasına ve ekonomi üzerinde olumsuz etkilere neden

olabilecektir. Bu durum göz önüne alındığında koşulsuz temel gelir ve benzeri uygulamalar ile artacak olan sosyal transfer harcamalarının toplumun refahının artması ve ekonomik istikrarın sağlanması için gerekli olduğu söylenebilir.

Dördüncü sanayi devriminin kamu harcamaları üzerindeki etkisi göz önüne alındığında teknolojik altyapının oluşturulması sürecinde kamu tarafından sağlanan finansmanlar kamu harcamalarının artmasına neden olmaktadır. Ancak bu teknoloji altyapısının oluşturulması ve dijital dönüşümün tamamlanmasının ardından kamu kurumlarında bu teknolojilerin kullanılmaya başlanması kaynak israfının, personel ve belge yükünün azalmasını sağlayarak cari harcamaların azalmasında etkili olacaktır.

Teknolojik gelişmelerin yaratacağı işsizlik nedeniyle ortaya çıkacak sorunların ve işsizlik nedeniyle kamu gelirlerinde meydana gelecek azalmanın önüne geçilmesi amacıyla robot vergisi önerilmektedir. Robotların ve akıllı makinelerin istihdamı üzerinden alınacak robot vergisinin işsizlik fonlarında ya da koşulsuz temel gelir uygulamasının finansmanında kullanılması kamu harcamalarının da azalmasını sağlayacaktır. Ancak bu noktada robot vergisinin dijital dönüşümü tamamlanmasının ardından uygulanması önem arz etmektedir. Çünkü dijital teknolojilerin ve robot kullanımının erken aşamalarında böyle bir verginin uygulanması kullanıcıları bu teknolojileri denemekten vazgeçirebilecektir.

Sonuç olarak dördüncü sanayi devrimi ile ortaya çıkan dijital dönüşüm sürecinin başarıyla tamamlanması küresel pazarda söz sahibi olabilmek için son derece önemlidir. Bu nedenle gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke bu devrime uyum sağlamak amacıyla çalışmalar başlatmıştır. Bu çalışmalar Almanya’da olduğu gibi bazı ülkelerde kamu politikası olarak yürütülürken bazı ülkelerde kamu-özel ortak girişimlerle, bazılarında da özel girişimlerle sürdürülmüştür. Hazırlanan girişimlerin başarıyla uygulanması ve belirlenen hedeflere ulaşılması için hükümetler, kamu veya özel girişim olarak ayırım yapmaksızın destek sağlamışlardır. Örneğin dijital dönüşüm süreci özel girişimlerle yürütülen ABD’de bile kamu kurumları finansal destek sağlamışlardır. Bu durum kamu harcamalarının artmasına neden olmuştur. Artan kamu harcamaları ile oluşturulan teknoloji altyapısı ve geliştirilen teknolojiler dördüncü sanayi devriminin daha da gelişmesine katkı

sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan harcamaların dördüncü sanayi devrimini geliştirmesi nedeniyle dördüncü sanayi devrimi ve kamu harcamaları arasında karşılıklı bir etkileşim olduğunu söylemek de mümkündür. Nihayetinde dördüncü sanayi devriminin gelişimi ve dijitalleşmenin tamamlanmasının ardından elde edilecek avantajlar göz önüne alındığında artan kamu harcamaları rolü son derece önemlidir.

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasından itibaren on yıldan daha az bir süre geçmesine rağmen, dijital teknolojilerinin insan istihdamını azaltması ve insanın üretim süreçlerinin dışına itilmesi sorunları günümüzde Endüstri 5.0'in gündeme gelmesine neden olmuştur. Endüstri 4.0 esas olarak makinelerin ve sistemlerin birbirleri ile bağlantı kurması esasına dayanmaktadır. Endüstri 5.0 ise insan ve makine arasındaki bağlantının geliştirilmesi esasına dayanmaktadır. Yani Endüstri 5.0 ile bilişsel teknolojilerin ve otonom makinelerin, insanın eleştirel düşünce yapısı ve yaratıcı zekâsı ile birleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Dijitalleşme sürecinin hızla tamamlanması için teknoloji altyapısının oluşturulması, dijital teknolojilerin geliştirilmesi, uygulanması gibi tüm süreçlerde insan faktörü önemli bir konumda yer almaktadır. Çünkü bu teknolojilerin geliştirilmesi nitelikli personeller ile mümkün olmaktadır. Ayrıca dönüşüm sürecinin beşinci aşaması olan Endüstri 5.0'in temelinde de insan ve insanın yaratıcı zekâsı yer almaktadır. Bu nedenle dijital dönüşüm sürecinin hızlanması için insanların dijital teknolojiler konusunda eğitilmesi son derece önemlidir. Bu noktada dördüncü sanayi devriminin gelişimi ve bir sonraki aşamaya geçilmesi için eğitim sistemlerinin geliştirilmesi ve nitelikli bir eğitim altyapısının oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Adaçay, F.R. ve Islatince, H. (2013). **İktisadi Düşünceler Tarihi**, 3. Baskı, Bursa, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Kasım 2013.
- Agarwal, H. ve Agarwal, R. (2017). “First Industrial Revolution and Second Industrial Revolution: Technological Differences and the Differences in Banking and Financing of the Firms”, **Saudi Journal of Humanities and Social Science**, 2,(11), p. 1062-1066.
- Akbulut, U. (2011). “Sanayi Devrimleri Dünyanın Gidişini Değiştirdi”, (Çevrimiçi), <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/SANAYI%C4%B0-DEVIR%C4%B0M%C4%B0-D%C3%9CNYANIN-G%C4%B0D%C4%B0C5%9E%C4%B0N%C4%B0-DE%C4%9E%C4%B0C5%9ET%C4%B0RD%C4%B0-HAZ%C4%B0RAN-2011.pdf>, 24.12.2018
- Akçomak, S. (2016). “Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikalarının Kuramsal Çerçevesi”, **Science and Technology Policies Research Center**, TEKPOL Working Paper Series STPS-WP-16/05, 2016, s. 1-19.
- Aksoy, A. (2016). “Geleneksel Devletten Modern Devlete: Sanayi Devrimi ve Kamu Yönetimi Düşüncesinde Değişim”, **Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi**, 2(3), s.33-40.
- Aksoy, B., Bayrakçı, H.C., Bayrakçı, E. ve Uğuz, S. (2017). “Büyük Verinin Kurumlarda Kullanımı”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 22, Kayfor15 Özel Sayısı, 2017, s.1853-1878.
- Aksoy, S. (2017). “Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş”, **SAV Katkı**, 4, s.34-44.
- Aktan, E. (2018). “Büyük Veri: Uygulama Alanları, Analitiği ve Güvenlik Boyutu”, **Bilgi Yönetimi Dergisi**, 1(1), s. 1-22.
- Alkan, M. A. (2018). “Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim”, **Endüstri 4.0**, 26 Temmuz 2018, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/>, 23.02.2020
- Altınpulluk, H. ve Kesim, M (2015). “Geçmişten Günümüze Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarında Gerçekleşen Paradigma Değişimleri”, **17. Akademik Bilişim Kongresi**, Eskişehir, 3-6 Şubat 2015, s. 4-6.

- Apaydın, C. (2015). “Türkiye’de Sanayileşmeye Yönelik Yeni Bir Perspektif Arayışı”, **Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar**, 52 (603), s. 103-111.
- Arond, E. ve Bell, M. (2009). **Trends in the Global Distribution of R&D since the 1970s: Data, their Interpretation and Limitations**, STESPS Working Paper 39, Brighton: STEPS Centre.
- Autonomik Industrie 4.0 (2020). (Çevrimiçi), https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/EN/Foerderprogramme/Autonomik_fuer_Industrie/Programm/programm.html, 20.03.2020
- Azuma, R. T. (1997). “A Survey of Augmented Reality”, **Presence**, 6 (4), p. 355-385.
- Baheti, R. ve Gill, H. (2011). “Cyber-Physical Systems”, **The Impact of Control Technology Overview, Success Stories, and Research Challenges**, (Ed. Tariq Samad and Anuradha Annaswamy), IEEE Control Systems Society, p.161-173.
- Banger, G. (2017). **Endüstri 4.0 Ekstra**, Ankara, Dorlion Yayınları.
- Bayraktutan, Y. ve Bıdırdı, H. (2015). “Türkiye’de Teknolojiye Dair Politika Perspektifi ve Kalkınma Planları”, **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 29, s. 37-55.
- Bilişim Vadisi (t.y.). **Intelligence Technology Valley**, (Çevrimiçi) <http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/bv-sunum.pdf>, 07.08.2020
- Bitkom, VDMA ve ZVEI (2016). **Implementation Sytategy Industrie 4.0: Report on the Results of the Industrie 4.0 Platform**, Bitkom e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V., January 2016, (Çevrimiçi) [https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und Medien/Publikationen/2016/januar/Implementation_Strategy_Industrie_4.0 - Report on the results of Industrie 4.0 Platform/Implementation-Strategy-Industrie-40-ENG.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/januar/Implementation_Strategy_Industrie_4.0_-_Report_on_the_results_of_Industrie_4.0_Platform/Implementation-Strategy-Industrie-40-ENG.pdf), 27.11.2019
- Bloem, J., van Doorn, M., Duivesteyn, S., Excoffier, D., Maas, R., van Ommeren, E. (2014). **The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Between IT and OT**, SOGETI Vint.
- Bloomberg News “China to Funnel \$29 Billion Towatds its Chip

- (2019). Ambitions”, **Bloomberg**, 29 Oct. 2019 (Çevrimiçi) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-29/china-to-funnel-29-billion-towards-its-chip-ambitions>, 14.07.2020
- BMBF (2019). **The High-Tech Strategy 2025 Progress Report**, Rostock, Germany, BMBF, (Çevrimiçi) https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/The_High_Tech_Strategy_2025.pdf, 08.06.2020
- BMBF (2020). (Çevrimiçi), <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/en/research.html>, 13.03.2020
- BMWI (2020a). “Tasks and Structure of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy”, (Çevrimiçi) <https://www.bmwi.de/Navigation/EN/Ministry/Tasks-and-Structure/tasks-and-structure.html>, 15.07.2020
- BMWI (2020b). “Federal Ministry for Economic Affairs and Energy 2013-2014- 2016- 2017- 2019 Budget” (Çevrimiçi), <https://www.bmwi.de/Navigation/EN/Ministry/Budget/budget.html>, 13.06.2020
- Borroughs, M. (2020). “U.S. R&D Increased by \$32 Billion in 2017, to \$548 Billion; Estimate for 2018 Indicates a Further Rise to \$580 Billion”, **InfoBrief NCSES**, NSF 20-309, p. 1-9.
- Bozdemir, M. (2011). **Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Endüstriyel Mirasımız**, İstanbul, İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- BTK (2020). 2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.btk.gov.tr/faaliyet-raporlari>, 23.06.2020
- BTSS (2018a). **Türkiye'nin Sanayi Devrimi: Dijital Türkiye Yol Haritası**, (Çevrimiçi), https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf, 10.05.2020.
- BTSS (2018b). **Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı**, Türkiye Sanayi Zirveleri, Şubat-Mayıs 2018, (Çevrimiçi) <https://www.taysad.org.tr/uploads/dosyalar/27-06-2018-11-53-ZirveKitapcigi.pdf>, 10.05.2020.
- BTYK (2016). “2016/101 no.lu Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması Kararı”, (Çevrimiçi) https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2016_101.pdf, 07.05.2020

- Bulut, C. (t.y.). “Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>, 01.03.2020
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M. ve Sniderman, B. (2017). **The Smart Factory: Responsive, Adaptive, Connected Manufacturing**, Deloitte University Press.
- Cabinet Office (t.y.). **Moonshot Research and Development Program**, (Çevrimiçi), <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/moonshot1.pdf>, 18.07.2020
- Campbell, T.A., Tibbits, S. ve Garrett, B. (2014). **The Next Wave: 4D Printing Programming the Material World**, Washington, DC, Atlantic Council.
- Carraz, R. ve Harayama, Y. (2018). “Japan's Innovation Systems at the Crossroads: Society 5.0”, **Digital Asia**, p.33-45.
- Chadha, K. ve Bajpai, A. (2012). “Security Aspects of Cloud Computing”, **International Journal of Computer Applications**, 40(8), p. 43-47.
- Chen, S. (2020). “Two Sessions 2020: China Cuts Science Budget by 9 Per Cent but National R&D still Tipped to Grow”, **South China Morning Post**, May 22, 2020, (Çevrimiçi) <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3085672/two-sessions-2020-china-cuts-science-budget-9-cent-national-rd>, 15.06.2020
- China Power Team (2018). “Is China a Global Leader in Research and Development?”, **China Power**, (Çevrimiçi), <https://chinapower.csis.org/china-research-and-development-rnd/>, Erişim Tarihi: 15.06.2020
- Chung, M.Y. ve Kim, J.H. (2016). “The Interest Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution”, **KSII Transaction on Internet and Information Systems**, 10(3), p. 1311-1320.
- CSTI (2016). **Fifth Science and Technology Basic Plan**, Government of Japan, Tokyo, (Çevrimiçi) <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/5thbasicplan.pdf>, 13.04.2020

- Çark, Ö., Yıldız, İ. ve Karadeniz, A.T. (2019). “Sanayi 4.0 Kapsamında İşletmeler Açısından Büyük Veri”, **International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technology**, 3(2), p. 114-120.
- Çelen, S. (2017). “Sanayi 4.0 ve Simülasyon”, **International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry**, 1(1), s. 9-26.
- Çetinkaya, G. ve Akar, S. (2018). “Robotlar Vergi Vermeli Mi? Türkiye Açısından Değerlendirme”, **Current Debates in Public Finance & Public Administration** (Edt. S. Akar ve D. Şenbel Eser), Londra: IJOPEC Publication, 27, s. 45-56.
- Dağlı, İ. ve Oğuztürk, B.S. (2018). “Planlı Dönemden Günümüze Türkiye’de Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikalarının Değişimi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 23(4), s. 1479-1503.
- Dalgıç, A. (2015). “Türkiye’de Sanayileşme Süreci ve Sanayileşmenin Geleceği”, **Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar**, 52(603), s. 95-101.
- Damlıbağ, F. (2012). “Osmanlı Devleti’nde Sanayi Finansman Metodu Olarak Fabrika İmtiyaz Sistemi”, **İstanbul Journal of Economics**, 62(2), s. 197-222.
- DDO (2020). “Hizmet Birimlerimiz ve Görevleri”, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/hizmet-birimlerimiz/>, 07.08.2020
- Deane, P. ve Cole, W. A. (1962). **British Economic Growth, 1688-1959: Trends and Structure**, Cambridge, Cambridge University Press.
- Deane, P. (1988). **İlk Sanayi İnkılâbı** (Çev. Tefik Güran), Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Deloitte (2015). **Industry 4.0: Challenges and Solution for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies**, Zurich Switzerland Deloitte.
- Doğan, M. (2013). “Türkiye Sanayileşme Sürecine Genel Bir Bakış”, **Marmara Coğrafya Dergisi**, 28, s. 211-231.
- Dursun, S. ve Şengül, B. (2018). “Sanayi 4.0 ve Türkiye: Genel Bir Değerlendirme”, **Türk Metal**, 222, s. 68-73.
- EBSO (2015). **Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek**, İzmir,

Ege Bölgesi Sanayi Odası Araştırma Müdürlüğü.

- EFI (2015). **Report on Research, Innovation and Technological Performance in Germany 2015**, Berlin, Commission of Experts for Research and Innovation (EFI).
- Eğilmez, M. (2019). **Tarihsel Süreç İçinde Türkiye Ekonomisi**, 7. Baskı, İstanbul, Remzi Kitabevi.
- Engin, V. (2011). **Osmanlı Ticaret ve Sanayi Albümü**, İstanbul, İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Erdem, E. (2016). “Sanayi Devriminin Ardından Osmanlı Sanayileşme Hamleleri: Sanayi Politikalarının Dinamikleri ve Zaafiyetleri”, **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 48. s. 17-44.
- European Commission (2017). “Implementation of an Industry 4.0 Strategy- The German Platform Industrie 4.0”, Blog Post, 25 January 2017, (Çevrimiçi) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/implementation-industry-40-strategy-german-platform-industrie-40>, 11.07.2020
- European Commission (2020). “China's R&D Strategy”, (Çevrimiçi) https://ec.europa.eu/knowledge4policy/foresight/topic/expanding-influence-east-south/industry-science-innovation_en, 19.03.2020
- Evans, D. (2011). **The Internet of Things: How the Evolution of the Internet Is Changing Everything**, White Paper, CISCO Internet Bussiness Solutions Group (IBSG).
- Export.gov (2019). “China - Technology and ICT”, **export.gov**, 07.30.2019 (Çevrimiçi) <https://www.export.gov/apex/article2?id=China-Technology-and-ICT>, 19.03.2020
- Falk, M. (2007). “R&D Spending in the High-Tech Sector and Economic Growth”, **Research in Economics**, 61, p.140-147.
- Fırat, S. Ü. ve Fırat O. Z. (2017). “Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”, **Toprak İşveren Dergisi**, 114, s. 10-23.
- Fleming, S. (2020). “This 3D-Printed Steak could Help Us Reduce Meat Consumption”, **World Economic Forum**, 08.07.2020 (Çevrimiçi) <https://www.weforum.org/agenda/2020/07/3d->

[printed-steak-cut-meat-consumption/](#), 10.07.2020

- Freeman, C. ve Soete, L. (2003). **Yenilik İktisadı** (Çev. Ergun Türkcan), 3. Baskı, Ankara, TÜBİTAK Akademik Dizi.
- Fukuda, K. (2020). “Science, Technology and Innovation Ecosystem Transformation toward Society 5.0”, **International Journal of Production Economics**, 220, p. 1-14.
- Fukuyama, M. (2018). “Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society”, **Japan SPOTLIGHT**, p.47-50.
- Fülberth, G. (2011). **Kapitalizmin Kısa Tarihi** (Çev. Sadık Usta), e-kitap, İstanbul, Yordam Kitap.
- Gahi, Y., Guennoun, M. ve Mouftah, H.T. (2016). “Big Data Analytics: Security and Privacy Challenges”, **2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC)**, p. 952-957.
- Gandomi, A. ve Haider, M. (2015). “Beyond the Hype: Big Data Concepts, Methods, and Analytics”, **International Journal of Information Management**, 35, p. 137-144.
- Garcia, G. (t.y.) “Industry 4.0 in Mexico”, **Tecma**, (Çevrimiçi) <https://www.tecma.com/industry-4-o-in-mexico/> 12.05.2020
- Geissbauer, R. and Schrauf, S. Koch, V., ve Kuge, S. (2014). **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**, United States, New York City, PWC Strategy.
- Göker, A. (2003). **Onuncu Yılında Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003**, Ankara, (Çevrimiçi) <http://www.inovasyon.org/pdf/AYK.TBTP.1993-2003Uyg.Durumu.pdf>, 09.05.2020
- Gökten, P.O. (2018). “Karanlıkta Üretim: Yeni Çağda Maliyetin Kapsamı”, **Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi**, 20(4), s. 880-897.
- Görçün, Ö. F. (2017). **Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0**, 2. Baskı, İstanbul, Beta Yayıncılık.
- Güldali, O. (2019). “Siber Güvenlik Nedir? Kişisel Bilgi Güvenliğimizi Nasıl Koruruz?”, **Finartz**, (Çevrimiçi) https://medium.com/@finartz_com/siber-g%C3%BCvenlik-nedir-ki%C5%9Fisel-bilgi-g%C3%BCvenli%C4%9Fimizi-nas%C4%B1l-koruruz-

[31c330cc53c9](#), 27.12.2019

- Gümüş, Y. (2015). “Geçmişten Geleceğe Türkiye’nin Sanayileşmesi”, **Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar**, 52(603), s. 113-118.
- Günay, D. (2002). “Sanayi ve Sanayi Tarihi”, **Mimar ve Mühendis Dergisi**, 31, s. 8-14.
- Gündüz, M.Z. ve Daş, R. (2018). “Nesnelerin İnterneti: Gelişimi, Bileşenleri ve Uygulama Alanları”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 24(2), s. 327-335.
- Güngör, F. ve Özügurlu, M. (1997). “İngiliz Yoksul Yasaları: Paternalizm, Piyasa ya da Sosyal Devlet”, **Ankara Üniversitesi SBF Tartışma Metinleri**, No. 3, s. 1-35.
- Gür, N., Ünay, S. ve Dilek, ř. (2017). **Sanayiye Yeniden Düşünmek: Küresel Teknolojik Dönüşümün Dünya ve Türkiye Ekonomisine Yansımaları**, İstanbul, SETA.
- Güran, T. (2014). **İktisat Tarihi**, İstanbul, Der Yayınları.
- Gürkan, M. F. (2013). “Düzenleyici ve Denetleyici Kurum Olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK)”, **İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi**, 4(2), s.333-356.
- Hamitoğulları, B. (1982). **Çağdaş İktisadi Sistemler, Oluşum ve Değişim Aşamalarıyla Strüktürel ve Doktinal Bir Yaklaşım**, 3. Baskı, Ankara, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, No: 508.
- Harris, R. (2004). “Government and the Economy, 1688-1850”, **The Cambridge Economic History of Modern Britain**, (Ed. R. Floud and P. Johnson), Cambridge, Cambridge University Press, p.204-237.
- Hartwell, R.M. (2005) “İngiltere’de Sanayi Devriminin Nedenleri” (Çev. Ahmet Uzun), **Piyasa Dergisi**, 15-16, s. 1-16.
- Hay, Z (2019). “3D Printed Fabric: The Most Promising Projects”, **All3DP**, (Çevrimiçi) <https://all3dp.com/2/3d-printed-fabric-most-promising-project/>, 25.08.2020.
- Heinonen, S., Karjalainen, J. ve Ruotsalainen, J. (2015). **Towards the Third Industrial Revolution**, Finland, Finland Future Research Centre FFRC eBook.
- Hobsbawm, E. J. **Sanayi ve İmparatorluk** (Çev. Abdullah Ersoy), Ankara,

- (1998). Dost Kitabevi.
- Holroyd, C. (2020). “Technological Innovation and Build a ‘Super Smart’ Society: Japan’s Vision of Society 5.0”, **Journal of Asian Public Policy**, p. 1-14.
- Huifeng, H. (2019). “China Looks to Raise an Extra US\$7.1 Billion to Support Hi-tech Manufacturing”, **South China Morning Post**, 3 Nov. 2019, (Çevrimiçi) <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3036108/china-looks-raise-extra-us71-billion-support-hi-tech>, 14.07.2020
- IFR (2019a). “World Robotics 2019 Preview”, **World Robotics Industrial Robots 2019: Statistics, Market Analysis, Forecast and Case Studies**, Frankfurt, Germany, International Federation of Robotics.
- IFR (2019b). “Service Robots: Global Sales Value Reaches 12.9 billion USD”, (Çevrimiçi) <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-global-sales-value-reaches-12.9-billion-usd>, 13.04.2020
- IIC (2020). (Çevrimiçi) <https://www.iiconsortium.org/wc-bse.htm>, 20.04.2020
- Ivanov, S. (2017). “Robonomics - Principles, Benefits, Challenges, Solutions”, **Yearbook of Varna University of Management**, 10, p.283-293.
- İçten, T. ve Bal, G. (2017). “Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi”, **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, 10(4), s.401-415.
- Jadeja, Y. ve Modi, K. (2012). “Cloud Computing- Concepts, Architecture and Challanges”, **International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)**, IEEE, p. 877-880.
- Kabaklarlı, E. (2018). **Endüstri 4.0 ve Paylaşım Ekonomisi: Dünya ve Türkiye Ekonomisi İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler**, 2. Baskı, Ankara, Nobel Bilimsel Eserler.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., ve 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., Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for
Anderl, R., Cooperating with International Partners, Acatech
Gausemeier, J., Schuh, Study, Munich: Herbert Utz Verlag 2016.
G., Wahlster, W.
(2016).
- Kahraman, H. (t.y.). “Dijitalizasyon Rehberi – Siber Güvenlik”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <https://www.endustri40.com/digitalization-dijitalizasyon-rehberi-siber-guvenlik/>, 11.03.2020
- Kal'a, A. (2003). “Osmanlı Esnafı ve Sanayisi Üzerine Yapılan Çalışmalarla İlgili Genel Bir Değerlendirme”, **Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi**, 1(1), s. 245-266.
- Kalkınma Bakanlığı (2018). **On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023): Makine Çalışma Grubu Raporu**, Ankara, (Çevrimiçi) <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/MakineCalismaGrubuRaporu.pdf>, 09.05.2020.
- Kazgan, G. (2000). **İktisadi Düşünce veya Politik İktisadın Evrimi**, 9. Basım, İstanbul, Remzi Kitabevi.
- Kepenek, Y. ve Türkiye Ekonomisi, 21. Baskı, İstanbul, Remzi Kitabevi.
Yentürk, N. (2008).
- Khan, W.Z., Rehman, “Industrial Internet of Things: Recent Advances, Enabling
M.H., Zangoti, H.M., Technologies and Open Challanges”, **Computers and
Afzal, M.K., Armi, N. Electrical Engineering**, 81, p. 1-13.
ve Salah, K. (2020).
- Kim, E. (2016). “Amazon's \$775 Million deal for Roborics Company Kiva is Starting to Look Really Smart”, **Business Insider**, Jun 15, 2016, (Çevrimiçi) <https://www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6>, 21.02.2020.
- Klitou, D., Conrads, J., **Digital Transformation Monitor Germany: Industrie 4.0**, European Commission, European Union.
Rasmussen, M., Probst, L. ve Pedersen, B.
(2017).
- Kubota, Y. (2019). “China Sets Up New \$29 Billion Semiconductor Fund”, **The Wall Street Journal**, Oct. 25, 2019, (Çevrimiçi) <https://www.wsj.com/articles/china-sets-up-new-29->

[billion-semiconductor-fund-11572034480](https://www.bilim-ekonomi.gov.tr/bilim-ekonomi/11572034480), 14.07.2020

- Küçükkalay, A. M. (1997). “Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçları Analizi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 2, s.51-68.
- Lee, J., Bagheri, B. ve Kao, H.A (2015). “A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems”, **Manufacturing Letters**, 3, p.18-23.
- Li, L. (2018). “China's Manufacturing Locus in 2025: Wiht a Comparison of 'Made-in-China 2025' and 'Industry 4.0’”, **Technological Forecasting & Social Change**, 135, p.66-74.
- Liao, Y., Loures, E.R., Deschamps, F., Brezinski, G. ve Venancio, A. (2018). “The Impact of the Fourth Industrial Revolution: a Cross-Country/Region Comparison”, **Production**, 28, p.1-18.
- Liu, S.X. (2016). “Innovation Design: Made in China 2025”, **Design Management Review**, 27(1), p.52-58.
- López-de-Armentia, J., Casado-Mansilla, D. ve López-de-Ipina, D. (2012). “Fighting against Vampire Appliances through Eco-aware Thing”, **2012 Sixth International Conference on Innovation Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing**, IEEE, p. 868-873.
- MacDougall, W. (2018). **Industrie 4.0: Germany Market Report and Outlook**, Berlin, GTAI, Germany Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH.
- Manufacturing USA (2017). **Manufacturing USA Annual Report, Fiscal Year 2016**, Advanced Manufacturing National Program Office, NIST, Department of Commerce, (Çevrimiçi) <https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/Manufacturing%20USA-Annual%20Report-FY%202016-web.pdf>, 25.04.2020
- Manufacturing USA (2018). **Manufacturing USA Annual Report, Fiscal Year 2017**, Advanced Manufacturing National Program Office, NIST, Department of Commerce, (Çevrimiçi) <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-3.pdf>, 25.04.2020
- Manufacturing USA (2019). **Manufacturing USA Annual Report, Fiscal Year 2018**, Advanced Manufacturing National Program Office, NIST,

- Department of Commerce, (Çevrimiçi)
<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-5.pdf>, 25.04.2020
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. ve Dewhurst, M. (2017). “Harnessing Automation for a Future That Works”, **McKinsey&Company**, January 12, 2017, (Çevrimiçi)
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>, 15.02.2020
- MARKA ve Bilişim Vadisi (2019). **Bilişim Çalıştayı Doğu Marmara Bilişim Sektörü ve Bilişim Vadisi Strateji Geliştirme Çalıştayı Sonuç Raporu**, (Çevrimiçi)
<http://www.marka.org.tr/uploads/files/2019-bilisim-calistayi.pdf>, 07.08.2020
- MARKA ve Muallimköy Teknopark A.Ş. (2013). **Bilişim Vadisi Çalıştay Raporu**, (Çevrimiçi)
<https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/bili-c5-9fim-vadisi-c3-87al-c4-b1-c5-9ftay-c4-b1-sonu-c3-a7-raporu-marka-2014.pdf>, 07.08.2020
- McCarthy, N. (2020). “China is Closing The Gap With The U.S. In R&D Expenditure (Infographic)”, **Forbes**, January 20, 2020, (Çevrimiçi)
<https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2020/01/20/china-is-closing-the-gap-with-the-us-in-rd-expenditure-infographic/#533dabd75832>, 13.05.2020
- McKinsey Dijital & Company (2015). **Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector**, New York City, New York (NY), McKinsey and Company.
- Mell, P. ve Grance, T. (2011). **The NIST Definition of Cloud Computing-Recommendations of the National Institute of Standards and Technology**, Gaithersburg, MD, NIST Special Publication 800-145.
- Mexican Ministry of Economy (2016). **Crafting the Future: A Roadmap for Industry 4.0 in Mexico**, Mexico City, (Çevrimiçi) <https://knoware.biz/wp-content/uploads/2018/02/industry-4.0-mexico.pdf>, 15.05.2020
- Merkel, A. (2014). “Speech by Federal Chancellor Angela Merkel to the OECD Conference”, **The Federal Government**, 19 February 2014, (Çevrimiçi)
<https://www.bundesregierung.de/breg-en/chancellor/speech-by-federal-chancellor-angela-merkel->

- Milward, R. ve Sheard, S. (1995). "The Urban Fiscal Problem, 1870-1914: Government Expenditure and Finance in England and Wales", **The Economic History Review**, New Series, 48(3), p. 501-535.
- Mitchell, B.R. ve Deane, P. (1962). **Abstract of British Historical Statistics**, Cambridge, The Syndics of The Cambridge University Press.
- Mokyr, J. (1999). "The Second Industrial Revolution, 1870-1914", **Storia dell'economia Mondaile** (Ed. Valerio Castronovo), Rome, Laterza Publishing, p. 219-245.
- Mpofu, T.P.; Mawere, C. ve Mukosera, M. (2014). "The Impact and Application of 3D Printing Technology", **International Journal of Science and Research (IJSR)**, 3(6), p. 2148-2152.
- Müller, J.M. ve Voigt, K.I (2018). "Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025", **International journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, 5(5), p.659-670.
- MÜSİAD (2017). **Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği: 2017 Lojistik Sektör Raporu (103)**, İstanbul, Mavi Ofset.
- Nef, J. U. (1943). "The Industrial Revolution Reconsidered", **The Journal of Economic History**, 3(1), p.1-31.
- Nippon.com (2019). "Japan's Science and Technology Research Spending at New High", February 19, 2019, (Çevrimiçi) <https://www.nippon.com/en/japan-data/h00388/japan%E2%80%99s-science-and-technology-research-spending-at-new-high.html>, 10.04.2020.
- Noronha, A. Moriarty, R., O'Connell, K. ve Villa, N. (2014). **Attaining IoT Value: How To Move from Connecting Things to Capturing Insights, Gain a Edge by Taking Analytics to the Edge**, CISCO, (Çevrimiçi) https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/docs/iot-data-analytics-white-paper.PDF, 21.12.2019
- OECD (2009). **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**, Paris, France, OECD Publishing.
- Öcal, F.M. (2014). "Türkiye'nin Sanayileşme Sürecine Genel Bakış: 2000-2013", **Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi**, 8, s. 14-25.

- Özdemir, Ş. (2014). “Sanayi Devriminin Bilim Tarihi Üzerinde Etkisi: Bilim ve Teknoloji İç İçe”, **Üretim Ekonomisi Kongresi**, 21-22 Mart 2014, s. 1-11.
- Özdoğan, O. (2018). **Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları**, Ankara, Pusula Yayıncılık.
- Özer, M. (2020). “Educational Policy Actions by the Ministry of National Education in the times of COVID-19”, **Kastamonu Educational Journal**, 28 (3), s.1124-1129.
- Özhan, T. (2016). **Makinelerin Evrimi: 4. Sanayi Devrimi**, İstanbul, e-Kitap Projesi.
- Özkan, M., Al, A. ve Yavuz, S. (2018). “Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye”, **Siyasal Bilimler Dergisi**, 1(1), s. 1-30.
- Özsoylu, A. F. (2017). “Endüstri 4.0”, **Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi**, 21(1), s. 41-64.
- Pearson, M. (2014). “Why 'Dark Factories' Are Not Good for the Environment”, **Business Ethich**, January 2, 2014, (Çevrimiçi) <https://business-ethics.com/2014/01/02/1516-why-dark-factories-are-not-good-for-the-environment/>, 23.02.2020
- Pereira, A.G., Lima, T.M. ve Charrua-Santos, F. (2020). “Industry 4.0 and Society 5.0: Oppurtunities and Threats”, **International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)**, 8(5), p.3305-3308.
- Pham, D.T ve Gault, R.S. (1998). “A Comparison of Rapid Prototyping Technologies”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 38, p. 1257-1287.
- Platform Industrie 4.0 (2019) **Platform Industrie 4.0- Digital Transformation “Made in Germany”**, Ostbevern, Germany, MKL Druck GmbH & Co. KG.
- Platform Industrie 4.0 (2020). “The Background to Platform Industrie 4.0”, (Çevrimiçi) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/ThePlatform/Background/background.html>, 17.03.2020
- Prisecaru, P. (2016). “Challanges of the Fourth Industrial Revolution”, **Knowledge Horizons- Economics**, 8(1), p. 57-62.

- Ranellucci, A. (2013). “Reprap, Slic3r and the Future of 3D Printing”, **Low-Cost 3D Printing For Science, Education & Sustainable Development** (Edt. Canessa, E., Fonda, C., Zennaro, M.), ICTP Dissemination Unit, p. 75-82.
- Rajaraman, V. (2014). “Cloud Computing”, **Resonance**, 19(3), p. 242-258.
- Resmi Gazete (2011). “Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname (KHK/635)”, 8 Haziran 2011 Tarihli ve 27958 Sayılı Resmi Gazete – Mükerrer.
- Resmi Gazete (2018). “Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (Kararname Numarası: 1), 10 Temmuz 2018 Tarihli ve 30474 Sayılı Resmi Gazete
- Rifkin, J. (2014). **Üçüncü Sanayi Devrimi, Yanal Güç, Enerjiyi, Ekonomiyi ve Dünyayı Nasıl Dönüştürüyor?** (Çev. Pelin Sıral, Murat Başekim), İstanbul, İletişim Yayınları.
- Roberts, C.M. (2006). “Radio Frequency Identification (RFID)”, **Computers & Security**, 25(1), p. 18-26.
- Roberts, B.H. (2015). “The Third Industrial Revolution: Implications for Planning Cities and Regions”, **Urban Frontiers** Working Paper 1, pp. 1-22.
- Rojko, A. (2017). “Industry 4.0 Concept: Background and Overview”, **International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)**, 11(5), p.77-90.
- Rostow, W.W. (1956). “The Take-Off Into Self-Sustained Growth”, **The Economic Journal**, 66(261), p. 25-48.
- Rostow, W.W. (1971). “Sanayi Devrimi Nasıl Başladı”, **İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası**, 30(1-4), s. 255-278.
- Russell, S. ve Norvig, P. (2010). **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, Third Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Education.
- Rüßmann, M.; Lorenz, M.; Gerbert, P.; Waldner, M.; Justus, J.; Engel, P. ve Harnisch, M. (2015). **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**, The Boston Consulting Group, (Çevrimiçi) https://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm79-61694.pdf, 10.10.2018

- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2020a). (Çevrimiçi), <https://www.sanayi.gov.tr/kurumsal/tarihce>, 23.06.2020
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2020b). “2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/faaliyet-raporlari>, 23.06.2020
- Sayar, M. ve Yüksel, H. (2018). “Endüstri 4.0 ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşümü”, **Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi**, 10(2), ss. 83-98.
- Schrauf, S. ve Berttram, P. (2016). “Industry 4.0: How Digitization Makes the Supply Chain More Efficient, Agile, and Customer-Focused”, **Strategy&Part of the PWC network**, September 07, 2016, (Çevrimiçi), <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/digitization-more-efficient.html>, 06.02.2020
- Schwab, K. (2017). **Dördüncü Sanayi Devrimi** (Çev. Zülfü Dicleli), İstanbul, Optimist Yayın.
- Schwab, K. ve Davis, N. (2019). **Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek** (Çev. Zülfü Dicleli), İstanbul, Optimist Yayın.
- Seyitdanlioğlu, M. (2009). “Tanzimat Dönemi Osmanlı Sanayii (1839-1876)”, **Tarih Araştırmaları Dergisi**, 28(46), s.53-69.
- Shrouf, F., Ordieres, J. ve Miragliotta, G. (2014). “Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and Energy Management Approached in Production Based on Internet of Thing Paradigm”, **Proceedings of the 2014 IEEE IEEM**, p. 697-701.
- SIEMENS (2016). **Endüstri 4.0 Yolunda**, (Çevrimiçi) <http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/Default.html#p=1>, 10.10.2018.
- Silva, R., Olivera, J.C. ve Giraldi, G.A. (2003). “Introduction to Augmented Reality”, (Çevrimiçi) <https://members.aixr.org/storage/RelatorioTecnicoLNCC-2503.pdf>, 27.12.2019
- Sitatow, D. B., Ahrendt, D., Kyosev, Y. ve Kabish, A. K. (2020). “Additive Manufacturing and Textiles- State-of-the-Art”, **Applied Sciences**, 10(15), 5033, p. 1-21.
- Smart Service Welt (2020). (Çevrimiçi), <https://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/EN/Foerderprogramme/S>

[mart Service Welt/smart_service_welt.html](http://mart.Service.Welt/smart_service_welt.html), 20.03.2020

- Springer, M. ve Schnelzer, J. (2019). **Differentiation of Industry 4.0 Models. The 4th Industrial Revolution from different Regional Perspectives in the Global North and Global South**, Vienna, Austria, Regional Academy on the United Nations (RAUN).
- Stanislav, T. ve Miclea, L. (2012). "Cyber-Physical Systems - Concept, Challenges and Research Areas", **Journal of Control Engineering and Applied Informatics**, 14(2), p. 28-33.
- Statistics Bureau of Japan (2020). (Çevrimiçi), <https://www.stat.go.jp/english/data/kagaku/1545.html>, 15.06.2020
- Sungur, O. ve Ünlü, H. (2016). "Türkiye'de Sanayi Politikaları ve Sanayi Sektörünün Dönüşümü: Planlı Kalkınma Dönemi Açısından Bir Değerlendirme", **Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 9(42), s.1637-1647.
- Şahinkaya, S. (1999). **Sanayileşme Süreçleri ve Kalkınma-Yatırım Bankaları 'Teorik Bir Çerçeve ve Türkiye Örneği'**, Ankara, Mülkiyeliler Birliği Vakfı Yayınları, Tezler Dizisi 7.
- Taş, H. Y. (2018). "Dördüncü Sanayi Devrimi nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri", **OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi**, 9(16), s.1817-1836.
- TEYDEB (2012). **Özel Sektör AR-GE ve Yenilik Destekleri**, (Çevrimiçi), https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/teydeb_kitapcik.pdf, 21.05.2020
- TEYDEB (2020). (Çevrimiçi), https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/21566/teydeb_guncel_sunum_0.pdf, 21.05.2020
- TGBD (2020). "Bilişim Vadisi", (Çevrimiçi) <https://www.tgbd.org.tr/bilisim-vadisi-firmasi-224>, 07.08.2020
- The Economist (2010). "Augmented Business", (Çevrimiçi) <https://www.economist.com/special-report/2010/11/06/augmented-business>, 12.01.2020
- The Federal Government (2014) **Digital Agenda 2014-2017**, München, PRpetuum GmbH, (Çevrimiçi) <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/publ>

- [ikationen/2014/digital-agenda.pdf?_blob=publicationFile](#), 13.07.2020
- The State Council PRC (2020). “Building a World Manufacturing Power – Premier and ‘Made in China 2025’ Strategy”, (Çevrimiçi) http://english.www.gov.cn/premier/news/2017/01/29/content_281475554068056.htm, 19.03.2020
- Thomas (2019). “Tel Aviv University Scientists 3D Print a Tiny Live Heart Using Patient’s Own Cells”, April 15, 2019 (Çevrimiçi) <http://www.3ders.org/articles/20190415-tel-aviv-university-scientists-3d-print-a-tiny-live-heart-using-patients-own-cells.html>, 15.01.2020
- Tibbits, S. (2014). “4D Printing: Multi-material Shape Change”, **Architectural Design**, 84(1), p-116-121.
- Tiryakioğlu, M. (2016). “Türkiye Ekonomisinde Geç Kalmanın Yeri ve Yerli Üretimin Ekonomi Politikası”, **Ege Akademik Bakış**, 16(2), s. 177-196.
- Tonus, Ö. (2007). “Gümrük Birliği Sonrası Türkiye’de Dışa Açıklık ve Sanayileşme”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 17, s. 193-214.
- Torun, İ. (2003). “Endüstri Toplumu’nun Oluşmasında Etkili Olan İktisadi ve Sina-i Faktörler”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 4(1), s. 181-196.
- Turing, A.M. (1950). “Computing Machinery and Intelligence”, **Mind**, 49, p. 433-460.
- TÜBİTAK (1993). **Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003**, 13.05.1993 Tarih ve 1993/13 Sayılı Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Kararı.
- TÜBİTAK (2016). **Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası**, (Çevrimiçi) https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf, 09.10.2018
- TÜBİTAK (2020a). (Çevrimiçi), <https://www.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/hakimizda/icerik-biz-kimiz>, 23.06.2020
- TÜBİTAK (2020b). “2011-2019 Faaliyet Raporları”, (Çevrimiçi) <https://www.tubitak.gov.tr/tr/icerik-faaliyet-raporlari>, 23.06.2020

- TÜİK (2019). “Merkezi Yönetim Bütçesinden AR-GE Faaliyetleri İçin Ayrılan Ödenek ve Harcamalar, 2019”, (Çevrimiçi) <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30579>, 25.05.2020
- TÜİK (2020). “Araştırma Geliştirme Faaliyet İstatistikleri”, (Çevrimiçi) http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1082, 20.05.2020
- TÜSİAD ve BCG Group (2016). **Türkiye'nin Küresel Rekaberciliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi**, Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576.
- TÜSİAD ve BCG Group (2017). **Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği**, Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12-589.
- Urban, T. (2015). “The AI Revolution: The Road to Superintelligence”, **Wait But Why**, January 22, 2015, (Çevrimiçi) <https://waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html>, 21.02.2020
- UNESCO (2019). “Japan Pushing Ahead with Society 5.0 to Overcome Chronic Social Challenges”, **UNESCO**, 21.02.2019, (Çevrimiçi) <https://en.unesco.org/news/japan-pushing-ahead-society-50-overcome-chronic-social-challenges>, 16.07.2020
- UNIDO (2015). **Industrial Development Report 2016. The Role of Technology and Innovation in Inclusive and Sustainable Industrial Development**, Vienna, Austria.
- Ünal, Y. (2009). “Bilgi Toplumunun Tarihçesi”, **Tarih Okulu**, 5, s. 123-144.
- Vaidya, S., Ambad, P. ve Blosle, S. (2018). “Industry 4.0 - A Glimpse”, **Procedia Manufacturing**, 20, p.233-238.
- Veugelers, R. (2017). “The Challenge of China's Rise as a Science and Technology Powerhouse”, **Brink Asia**, August 28, 2017,(Çevrimiçi) https://www.brinknews.com/the-challenge-of-chinas-rise-as-a-science-and-technology-powerhouse/?utm_source=BRINK+Asia, 08.05.2020
- Von Solms, R. ve Van Niekerk, J. (2013). “From Information Security to Cyber Security”, **Computers & Security**, 38, p. 97-102.

- Wang, S., Wan, J., Li, D. ve Zhang, C. (2016). “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, **Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks**, Vol. 2016, p.1-10.
- Waslo, R., Lewis, T., Hajj, R. ve Carton, R. (2017). **Industry 4.0 and Cybersecurity: Managing Risk in an Age of Connected Production**, Deloitte University Press.
- Witkowski, K. (2017). “Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management”, **Procedia Engineering**, 182, p. 763-769.
- Waterfield, P. (2018). “How Nuevo León Became the Heartland for Industry 4.0 in Mexico”, **Enterprise IoT Insight**, (Çevrimiçi) <https://enterpriseiotinsights.com/20180502/channels/fundamentals/how-nuevo-leon-became-the-heartland-for-industry-40>, 20.07.2020
- Wonglimpiyarat, J. (2006). “The Dynamic Economic Engine at Silicon Valley and US Government Programmes in Financing Innovations”, **Technovation**, 26, p. 1081-1089.
- World Bank Data (2020). “Indicators of Research and Development Expenditure (% of GDP), ICT Goods Imports (% total goods imports), and High-Technology Exports (% of manufactured exports)”, (Çevrimiçi) <https://data.worldbank.org/>, 30.03.2020
- World Economic Forum & Accenture (2015). **Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services**, Cologny/ Geneva, Switzerland, World Economic Forum.
- World Economic Forum ve A.T Kearney (2018). **Readiness for the Future of Production Report 2018**, Insight Report, Cologny/ Geneva, Switzerland, World Economic Forum.
- Wübbeke, J., Meissner, M., Zenglein, M.J., Ives, J. ve Conrad, B. (2016). **Made in China 2025: The Making of a High-tech Superpower and Consequences for Industrial Countries**, Mercator Institute for China Studies, Papers on China, No 2.
- Xu, M., David, J.M. ve Kim, S.H. (2018). “The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges”, **International Journal of Financial Research (IJFR)**, 9(2), p. 90-95.

- Yankın, F.B. (2019). “Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışma Yaşamı”, **Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 7(2), s. 1-38.
- Yıldırım, S. (2006). “Türkiye’de 24 Ocak 1980 Öncesi ve Sonrası Sanayileşme ve Ekonomik Büyümeye Etkileri”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 7(1), s.1-23.
- Yıldız, Ö.R. (2009). “Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (Cloud Computing) ve Denetim”, **Sayıştay Dergisi**, 74-75, s. 5-23.
- Yin, S. ve Kaynak, O. (2015). “Big Data for Modern Indutry: Challanges and Trends”, **Proceedings of the IEEE**, 103(2), p. 143- 146.
- Yücel, F. (2015). **Cumhuriyet Türkiye’sinin Sanayileşme Öyküsü**, Ankara, Türk Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV).
- Yüksekbilgili, Z., ve Çevik, G. Z. (2018). “Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye’nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz”, **Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)**, 3(2), s. 422-436.
- Zissis, D. ve Lekkas, D. (2012). “Adressing Cloud Computing Security Issues”, **Future Generation Computer Systems**, 28, p. 583-892.
- (Çevrimiçi) “Government Guidance Fund (State-controlled Venture Capital Fund) in 2016”, (Çevrimiçi) <https://infogram.com/government-guidance-fund-in-2016-1gk92ejrw78rp16>, 15.07.2020
- (Çevrimiçi) “Research & Innovation” (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/mexico-2017/research-innovation>, 08.05.2020
- (Çevrimiçi) “Mexico’s Manufacturing Sector Readies for Industry 4.0”, (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/overview/solid-fundamentals-local-manufacturing-sector-prepares-changes-brought-about-industry-40-and-global>, 08.05.2020
- (Çevrimiçi) “Government Innovation Drive Continues in Mexico”, (Çevrimiçi) <https://oxfordbusinessgroup.com/overview/innovation-drive-government-efforts-improve-scientific-research-and-link-it-business-creation>, 20.06.2020