

**T.C.**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ:**  
**ULUSAL YENİLİK SİSTEMİ ÇERÇEVESİNDE BİR İNCELEME**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hazırlayan**

**Onur BİLGİN**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Hacı Bayram IŞIK**

**Ocak - 2018**  
**KIRIKKALE**



**T.C.**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ:  
ULUSAL YENİLİK SİSTEMİ ÇERÇEVESİNDE BİR İNCELEME**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hazırlayan**

**Onur BİLGİN**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Hacı Bayram IŞIK**

**Ocak - 2018**  
**KIRIKKALE**

## KABUL-ONAY

Prof. Dr. Hacı Bayram IŞIK danışmanlığında Onur BİLGİN tarafından hazırlanan “Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye Ekonomisi: Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Bir İnceleme” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim dalında Tezli Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.././2018

(imza)

[Unvanı, Adı ve Soyadı] (Başkan)

.....

.....

(imza)

[Unvanı, Adı ve Soyadı]

(imza)

[Unvanı, Adı ve Soyadı]

.....

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.././2018

(Unvan, Adı Soyadı)

Enstitü Müdürü

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye Ekonomisi: Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Bir İnceleme” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve faydalandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak faydalanılmış olduğunu beyan ederim.

Tarih: 10.01.2018

Adı Soyadı: Onur BİLGİN

İmza:



## ÖN SÖZ

Bu çalışmada dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan yeni teknolojiler incelenmiş ve Türkiye ekonomisine olası etkileri üzerinde durulmuştur. Sanayi devrimlerinin filizlendiği toplumlara ait dini, kültürel, politik, coğrafi vb. yapılar veri kabul edilmiş, sadece devrimlerin gerçekleşmesinde büyük önem taşıyan tekno-ekonomik gelişmeler ve bu gelişmelere zemin hazırlayan Ulusal Yenilik Sistemleri üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda genel amaçlı teknolojiler ekseninde yapılandırılan Ulusal Yenilik Sisteminin Türkiye'nin iktisadi gelişiminde önemli bir faktör olacağı vurgulanmıştır.

Çalışmamın gerçekleşmesi sırasında bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösterip çalışmamı yakından takip eden değerli danışman hocam Prof. Dr. Hacı Bayram IŞIK'a verdiği desteklerden ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince desteklerini esirgemeyen, Kırıkkale Üniversitesi İktisat Bölümü'ndeki tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Aynı zamanda bu uğurda bana destek olan sevgili aileme ve sürekli yanımda olan sevgili eşim Hilal BİLGİN'e bana verdikleri desteklerden ötürü çok teşekkür ederim.

Onur BİLGİN

## ÖZET

BİLGİN, Onur, “Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye Ekonomisi: Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 2018.

18. yüzyıla kadar oldukça yavaş ve evrimsel bir biçimde gelişen teknoloji, son 250 yıl içerisinde ivmesini arttırmış ve sanayi devrimleri olarak ifade edilen değişimlere neden olmuştur. İngiliz kömür madenlerinde buharlı makinelerin gürültüsüyle başlayan sanayileşme süreci, ulusal kültürünü bilimsel heves ve teknik buluşlara verilen desteklerle şekillendirmiş ülkelerde, mobil teknolojiler ve akıllı algoritmalar sayesinde yeni bir devrimin eşiğindedir. İşte bu çalışmada bu yeni teknolojiler incelenmiş ve Türkiye ekonomisine olası etkileri üzerinde durulmuştur. İlk olarak tarihsel süreç, ardışık sanayi devrimleri başlığı altında incelenmiştir. Ardından dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojileri açıklanmıştır. Son olarak ise, Türk Ulusal Yenilik Sistemi incelenmiş ve akabinde Türkiye ekonomisi iktisadi gelişme, istihdam ve dış ticaret konu başlıklarında değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda iktisadi gelişme ve dünya ekonomisinde söz sahibi bir ülke olmayı amaçlayan Türkiye'nin, Ulusal Yenilik Sistemini dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojileri ekseninde yapılandırması gerektiği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Teknoloji, Dördüncü Sanayi Devrimi, Ulusal Yenilik Sistemi, Genel Amaçlı Teknoloji, Türkiye Ekonomisi

## ABSTRACT

BİLGİN, Onur, “The Fourth Industrial Revolution and Turkey: A Study in The Framework of the National Innovation System.”

The technology, which has evolved quite slowly and in an evolutionarily way until the 18th century, has increased its momentum in the last 250 years and has caused changes called as industrial revolutions. The process of industrialization, beginning with the noise of steam engines, is on the verge of a new revolution in countries that shaped national cultures with the support of scientific enthusiasm and technical inventions. This study focused on the effects of these new technologies on Turkey's economy. First, the historical process has been examined under the title of industrial revolutions. Then, general-purpose technologies of the fourth industrial revolution are explained. Finally, Turkish National Innovation System was examined, and economic development, employment and foreign trade has been evaluated in the context of Turkey's economy. As a result of the study, it was emphasized that the National Innovation System should be structured on the axis of general purpose technology.

**Keywords:** Technology, Fourth Industrial Revolution, National Innovation System, General Purpose Technology, Turkish Economy



## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>Ar-Ge</b>	: Araştırma-Geliştirme
<b>BTYK</b>	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
<b>GAT</b>	: Genel Amaçlı Teknoloji
<b>GSYİH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>KOSGEB</b>	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
<b>OECD</b>	: Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
<b>PISA</b>	: Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
<b>RIA</b>	: Robotik Sanayii Derneği
<b>TOBB</b>	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
<b>UYS</b>	: Ulusal Yenilik Sistemi
<b>YDZ</b>	: Yapay Dar Zekâ
<b>YGZ</b>	: Yapay Genel Zekâ
<b>YZ</b>	: Yapay Zekâ

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Yenilik Türleri .....	6
Tablo 2. Çeşitli Alanlarda 34 Ürün ve Üretim Sürecinde İcatların Yeniliğe Dönüşme Süreleri .....	8
Tablo 3. Buhar Gücünün Gelişimindeki Temel Olaylar 1642-1845 .....	26
Tablo 4. Buharlı Makinelerinin Kömür Tüketim Miktarları.....	26
Tablo 5. Birinci Sanayi Devrimi Öncesi ve Süresince Sektörlere Göre Yıllık Büyüme Oranları.....	28
Tablo 6. Pamuk İpliğinde Teknik İlerleme, 1780-1830.....	29
Tablo 7. İngiliz ve Dünya Denizciliğinde Taşıma Kapasitesi.....	31
Tablo 8. Elektrikte Başlıca Gelişmeler .....	35
Tablo 9. İngiltere, Almanya ve ABD'nin Demir ve Çelik Üretimi (Milyon Ton).....	38
Tablo 10. Çelik ve Çelik Alaşımli Metaller İle Üretilen Ürünlerden Bazıları.....	39
Tablo 11. Bilgisayar Tarihindeki Önemli Olaylar.....	45
Tablo 12. İnternet Teknolojisinin Gelişimindeki Başlıca Olaylar.....	49
Tablo 13. Ardışık Sanayi Devrimlerinin Temel Özellikleri Hakkında Bir Özet .....	52
Tablo 14. Büyük Veri ve Geleneksel Analitik .....	60
Tablo 15. Farklı Mesleklerin Bilgisayarlaştırılma Olasılığı, 2016 (1 = Kesin) .....	67
Tablo 16. Çeşitli Ülkeler Bazında Sanayi Malı Satış Gelirlerindeki Değişimi (2006-2011) (Milyar Euro).....	77
Tablo 17. Çeşitli Ülkeler Bazında Eğitim Yüzdeleri (2015 Yılı Verileri, 25-64 Yaş Arası) .....	80
Tablo 18. Çeşitli Ülkeler Bazında Ar-Ge Harcamaları ve Oranları (2015).....	83
Tablo 19. Türkiye İmalat Sanayinin Üretim, Katma Değer ve Tesis Sayısına Göre Teknolojik Yapısı (Sektörel Paylar) (%) (2013) .....	91
Tablo 20. OECD Triadic Patent Sayıları (2015).....	92

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yenilik Süreci (Doğrusal Model) .....	7
Şekil 2. Ulusal Yenilik Sistemi Şeması .....	17
Şekil 3. 1806-1845 Yılları İtibarıyla Demir Fiyatı, Ton, Liverpool.....	23
Şekil 4. Clermont İçin 20.05.1808 Tarihinde Verilen Gazete İlanı.....	31
Şekil 5. ABD’de Elektriğin Yayılımı .....	36
Şekil 6. ABD’de Tüm Demir ve Çelik Ürünlerinin Yüzdesi Olarak Çeliğin Nüfuzu.....	40
Şekil 7. General Motors'un Otomobil Üretim Tesisi (1969).....	47
Şekil 8. 1960-2000 Yılları Arası Kullanımdaki Endüstriyel Robot Sayısı.....	48
Şekil 9. Dünya Çapında Sabit ve Mobil Geniş Bant İnternet Penetrasyonu, 2010-2016 (Milyon) .....	54
Şekil 10. Dördüncü Sanayi Devrimini Mümkün Kılan Teknolojiler .....	57
Şekil 11. 2015'ten 2025'e Kadar Nesnelerin İnternetine Dahil Olması Beklenen Cihaz Sayısı.....	61
Şekil 12. YZ'nın Resim Tanımda 2010-2016 Arasındaki Gelişimi .....	64
Şekil 13. 2006-2016 Yılları Arası YZ Şirketlerinin Dünya Çapında Finansmanı (Milyar ABD Doları) .....	66
Şekil 14. İmalat Sanayinde 10 Bin Çalışan Başına Düşen Çok Amaçlı Endüstriyel Robot Sayısı (2015).....	70
Şekil 15. Profesyonel Kullanım Amaçlı Servis Robotları. Birim Satışlar (2014 ve 2015), 2016-2019 Yılı Tahmini.....	72
Şekil 16. Eklemeli Üretim (Basitleştirilmiş Şema) .....	74
Şekil 17. Ağ Tipleri .....	76
Şekil 18. Ülkeler Bazında GSYİH Büyüme Oranı Ortalaması (2000-2016).....	78
Şekil 19. Ülkeler Bazında 100.000 Kişi Başına Bilimsel Makale Sayıları (2013) .....	79
Şekil 20. PISA Sonuçları (2015) Sırasıyla Bilim, Matematik, Okuduğunu Anlama Sonuçları.....	82
Şekil 21. Türkiye'nin Ulusal Yenilik Sisteminin Temel Aktörleri .....	88
Şekil 22. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (Teknoparklar).....	89

Şekil 23. Üniversitelerdeki Fizik, Kimya ve Biyoloji Kontenjanlarının 2007-2017 Arasındaki Değişimi .....	90
Şekil 24. Makine Öğrenimi Alanında En Çok Atıf Alan %10 Makalenin Ülkeler Bazında Dağılımı.....	94
Şekil 25. Türkiye’de Sektörlere Göre İstihdam (1988-2015)(%).....	96
Şekil 26. ABD Ekonomisinde İşin Türüne Göre İstihdam (Milyon Kişi).....	98
Şekil 27. Türkiye Dış Ticaret Verileri (1987-2016) (Bin).....	100
Şekil 28. Teknoloji Yoğunluğuna Göre İhracat .....	101



## İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KISALTMALAR.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### TEKNOLOJİK GELİŞMENİN İKTİSAT LİTERATÜRÜNDEKİ YERİ

1.1	TEKNOLOJİK GELİŞMENİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ.....	3
1.2	TEKNOLOJİK GELİŞMENİN KURAMSAL ÇERÇEVESİ .....	9
1.2.1	Klasik İktisat Literatüründe Teknolojik Gelişme.....	10
1.2.2	Neo-Klasik İktisat Literatüründe Teknolojik Gelişme .....	11
1.2.3	Yeni Büyüme Teorileri (İçsel Büyüme Modelleri).....	13
1.2.4	Evrimci İktisat Yaklaşımında Teknolojik Gelişme.....	14
1.2.5	Ulusal Yenilik Sistemi Yaklaşımı.....	15

### İKİNCİ BÖLÜM

#### SANAYİ DEVRİMLERİ

2.1	BİRİNCİ SANAYİ DEVRİMİ.....	19
2.1.1	Teknolojik Yenilikler ve İngiliz Ulusal Yenilik Sistemi.....	21
2.1.2	Demir Sanayi.....	22
2.1.3	Buharlı Makinelerin Gelişimi .....	24
2.1.4	Pamuklu Dokuma Sanayi.....	27
2.1.5	Ulaşım Sistemi ve Teknolojik Gelişme.....	30
2.2	İKİNCİ SANAYİ DEVRİMİ.....	32

2.2.1	Teknolojik Yenilikler ve ABD Ulusal Yenilik Sistemi.....	32
2.2.2	Elektrik Sanayii ve Elektrifikasyon.....	33
2.2.3	Çelik Sanayi.....	37
2.2.4	Seri Üretim.....	40
2.3	ÜÇÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ.....	41
2.3.1	Teknolojik Yenilikler - Japonya ve Güney Kore Ulusal Yenilik Sistemi ...	42
2.3.2	Dijitalleşmenin Başlaması: Bilgisayarlar ve Elektronik Devre Elemanları.	43
2.3.3	Endüstriyel Robotlar.....	47
2.3.4	İnternet.....	49

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE DÜNYA**

3.1	DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ.....	53
3.1.1	Teknolojik Yenilikler .....	56
3.1.2	Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri.....	58
3.1.3	Yapay Zekâ (YZ).....	61
3.1.4	İleri Robotik.....	68
3.1.5	Eklemeli Üretim (Üç boyutlu baskı).....	73
3.1.6	Blok Zinciri (Blockchain) ve Kripto Paralar (Cryptocurrency).....	75
3.2	DÜNYADA DURUM .....	77

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE**

4.1	TÜRK ULUSAL YENİLİK SİSTEMİ.....	86
4.2	DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE.....	93
4.2.1	İktisadi Büyüme Üzerine .....	93
4.2.2	İşgücü Üzerine .....	96
4.2.3	Dış Ticaret Üzerine.....	100
<b>SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>		<b>103</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>		<b>106</b>

## GİRİŞ

Günümüzde dijitalleşmenin ve bilgi teknolojilerinin tüm sektörler ve tüm üretim zincirlerine hızla nüfuz etmesiyle meydana gelen dördüncü sanayi devrimi, müreffeh toplum olma arzusundaki ulusların ulaşması gereken bir sanayi aşamasını ifade etmektedir. Bu yönüyle çalışmanın temel amacı, bilişim teknolojilerini odağında bulunduran yeni sanayi yapısının, Türkiye ekonomisi üzerindeki olası etkilerini incelemek ve teknolojik dönüşümden en etkin şekilde yararlanabilmek amacıyla politika önerileri sunmaktır.

Çalışmanın konusunu dördüncü sanayi devrimi ve Türkiye ekonomisi üzerine etkileri oluşturmaktadır. Dördüncü sanayi devrimini hazırlayan teknolojik ve ekonomik koşulların neler olduğu, değişimi mümkün kılan ne gibi gelişmelerin meydana geldiği değerlendirildikten sonra; devrimin ekonomik sonuçları Türkiye özelinde ele alınacaktır.

Çalışmanın sınırları çizilirken belirtilmesi gereken temel husus hem dördüncü sanayi devriminin hem de ilk üç devrimin filizlendiği toplumlara ait dini, kültürel, politik, coğrafi vb. yapıların veri kabul edildiği, sadece devrimlerin gerçekleşmesinde büyük önem taşıyan tekno-ekonomik gelişmelerin ve bu gelişmelere zemin hazırlayan Ulusal Yenilik Sistemlerinin üzerinde durulduğudur.

Çalışmanın ilk bölümünde teknoloji, teknolojik değişim, teknolojik gelişme, icat ve yenilik gibi kavramlar açıklanmış, aralarındaki ilişki kuramsal çerçevede incelenmiştir. İkinci bölümde, ilk üç devrimde üretim ve tüketim sürecini etkileyen teknolojik gelişmeler açıklanmış ve her bir devrim öncü sektörleri göz önünde bulundurularak tarihsel süreç içerisinde değerlendirilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde henüz oluşum evresinde bulunan dördüncü sanayi devriminin ne olduğu ve ne tür teknolojik gelişmeler sayesinde gerçekleştiği açıklanmıştır. Bu devrimin açıklaması yapılırken diğer devrimlerde olduğu gibi öncü sektörler ve dönüşüme neden olan teknolojik gelişmeler üzerine odaklanılmıştır.

Son bölümde dördüncü sanayi devriminin Türkiye ekonomisinde meydana getirebileceği değişimler incelenmiştir. Burada ilk önce Türk Ulusal Yenilik Sistemi üzerinde durulmuştur. Sonra dördüncü sanayi devrimi iktisadi büyüme, dış ticaret ve istihdam bakımından değerlendirilmiştir.





## BİRİNCİ BÖLÜM

### TEKNOLOJİK GELİŞMENİN İKTİSAT LİTERATÜRÜNDEKİ YERİ

#### 1.1 TEKNOLOJİK GELİŞMENİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

Teknoloji, etimolojik olarak Yunanca *techne* (sanat) ve *logia* (bilmek) kelimelerinin birleşimi olan "*Technoslogos*" kelimesinden gelmektedir. On yedinci yüzyılın başlarında İngilizceye ve Fransızcaya ardından on dokuzuncu yüzyılda Türkçeye geçen bu terim için tüm bilim dallarının uzlaşması sağladığı bir tanımlama yapmak oldukça zordur.<sup>1</sup> Teknoloji, iktisat biliminin ilgi alanına girdiği kadar, mühendislik, sosyoloji ve bilim tarihi gibi disiplinlerin de çalışma konusunu oluşturmaktadır. Her bir disiplinin teknoloji kavramına yaklaşımı, metodolojisi ve terminolojisi farklılıklar göstermektedir.

İlk olarak teknoloji kelimesinin sözcük anlamı incelendiğinde; teknoloji, bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri, bunların kullanım biçimlerini kapsayan uygulama bilgisini ifade etmektedir.<sup>2</sup> Bu tanımın teknolojiyi maddi bir üretim süreciyle sınırlandırdığı görülmektedir. Türkcan (2009) teknolojiyi ister maddi bir ürün ister hizmet ya da güzel sanat icrası olsun, bir şeyin nasıl üretildiği ve tüketildiğine ilişkin belli bir sistem veya disiplin çerçevesinde sunulmuş bilgiler kümesi olarak ifade etmektedir (Türkcan, 2009:21-22).

Bu tanım dikkate alındığında, teknoloji genel anlamda, insanın içinde yaşadığı çevreyi değiştirmek ve denetlemek için ürettiği bilgi topluluğu; dar anlamda ise üretim için gerekli bilgiler bütünü olarak ifade edilebilir (Bülbül, 2008:14). Gözden kaçırılmaması gereken

---

<sup>1</sup> Technology, *Oxford Dictionary*,  
<https://en.oxforddictionaries.com/definition/technology> Erişim Tarihi:08.03.2017

<sup>2</sup> Teknoloji, *Türk Dil Kurumu*,  
[http://www.tdk.org.tr/index.php?option=com\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.58ad8fc97db7a2.3004842](http://www.tdk.org.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.58ad8fc97db7a2.3004842)  
7 Erişim tarihi 22.02.2017

temel husus, her iki kapsamda da teknolojinin, sadece maddi karşılığı olan bir bilgi değil; örgütsel ve yönetsel boyutları olan bir olgu olduğudur.

Teknoloji, teknolojik değişim ve teknolojik gelişme gibi kavramlar tarih boyunca çeşitli iktisatçılar tarafından açıklanmaya çalışılmıştır.

N. Rosenberg, teknolojik değişimi tarihsel bir olgu olarak görmüş ve değişimin anlaşılabilirliği için tarihi bilgilerin kaçınılmaz bir kaynak olduğunu belirtmiştir. Ona göre, teknolojik değişimin sebep ve sonuçlarının analizinde yalnızca iktisat ve iktisat tarihi de yeterli olmayacaktır. Teknolojik değişim kavramının anlaşılabilirliği için, teknolojik değişimin hızı, değişimin yönünü etkileyen faktörleri, yeni teknolojilerin yayılma hızını ve son olarak teknolojik değişimin verimlilik artışı üzerindeki etkilerini incelemek gerekmektedir (Rosenberg, 1982).

Ancak burada teknolojik gelişme ile teknolojik gelişme kavramlarının farklı olduğunu belirtmek gerekir. Teknolojik değişim ya da “teknik seçim”, her zaman bir ileri teknolojiye geçme anlamı taşımaz. Teorik olarak üreticiler, mikro düzeyde sermaye-yoğun bir teknikten emek-yoğun bir tekniğe her zaman geçebilirler. Buna karşın, teknolojik değişim makro düzeyde ve son yüzyıllar açısından göz önüne alındığında, değişimin genellikle sermaye-yoğun bir çizgide ilerlediği görülmektedir. Ancak tarihsel bakış ölçeği yakın zamanlardan uzaklaştırılıp daha geniş bir ölçekte ayarlanırsa, teknolojik değişimin tek hat üzerinde, sâdece ilerleme yönünde gerçekleşmediği, ilerleme – gerileme şeklinde zikzaklar sergilediği görülmektedir (Türkcan, 2009:23-24).

Günümüz dünyasında ender rastlanan teorik yaklaşımlar ya da kısa süreli geçici olaylar dışında emek-yoğun teknolojileri ön plana çıkarmak mümkün değildir.<sup>3</sup> Teknolojik değişim mikro düzeyde ve kısa süreli emek-yoğun üretim sürecinin seçilebilmesini de ifade ederken; teknolojik gelişme ise makro düzeyde ve tek yönlü sermaye-yoğun üretim

---

<sup>3</sup> 1973 yılında yaşanan büyük petrol krizi sırasında tarımsal üretimde traktör yerine at ve öküz kullanmak ya da arabaları atla çekmek gibi denemeler yapılmış ancak bunlar protesto gösterisinden ileriye gidememiştir.

tercihini ifade etmektedir. Teknolojik değişim teknolojik gelişme kavramını da içine alan daha geniş bir terim olmaktadır.

Avrupa’da bilimsel düşüncelerin ön plana çıkmaya başladığı dönem olan Rönesanstan günümüze teknolojik gelişme kavramı şu varsayımlar üzerinde temellendirilmiştir (Basalla, 2003:324-325).

- Teknolojik gelişmeler maddi, toplumsal, kültürel ve manevi hayatımızın iyileşmesine katkıda bulunurlar, böylece uygarlığın gelişimine katkı sağlarlar.
- Teknolojik değişimin kökeni, yönü ve etkisi tamamen insan kontrolü altındadır.
- Teknolojik buluş, değişim geçiren üründe mutlaka belirgin bir ilerlemeye yol açar.
- Teknolojik gelişme; hız, verim, güç ve buna benzer diğer nicel ölçülere başvurarak kesin olarak ölçülebilir.
- Teknoloji sayesinde insan doğaya hâkim olmuştur.

Türkcan (2009) teknolojik gelişmeyi, teknolojiyi geliştirenler bazında sınıflandırmış ve ayrı dönemler itibarıyla incelemiştir. Alet kullanabilen ilk insandan modern zamanların başlangıcına (15.-16. yy) kadar olan dönem için “yeniliğin anonim dönemi”, 15. ve 16. yüzyıllardan başlayan ve birinci sanayi devriminin sonuna kadar geçen dönem için “kişisel mucitler dönemi” ve son olarak 1850’lerden günümüze kadar olan dönemi “kolektif organize yenilik dönemi” olarak sınıflandırmıştır.

Teknolojik yenilikler boyutlarına ve etki derecelerine göre de sınıflandırılabilir (Uzkurt, 2009:18).

- Radikal Yenilikler: Mevcut olandan tamamen farklı olarak ortaya çıkarılan ürün, hizmet, süreç ve yöntemlerin geliştirilerek sosyal ve ekonomik faydaya dönüştürülmesi şeklinde yapılan yenilikler olarak tanımlanabilir.
- Artımsal Yenilikler: Genellikle, radikal yenilikler üzerinde birtakım iyileştirmeler ya da değişiklikler yapılarak gerçekleştirilen, radikal yeniliklerin zaman içerisinde gelişmesine ve olgunlaşmasına dolayısıyla daha fazla katma değere dönüştürülmesine neden olan yeniliklerdir.

Hemen hemen tüm sektörleri temelden etkileyen teknolojik gelişmelere genel amaçlı teknolojiler (GAT; General Purpose Technology, GPT) denilmektedir. Bresnahan ve Trajtenberg (1996) GAT'lerin aşağıdaki üç özelliğe sahip olması gerektiğini savunmaktadır:

- *Yaygınlık*: GAT çoğu sektörde yayılmalıdır.
- *İyileştirme*: GAT zaman içinde daha iyi olmalı, dolayısıyla kullanıcılarının maliyetlerini düşürmeye devam etmelidir.
- *Yenilik üretme*: GAT yeni ürünler veya yeni üretim biçimlerinin meydana gelmesini kolaylaştırmalıdır.

Genel amaçlı teknolojilere; buharlı makineler, demiryolu, elektrik, değiştirilebilir parçalar, mekanizasyon, elektronik, içten patlamalı motor, otomobil, bilgisayar, internet ve son olarak yapay zekâ örnek olarak verilebilir. Yenilikler türlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

**Tablo 1. Yenilik Türleri**

<b>Yenilik Türü</b>	<b>Seçilmiş birkaç örnek</b>
Ürün veya hizmet yeniliği	Yapışkan küçük not kağıtları (Post-it), İki taraflı giyilebilen pantolon MP4 çalar, Spotify, Facebook ve Twitter
Süreç yeniliği	Montaj hattı, tam zamanlı üretim, stoksuz çalışma sistemleri
Pazarlama yeniliği	amazon.com, ebay.com
Organizasyonel yenilik	Kaizen (sürekli iyileştirme)
Sosyal yenilik	Mikro kredi uygulaması, Toms ayakkabıları bire-bir uygulaması Açık Öğretim Fakültesi

**Kaynak:** Akçomak vd., (2016)

Teknoloji, teknolojik değişim ve teknolojik gelişme kavramları incelendikten sonra icat ve yenilik kavramlarına açıklık getirmek faydalı olacaktır. İcat ile yenilik arasındaki ayrımı ilk ifade eden kişi Schumpeter (2003) olmuştur. İcat yeni geliştirilmiş ürünler, üretim süreçleri, sistemlerle ilgili fikir, çizim veya modellerdir. İcatlar genellikle patent ile koruma altına alınırlar, ancak mutlaka teknolojik yeniliklere neden olmazlar. Hatta büyük bir kısmı teknolojik yeniliğe neden olmaları gerekmez. İktisadi anlamda yenilik,

söz konusu olan ürün, üretim yöntemi ya da cihaz ile ilgili ilk ticari başarı gerçekleştiğinde ortaya çıkar (Freeman ve Soote, 2004:7). Aşağıdaki şekilde teknolojik yenilik ile icat arasındaki ilişkinin basitleştirilmiş bir doğrusal modeli gösterilmiştir.



**Şekil 1. Yenilik süreci (doğrusal model)**

**Kaynak:** Shodjai, (1995)

Bir icadın önem derecesi, onun patentlenmiş olup olmamasından değil yeniliğe dönüşmesinden anlaşılabilir. İcadın belli bir süre içerisinde yarattığı katma değer, taklit edilme yani yayılma hızı, başka icatlara yol açıp açmadığı gibi unsurlar onun ne ölçüde önemli bir icat olduğunu gösterir. Aşağıdaki tabloda bazı önemli icatların yeniliğe dönüşme süreleri verilmiştir.

**Tablo 2. Çeşitli Alanlarda 34 Ürün ve Üretim Sürecinde İcatların Yeniliğe Dönüşme Süreleri**

İcat veya Ürün	Mucit	Yıl	Yenilikçi Firma	Yıl	Fark
Tıraş bıçağı	Gilette	1895	Gilette Safety Razor	1904	9
Floresan lamba	Becquerel	1895	GE, Westinghouse	1938	43
Televizyon	Zworykin	1919	Westinghouse	1941	22
Telsiz telgraf	Hertz	1889	Marconi Co.	1897	8
Telsiz telefon	Fessenden	1900	Nat. Elec. Signal Co.	1908	8
Triod tüp	de Forest	1907	RTT Co.	1914	7
Radyo	de Forest	1912	Westinghouse	1920	8
Spinning Jenny	Hargreaves	1765	Hargreaves'	1770	5
İplik makinesi (su ile çalışan)	Highs	1767	Arkwrights'	1773	6
İplik makinesi (Katır ile çalışan)	Crompton	1779	Tekstil Makinecileri	1783	4
Buhar makinesi	Newcomen	1705	İngiliz firmaları	1711	6
Buhar makinesi	Watt	1764	Boulton&Watt	1775	11
Ball Point kalem	I. J. Biro	1938	Arjantin firması	1944	6
Yağ tutmayan kumaş	Firma Ar-Ge	1918	Tootal Broadhurst Co.	1932	14
DDT	Firma Ar-Ge	1939	J.R. Geigy. Co.	1942	3
Elek. Precipitation	O. Lodge	1884	Cottrell's	1909	25
Freon soğutucular	Midgley ve Henne	1930	Kinetic Chem. Inc.	1931	1
Gyro pusula	Foucault	1852	Anschütz-Kaempfe	1908	56
Yağların katılaşması	W. Norman	1901	Crosfield's	1909	8
Jet motor	F. Whittle	1929	Rolls-Royce	1943	14
Turbo jet motor	H. Von Ohain	1934	Junkers	1944	10
Uzunçalar	P. Goldmark	1945	Colombia Records	1948	3
Manyetik kayıt	V. Poulsen	1898	Amer. Teleg. Co.	1903	5
Pleksiglas	W. Chalmers	1929	ICI	1932	3
Naylon	W. Carothers	1928	Du Pont	1939	11
Hidrolik direksiyon	H. Vickers	1925	Vickers. Inc.	1931	6
Radar	Marconi, A.H.Taylor	1922	Societe Francaise Radio Electrique	1935	13
Kendi kurulan saat	J. Harwood	1922	Harwood Self-winding Co.	1928	6
Kabuk döküm	J. Croning	1941	Hamburg Foundry	1944	3
Streptomisin	S.A. Waksman	1939	Merck Co.	1944	5
Terilen, dakron	J.R. Whinfield	1941	ICI	1953	12
Titanyum redüksiyon	W.J. Kroll	1937	ABD. Maden Dairesi	1944	7
Zerografi	C. Carlson	1937	Haloid Corp.	1950	13
Fermuar	W.L. Judson	1891	Automatic Hook&Eye Co.	1918	27

**Kaynak:** Rosenberg, (1976)

## 1.2 TEKNOLOJİK GELİŞMENİN KURAMSAL ÇERÇEVESİ

İktisatçılar, teknolojik gelişmenin veya yeniliğin iktisadi gelişme için taşıdığı önemin her zaman farkında olmuşlardır. İktisat biliminin kurucusu unvanı atfedilen Adam Smith, “Milletlerin Zenginliği” isimli muhteşem eserinin birinci bölümüne iş bölümünün üretimde kullanılan makinelerin gelişimine nasıl katkı sağladığını açıklamakla başlamıştır. Marx “burjuvazi, üretim araçlarında sürekli bir devrim yapmadıkça yaşayamaz.” sözü ile sermaye mallarında teknolojik gelişmenin önemini vurgulamaktadır. Marshall ‘bilgi’yi iktisadi gelişmenin ana kaynağı olarak ifade ederken hiçbir sakınca görmemiştir (Freeman ve Soote, 2004:3)

Teknolojik gelişmenin önemi tarih boyunca birçok iktisatçı tarafından vurgulanmasına karşın iktisat okullarının büyük bir kısmı teknolojiyi kapsamlı bir araştırma konusu yapılmaktan uzak durmuştur. Klasikler iktisadi analizlerinde sermaye birikimi, ölçek ekonomileri ve genişleyen piyasalar gibi kavramları teknolojik yeniliklerle ilişkilendirmekle beraber teknolojik gelişme kavramını ayrıntılı olarak analiz etmemişlerdir. Neo-klasik iktisatçılar ise teknolojik gelişmeden oldukça uzak kalmışlar ve onu sadece dışsal bir faktör olarak görmüşlerdir (Başer, 2011:28).

İktisatçılar 1950’li yılların başlarında, iktisadi büyüme sorunuyla daha fazla ilgilenmeye başladıklarında dahi, teknolojik gelişme kavramı büyümeye önemli katkısı olan eğitim, iş yönetimi vb. unsurlarla birlikte “artık” bir faktör olarak modellere dahil edilmiş, iktisadi büyüme geleneksel üretim faktörleri olan emek ve sermaye ile açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak Ortodoks iktisattan farklı olarak List’in<sup>4</sup> ve Schumpeter’in iktisadi gelişmede teknolojinin ve yeniliğin merkezi bir rol oynadığını söylemelerine karşın teknolojik gelişmenin iktisat modellerinde “içsel bir değişken” olarak kendine yer bulması yüzyılın sonlarını bulmuştur.

---

<sup>4</sup> Özellikle Ulusal Yenilik Sistemi yaklaşımının ana unsurları olarak ifade edilen; bilim, teknoloji, beşerî sermaye ve sanayi ile öğretim kurumlarının ilişkilendirilmesi gibi kavramlar üzerine yaptığı çalışmalar, Friedrich List’in (1789-1846) teknolojiye atfettiği büyük önemin birer göstergesidir.

Bu çalışmada teknolojik gelişme kavramı beş farklı iktisadi kuram altında incelenmiştir. İlk olarak geleneksel iktisat olarak ifade edilen klasik ve Neo-klasik iktisadın teknoloji kavramına yaklaşımları açıklanmıştır. Ardından yeni kuramlardan içsel büyüme teorileri, evrimci iktisat ve Ulusal Yenilik Sistemi yaklaşımı sırasıyla incelenmiştir.

### **1.2.1 Klasik İktisat Literatüründe Teknolojik Gelişme**

Klasik iktisatçılar iktisadi büyüme kavramını açıklamaya çalışmış, ancak analizlerinin odak noktasına teknolojiyi değil sermaye birikimini koymuşlardır. Onlara göre ulusların zenginleşmesinde temel araç sermaye birikimi ile iktisadi büyüme sağlanması olmuştur (Freeman ve Soote, 2004:45).

Klasik iktisadın ilk temsilcisi olan Adam Smith Milletlerin Zenginliği adını taşıyan ünlü eserini İngiltere’de, birinci sanayi devriminin başlangıç yıllarında yazmıştır. Eserin yazıldığı yılların sanayileşmenin ilk yıllarına denk gelmesi ve buhar makinesinin etkilerinin başta kalıcı olarak görülmemesi Smith’in teknolojik gelişme kavramına gereken önemi vermesine engel olmuştur. Smith analizinde iş bölümüne ve iş bölümü sonucu meydana gelen sermaye birikimine büyük önem vermiştir. İş bölümü neticesinde oluşacak sermaye birikiminin üç unsur sonucu meydana geldiğini ifade etmiştir. Birincisi teker teker her işçide el yatkınlığının artmasından; ikincisi bir işten diğerine geçerken yitirilen zamanın tasarrufundan ve üçüncü olarak işi kolaylaştırıp kısaltan, bir işçiye birçok işçinin işini yapabilme imkânı veren çok sayıda makinenin icat edilmiş olmasından ileri geldiğini ifade etmiştir. Ona göre işi kolaylaştıran bütün makinelerin icadı, kökeninde iş bölümünden ileri gelmektedir (Smith, 2010:9-11).

Klasik iktisadın diğer önemli temsilcileri arasında D. Ricardo ve T. Malthus bulunmaktadır. Ricardo sanayi devrimi ve teknolojik gelişme konusunda A. Smith’le benzer bir konumdadır. Ricardo’ya göre iki tip teknolojik gelişmeden söz edilebilir. Bunlardan ilkinin kullanılan toprağın tasarruf edilmesine neden olan teknolojik gelişmeler, ikincisini ise emek ve sermayenin kullanımını azaltan teknolojik gelişmeler oluşturmaktadır. Bununla birlikte Ricardo sanayi alanındaki yeniliklere önem vermiş olup



teknolojik gelişmenin hem sermaye hem de emeğin verimliliğini eşit şekilde arttırdığını varsaymıştır. Ona göre teknolojik gelişme ile birlikte azalan verimler yasası geçersiz olacak ve sanayide artan verimlerin olduğu bir durum ortaya çıkacaktır. Ancak Ricardo sanayi için çizdiği olumlu tabloya karşın, tarımda artan verimlerin geçerli olmadığını ve uzun dönemde tüm ekonomi için azalan verimler yasasının geçerli olmaya devam edeceğini savunmuştur (Gürak, 2006:13).

T. Malthus, analizlerinde teknolojik gelişmeye yer vermemiştir. Ona göre teknolojik gelişmenin kişi başına düşen çıktı miktarında ve ortalama yaşam standardında hiçbir olumlu etkisi olmayacaktır (Başer, 2011:32).

### **1.2.2 Neo-Klasik İktisat Literatüründe Teknolojik Gelişme**

Neo-klasik iktisat literatüründe teknolojik gelişme yalnızca verimlilik üzerinden incelenmekte, aynı miktardaki çıktının daha az girdi bileşimiyle veya aynı miktardaki girdiden daha fazla çıktının elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bunun ise iktisat dışı etkenlerle meydana geldiği ifade edilmektedir (Ansal, 2004:39).

Neo-klasik iktisat, iktisat bilimini büyük ölçüde matematikselleştirmiş ve Solow'un (1956) makalesi ile Neo-klasik büyüme teorisi gündeme gelmiştir. Solow'un basit varsayımlar altında çalışan büyüme modeline göre nüfus artışı veya emeği çoğaltan bir teknolojik gelişme olmaksızın, sermayenin marjinal getirisi azalacağından büyüme belli bir noktada sona erecektir. Modele göre uzun dönemli büyümeyi sadece nüfus artışı ve dışsal olduğu varsayılan teknolojik gelişmeler devam ettirebilmektedir (Parasız, 2003: 159–162). Solow'un çalışmasından 1986 yılına kadar birçok Neo-klasik büyüme teorisi geliştirilmiştir. Bu teoriler iktisadi büyüme literatüründe genel kabul gören teoriler olmuşlardır. Bu dönemde yapılan çalışmaların büyük bir kısmı iktisadi büyümeyi (teknoloji üzerinden) dışsal kabul etmiştir (Yetkiner, 2016:182).

Ayrıca Neo-Klasik iktisat kuramında teknolojik yeniliklerin üretiminde piyasaların aksayabileceği, tam rekabetçi piyasalarda dahi yenilik faaliyetlerine toplumsal olarak

etkin düzeyde kaynak tahsis edilemeyeceği, bu nedenle devletin teknoloji ve yenilik politikaları yoluyla kaynak tahsis sürecine müdahale etmesi gerektiği savunulmuştur. Bu savın altında 4 temel unsur bulunmaktadır (Taymaz, 2001:6).

- Teknolojik yenilik ve bilginin *dışlanabilir ve rekabetçilik* özelliğinin güçlü olmaması<sup>5</sup>
- Teknolojik yenilik faaliyetlerine ilişkin *belirsizlik*<sup>6</sup>
- Teknolojik yenilik faaliyetlerinde görülen Arrow ikilemi<sup>7</sup>
- Teknolojik yenilik faaliyetlerinde *dışsallıklar*<sup>8</sup>

Bu unsurlar çerçevesinde Neo-klasik yaklaşıma göre teknolojik yenilik faaliyetlerinde piyasanın aksamasının iki önemli sonucu bulunmaktadır. İlk olarak teknolojik yeniliklerin ve bilginin kamusal mal özelliği taşıması ve iktisadi dışsallıklar neticesinde bu faaliyetlerde eksik yatırım söz konusu olacaktır. İkinci olarak bu faaliyetlerdeki belirsizliğin fazla olmasından dolayı, finansman maliyeti etkin olmayan bir seviyede gerçekleşecektir. Bu sorunlar özellikle sermaye piyasasının gelişmediği ülkeler ve sermaye piyasalarına ulaşması zor olan firmalar (KOBİ'ler) için önemli bir sorun teşkil edecektir (Taymaz, 2001:8).

---

<sup>5</sup> İktisat biliminde tüketimde rekabeti olmayan ve kullanımı dışlanamaz olan mallara kamusal mal denilmektedir. Teknolojik yenilik ve bilginin bir üretim tesisinde kullanılması, diğer üreticilerin bu bilgiyi kullanmasını dışlamadığı gibi teknolojik yenilik ve bilgi bir defa kullanıldıktan sonra tükenmez, yok olmaz. Bu bağlamda teknolojik yenilik ve bilgi dışlanabilirlik ve rekabetçilik özelliğinin güçlü olmamasından dolayı kamusal mal niteliği taşımaktadır.

<sup>6</sup> Faaliyetlerin teknolojik açıdan başarılı olup/olamayacağına ilişkin **teknolojik belirsizlik**; teknolojik olarak başarılı olan yeniliklerin tüketiciler tarafından kullanılıp/kullanılmayacağına ilişkin **piyasa belirsizliği** ve diğer üreticilerin daha iyi ve farklı yenilikler gerçekleştirerek piyasada tutunup/tutunamayacağına ilişkin ise **ticari belirsizlikler** bulunmaktadır. Bu belirsizlikler neticesinde yenilik faaliyetinde bulunan firmaları değerlendirebilecek düzeyde bilgiye sahip olmayan finans kaynakları yeterli düzeyde veya uygun maliyette finansman sağlamayacaklardır.

<sup>7</sup> Bilginin, bilindiği zaman alınmasına gerek kalmadığını, bilinmediğinde ise değeri ölçülemez olduğunu ifade eden ikilem.

<sup>8</sup> Teknolojik yenilik içeren ürünlerin kullanımı, teknolojik yeniliğin taklit edilebilmesi ve bir firmada teknolojik yenilik faaliyetlerinde yetkinleşen personelin başka firmalar tarafından istihdam edilmesi gibi nedenlerle diğer firmalar da teknolojik gelişmeden olumlu şekilde etkilenebilmektedirler. Teknolojik yeniliği yapan firma yenilik faaliyetinin tüm faydasını elde edememekte, diğer firmalara, hatta rakiplerine de yardımcı olmaktadır. Bu durumda teknolojik yenilik faaliyetinin özel getirisi, toplumsal getirisinden az olmakta, piyasa mekanizması teknolojik yenilik faaliyetlerine toplumsal olarak etkin düzeyde kaynak tahsis edememektedir.

Özetle Neo-klasik yaklaşımda üretim tekniklerinde yaşanan değişim tarihsel bir bakış açısıyla incelenmemiş, teknolojinin sanayileşme ile birlikte geçirdiği gelişim, ekonomi ile ilişkisi dikkate alınmamıştır. Bu eksikliğin yanı sıra üretimin sadece emek ve sermaye faktörlerine bağlı olduğu varsayılarak girdi ölçüğü, ürünün niteliği, nitelikli işgücü gereksinimi, hammadde temin olanakları gibi diğer birçok değişken ihmal edilmiştir. Teknolojik gelişmenin ekonomiye etkisi sadece verimlilik artışı olarak görülmüş, bir diğer ifadeyle aynı miktardaki üretimin daha az girdi kullanımı ile yapılması şeklinde sınırlandırılmıştır (Ansal, 2004:40).

### **1.2.3 Yeni Büyüme Teorileri (İçsel Büyüme Modelleri)**

Yeni büyüme modelleri teknolojik ilerlemenin belli içsel değişkenler tarafından belirlendiğini vurgulamaktadır. Birçok eski büyüme modelinde “artık” sayılan “teknik ilerleme” yeni modellerde büyümenin kaynaklarından biri olarak kabul edilmiştir.

İçsel büyüme modelleri olarak da isimlendirilen yeni büyüme teorilerinin öncü çalışmaları Romer (1986) ve Lucas’a (1988) ait olan çalışmalardır. Bu modellere göre kâr güdüsüyle hareket eden firmaların gerçekleştirdiği Ar-Ge, bilgi birikimini arttırmakta, bilgi stokunda meydana gelen artış teknolojik değişime neden olmaktadır. Ar-Ge aktiviteleri sonucu meydana gelen teknolojik değişim ekonominin büyümesiyle sonuçlanan bir mekanizma oluşturmaktadır (Yetkiner, 2016:211-212).

Ar-Ge aktivitelerini destekleyen en önemli bileşen beşerî sermayedir.<sup>9</sup> Romer, emekle beşerî sermaye arasında ayırım yapmış ve modellerinde beşerî sermayeyi Ar-Ge’nin temel girdisi olarak almıştır. Romer bu modeli Neo-klasik teoride öne sürülen, ülkelerin büyümelerinin birbirine yakınsayacağı savına karşın dünyanın gelişmiş ülkelerinin neden ve nasıl sürekli bir büyüme gösterdiklerini açıklamak için tasarlamıştır.

---

<sup>9</sup> Beşerî sermaye, eğitim ve sağlığın emek gücüne eklenmesi sonucu ortaya çıkan yetenekli emek gücünün genel adıdır.

#### 1.2.4 Evrimci İktisat Yaklaşımında Teknolojik Gelişme

Evrimci iktisadın fikri temellerinin atılmasında iki isim öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki Thorstein Veblen<sup>10</sup>, ikincisi ise Schumpeter'dir. Evrim teorisinden etkilenen ve Neo-klasik iktisadın mekanik bir yapıyla biçimlendirdiği denge merkezli çözümlemesini eleştiren Veblen'in evrimci iktisat düşüncesine katkıları özellikle teknolojik değişimin anlamı üzerinedir (Tuncel, 2008:5). Veblen'e göre teknoloji toplumsal evrimi belirleyen en önemli unsurlardan biridir ve modern uygarlıkların yapısını temelinden değiştirmiştir. Teknolojik gelişme hem ekonomik yapıyı hem de kültürel ve örgütsel yapıyı değiştirerek çok boyutlu toplumsal dönüşümlere neden olmaktadır. Kapitalizmin gelişimini teknolojik gelişme ile ilişkilendiren Veblen, teknolojik gelişmenin kaynağı olarak ön plana bireyi yani girişimciyi çıkarmaktadır (Takay ve Aydın, 2013:158; Başer, 2011).

Temelleri Veblen ve Schumpeter tarafından atılan Evrimci iktisadın yaygınlık kazanması, Nelson ve Winter'in 1982 yılında yazmış oldukları *Ekonomik Değişimin Evrimci Teorisi* adlı kitabından sonra gerçekleşmiştir. Evrimci yaklaşımı Neo-klasik teoriden ayıran asıl unsur, kaynak tahsis sürecini incelemek yerine (girdiler ve teknoloji veri iken), firmaların yeni teknolojileri nasıl geliştirdiğini ve teknolojik yeniliklere nasıl uyum sağladığını araştırmasıdır (Taymaz, 2001:12). Bu çerçevede evrimci iktisat, Neo-klasik teorinin yanıtı bıraktığı firmalar arası teknolojik farklılıkları açıklamaya çalışmış ve teknolojinin, firma ile çevresi arasında karşılıklı ilişkiye bağlı olarak gelişen ve firmalar arasında heterojen olarak dağılmış bir kaynak olarak tanımlanmaktadır (Ansal, 2004:42; Tuncel, 2008).

Özetle evrimci iktisat kuramında teknoloji yalnızca girdilerin çıktılara dönüştürüldüğü fiziksel bir süreç olarak görülmemiş, teknolojik bilginin kendisine, nasıl kullanıldığına ve geliştirildiğine odaklanılmıştır (Ansal, 2004:42).

---

<sup>10</sup> Veblen 1898 yılında "Why is Economics not an Evolutionary Science?" isimli çalışmasıyla denge merkezli iktisat anlayışını eleştirmiş ve evrimci yaklaşımın temellerini atmıştır.

### 1.2.5 Ulusal Yenilik Sistemi Yaklaşımı

Teknoloji ile iktisadi gelişme arasında en kapsamlı analizi yapan kuramların başında köklerini evrimci iktisat yaklaşımından alan *Ulusal Yenilik Sistemi* gelmektedir. Bu yaklaşım ilk olarak Freeman (1987) ve Lundvall (1992) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra yaklaşıma birçok iktisatçı katkı sağlamıştır.<sup>11</sup> Yeni bir yaklaşım olmasına karşın fikri temellerinin List'in (1841) 'Ulusal Sistemin Politik Ekonomisi' isimli kitabı ile atıldığı söylenebilir. List eserinde "Ulusal Yenilik Sistemi" ifadesini kullanmasa dahi bu sistemin önemli unsurları olan yeni teknolojileri öğrenmek ve uygulamakla ilgili politikaların geliştirilmesini savunmuş, bu politikalar çerçevesinde iktisadi büyüme ve sanayileşmeyi mümkün kılacak bir sistemi savunmuştur (Tiryakioğlu, 2006).

Freeman (1987)'ye göre Ulusal Yenilik Sistemi teknolojiyi geliştiren, transfer eden ve toplumda yayılmasını sağlayan kamu ve özel kuruluşların oluşturduğu sistemdir. Lundvall (1992) ise ulusal yenilik sistemini dar anlamda araştırmaya yönelik kurumların, üniversitelerin, Ar-Ge birimlerinin ve teknoloji kurumlarının oluşturduğu bir sistem; geniş anlamda ise öğrenme ve finansal kurumların alt unsurlar olarak işlev gördüğü yenilik sürecinde işleyen tüm kurumların bir bütünü olarak görmektedir. Benzer bir şekilde OECD bir ülkede yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasını etkileyen piyasa içi ve piyasa dışı kurumların ulusal yenilik sistemini oluşturduğunu belirtmektedir. (Taymaz, 2001:26). Bu tanımlamalardan anlaşılacağı üzere UYS yalnızca AR-GE ve yenilik faaliyetlerini kapsamamakta, icattan yeniliğe, tüm teknolojik gelişme sürecini etkileyen unsurları içermektedir.

Bilimsel ve teknolojik bilginin üretilmesi, yayılması, saklanması ve kullanılmasına ilişkin olarak UYS'yi oluşturan kurum ve kuruluşlar 6 grupta toplanabilir (Taymaz, 2001:26-27).

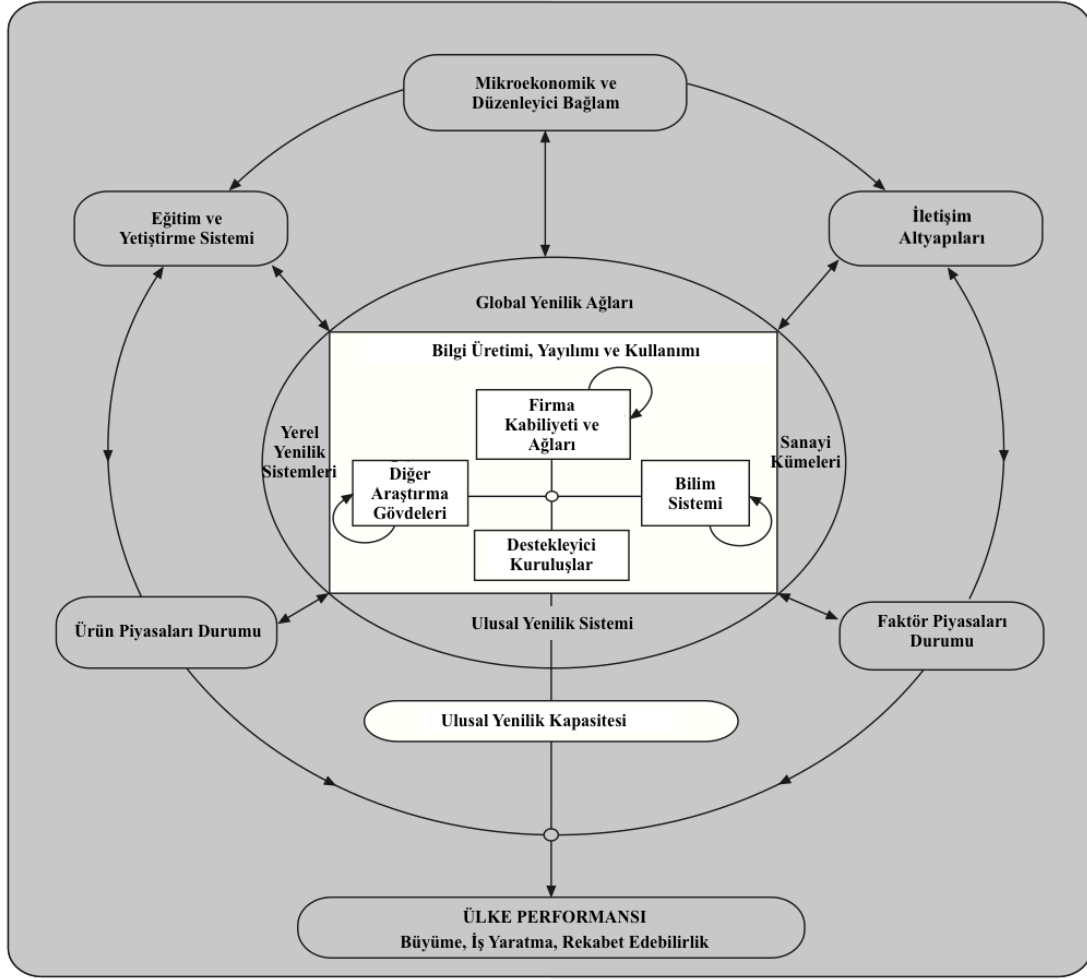
1. *Teknoloji geliştirme faaliyetinde bulunan özel firmalar, kamu kuruluşları ve bu kuruluşların oluşturduğu ağ yapılanmaları.* Firmalar ve kuruluşlar yeniliğin ve iktisadi gelişimin temel kaynağını oluştururlar. Üretim faaliyeti süresince

---

<sup>11</sup> Bu iktisatçılar Richard R. Nelson, Nathan Rosenberg, Parimal Patel ve Keith Pavitt

gerçekleşen öğrenme ve birikim sonucunda firmaların pazar, ürün veya kaynaklarında görülen büyük değişikliklere karşı istikrarlı bir teknolojik yetkinliğe sahip olması gerçeği bulunmaktadır.

2. *Araştırma kuruluşları.* Kâr amacı gütmeksizin faaliyet gösteren kamu araştırma kuruluşları ve yarı-özel kuruluşlar, teknolojinin geliştirilmesinde ve yayılmasında önemli bir rol üstlenmektedirler. Bu grup içerisine kamu laboratuvarları, patent ofisleri ve teknoloji transferi sağlamayı amaçlayan kuruluşlar girmektedir.
3. *Bilim sistemi.* En önemlisi üniversitelerdir. Bilimsel bilginin üretimi, aktarımı ve araştırmacıların eğitimi görevini üstlenmiştir.
4. *Destek ve köprü kuruluşlar.* Yeni teknolojilerin toplum genelinde yayılması, eğitim ve laboratuvar destek hizmetleri, standartların belirlenmesi vb. faaliyetler gerçekleştiren köprü kuruluşlar yenilik faaliyetinde bulunan kuruluşlara teknolojik altyapıya yönelik destek hizmetlerini sunmaktadır.
5. *Finansman kuruluşları.* Teknoloji geliştirme sürecinin belirsizlikler içermesi bu faaliyetin diğer yatırım faaliyetlerinden ayrışmasına neden olmaktadır. Teknoloji geliştirme süreçlerinde görev alan finansman kuruluşları, UYS'nin önemli bir unsurunu oluşturmaktadır.
6. *Politika geliştiren, uygulayan ve değerlendiren kuruluşlar.* Politika geliştiren, uygulayan ve bu politikaları değerlendiren kuruluşlardır. UYS'nin kurulması ve etkin bir şekilde çalışması, ilgili kurum ve kuruluşların faaliyetlerinin eşgüdümü, sistemin aksaklıklara karşı tedbirler alınması, yasal ve düzenleyici çerçevenin oluşturulması gibi işlevleri üstlenmektedirler.



**Şekil 2. Ulusal Yenilik Sistemi şeması**

**Kaynak:** OECD, (1999:23)

Ulusal Yenilik Sistemi bilimsel bir kavram olarak son yıllarda şekillenmesine karşın bu sistemin ne zamandan beri işlerlik kazandığı konusunda iktisatçılar arasında fikir birliği bulunmamaktadır. Genel yaklaşım UYS'nin ilk olarak 18. yüzyılda İngiltere'de işlerlik kazandığı ardından Almanya ve ABD gibi ülkelerin hem eğitim sistemlerini iyileştirmeleri hem de araştırma kurumlarını oluşturmaya başlamalarıyla günümüzün güçlü UYS'nin yaratılmasına zemin hazırlandığı yönündedir (Ayhan, 2002). Ancak UYS daha önce de ifade edildiği üzere ülkede bulunan bilim sistemi, teknoloji araştırma kurumları, finansman kurumları gibi çeşitli unsurların bütünleşmiş şeklini ifade etmektedir. Daha 16. yüzyıl gibi erken bir tarihte bile Kıta Avrupası'nda başta bankalar

olmak üzere çeşitli finansal kurumlar yayılmaya başlamış<sup>12</sup>, özellikle gökleri incelemek için bilimsel araştırmalar yapılmaya ve temel düzeyde olsa da araştırma birimleri kurulmaya başlanmıştı<sup>13</sup>. Batılı ülkelerin yanı sıra Osmanlı'da da çeşitli düzeylerde araştırma ve finansal kurumlar gelişmeye başlamıştı<sup>14</sup>. Kısacası UYS'ni oluşturan bu alt unsurlar tarih boyunca her ülkede irili ufaklı bir şekilde bulunmuşlardır. UYS'ni oluşturan unsurların yenilikleri teşvik edici ve iktisadi gelişmeyi kapsayıcı bir şekilde etkilemesi ülkelerin gelişmesini ifade ederken, aksine bu alt bileşenlerin düzgün çalışmaması veya birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışacak yapıların geliştirilememesi olması bu ülkelerin teknoloji geliştirmelerini ve akabinde iktisadi gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir.

---

<sup>12</sup> İspanya'daki Taula de Canvi, Almanya'daki Fugger ve Welser bankacılık aileleri, İngiltere'deki Royal Exchange gibi kurumlar bankacılığın yayılımını sağlamışlardır.

<sup>13</sup> 16. yüzyılda Nicolaus Copernicus, Andreas Vesalius sonraları Johannes Kepler, Galileo Galilei gibi isimler bilimsel devrimi gerçekleştiriyorlar.

<sup>14</sup> 1575 yılında Takiyüddin bin Maruf-i tarafından Osmanlı'nın ilk gözlemevi kurulmuştur.



## İKİNCİ BÖLÜM

### SANAYİ DEVRİMLERİ

Çalışmanın birinci bölümünde teknolojinin kavramsal ve kuramsal çerçevesi çizildikten sonra ikinci bölümde tarihsel yöntem kullanılarak, teknolojik gelişmelerin gerçek dünyada nasıl bir etkisinin olduğu açıklanmıştır. Zira teknolojik gelişmenin iktisadi gelişme üzerinde oynadığı rolün incelenmesinde salt teorik bir yaklaşımın kullanılması, bir diğer ifadeyle, önceden gerçekleştirilmiş gözlemlere dayanmaktan yoksun olması, teknoloji ile iktisadi gelişme arasındaki ilişkinin anlaşılmasını zorlaştıracaktır. Bu münasebetle ikinci bölümde teknolojik gelişmenin üretim ve tüketim sürecinde meydana getirdiği etki, genel amaçlı teknolojiler göz önünde bulundurularak sanayinin geçirdiği üç büyük değişim ve bu sanayi devrimlerinin gerçekleşme şansı bulduğu toplumların Ulusal Yenilik Sistemleri çerçevesinde ele alınmıştır.

#### 2.1 BİRİNCİ SANAYİ DEVRİMİ

İnsanlık tarihi boyunca kişi başına gelir düşük düzeylerde seyretmiş, teknolojik gelişme istisnai ve kesintili olmuş, üretim teknikleri değişmeden ya da değiştirme düşüncesi olmadan nesilden nesile aktarılmıştı. Bazı uygarlıklar gelirlerini yükseltip zenginleşme yaratabilse bile bu etki kısa süreli kalmıştır. Buna karşın son 200 yıl içerisinde bu durum birinci sanayi devriminin teknolojik gelişmenin temposunu yükseltip onu sürekli bir akım haline getirmesi ve yatırımlara ivme kazandırmasıyla tamamen değişmiştir. Birçok ülkede üretim ve gelirlerdeki artış daimî kılınmıştır (Pamuk, 2015:1). Bu bağlamda, müreffeh bir toplum olma arzusundaki ülkelerin yolu bilim, teknoloji ve akabinde sanayileşmeden geçmektedir. Gelecek nesillerin daha yüksek üretim ve tüketim düzeyine ulaşmasını sağlayan sürekli ve kendi kendini besleyen bir ekonomik büyüme yalnızca sanayileşme ile mümkündür. Günümüzün gelişmiş ve geri kalmış ülkelerinin ekonomik ve sosyo-kültürel standartları arasındaki önemli farklılığın temel nedeni birincilerin sanayileşmiş, ikincilerin ise sanayileşmemiş olmasıdır (Güran, 2011:123).

Birinci sanayi devriminin tam tarihini saptamak mümkün değildir. İngiliz sanayileşme tecrübesini devrim kavramı çerçevesinde ele alan ilk iktisatçı olan Arnold Toynbee (1852-1883), sanayi devriminin zamanını, İngiliz ekonomisinde köklü bir değişimin yaşandığı 1750-1850 yılları ile sınırlı tutmuştur. Toynbee'nin belirttiği tarih aralığına birçok iktisat tarihçisi, düşünür ve bilim adamı itirazda bulunmuşlardır. John U. Nef ve Jean Gimpel devrimin köklerinin çok daha eskilere gittiğini ifade etmişlerdir.<sup>15</sup> J. H. Claphan ise, 1850'lerde sanayileşmenin pamuklu dokuma ve demir sanayi ile sınırlı olduğunu; makineleşmenin ve fabrika sisteminin diğer alanlara yayılması suretiyle genel bir sanayileşmenin çok daha ileri tarihlerde tamamlandığını ileri sürmüştür (Gimpel, 1997; Güran, 2011).

Birinci sanayi devrimini uzun bir süreç olarak gören iktisatçıların yanı sıra sanayi devriminin kısa süreli bir değişim olduğunu ifade eden iktisatçılar da olmuştur. W. Rostow, sanayi devriminin ani ve hızlı bir değişim olduğunu ifade etmiş ve onu 1783-1802 dönemine sıkıştıran bir teori geliştirmiştir. Bu dönemi İngiliz ekonomisinin sürekli büyüme için "kalkış"a geçtiği, modernleşmeye dönük güçlerin kesin bir başarıya ulaştığı ve ekonomik gelişmeye doğru otomatik ve geri dönülmez bir değişimin başladığı bir zaman olarak tanımlamıştır (Güran, İktisat Tarihi, 2011). Benzer bir şekilde Michael Guillen, başlangıcın tam tarihini belirtmiş ve devrimin John Kay'ın 1733 yılında uçan mekiği icat etmesiyle başladığını ifade etmiştir. Dördüncü sanayi devrimi kavramının literatüre yer edinmesinde önemli bir payı olan Schwab ise, birinci sanayi devriminin zamanını ifade ederken Toynbee gibi devrimi uzun bir süreç olarak görmüş ve buharlı makinelerin uygulama alanı bulmaya başladığı yıllar olan 1760'lardan, İngiliz sanayisinde yenilik kümelerinin sönmeye başladığı 1840'lara kadar geçen süreyi birinci sanayi devrimi olarak tanımlamıştır (Schwab, 2016; Guillen, 1999).

---

<sup>15</sup> Jean Gimpel, Orta Çağda Endüstri Devrimi isimli kitabında, İngiliz sanayileşmesinin köklerinin Orta Çağa kadar gittiğini, özellikle nehir kenarına kurulan üretim tesislerinde sürekli artımsal yeniliklerin yapıldığını belirtmiştir.

### 2.1.1 Teknolojik Yenilikler ve İngiliz Ulusal Yenilik Sistemi

İlk devrim kömür, demir, buhar ve pamuk olmak üzere dört ana unsura indirgenebilir. Bu devrimdeki hemen hemen her şey bunların bileşiminden meydana gelmektedir. Ancak, bu unsurların en önemlisi ve devrimin genel amaçlı teknolojisini oluşturan yenilik, ısının harekete dönüşümünü sağlayan buharlı makinelerdir. Buharlı makinelerin gelişimi yalnızca sanayiye değil aynı zamanda ulaşım, kargo hizmeti ve hatta eğitim gibi birçok farklı sektörü etkilemiştir. Hepsinden önemlisi insanoğlunun bir enerji türünü bir başka enerjiye çevirebileceğini keşfetmiş olmasıdır (Harari, 2015:301).

İngiliz sanayileşmesinde devrimin buharlı makinelerden önce çeşitli sektörleri etkileyen sınırlı amaçlı teknolojiler (limited purpose technology) üzerinden yükselmeye başladığı görülmektedir. Bölümün devam eden kısmında birinci sanayi devrimini meydana getiren teknolojik yenilikler ve öncü sektörler dört ana unsur çerçevesinde açıklanacaktır. Ancak öncelikle teknolojik gelişmelere temel hazırlayan İngiliz ulusal yenilik sisteminin incelenmesi, bu gelişmelerin nasıl bir sistem içerisinde gerçekleştiğinin anlaşılmasında büyük önem taşımaktadır.

18. ve 19. Yüzyıllarda İngiliz ulusal yenilik sisteminin başlıca özellikleri: (Freeman ve Soote, 2004:340)

- Bilim adamları ile girişimciler arasında güçlü bağlar bulunmaktadır.<sup>16</sup>
- Toprak sahipleri, güçlü bir ulaşım altyapısı için yerel yatırımlar (kanallar, yollar ve daha sonra demir yolları) gerçekleştirmektedir.
- Hizmet ve ticaretten elde edilen kârlar sermaye piyasaları yoluyla fabrika üretimine, özellikle pamuklu dokuma sanayisine yatırılmaktadır.
- İktisat politikası, klasik iktisat tarafından sanayileşme lehine güçlü bir biçimde etkilenmektedir.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Arkwright-Strutt ya da Boulton-Watt ortaklıkları, bilim adamlarıyla girişimciler arasındaki güçlü bağlara güzel birer örneklerdir.

<sup>17</sup> Adam Smith, Milletlerin Zenginliği adlı eserini yayınladıktan sonra Merkantilist düşünce etkinliğini kaybetmeye başlamıştır. Brakınız yapınlar bırakınız geçsinler felsefesi İngiliz Sanayisinde üretilen malların ihracatını kolaylaştırmıştır.

- Ticaretteki iç ve dış engeller azaltılmakta veya tamamen kaldırılmaktadır.
- Ulusal teknolojinin korunması ve rakipler tarafından yakalanmasının geciktirilmesi için büyük çabalar harcanmaktadır.<sup>18</sup>
- 1850'lerde İngiltere'de kişi başına verimlilik, Avrupa ortalamasının yaklaşık iki katıdır.
- Üniversiteler bilimsel öğretim sağlamaktadır. Yeni sanayi kentlerinde, yarı zaman esasında, teknisyenler eğitilmektedir.

Maddeler halinde özetlenen İngiliz Ulusal Yenilik Sistemi, sonraları birinci sanayi devrimi olarak isimlendirilecek teknolojik gelişmelerin nasıl bir sistem içerisinde meydana geldiğini açıkça göstermektedir.

### 2.1.2 Demir Sanayi

Üretim sürecinde kullanılan alet ve makinelerin temel malzemesini oluşturan demir, elde edilmesinde meydana gelen yenilikler sayesinde birçok sanayi dalını etkilemiş ve birinci sanayi devriminin temellerini atacak teknolojilerin gelişimini sağlamıştır.

Pamuklu dokumada başlayan bir dizi yenilik neticesinde hızla sanayileşme sürecine giren İngiliz ekonomisinin en temel gereksinimlerinden biri kuşkusuz demirdi ve ülkede bol miktarda demir cevheri bulunmaktaydı. Bu gereksinime ve hammadde bolluğuna karşın, devrim öncesi dönemde demir sanayinin odun kömürüne bağımlı olması maliyetleri yükseltmekte, üretim teknolojisinin 1500'lü yıllarda geliştirilen yüksek fırınlar ile yapılması ise üretilen demirleri oldukça kırılğan yapmaktaydı. Tüm bu olumsuzluklar demir üretiminde verimin düşük olmasına, bu nedenle ülkede kullanılan demirin büyük bir kısmının İsveç'ten ithal edilmesine neden olmaktadır (Wilde, 2017).

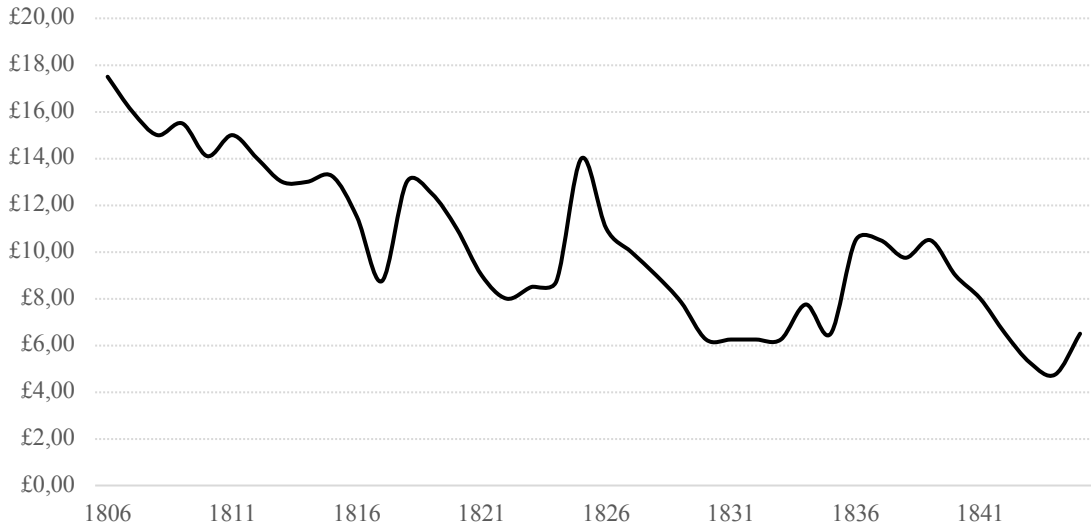
Demir üretiminde yaşanan teknik sıkıntıların yanı sıra İngiliz nüfusu arttıkça evlere ve tarlalara yer açmak için kesilen ağaçlar, yüzyıllardır hem demir hem de diğer birçok alanda odunun kullanılması, sınırlı olan İngiliz ormanları üzerinde bir baskı yaratmış ve

---

<sup>18</sup> İngiliz Hükümeti, üretimde kullanılan takım tezgâhları ihracatna yasak getirmiştir. Karşı çıkanlara ağır cezalar verilmektedir.

ciddi bir odun sıkıntısı başlamıştı (Harari, 2015:331). Odun arzında yaşanan daralma neticesinde odun fiyatları yükselmiş ve ayrıca odunun demir üretiminde temel bir girdi olmasından dolayı demir üretim maliyetlerinin de artmasına neden olmuştu. Demir üretiminde ilk önemli teknolojik gelişme Abraham Darby tarafından kok kömürü ile demiri eritmeyi başardığı 1709 yılında meydana gelmiştir. Darby'nin bu buluşu odun kömürüne dayalı demir sanayi için sonun başlangıcı olmuştur (Güran, 2013b:133).

Darby'nin icadını takip eden yıllarda demir üretiminde meydana gelen bir dizi yenilik ve üretimde kömürün kullanılmaya başlanması, İngiltere'de bolca bulunan kömür ve demir madenlerine olan talebi arttırmıştır. Demir üretimi 1788-1815 arasında %500 artış göstermiş, fiyatlar ise ton başına 22 pound'tan 14 pound'a gerilemiştir (Mokyr, 1995:26).



**Şekil 3. 1806-1845 yılları itibarıyla demir fiyatı, ton, Liverpool**

**Kaynak:** Birch, 2013:230

On sekizinci yüzyılın başlarında net ithalatçı konumda olan İngiltere, demir üretim sürecinde gerçekleşen teknolojik gelişmeler neticesinde 1800'lü yıllara net ihracatçı olarak girmiştir (Wilde, 2017). Demir ve kömür üretiminde büyük bir yol alınmasına karşın kömür madenlerinde çeşitli sıkıntılarla karşılaşmıştır. Yaşanan teknik sıkıntılar buharlı makinelerin gelişimiyle aşılmıştır.

### 2.1.3 Buharlı Makinelerin Gelişimi

18. yüzyıla kadar tarihte pek çok enerji kaynağı keşfedilmiştir. Demiri eritmek, evleri ısıtmak ve yemek pişirmek için odun yakılır; değirmenlerinde buğday öğütmek için su gücünden, denizlerde yol almak için ise rüzgâr gücünden faydalanılırdı. Ancak bu kaynakların temel sıkıntısı her yerde ağaç bulunmuyor, her zaman rüzgâr esmiyor veya nehirler sürekli aynı debiyle akıyordu. Hepsinden önemlisi bir enerji türünün bir diğerine nasıl dönüştürüleceği bilinmiyordu. Rüzgârın gücüyle gemiler, su gücüyle değirmen taşları hareket ediyor; fakat bu kaynaklar suyu ısıtamıyor veya demiri eritemiyorlardı. Benzer şekilde odun yakarak elde edilen ısı enerjisi değirmen taşlarını hareket ettiremiyordu. Birinci sanayi devriminin gerçekleşmesini sağlayan temel teknolojik değişim, enerji dönüşümünü mümkün kılan buharlı makinelerin gelişimidir (Harari, 2015).

İngiltere’de 16. ve 17. yüzyıllarda odun sıkıntısı neticesinde kömür talebinde meydana gelen artış, kömür üretiminde daha derinlere inmeyi gerektirmişti. Kömür madenlerinin genellikle sulak arazilerde olması sık sık madenlerde su baskınlarına neden olmaktaydı. Bu soruna çözüm Thomas Savery tarafından *‘Madencinin Dostu’* ismini verdiği buhar makinesi/su pompası ile getirilmiştir. Savery’nin geliştirdiği bu makine madenlerde biriken suyu dışarı çıkarmada kullanılmıştır. Ancak Madencinin Dostu oldukça yavaş çalışmakta ve suyu yalnızca 12 metre yukarı çıkarabilmekteydi. Madencileri en çok rahatsız eden yanı ise ‘patlamak’ gibi bir özelliği olmasıydı (Morris, 2012; Harari, 2014; Türkcan, 2009:123)

İlkeliğine ve eksikliğine rağmen, Savery’nin makinesi uzun yıllar madenlerin yanı sıra şehir suyu temin etmek, büyük fiskiye sistemleri çalıştırmak gibi amaçlarla da kullanılmıştır. Ancak bu icat bir buhar makinesinden ziyade, bir buhar pompası sayılabilirdi. Çünkü hiçbir hareketli parçası bulunmamaktaydı (Türkcan, 2009:124).

Gerçek anlamda ilk buhar makinesini<sup>19</sup> Thomas Newcomen (1663-1729), 1712'de geliştirmiş ve kömür madenlerinde kullanıma sunmuştur. Bu makinenin de Savery'nin makinesi gibi en önemli eksikliği yaptığı işe göre yakıt tüketiminin çok fazla olmasıydı. En iyi makineler bile kömürden sağlanan enerjinin ancak %1'ini suyu pompalayacak kuvvete çevirebiliyordu. Verimin düşük olması bu makinelerin yıllarca sadece su pompalamak gibi kısıtlı bir alanda çalıştırılmasına neden olmuştur. İlerleyen yıllarda James Watt (1736-1819) kendinden önce geliştirilen buharlı makineleri önemli ölçüde geliştirmiştir. Watt'ın 1765-1776 yılları arasında yürüttüğü çalışmalar neticesinde yeni makineler ilk makinelerin dörtte biri oranında kömür yakarak, tam altı dakikada bir 18 metre derinlikteki suyu pompalayabilir hale gelmişti (Morris, 2012). Watt'ın bu yeni makinesi düzgün dairesel hareket sağlayan, yani dakikada belli sayıda dönüşü sabit bir güçle veren ilk makinedir (Türkcan, 2009:127).

Buhar gücünün gelişimi uzun yıllar almış ve pek çok buhar makinesi tipi geliştirilmiştir (Tablo 3). Newcomen'in ve ardıllarının hepsi ortak bir prensip üzerine çalışırlar. Kömür gibi bir yakıtın yakılmasıyla ortaya çıkan ısı, suyu kaynatır ve buhar oluşturur. Oluşan bu buhar pistonu iter ve bu sayede pistonu bağlı olan şey harekete geçer. Bu mekanizma ile ısı harekete çevrilmiş olur. Birinci sanayi devrimini mümkün kılan temel unsur esasında bu enerji dönüşümüdür (Harari, 2014).

---

<sup>19</sup> İlk atmosferik buhar makinesi

**Tablo 3. Buhar gücünün gelişimindeki temel olaylar 1642-1845**

Yıl	Olay	Ülke
1642	Torricelli'nin vacuum deneyi	İtalya
1654	Otto von Guericke hava pompasını geliştirdi	Almanya
1690	Papin'in silindir içinde piston modeli	Fransa
1698	Savery'nin pompa makinesi (Madencinin Dostu)	İngiltere
1712	Newcomen'in atmosferik buhar makinesi	İngiltere
1761	Watt'ın buharla ilk denemeleri	İngiltere
1765	Watt'ın ayrı yoğuşturucu, hava pompası, silindir başı ve buhar ceketine ilişkin ilk patenti	İngiltere
1769	Cugnot'un buharlı arabası (İlk atsız taşıt denemesi)	Fransa
1776	Watt'ın ilk pompa makinesi	İngiltere
1783	Watt'ın çift hareketli rotatif makinesi	İngiltere
1800	Watt'ın sınırlayıcı patentinin süresi bitiyor	İngiltere
1801	Trevithick'in kendinden hareketli yüksek basınçlı makinesi	İngiltere
1802	Trevithick'in Londra'da buharlı araba denemesi	İngiltere
1803	Oliver Evens'in yüksek basınç denemesi	ABD
1803	Trevithick'in Coalbrookdale lokomotif	İngiltere
1804	Trevithick'in Pen-y-Darren lokomotifi vagonları çekmeyi başardı	İngiltere
1807	Fulton ilk ticari buharlı gemiyi geliştirdi	ABD
1812	Bell'in Comet'i, Avrupanın ilk buharlı gemisi	İngiltere
1814	Stephenson'un ilk lokomotifi 'Blücher'	İngiltere
1819	'PS Savannah', Antantik okyanusunu buhar yardımıyla geçiyor	ABD
1831	Liverpool-Manchester demiryolu	İngiltere
1835	Otis'in buharla çalışan kazı makinesi	ABD
1838	Atlantik okyanusu ilk kez buharlı gemi ile geçildi	İngiltere
1841	Stephenson uzun-yatık kazanlı lokomotifi geliştirdi	İngiltere
1845	Pervaneli gemiler denenmeye başlanıyor	İngiltere

**Kaynak:** Freeman ve Louça, (2001)

Buhar makinesinin kömür tüketim miktarındaki değişime bakılırsa, kısa sürede kaydedilen verimlilik artışının boyutları daha net görülür. Yaklaşık olarak 150 yıl içerisinde Savary tipi ilk makineden Watt tipi yüksek basınçlı makineye, 1 buhar gücü (BG) elde etmek için gereken kömür miktarı, 6 kat azalmıştır.

**Tablo 4. Buharlı makinelerin kömür tüketim miktarları**

Buhar Makinesi Tipi	Saat ve BG Başına Kömür Tüketimi (pound)
Savery Makinesi (18. yüzyıl)	30
Newcomen Makinesi (Madenlerde Kullanılan, 1700-1750)	20-30
Newcomen Makinesi (1790)	17
Watt Düşük Basınç Makineleri (1800-1840)	10-15
Watt Yüksek Basınç Makineleri (1850)	5

**Kaynak:** Freeman ve Soete, 2003

Buhar makinesinin gelişiminin, birinci sanayi devrimini karakterize eden teknolojik gelişme olduğunu açıkladıktan sonra İngiliz sanayileşmesine öncülük eden sanayideki



yeniliklerin neler olduğunu incelemek gerekmektedir. Hobsbawm'ın ifadesiyle İngiliz sanayileşme sürecinin birinci evresinde hiçbir sanayi dalı önem bakımından kıyaslanamaz diye ifade ettiği pamuklu sanayii incelenmelidir. Buharlı makinelerin yarattığı fırsatı ilk kavrayan imalatçılar pamuklu dokuma üreticileri olmuştur. Watt tipi buharlı makinelerin gelişiminden önce bu sanayi içerisinde başlayan teknolojik yenilikler ve buharlı makine ile pamuklu dokuma tezgahlarının buluşmasıyla verimlilikte çığır açan başarısı pamuklu dokumanın İngiliz sanayileşmesinin öncüsü olmasını sağlamıştır.

#### **2.1.4 Pamuklu Dokuma Sanayi**

İngiliz sanayileşme tecrübesinin ilk dönemlerinde hiçbir sanayi dalı önem bakımından dokuma sanayi ile karşılaştırılmaz. Pamuklu dokuma sanayi, milli gelir içerisinde çok büyük bir paya sahip değildi ancak diğer sanayilerden yine de daha yüksekti. Gelişim sürecine diğer sanayilerden önce başlamış ve daha hızlı bir şekilde büyümesini sürdürmüştü. Bu sanayinin gelişme hızı bir anlamda tüm ekonominin gelişme hızının ölçütü olmuştur (Hobsbawm, 2009:63).

Aşağıdaki tabloda çeşitli sektörler itibarıyla büyüme oranları verilmiştir. Tabloda sanayi devrimi öncesi dönem incelendiğinde pamuk sanayi %1,4'lük büyüme oranına rağmen diğerlerinden ve tüm sanayi ortalamasından daha hızlı bir şekilde büyümektedir. Bu büyüme oranının elde edilmesinde sınırlı etkileri olan teknolojik gelişmelerin payı büyüktür. Devrimin gerçekleştiği yıllar incelendiğinde pamuk sanayinin büyüme hızının %9 olduğu görülmektedir. Yüksek büyüme oranının 1785 yılında tamamen buharlı makinelerle donatılmış iplik bükme fabrikasının bulunduğu sektörde gerçekleşmiş olması şaşırtıcı değildir.

**Tablo 5. Birinci sanayi devrimi öncesi ve süresince sektörlere göre yıllık büyüme oranları**

Sektör	Sanayi Devrimi Öncesi	Sanayi Devrimi Dönemi	
	1700-1760	1770-1801	1801-1831
Pamuk	1,4	9,0	6,0
Demir	0,6	5,0	4,5
İnşaat	0,7	3,2	2,9
<i>Kanal İnşaatı</i>	1,0	6,0	3,0
Tüm Sanayi	1,0	2,0	2,8

**Kaynak:** Freeman & Louça, (2001)

Kumaş üretiminin iki temel safhası vardır. İlk olarak iplik üretilir ve ardından üretilen bu iplikle dokuma yapılır. Bu sektördeki ilk önemli teknolojik gelişme dokuma safhasında meydana gelmiştir. John Kay'ın 1733 yılında geliştirdiği 'uçan mekik' ismini verdiği makine dokumacıların verimini en az ikiye katlamış ve daha geniş kumaşların dokunmasına olanak sağlamıştır. Dokuma işleminin yeni hızı karşısında bir süre iplik yetersizliği dahi yaşanmıştır (Guillen, 1999).

Dokuma sektöründe meydana gelen teknolojik gelişmeler bu sektörün girdisi olan iplik üretimini de etkilemiştir. 1764'te James Hargreaves'in icat ettiği iplik yapma makinesi<sup>20</sup>, mekanik güç gerektirmeyen basit bir alet olmasına karşın iplik işçisinin verimini önemli ölçüde arttırmıştır. İlk başlarda 8 iğ bulunan makinelerde, yüzyılın sonlarına doğru bu sayı 120'ye ulaşmış ve bu sayede, tek seferde bükülebilecek iplik miktarı önemli ölçüde artmıştır. İplik üretiminde asıl büyümeyi sağlayan ve fabrika tarzı üretimin temellerini atan gelişmeler ise Richard Arkwright'ın 1769 yılında geliştirdiği ve Samuel Crompton'un 1779 yılında Arkwright'ın ve Hargreaves'in makinesini birleştirerek geliştirdiği makineler olmuştur.<sup>21</sup> Bu yenilikler üretiminde verimliliği arttırdığı gibi ipliğin kalitesini de arttırmıştır. Yeni makinelerin ağır ve pahalı olması, fabrika sistemine geçilmesi sonucunu doğurmuştur (Güran, 2013:131).

Dokuma sanayiinde 50 yıllık süre içerisinde verimlilikte yaşanan artış teknolojik gelişmenin ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir (Tablo 6).

<sup>20</sup> Spinnig Jenny - Eğiren Jenny. Hargreaves'in icat ettiği ve eşinin adını verdiği, elle çalışan, birden fazla bobinli ve kasnaklı iplik tezgahı.

<sup>21</sup> Hem Arkwright'ın hem de Hargreaves'in makinesi çalışabilmek için su gücüne ya da hayvansal enerjiye ihtiyaç duymuşlardır.

**Tablo 6. Pamuk ipliğinde teknik ilerleme, 1780-1830**

100 libre pamuk ipliğinin maliyeti			Eğirmek için gereken saat
Yıl	Pound	Endeks	Endeks
1780	2,10	100	100
1790	1,07	49	-
1795	0,57	23	15
1810	0,21	5	-
1830	0,13	4	7

**Kaynak:** Türkcan, 2009:137

Pamuk ipliği üretiminde hem fiyatlarda hem de üretim için harcanan zamanda büyük bir düşüş yaşanmıştır. 100 libre<sup>22</sup> pamuk ipliğinin maliyeti 1780 yılı baz alındığında, sadece 10 yıl sonra yarı yarıya düşmüş; 50 yıl geçtiğinde ise 25 kat düşmüştür. Bu veriler sanayi devrimi öncesi dönemde önemli bir konumda bulunan Hindistan ile kıyaslandığında, İngiliz iplik üretiminde yaşanan gelişmeyi çok daha net olarak ortaya koymaktadır. 1700'lerin başında pedallı çarkı olan bir iplik üreticisinin yapağıdan yaklaşık yarım kiloluk iplik üretilmesi için gereken süre 200 saatken; 1800'e gelindiğinde, Hargreave'in Jenny'si, Arkwright'ın cıvıltısı, Crompton'un katırı gibi oldukça sıra dışı isimler taşıyan bu makineler sayesinde 3 saat yetebilmekteydi. Makineler İngiliz pamuklu kumaşını Hint benzerlerinden bile daha ucuz, daha ince, daha dayanıklı hale getirdi ve İngiliz mamul kumaş ihracatı 1760 ile 1815 arasında yüz katına çıkararak, pamuklu dokumayı küçük bir sektörden ulusal gelirin %8'inden fazlasına sahip bir sektör haline getirdi (Morris, 2012).

Tüm bu gelişmelere karşın makinelerin su ya da hayvansal güce bağlı kalması üretimde fiziki bir darboğaz oluşturmaktaydı. Elverişli çok sayıda nehir kenarı olmadığı gibi kışın donan ya da debisi düşen nehirler sabit devir ve güçte bir harekete imkân vermiyordu. Buharlı makinelerin dokuma makineleri ile birleşmesiyle birlikte birinci sanayi devrimi nihai anlamını bulmuş oldu.

<sup>22</sup> Yaklaşık olarak yarım kiloya denk gelen ağırlık ölçüsü birimidir. 1 lb = 0,45359237 kg, 100 libre yaklaşık olarak 45 kg yapmaktadır.

### 2.1.5 Ulaşım Sistemi ve Teknolojik Gelişme

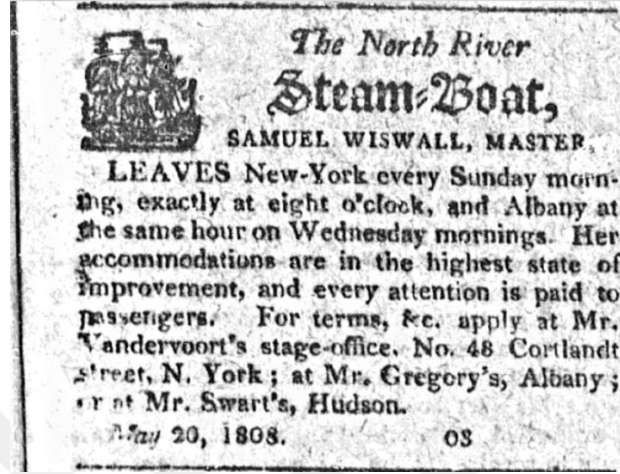
İngiltere’de üretim sürecinde meydana gelen yeniliklerin yanı sıra elde edilen ürünün ülke içinde ve dışında ulaşımını sağlayan gelişmeler yaşanmasaydı sanayileşme sürdürülemezdi. İngiltere’yi baştan başa saran kanallar, kara ve demiryolları ülke içinde ortak bir pazar oluşumuna kavuşturmuş; okyanusları aşan daha hızlı, güvenli ve donanımlı gemiler ise uluslararası pazarda egemen kılan gelişmeler olmuştur.

İngiliz ulaşım sistemini sürekli geliştiren teknolojik yenilikler, sanayi devriminin erken dönemlerinde başlamış ve dönem boyunca gelişimini sürdürmüştür. Ülkenin nehirler bakımından zengin olması, ülke içi su yollarının geliştirilmesine imkân sağlamış ve 18. yüzyıl boyunca açılan yüzlerce kanal, nehirlerle birleştirilerek ülkenin her yerine ulaşım ve taşımacılık kolaylaşmıştır. Kanal ve köprü inşaatında kullanılan en önemli yenilik 18. yüzyıl boyunca sürekli olarak ucuzlayan demir malzemelerdir. Bu dönemde onlarca kanal ve binden fazla köprü inşa edilmiştir (Başer, 2011:151).

Buhar gücünün dokuma sanayisinde meydana getirdiği etkinin bir benzeri ulaşım ve taşımacılık sektöründe görülmektedir. 19. yüzyılda gemileri akıntılardan, gelgitlerden ve rüzgârlardan çekip çıkararak buhar makinelerinin kullanılması sayesinde deniz taşımacılığı köklü bir değişim geçirmiş ve deniz ulaşımında en büyük sıkıntılardan biri olan varış zamanının düzgünce tahmin edilebilmesini sağlamıştır. Buhar gücünden önce deniz taşımacılığı değişen hava koşulları, akıntılar ve rüzgârlar nedeniyle müthiş bir belirsizlik içermekte, yolculuğunun varış saati bir yana, varış gününü hatta haftasını bile önceden belirlemenin bir yolu bulunmamaktaydı. İskenderiye – Venedik arası yaklaşık 2.000 km’lik yolculuk 17 günde bitebildiği gibi beş katı olan 89 günde de bitebilmekteydi. İşte buharlı makinelerin deniz ulaşımında kullanılmaya başlaması ile varış sürelerini doğru tahmin olasılığı öyle bir arttı ki, gemilerin kalkış ve varış saatlerini tam olarak belirten sefer tarifeleri ortaya çıktı (Quataert, 1999).

Buhar gücü ile çalışan vapurlar önce Fransa’ya ardından da Amerika’ya yayılmıştır. Aşağıdaki resimde ABD’de ticari su taşımacılığı için buhar gücünü ilk kullanan vapur olan ‘Clermont’ için gazeteye verilen reklam gösterilmektedir. Açıkça görüleceği üzere

her Pazar saat tam 8:00'de yola çıkacak olan vapurun 3 gün sonra *aynı saatte* varış noktasına ulaşacağı belirtilmektedir.



Şekil 4. Clermont için 20.05.1808 tarihinde verilen gazete ilanı

Kaynak: Anonim, (2017)

Deniz ulaşımında buhar gücünün kullanılmaya başlanması yalnızca ulaşım süresini değil aynı zamanda taşıma kapasitesini arttırmış ve bunun bir sonucu olarak deniz aşırı ticaret önemli ölçüde gelişmiştir. On sekizinci yüzyılın sonlarında İngilizlerin kullandığı yelkenlilerin toplam taşıma kapasitesi 1 (bir) milyon ton iken, 20. yüzyılın başında kullanılan buharlı ve yelkenli gemilerin toplam yük kapasitesi 31 milyon ton dolaylarına ulaşmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. İngiliz ve Dünya denizcilğinde taşıma kapasitesi

	Yelkenli	Buharlı	Yelkenli eşdeğer toplam taşıma kapasitesi		Yelkenli	Buharlı	Yelkenli eşdeğer toplam taşıma kapasitesi	
			İngiltere	Veri yok			Dünya	
1470	Veri yok	0	Veri yok	320	0	320		
1570	51	0	51	730	0	730		
1670	260	0	260	1.450	0	1.450		
1780	1.000	0	1.000	3.950	0	3.950		
1820	2.436	3	2.448	5.800	20	5.880		
1850	3.397	168	4.069	11.400	800	14.600		
1900	2.096	7.208	30.928	6.500	22.400	96.100		
1912	843	11.273	45.935	4.200	41.700	17.1000		

Kaynak: Maddison & Organisation for Economic Co-operation and Develop, (2001)

Su pompalamak, dokuma tezgâhlarını ve vapurları çalıştırmak için kullanılan buhar gücü ayrıca trenleri hareket ettirmek için de kullanılmıştır. İlk ticari demiryolu hattı Liverpool ile Manchester arasında 1830 yılında açılmış, sadece 20 yıl sonra, İngiltere'nin binlerce kilometrelik demir yolu ağı olmuştur (Harari, 2014).

## **2.2 İKİNCİ SANAYİ DEVRİMİ**

İngilizlerin 18. yüzyılın sonlarında yaşadığı sanayileşme tecrübesine benzer bir deneyim yaklaşık 100 yıl sonra Amerika Birleşik Devletleri (ABD) topraklarında tecrübe edilmiştir. Isı enerjisinin harekete çevrilebilmesi ile gerçekleşen birinci sanayi devriminden sonra gücünü elektrik enerjisinden alan ve İngiltere'nin demir üretiminde yaşadığı dönüşümü çelik üretiminde yaşayan ABD, ikinci sanayi devriminin öznesi konumundadır.

İkinci sanayi devrimi kökleri 1850'lere kadar geri gitmesine karşın devrim olarak ifade edilebilecek yenilikler 1870-1914 yılları aralığında kümelenmiştir. Özellikle 1825'ten sonra yavaşlamaya başlayan büyük buluşlar ya da genel amaçlı teknolojiler yüzyılın son çeyreğinde tekrardan hız kazanmıştır (Mokyr, 1998).

### **2.2.1 Teknolojik Yenilikler ve ABD Ulusal Yenilik Sistemi**

19. yüzyıl sonu ile 20. yüzyıl başlarındaki teknolojik dönüşümü ifade eden ikinci sanayi devriminde başlıca teknolojik gelişmeler; çelik üretiminde maliyetleri azaltan üretim tekniğinin geliştirilmesi, elektrik enerjisinin üretimde kullanılmaya başlaması, montaj hattı ve standardizasyon ile seri üretim yapılmasıdır. Ancak ısının harekete çevrilebilmesini sağlayan buhar makineleri nasıl ki birinci sanayi devriminin itici gücü olduysa, ikinci sanayi devriminin de itici gücü bir başka enerji türü olan elektrik ve elektriği harekete, ısıya ve ışığa çevrilebilmesini sağlayan makineler/cihazlar oluşturmuştur. Bu teknolojik gelişmelerin büyük çoğunluğunun ulusal yenilik sistemi İngiliz sistemine en çok benzeyen ülke, ABD'de gerçekleşmiş olması şaşırtıcı değildir.

İngiliz ulusal yenilik sisteminde bilimcilerle girişimciler arasında güçlü bağlar bulunmakta, altyapı yatırımları hızla genişlemekte ve girişimcileri destekleyecek hukuksal ve kurumsal yapılanma bulunmaktaydı. Bu çerçevede aşağıda görüleceği üzere ABD'nin ulusal yenilik sistemi büyük ölçüde İngiliz sistemine benzemektedir.

19. yüzyılın sonuyla 20. yüzyıl başında ABD Ulusal Yenilik Sistemi'nin başlıca özellikleri: (Freeman & Soote, Yenilik İktisadı, 2004)

- Ticaret ve yatırım için hiçbir feodal engel bulunmamakta; 1865 yılında kölelik kaldırılmış ve kapitalist ideoloji egemen konumdadır.
- Demiryolu altyapısı 1860'lardan itibaren çok büyük bir ulusal pazarın hızla gelişmesine imkân vermektedir.
- Kalifiye işgücü kıtlığı, makine yoğun ve sermaye yoğun tekniklerin gelişmesini teşvik etmiştir.
- Zengin ulusal doğal kaynaklar büyük ölçek ekonomileri ve ağır yatırımlarla üretime sokulmuştur (çelik, bakır, petrol).
- Seri üretim tarzı tipik Amerikan üretim tekniği olmuştur.
- Teknik öğretim ve bilimler, 1776'dan itibaren, Federal Hükümet ve Eyalet yönetimleri düzeyinde güçlü bir teşvik görülmüştür.
- Sermaye yoğun sanayilerdeki Amerikan firmaları çok büyüdü (GM, GE, SO, vb.) ve firma içi Ar-Ge faaliyeti başladı.
- Amerikan verimliliği, 1914 yılında, Avrupa'nın iki katı oldu.
- Başlıca teknolojiler ve bilimler, Avrupa'dan göçler yoluyla, ithal edildi.

### **2.2.2 Elektrik Sanayii ve Elektrifikasyon**

Birinci sanayi devriminde bilimsel tutum ve deneyler teknolojik gelişmelerin gerçekleşmesinde büyük öneme sahipti. Ancak ikinci sanayi devriminin itici gücü olan elektrik ve bu enerjiyi kullanarak çalışan makinelerin geliştirilmesinde, bilimsel yaklaşım, dokumacılıkta ya da buharlı makinelerde olduğundan çok daha etkiliydi. Elektriğin bir sanayi devrimi olarak isimlendirilebilecek yenilikler ortaya sunduğu dönem ABD

topraklarında meydana gelmiştir. Fakat öncül bilimsel çalışmalar ve temel ürünlerin büyük bir kısmı Avrupa ülkelerinden çıkmıştır. Volta, 1800 gibi erken bir tarihte ilk bataryayı (Volta pili) icat etmiş ve elektrikten laboratuvarlar dışında da yararlanabilmeyi sağlamıştır. İngiliz bilim adamı Michael Faraday 1831’de Royal Society’de verdiği bir bildiri de sonraları elektrik motoru, dinamo ve transformatörün geliştirilmesine yol açacak olan elektromanyetik endüksiyonun keşfini açıklamıştı. James Clark Maxwell ise 1864’te yayımladığı alan denklemleriyle elektrik, manyetik ve optik olgularını elektromanyetizma adı verilen tek bir evrensel olguda birleştirmişti. Günümüzde elektrik enerjisinin bu denli yaygın kullanılmasında Maxwell’in çalışmalarının büyük bir önemi bulunmaktadır. Görüleceği üzere elektriğin ve çeşitli uygulama biçimlerinin gelişmesinde bilimin rolü birinci sanayi devrimindeki kiyasla çok daha belirgindir (Guillen, 1999; Freeman ve Soote, 2004).

Aşağıdaki tabloda elektriğin ve başlıca uygulama alanlarının yıllar içerisinde kaydettiği gelişim gösterilmiştir.

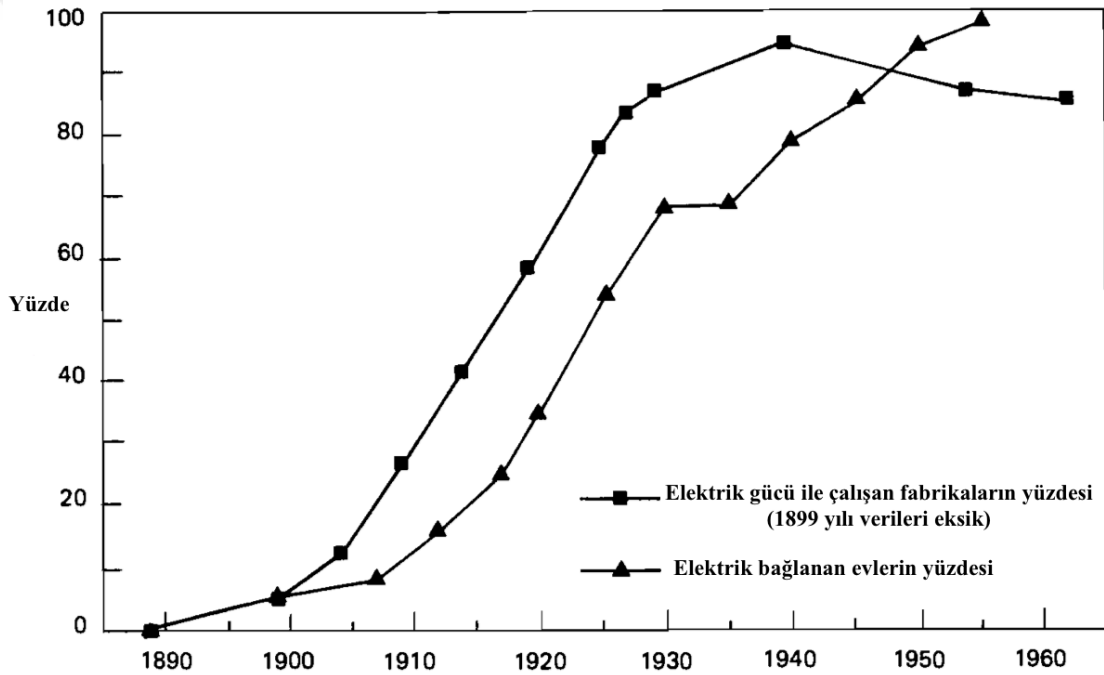


**Tablo 8. Elektrikte başlıca gelişmeler**

Yıllar	Bilim ve buluş	Yenilik, teknoloji ve uygulamalar
1800 - 30	Elektriğin laboratuvarında incelenmeye başlanması (Volta, Faraday) İlk elektrik pili, 1800 (Volta Pili)	William Cruickshank'ın çok satan birincil bataryası (1800) Sonraları elektrikli telgraf için yaygın biçimde kullanılacak olan Daniel Pili (1830)
1830 - 50	Faraday elektromanyetik indüklemeyi kanıtlar (1831) Pixii'nin manyetosu (1832), Paris Wheatstone ve Mors'un elektrikli telgrafi (1837) İlk elektrikli kaplama patentleri (1840'lı yılların başları) Staite'in ark (ışık yayı) lambaları (1840'lar)	Clarke ve Stoeherer'in ilk jeneratörü ticari amaçla geliştirmesi Elektrikli telgrafın demiryollarının yanında hızla ticarileşmesi Çok damarlı (multi-core) kablolar Gutta-Percha yalıtımı
1850 - 70	Hjorth manyeto-elektrik bataryanın patentini alır (1855) Siemens armatürü (1856) Swan'ın karbon filamanlı (incebelli) lamba üzerine ilk araştırmaları Reis, Frankfurt'ta ilk elektrikli telefonu gösterir (1861) Kendinden tahrikli jeneratörler (Wilde, 1863; Siemens, Varley 1866) Maxwell'in radyasyon kuramı (1864) İlk elektroliz patenti (1865) (Elkington) Leclanche gözesi (1868)	İlk deniz altı telgraf kablosu (1851) 1855'te Britanya'da kullanımda olan telgraf kablosu uzunluğu 4.500 mil Küçük ölçekli jeneratör imalatı Holmes jeneratörlerin deniz fenerlerinde kullanımını gösterir (1857) Atlantik-aşırı kablo (1858) İlk büyük kablo fabrikası (1859) New York'tan San Francisco'ya ilk telgraf (1861) Kauçuk yalıtımın kullanımı yaygınlaşır İlk elektrolitik bakır rafinerisi, Güney Galler (1869)
1870 - 90	Gramme armatürü ve ilk güvenilir dinamolar Bell telefon patentleri (1876) Brush açık kangal dinamoyu icat eder (1878) Edison elektrik ampülü (1878-79) Helmholtz'un temel uzağa ses iletme ve radyo kuramı Hertz elektromanyetik radyasyonu kanıtlar (1887) Parsons türbini (1880'lerin sonu)	Bazı kamu binalarının, fuar alanlarının, caddelerin vb. ark ışıklandırmasıyla aydınlatılması Edison Electric Light Co'nun oluşumu (1878) ve bir meta olarak ilk enerji (1880'lerin başı) Swan ve Edison lambaları yüksek hacimde üretilmeye ve konutlarda kullanılmayı başlar Britanya'da ilk telefon görüşmeleri (1878-9) Bell 67.000 telefon cihazı üretir (1880) Edison'un elektrik santrali (DC) (1883) (New York) Elektrikli tramvaylar ve kentsel demiryolları (1880'ler) Elektrikli kaplama konserve vb. teneke kutulamada yaygın biçimde kullanılır Alüminyumda (1887) ve klorda (1888) elektrolitik süreçler Westinghouse AC'yi getirir (1886)
1890 - 1910	Ulusal Fizik Laboratuvarı kuruldu (1891) Braun'un katot ışın tüpü (1897) Çok sayıda radyo buluşları ve patentleri (1890'lar- 1900'ler) J. J. Thomson elektronu keşfeder (1897) Marconi radyo iletişimlerini çeşitli deneylerle kanıtlar Fleming'in termyonik vanası (1904) Katot ışın tüpü salıncığı (1901) Elektrokardiyograf (1909)	'Sistemler Savaşı' (AC, DC'ye karşı) (1887-92) Westinghouse'un yüksek gerilim iletimi, Niagara (1893) Çok sayıda sanayide alternatif akım güç kullanılması AEG ve Oerlikon elektrik motorları imal ederler (1891) General Electric Co.'nun kuruluşu (1892) Elektrik ocaklarında kalsiyum karbürden asetilen elde edilmesi (1892) İlk büyük ölçekli elektrolitik bakır arıtma, ABD (1893) Yüksek hız takım alaşımları ve elektrikli takımlar (1895) Marconi Telsiz Telgraf Şirketi (1897)

**Kaynak:** Freeman ve Louça, (2001)

İletişimde, ulaşımda, aydınlatmada ve üretim tekniklerinde yarım yüzyıl süren yeniliklerden sonra 1890'ların başında elektrik, Batı Avrupa ve özellikle Birleşik Devletlerde birçok yeni yatırım fırsatının ortaya çıkmasını sağlamıştı. Önceleri jeneratörler aracılığıyla uygulama alanı bulan elektrik, 1890'larda başta Edison olmak üzere çeşitli girişimcilerce 'meta' olarak üretilen hem hanelere hem de fabrikalara satılmaya başlanan bir ürüne dönüştü. Aşağıdaki grafik 1890 – 1960 yılları arasında ABD'de elektrik bağlanan evlerin ve fabrikaların yüzdesini göstermektedir. Yaklaşık 50 yıl gibi kısa bir süre içerisinde evlerin neredeyse tamamına elektrik bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 5. ABD'de elektriğin yayılımı

Kaynak: Ayres, (1989:35)

Elektriğin erken kullanıldığı alanlardan biri şehir içi ulaşımdır. Tramvaylar ve şehir içi trenler elektriğin kamusal alanda ilk ve önemli kullanım örneklerini oluşturur. İlk elektrikli metro 1800'lerin sonunda elektrik, çelik ve ağır sanayi mühendisliğinin oluşturduğu yeniliklerin sonucunda Londra'da inşa edilmiştir. Bu metroyu ilk olmasının dışında farklı kılan bir diğer unsur elektrik teçhizatının ABD'li firmalar tarafından sağlanmış ve ABD'nin yaşayacağı değişimin küçük bir göstergesi olmasıdır. Ancak şehir içi taşıma sistemlerinden ya da evlerin aydınlatılmasından çok daha önemlisi elektriğin

sanayide yeni kullanım alanları bulmasıydı. Elektriğin sanayide ilk uygulanma alanları elektro-metalürji ve elektrokimyadır. 1880'lerde ve 1890'larda en önemli gelişmeler bakır ve alüminyum gibi demir dışı metallerde ve alaşımlarda gerçekleşmiştir. Daha sonraları sanayide elektrik motorları kullanılmaya başlanmıştır.

Elektrikten önce kullanılan buharlı makinelerin büyük miktarda enerjiyi sürekli olarak sağlayabilmesinden dolayı büyük ölçekli faaliyetler açısından bir avantajı bulunmaktaydı. Arada sırada enerji ihtiyacı duyan küçük çaplı el zanaatları ya da küçük sanayi işyerleri açısından ise buhar gücünün dezavantajları bulunmaktaydı. Elektrik motoru bu durumu kökten değiştirmiş, küçük motorlar gerekli olduğu zamanda ve yerde kullanılabilir konuma gelmiştir. Elektrik motorlarının küçük sanayi işyerlerindeki makineleri çalıştırmasıyla elde edilen avantajlar arasında etkinlik, azalan bakım maliyeti, temizlik, yangın riskinin azalması ve enerjiden tasarruf sayılabilir. Üretimde elektrik motorlarının kullanılmaya başlaması fabrikaların iç yerleşim biçimini değiştirmekle kalmamış, çok yaygın olan küçük ölçekli sanayilerin durumunu da değiştirmiştir (Freeman ve Soote, 2004).

Yaklaşık 200 yıl önce yalnızca bilimsel çalışmalara konu olan ve belki de ekonomik değeri hiç olmayan elektrik, bugün yiyeceklerimizin bozulmasını engelleyen ve pişiren, giysiler diken, ulaşımda kullanılan sayısız aracı çalıştıran, insanları eğlendiren ve hatta şu an okuduğunuz bu metnin yazılmasını sağlayan temel bir üretim ve tüketim girdisi haline geldi.

### **2.2.3 Çelik Sanayi**

Çelik birinci sanayi devriminden önceki dönemlerde de üretilmiştir ancak üretim miktarı kısıtlı ve maliyetler oldukça yüksekti. Üretilen çelik genellikle kılıç, zırh gibi askeri amaçlarla ya da dönemim zengin aileleri tarafından kullanılan çatal, bıçak ve kaşık gibi eşyalarda statü göstergesi olarak kullanılmaktaydı. Geri kalan hemen hemen tüm metal yapılar dökme ya da dövme demirden yapılmaktaydı.

Günümüzde dünya ekonomisinin temel girdilerinden birini oluşturan çelik modern anlamda 1850'lerin sonunda İngiltere'de Sheffield kentinde üretilmeye başlandı. Çelik üretimindeki maliyetlerin azaltılması ve kalitenin artırılması Henry Bessemer'in 1856 yılında geliştirdiği yeni bir fırın sayesinde gerçekleşmiştir. Çelik üretimindeki teknolojik gelişim ilkin İngiliz bir girişimci tarafından İngiltere'de yaşanmasına karşın, üretiminde liderliği 20. yüzyılın başlarında Birleşik Devletler devralmıştır. Daha 1880 gibi geç bir tarihte bile Birleşik Devletlerin çelik üretimi sadece 1,2 milyon ton, demir üretimi ise çeliğin üç katından biraz fazla 3,8 milyon tondur. Ancak sadece 33 yıl sonra, ABD'nin çelik üretimi 31 milyon tona yükselmiştir. Üretimdeki bu artış, İngiltere'de pamuğun 1780'den 1810'a kadar büyümesinden bile daha hızlı bir artıştır (Freeman & Soote, Yenilik İktisadı, 2004).

Aşağıdaki tabloda İngiltere, Almanya ve ABD'nin demir ve çelik üretim miktarları üç farklı yıl itibarıyla gösterilmiştir.

**Tablo 9. İngiltere, Almanya ve ABD'nin Demir ve Çelik Üretimi (Milyon Ton)**

	1880	1913	1929
<b>Ham Demir</b>			
İngiltere	7,7	10,13	7,7
Almanya	2,5	19,3	13,4
ABD	3,8	31,0	43,3
<b>Çelik</b>			
İngiltere	1,3	7,7	9,8
Almanya	0,7	18,9	16,2
ABD	1,2	31,3	57,3

**Kaynak:** Freeman ve Soote, (2004)

Amerika Birleşik Devletleri'nin 33 yıl gibi kısa bir sürede yıllık çelik üretim miktarını 25 kat artırabilme başarısı dönemin en büyük girişimcilerinden Andrew Carnegie'e aittir. İç Savaş<sup>23</sup> yıllarında lokomotif ve köprü inşa eden şirketler kuran Carnegie, savaş sonrası İngiltere'ye yaptığı bir ziyaret sırasında Bessemer üretim yönteminin dünya demir ve çelik sanayisi için bir dönüm noktası olduğunu anlamış ve yöntemi hemen kendi ülkesine getirmiştir. Demiryollarında çalıştığı uzun yıllar boyunca edindiği muhasebe ve yönetim bilgilerini çelik üretimi ile birleştiren Carnegie ABD'deki diğer tüm işletmelerden daha

<sup>23</sup> Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington'daki yönetimi ile ülkeden ayrılmak isteyen 11 Güney Eyaleti arasında çıkmış, geniş kapsamlı, 12 Nisan 1861'de başlayan ve tam 4 yıl süren iç savaş.

güvenilir ve daha ayrıntılı maliyet istatistiği tutmuş, bu verileri kullanarak üretim yöntemlerinde iyileştirmeler yapmıştır. Bu iyileştirmeler sonucu hem maliyetler sürekli düşmüş hem de üretim teknolojisi gelişme göstermiştir.

Chandler (1977) ABD çelik sanayisinin büyük başarısını şu sözlerle açıklamaktadır:

“Amerikan çelik sanayisinin öyküsü teknolojik yeniliğin, enerjinin giderek daha yoğun bir biçimde kullanılmasının, fabrika tasarımının ve genel yönetim faaliyetlerinin üretim miktarını nasıl büyük ölçüde artırdığını, üretimi hızlandırdığını ve genel verimlilik düzeyini başkalarına göre nasıl yükselttiğini, etkili bir biçimde ortaya koymaktadır. Carnegie'nin bu sanayi dalındaki üstünlüğü teknolojik değişmeye verdiği çok büyük önemden, demiryollarında geliştirilmiş olan denetim ve iş yönetim tekniklerinin sanayi sektörüne yaratıcı bir biçimde aktarabilmiş olmasından, kaynaklanmaktadır. Teknolojik ve örgütsel yenilik karşılığını vermiştir.”

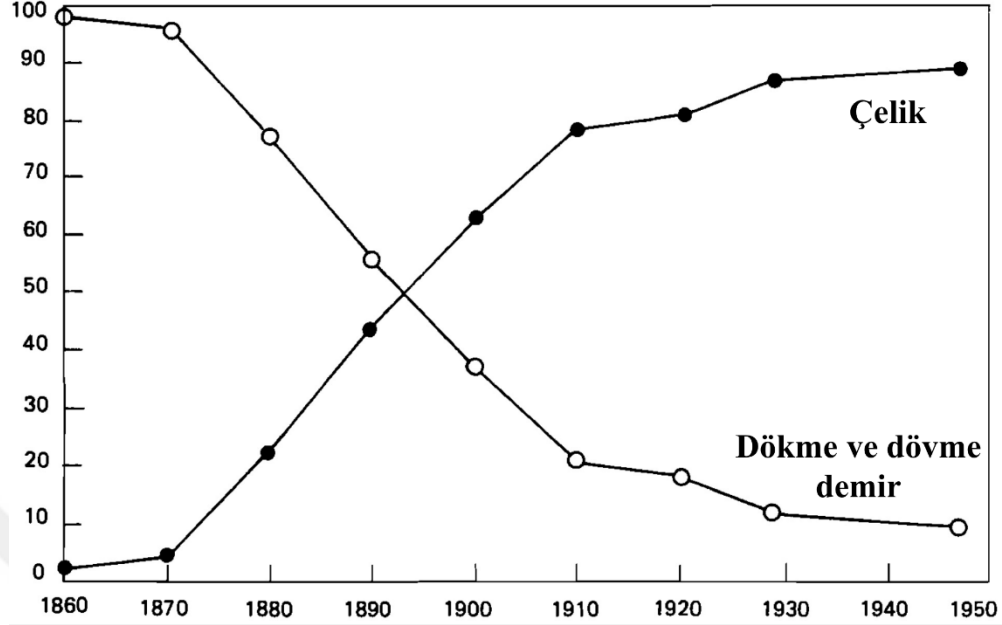
Çelik, sanayi ve hizmetlerin her dalını etkileyen bütün bir yenilik dalgasının kalbinde bulunmaktadır. Aşağıdaki tablo çelik ve çelik alaşımını içeren ürünleri göstermektedir. Tablo çok kapsayıcı olmasa bile çelik üretiminde meydana gelen gelişmelerin ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir.

**Tablo 10. Çelik ve çelik alaşımli metaller ile üretilen ürünlerden bazıları**

Cephane	El aletleri	Demiryolu istasyonları
Ağır silahlar	Aygıtlar	Buzdolapları
Otomobiller	Lokomotifler	Gemiler
Dikenli tel	Makine Takımları	Gökdelenler
Bisikletler	Birçok türde makineler	Tanklar
Kazanlar	Motorlar	Teneke kutular
Köprüler	Petrol rafinerileri	Trafolar
Kimya tesisleri	Boru şebekesi	Türbinler
Vinçler	Elektrikli takımlar	Ambarlar
Çatal, Bıçak, Kaşık	Basınçlı kaplar	Savaş gemileri
Fabrikalar	Yüksek gerilim hattı direkleri	Tel
Dosya dolapları	Raylar	
Jeneratörler	Demiryolu vagonları	

**Kaynak:** Freeman ve Louça, (2001)

Aşağıdaki grafikte, ikinci sanayi devriminin erken dönemlerinden üçüncü sanayi devriminin erken dönemlerine kadar geçen sürede yıllar itibarıyla ABD'nin demir ve çelik üretimi toplamı yüzde olarak gösterilmektedir.



Şekil 6. ABD’de tüm demir ve çelik ürünlerinin yüzdesi olarak çeliğin nüfuzu

Kaynak: Ayres, (1989:26)

ABD’nin kısa sürede dünyanın en önemli çelik üreticisi konumuna gelmesi Birleşik Devletlerdeki ulusal yenilik sisteminin yenilikleri teşvik eden bir yapıda olduğunu gösteren güzel bir örnektir. Teknolojinin transfer edilmesi, yeni teknolojiyi özümseme ve geliştirme süreçleri çelik endüstrisinde çok net bir biçimde görülmektedir. Hatta teknolojik yenilikleri özümseme yalnızca üretim süreciyle sınırlı kalmamış, 1886 yılında çelik üretiminde ön plana çıkan bir bölgenin ismini, modern çelik üretiminin kapılarını açan Henry Bessemer’e atfen, Bessemer olarak belirlemişlerdir.<sup>24</sup> Bu değişikliklerin ardında yatan temel unsur, Amerikan ulusal kültürünün her yanını sarmış olan bilimsel heves ve teknik buluşlara verilen desteklerden oluşmaktadır.

#### 2.2.4 Seri Üretim

Üretimde elektriğin kullanılması ve elektrik enerjisinin montaj hatlarını çalıştırmasıyla hem üretim biçimi hem de üretim maliyetleri tamamen değişmiştir. Elektrik enerjisiyle çalışan üretim hattı ilk kez ABD’de hayvan kesim işlemleri için kurulan sistemlerle

<sup>24</sup> City of Bessemer, <http://www.bessemeral.org/history/> Erişim:02.03.2017

başlamasına karşın, asıl uygulandığı Ford Motor fabrikalarında kurulan seri üretim hatlarıyla olmuştur.

Ford Motor fabrikalarının otomobil üretiminde uyguladığı bu sistem, üretim ölçeğinin büyütülebilmesine ve akabinde hem maliyetlerin hem de fiyatların düşmesine yol açmıştır. Henry Ford ve ekibi 150 adım uzunluğunda vinç ve zincirlerle oluşturulmuş montaj hattı boyunca 140 montajcı işçi yerleştirmişlerdir. Her bir işçi zincir aracılığıyla kendisine gelen araçların montajlarını yapmıştır. Bu sistem sayesinde eskiden 12 saatten fazla süren montaj işi 3 saatten bile aza indirilmiştir. Model T'nin fiyatı gerçekleştirilen yenilikler sonucunda 1908'de 850 dolardan, 1913'de 600 dolara, 1916'da ise 360 dolara düşmüştür. 1921 yılında Model T satışları 50 misli artmış ve 1909'da %10 olan piyasa payı, 1921'de %60'a çıkmıştır (Ford Motor Company, 2013).

### **2.3 ÜÇÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ**

Üretim sürecinde büyük değişimlere neden olan bir diğer teknolojik gelişme dalgası, 1960'lı yıllarda elektronik cihazlar, endüstriyel robotlar ve elektronik bilgisayarların, 1990'lardan itibaren de internetin gelişimiyle yaşanmıştır. Üçüncü sanayi devrimini ilk iki devrimden ayrılan temel özelliği, bu devrimin yeni enerji dönüşümleri ile değil, belli bir düzeyde bilişsel yetenekleri olan makinelerin üretim sürecine katılması ve dijitalleşmenin başlamasıdır. Bu farklılığın yanı sıra, ilk iki devrim gibi belli bir bölgede de başlamamıştır. Japonya, ABD, İngiltere ve Almanya gibi günümüzün gelişmiş ülkeleri 1960-70'lerde gelişmiş Ar-Ge birimleri ve UYS'lerini oluşturan alt birimlerin yenilikleri kapsayıcı bir yapıda olması sayesinde üçüncü sanayi devrimine rekabet içerisinde girmişlerdir. Ancak 1970-2000 yılları aralığında Japonya'nın elektronik ve robot sanayisinde ön plana çıktığı, 2000'li yıllarda ise Güney Kore ve Çin'in önemli atılımlar yaptığı görülmektedir.

### 2.3.1 Teknolojik Yenilikler - Japonya ve Güney Kore Ulusal Yenilik Sistemi

Bu devrimdeki temel teknolojik gelişmeler elektronik cihazlar, bilgisayarlar, endüstriyel robotlar ve tüm bu cihazlar arasında iletişimi sağlayan internettir. 1960'lardan sonra bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi başta ABD ve Japonya tarafından gerçekleştirilmiştir. İkinci sanayi devrimi kısmında ABD'nin ulusal yenilik sisteminin nasıl bir yapıda olduğu incelenmişti. Üçüncü sanayi devriminde bir diğer önemli ülke olan Japonya'nın ve 1970'lerde Türkiye ile aynı ekonomik seviyelerde bulunan ancak 1990'larda önemli atılımlar gerçekleştiren Güney Kore'nin UYS'lerini incelemek gerekmektedir.

1960-70'lerde Japonya UYS'nin başlıca özellikleri (Freeman ve Soote, 2004):

- 1960'ların ikinci yarısında sanayi, üniversite ve araştırma enstitülerini bir araya getiren projeler ve bu projeleri destekleyecek kurumsal yapılanma var.
- Ar-Ge harcamalarının GSMH'ya oranı %2,5 dolaylarındadır.
- Ar-Ge harcamalarının yalnızca %2'si askeri ve uzay araştırmaları için yapılmaktadır. Örneğin dönemin önemli ülkelerinden Sovyetler Birliği Ar-Ge harcamalarının %70'ini askeri araştırmalara ayırmaktadır.
- Ar-Ge'nin büyük kısmı (yaklaşık 2/3) firma düzeyinde ve firma finansmanı ile yapılmaktadır.
- Ar-Ge ile üretim ve teknoloji ithalinde firma düzeyinde güçlü bağlantılar var.
- Güçlü üretici, kullanıcı ve yan sanayi bağlantıları şebekesi mevcut.
- Firma düzeyinde hem yönetim hem de işgücünün yenilik yapması için güçlü teşvikler var.
- Uluslararası piyasalardaki yoğun rekabet deneyimi söz konusudur.

20. yüzyılın sonlarında Güney Kore UYS'nin başlıca özellikleri (Ayhan, 2002):

- Yükseköğretime büyük katılım söz konusudur. 1960'larda 25 yaş üstünde %5 olan yükseköğretim mezunu sayısı 2015 yılında %45'lere çıkarılmıştır. Bu oran Türkiye'de 2014 verilerine göre %11'dir.
- Nüfusun %0,54'ü mühendislik öğrencisidir. (1985 yılı verilerine göre).



- GSMH'nin oranı olarak Ar-Ge harcamaları %2,1 seviyelerindedir.
- 1990'lı yılların başında 800 civarında bulunan özel araştırma enstitülerinin sayısı 2000 yılında 4800'leri bulmuştur. Ar-Ge kuruluşlarının yaklaşık yarısı elektronik ve makine alanlarında çalışmaktadır.
- Bir milyon çalışana 1067 endüstriyel robot düşmektedir. (1987 yılı verileri)
- Elektronik sanayinin büyüme hızı 1985-90 yılları arasında %21 dolaylarındadır.

Yukarıdaki veriler hem Japonya'nın hem de Güney Kore'nin bilim ve teknoloji politikalarına büyük önem verdiğini çok net bir şekilde göstermektedir. Her iki ülke Ar-Ge yatırımlarında ve aynı zamanda Ar-Ge çalışmalarını yapacak nüfusun eğitilmesinde önemli başarılar elde etmişlerdir. Bölümün devam eden kısmında üçüncü sanayi devrimini mümkün kılan genel amaçlı teknolojiler ve öncü sektörler açıklanmıştır.

### **2.3.2 Dijitalleşmenin Başlaması: Bilgisayarlar ve Elektronik Devre Elemanları**

Modern bilgisayarlar 1960'lı yıllarla birlikte üretim sürecine girmeye başlamışlardır. Ancak teorik ve pratik gelişmelerin 1940'lı yıllarda, ilk düşünsel ifadelerin ise çok daha önceleri, 1830'lu yıllarda Charles Babbage ile başladığı bile söylenebilir.<sup>25</sup> 1940'lı yıllarda birçok farklı merkezde ve farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmeye çalışılan bilgisayar teknolojisi için kim tarafından, ne zaman, nerede geliştirildiği hususunda "mutlak" ifadeler kullanmak doğru değildir. Ancak modern bilgisayarların hangi özellikleri içerdiğini ve bu özellikleri içeren ilk bilgisayar sistemi üzerinden bir tarih belirlenebilir. Modern bilgisayarları tanımlayacak dört temel özellik; dijital olmaları, ikili sistemde çalışmaları (ikilik), elektronik olmaları ve genel amaçlı olmalarıdır (Isaacson, 2017).

Konrad Zuse (1910-1995) çok amaçlı, programlanabilir ve ilk dijital bilgisayar olan Z3'ü 1936-1941 yılları arasında çeşitli modellerden (Z1, Z2) sonra geliştirmiştir. Bu makinenin eksik yanı hantal elektromanyetik röleler kullanmasıdır. Ayrıca Schumpeter'in ifade ettiği gibi icat ile yenilik arasında büyük bir farklılık bulunmaktadır. Zuse'nin bu bilgisayarını

---

<sup>25</sup> Babbage Charles genel amaçlı bilgisayar fikrini geliştirmiş ve adını Analitik Makine koymuştur.

dijital çağın başlangıcı olarak görmek çok zordur. 1941’de geliştirilen bu bilgisayar neredeyse hiç kullanılma şansı bulamamış ve 1943 yılında müttefik ordularının Berlin’i bombalaması sonucu yok olmuştur. Zuse’nin makinesine benzer bir kaderi Atanasoff’un bilgisayarı yaşamıştır. Atanasoff’un dijital olan bilgisayarı hem tam elektronik değildi hem de genel amaçlı değildi. Ayrıca bu bilgisayar da yayılma ve kullanılma şansı bulamadan bir üniversitenin bodrumunda terk edilmiş ve 1948’de bir yüksek lisans öğrencisi tarafından parçalarına ayrılmıştır (Isaacson, 2017; Freeman ve Soote, 2004).

Başarısız olarak nitelendirilebilecek bu girişimlerden sonra ABD savunma bakanlığının mali olarak desteklediği projeye, 1943 yılında füze hedeflerini belirlemek amacıyla John Mauchly (1907-1980) ve J. Presper Eckert (1919-1995) tarafından ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) isimli bilgisayar geliştirilmeye başlanmıştır. Proje tamamlandığında tamamen elektronik, süper hızlı ve genel amaçlı olarak çalışabilen bu makine ilk modern bilgisayar sayılabilir. Bir kıyaslama yapılırsa; Atanasoff’un makinesinde 300, Zuse’nin makinesinde 1500 vakum tüpü kullanılmışken, ENIAC’da 17.468 vakum tüpü kullanılmıştır. Ayrıca Atanasoff’un bilgisayarı saniyede 30 toplama çıkarma işlemi yapabiliyorken, ENIAC beş bin toplama çıkarma işlemi yapabilmekteydi.

ENIAC’tan sonraları ABD’de, 1955’e kadar olan bilgisayar talebinin tamamı askeri ve bilimsel amaçlı olmuştur. Kore Savaşının baskısı altında 650 adet bilgisayar üreten IBM bile, bu bilgisayarların ticari satışının yapılamayacağını düşünürken, Uygulamalı Bilim Gurubu sadece 200 makine satılabileceğini öngörmüştür. Ancak bilgisayar sanayisinin “Model T”si sayılan bu makineden 1800 adet satılmıştır (Türkcan, 2009, Freeman & Soote, Yenilik İktisadı, 2004). Sonraki yıllarda birçok yenilik yapılmaya devam edilmiştir. Aşağıdaki tabloda bilgisayar tarihindeki önemli olaylar özetlenmiştir.

**Tablo 11. Bilgisayar tarihindeki önemli olaylar**

Yıl	Mucitler/Buluşlar	Bilgisayar Tarihinde Önemli Olaylar
1941	Konrad Zuse / Z3	İlk programlanabilir bilgisayar
1942	John Atanasoff & Clifford Berry /ABC	Elektronik bilgisayar dönemi başlıyor
1944	Howard Aiken & Grace Hopper Harvard / Mark I	The Harvard Mark 1 bilgisayarı
1946	John Presper Eckert, John W. Mauchly /ENIAC	İlk tam elektronik bilgisayar
1947/48	John Bardeen, Walter Brattain & Wiliam Shockley/Transistor	Transistörler gelişmeye başlıyor
1951	John Presper Eckert & John W. Mauchly /UNIVAC	İlk ticari bilgisayar
1953	International Business Machines /IBM 701 EDPM	IBM bilgisayar dünyasına giriyor
1954	John Backus, IBM / FORTRAN	İlk başarılı yüksek düzey programlama dili geliştiriliyor
1958	J. Kilby, R. Noyce /Integrated Circuit	Yonga dönemi başlıyor
1962	Steve Russell, MIT /Spacewar	İlk bilgisayar oyunu
1964	Douglas Engelbart /Computer Mouse ve Windows	Mouse geliştiriliyor
1969	ARPAnet	İnternet gelişmeye başlıyor
1970	Allen-Bradley / Bulletin 1774 PLC	PLC'ler gelişmeye başlıyor
1970	Intel 1103	İlk dinamik RAM yongası
1971	Faggin, Hoff & Mazor / Intel 4004	İlk mikroişlemci
1971	Alan Shugart, IBM / Floppy Disk	Floppy disk dönemi başlıyor
1973	Robert Metcalfe & Xerox /The Ethernet	Ethernet geliştiriliyor, ağ bağlantısı dönemi başlıyor
1974/75	Scelbi, Mark-8 Altair & IBM 5100	Tüketiciler için ilk bilgisayar
1976/77	Apple I, II & TRS-80 Commodore PET	Tüketiciler için bilgisayarlar çeşitleniyor
1979	Seymour Rubenstein & Rob Barnaby-WordStar	Kelime işlemci geliştiriliyor
1981	IBM /The IBM PC	Kişisel bilgisayarlar gelişmeye başlıyor
1981	Microsoft /MS-DOS	MS-DOS işletim sistemi
1983	Apple Lisa	Grafik arayüzü kullanan (GUI) ilk ev bilgisayarı
1984	Apple Macintosh	Ev bilgisayarları ucuzluyor
1985	Microsoft Windows	Windows işletim sistemi doğuyor
1997	IBM / Deep Blue	Yapay Zekâ, Garry Kasparov'u yeniyor.
2001	Wikipedia	Özgür Ansiklopedi doğuyor.
2007	Apple / iPhone	Bilgisayarlar cebe sığacak kadar küçülüyor.
2010	Apple / iPad	Tablet bilgisayar dönemi başlıyor

**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Kuşkusuz bilgisayar dünyasındaki en önemli yenilik 1947 yılında William Shockley, Walter Brattain ve John Bardeen'in Bell laboratuvarlarında transistörü geliştirmesi ile yaşanmıştır. Transistör içermeyen ENIAC 167 m<sup>2</sup>lik bir alanda 30 ayrı bölümden oluşmakta ve 30 ton ağırlığındaydı (Bellis, 2017). Transistörlerin bilgisayar dünyasında kullanılabilir olmaya başlamasıyla bilgisayarın kapladığı alan ve ağırlıkları önemli ölçüde

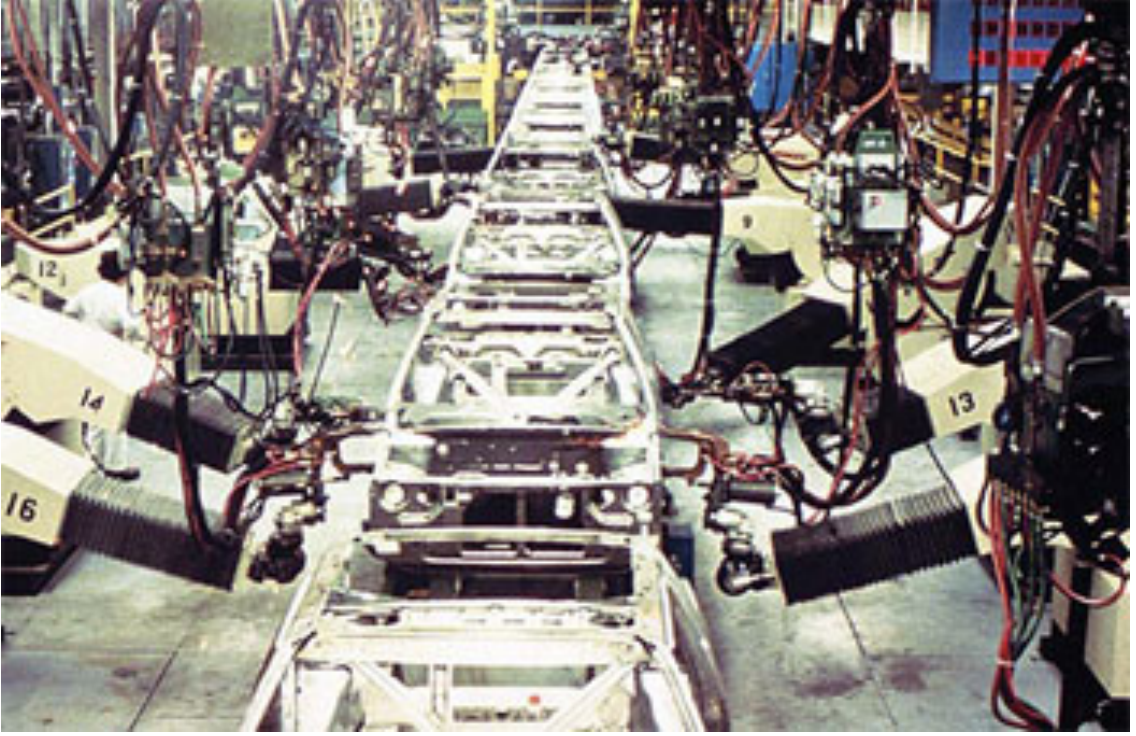
düşmüştür. Ayrıca 1980'lerden sonra transistörler de son derece küçülüp, çok küçük bir alanda milyonlarcasının belli bir plana göre birleşerek, kendi programıyla çalışması anlamındaki mikro işlemcileri doğurması günümüzün bilgisayar teknolojisini sağlamıştır. Her türlü elektrikli ev aletlerinin kontrolünden haberleşmeye, tıbbı ve savunmaya kadar tüm elektronik cihazlarda bu transistörler kullanılmaktadır.

Bilgisayarların transistörler ve mikroçipler sayesinde küçülmesi, bilgisayarların ticari hayata daha çok girmesine neden olmuştur. 1969 yılında üretimde PLC'ler (*Programmable Logic Controller: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici*) kullanılmaya başlanmıştır (Segovia & Theorin, 2012). Sanayide kullanılmaya başlanan bu endüstri tipi bilgisayarlar montaj hatları, endüstriyel robotların kontrol ve otomasyonunu sağlamışlardır.

Düşük maliyetli elektronik bilgisayarların üretim sürecine katılması 20. yüzyılın en büyük teknolojik gelişimidir. Aslında İkinci Dünya Savaşı öncesi ve sırasında eski tip mekanik ve elektro-mekanik hesap makineleri ve diğer araçlar modern bilgisayarların bazı işlevlerini yerine getirebilse de potansiyel uygulamaların kapsamını ve maliyetini tamamen değiştirenler ve kimi iş kollarını ortadan kaldırıp yeni iş alanları yaratanlar hep elektronik bilgisayarlar olmuştur (Freeman ve Soote, 2004). Bu anlamda bilgisayar (computer) kelimesinin esasen bir mesleği ifade ettiğini ve bu mesleğin günümüzde olmadığını bilmek elektronik bilgisayarların ekonomiye etkilerinin daha net anlaşılmasını sağlayacaktır. Türkçeye, İngilizcede hesaplayıcı anlamına gelen *computer* kelimesinden geçen bilgisayar, yüzyıllardır hesaplama işini yapanlar için kullanılmaktaydı. Ancak zamanla bu işi çok daha hızlı ve hatasız yapan makinelerin ortaya çıkmasıyla bu meslek yok olmuştur. Hesaplayıcıların işleri bilgisayar tarafından ikame edilmiş olsa bile bilgisayarın ilk formlarıyla birlikte yeni iş sahaları, yeni meslekler doğmaya başlamıştır. Bilgisayarlar; veri işleme teçhizatı üretimi, bellek diskleri, soğutma tesisleri, görüntü sistemleri üretimi gibi birçok yeni şirketin ve bu şirketlerde farklı görevlerde konumlanan mesleklerin doğmasına yol açmıştır (Brynjolfsson & McAfee, 2016).

### 2.3.3 Endüstriyel Robotlar

Bilgisayarların yanı sıra 1960'lı yıllarda üretim sürecine katılan bir diğer önemli unsur endüstriyel robotlardır. Endüstriyel robot en basit tanımıyla, üç veya daha fazla eksenle hareket edebilen, programlanabilir ve otomatikleştirilmiş sistemlerdir. Bir robotun endüstriyel robot olarak isimlendirilebilmesi için makinenin fiziksel olarak yeniden inşa edilmeden yeniden programlanabilir olması gerekmektedir. Ayrıca bağımsız ve otomatik olarak çalışabilmesi için de belli bir düzeyde belleğe ve mantığa sahip olmalıdır (Craig, 1989).



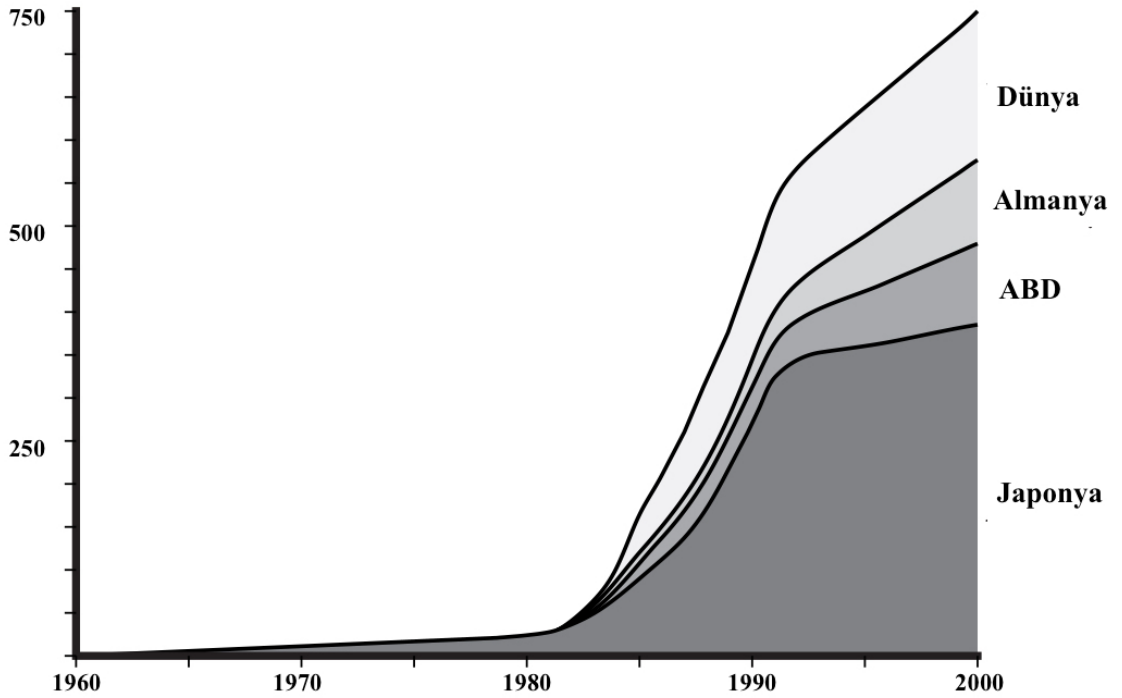
**Şekil 7. General Motors'un otomobil üretim tesisi (1969)**

**Kaynak:** RIA, (2017)

George C. Devol tarafından icat edilen, Unimate isimli ilk endüstriyel robotun prototipi 1961 yılında tanıtılmış, 1969 yılında ise bir ABD şirketi olan General Motors'un (GM) montaj hattında kurulmuştur. Yukarıdaki şekil GM'nin 1969 yılındaki montaj hattını göstermektedir. Bu robotlar sayesinde GM, verimliliği en yüksek otomobil üreticisi konumuna gelmiş ve diğer fabrikaların 2 katından fazla üretim kapasitesine erişmiştir. Devol ve Engelberger 1961 yılında kurdukları Unimation adlı şirketi yalnızca ABD topraklarında tutmak istememiştir. Engelberger endüstriyel robotlar ile ilgilenen

Tokyo'daki 400 Japon yetkili ile konuşmaya davet edildikten sonra 1969 yılında Asya pazarına yönelik Unimate robotları üretmek ve pazarlamak için Kawasaki Heavy Industries (şimdi Kawasaki Robotics) ile bir lisans anlaşması imzalamıştır (RIA, 2017). Ancak Unimation 1975 yılına kadar kâr elde edememiştir (Smil, 2006:187).

Elektrikte öncül çalışmaların Avrupa'da, ticari başarının ABD'de sağlanması gibi üçüncü sanayi devriminde robot teknolojisi ilk olarak ABD'de gelişmiş ancak ticari başarı Japon şirketler tarafından sağlanmıştır. Kawasaki Robotics'in lisanslı Unimation makineleri üretmeye başlamasından sonra Japonya'nın ilerlemesi çok hızlıdır. Japonya'nın 1980'de 47.000 robotu varken Almanya'da 6.000'den, ABD'de ise 3.200'den az robot bulunmaktaydı. 2000'li yıllara gelindiğinde Japonya'nın 389.400 endüstriyel robotu, ABD ve Avrupa Birliği'nin toplamından bile fazladır (Smil, 2006). Japonya'nın başarısının yanı sıra 2000'li yıllarla birlikte endüstriyel robot üretiminde Güney Kore de ön plana çıkmaya başlamıştır.



**Şekil 8. 1960-2000 yılları arası kullanımdaki endüstriyel robot sayısı**  
Kaynak: Smil, (2006:188)

### 2.3.4 İnternet

Bilgisayarların 1940'lardan itibaren gelişmesiyle birlikte bu cihazlar arasında iletişimin ve veri transferinin nasıl olması gerektiği gündeme gelmiştir. Bilgisayarların gelişimi gibi internetin gelişimi de ilk önce askeri amaçlarla gerçekleşmiştir. Bu amaç çerçevesinde üç grubun iş birliği ön plana çıkmaktadır. Bunlar; ordu, özel sektör ve akademidir. İnternet ABD Savunma Bakanlığının 1969 yılında çeşitli bilgisayar bilimleri ve askeri araştırma projelerini desteklemek amacıyla ARPANET adında paket anahtarlama<sup>26</sup> ağı oluşturmasıyla gelişimine başlamıştır (Isaacson, 2017). İlerleyen yıllarda bu ağ ABD'deki üniversite ve araştırma kuruluşları ve daha sonra ise dünyadan farklı üniversitelerin değişik tipteki bilgisayarlarını içererek büyümüştür.

**Tablo 12. İnternet teknolojisinin gelişimindeki başlıca olaylar**

Yıl	Önemli gelişmeler
1969	İnternetin öncülü olan ARPANET kuruldu.
1970	ABD'de Stanford Üniversitesi, California Üniversitesi ve Bolt, Beranek and Newman (BBN) Şirketi arasında ARPANET bağlantısı kuruldu.
1972	BBN'den Ray Tomlinson tarafından e-mail protokolleri oluşturuldu. Simge olarak @ seçildi.
1973	ARPANet uluslararası bağlantısı yapıldı.
1974	Stanford Üniversitesinden Vinton Cerf, Yogen Dalal ve Carl Sunshine tarafından TCP/IP protokolüne dayalı İnternet geliştirildi.
1976	Apple Bilgisayar kuruldu.
1979	CompuServe, kişisel bilgisayar kullanıcılarına e-posta ve teknik destek sunan ilk çevrimiçi hizmet sağlayıcısı oldu.
1989	ARPANET sona eriyor. Tim Berners-Lee, günümüzün modern İnternet'i, World Wide Web'i (www) yaratıyor.
1990'lar	2G mobil ağ yaygınlaşıyor.
1993	İlk web tarayıcısı olan Mozaic geliştirildi.
1994	Elektronik ticaret sitesi Amazon kuruldu.
1997	Geniş bant İnternet tanıtıldı.
1998	Arama motoru Google kuruldu.
2000'ler	3G mobil ağ yaygınlaşıyor.
2004	Sosyal medya uygulamaları doğmaya başlıyor. Facebook kuruldu.
2005	Youtube kuruldu.

<sup>26</sup> Bir ağ üzerinden veri göndermenin birçok yolu vardır. Bunlardan en basiti, eski telefon sistemlerindeki *devre anahtarlama* veya telgraf sistemlerindeki *mesaj anahtarlama* yöntemleridir. Bu ikisinin dışında internetin temelini oluşturan yöntem ise *paket anahtarlama*dır. Bu yöntemde gönderilecek veriler, tamamen aynı büyüklükte paketlere ayrılır ve her bir paketin içerisinde gönderici, alıcı vb. birkaç bilgi eklenir. Bu paketler A noktasından B noktasına hangi bağlantı noktaları müsaitse onları kullanarak gidebilirler. Tüm paketler varış noktasına vardıklarında başta verilen talimatlara uygun olarak birleştirilirler. Bu yöntemin amacı verilerin transferini, kısacası iletişimi güvence altına almaktır. İşte ordunun interneti geliştirmesindeki asıl neden de budur. Bir saldırı anında iletişimi kesintisiz olarak sürdürebilmek.

**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Üçüncü sanayi devriminin teknolojileri ABD kökenli olmalarına karşın, endüstriyel robotların ve bilgisayar mikro işlemcilerinin üretiminde 1970-80'li yıllarda Japonya önemli bir gelişme göstermiştir. Ancak internetin gelişmesinde ve dünyaya yayılmasında ABD kilit ülke konumundadır.

Burada şu husus vurgulanmalıdır. Çalışma boyunca birçok mucit ve bilim adamının ismi teknolojik gelişmeleri sağlamalarından dolayı ifade edildi. Ancak zikredilen isimler yalnızca buz dağının görünen kısmıdır. William Shockley, Walter Brattain ve John Bardeen transistörün geliştirilmesinde önemlidirler ancak onlar kadar önemli olan bir de Bell Laboratuvarları vardır. Binlerce çalışanıyla Bell Laboratuvarlarında lazer teknolojisinden kablosuz iletişim sistemlerine; gizli kodları kıran şifre çözücü makinelerden transistörün gelişmesine zemin hazırlayan katı hal fiziği araştırmalarına kadar binlerce proje yapılmıştır (Bernstein, 2011). Bu laboratuvar yalnızca birkaç dâhinin yaratıcı fikirler üretmesini değil binlerce bilim adamı, mucit veya mühendisin fikirlerinin bir araya gelmesini, ortaklaşa projelerin yapılmasını, henüz piyasa değeri oluşmamış, bir ürüne dönüşmemiş bilimsel deneylerin ve çeşitli teknolojilerin geliştirilmesini sağlayan bir merkezdir. İşte bu ve bunun gibi merkezler teknolojik gelişmeyi sağlayan isimler kadar önemli birer unsurdurlar.

Teknolojik gelişmeleri sağlayan bu isimlerin bir de eğitim aldıkları kurumları vardır. Walter Brattain'ın fizikçi, John Bardeen'in kuantum teorisyeni ve William Shockley'in katı hal fiziği uzmanı olabilmesi eğitim gördükleri üniversiteler, aldıkları bilimsel eğitim sayesinde. Bilimsel eğitim veren bu kurumlar, kişi isimleri ve çalışma alanları kadar önemli bir diğer unsurdur. Bunların yanı sıra, bu isimlerin çalışmalarını yapabilmeleri için finansal olarak destekleyecek kurumlar ve mekanizmalar bulunmaktadır. Bu kimi zaman devlet kimi zaman özel firmalar olur. Ancak bilimsel araştırma yapacak olanlara verilen bu destekler ve bu desteği veren kurumlar bu isimler kadar önemli bir başka unsurdur.



Teknolojik gelişme tarihsel süreç içerisinde açıklanırken ister istemez kişi isimleri fazla olmaktadır. Ancak bu isimler kadar hatta daha fazla önemli olanın bu isimlerin çevresini ve geçmişini kapsayan kurumlar ve bu kurumların oluşturduğu UYS olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca bu kurumlar yalnızca binalar ya da tüzel kişiliği olan yapılar olarak düşünülmemelidir. İlkokuldan üniversiteye tüm eğitim birimleri bu sistemin bir parçası olduğu gibi bilimsel amaçlı toplantılar, okunan bilimsel kitaplar, okullarda ve hatta evlerde bulundurulmuş kitaplar bile bu sistemin bir parçasıdır. Üçüncü sanayi devriminde önemli kazanımlar elde eden Güney Kore’de okulunda 5000’den fazla kitabı olan öğrenci oranı %92 iken, Türkiye’de bu oran yalnızca %1’dir. Dünya ortalaması ise %32 seviyelerindedir (Şirin, 2015). Bilginin saklanması ve aktarılması süreçlerinde en iyi yöntem kitaplar iken kitaplara erişimin çok az olduğu ülkelerde teknolojik gelişmeden söz edilemeyecektir.

**Tablo 13. Ardışık Sanayi Devrimlerinin Temel Özellikleri Hakkında Özet**

<b>Devrim</b>	<b>Zaman</b>	<b>Bölge</b>	<b>Genel Amaçlı Teknolojiler</b>	<b>Temel Sanayiler</b>	<b>Organizasyon Yenilikleri</b>	<b>Firmaların örgütlenme yapıları, iş birliği ve rekabet biçimleri</b>
Birinci Sanayi Devrimi	1750'lerden 1850'lere	İngiltere Batı Avrupa*	Buharlı Makine Demir Demir Yolları	İplik ve Dokuma Demir Sanayi	Öncü sanayilerde makineleşme ve fabrika tipi örgütlenme	Bireysel girişimciler ve küçük firmaların rekabeti. Teknik mucitlerle finans yöneticilerinin ortaklıkları. Yerel sermaye ve bireysel servet girişimleri dayanağı oluyor.
İkinci Sanayi Devrimi	1860-70'lerden 1920'lere	ABD İngiltere Almanya	Çelik Elektrik Demir Yolları Kara Yolları	Otomobil Sanayi Uçaklar Sanayi Telekomünikasyon Radyo Petrol Plastik Maddeler	Standardizasyon sayesinde Kitlesele üretim başlıyor.	Dev şirketler, karteller, tröstler ve şirket birleşmeleri ortaya çıkıyor. Monopol ve Oligopol tipik piyasalar. Bankacılığın ve finans kapitalin büyük şirketlerde yoğunlaşması. Uzmanlaşmış orta düzey yöneticilerin ortaya çıkması.
Üçüncü Sanayi Devrimi	1950-60'lardan 2010'lara	ABD Japonya Almanya İngiltere Kore Çin	Elektronik Endüstriyel Robotlar Bilgisayarlar Mikroişlemciler İnternet	Bilgisayar Sanayi Elektronik Sanayi E-Ticaret	Yalın Üretim. Kitlesele üretimin getirdiği tek tip ürün kısmen esnek üretim sistemleri ile aşılmaktadır.	Teknoloji, kalite kontrolü, eğitim, yatırım ve üretim planlaması gibi konularda yakın iş birliği yapan, bilgisayar ağlarına dayalı büyük ve küçük firma ağları.

**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

\*1800'lerden sonraları

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE DÜNYA

#### 3.1 DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ

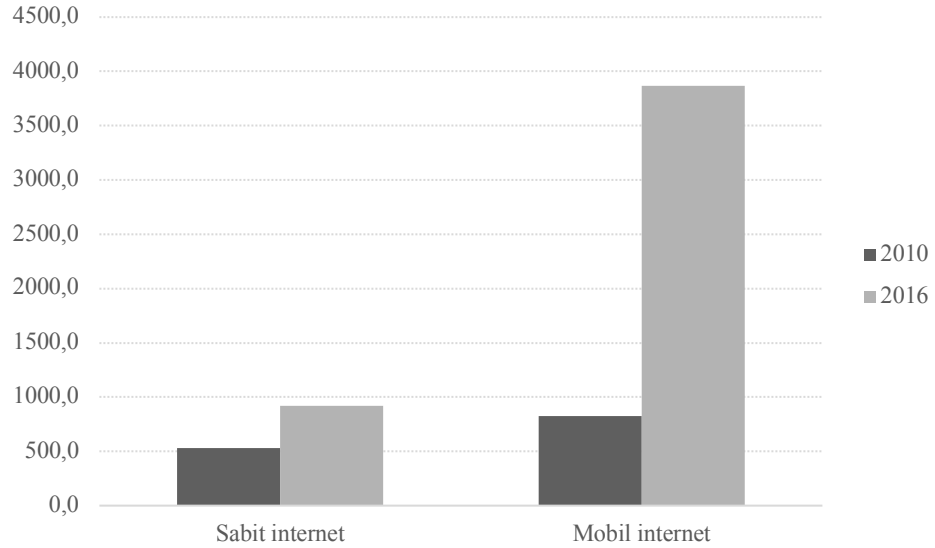
Birinci sanayi devrimi yaklaşık olarak 1760'lardan 1850'lere kadar süren ve enerji dönüşümü ekseninde mekanik üretime geçişi ifade eden bir süreçti. Bu devrim ile birlikte üretim, atölyelerden fabrika olarak isimlendirilen büyük tesislere kaymıştı. İkinci sanayi devrimi 19. yüzyıl sonları ile 20. yüzyılın başlarında hammaddesini çeliğin oluşturduğu, gücünü elektrik enerjisinden alan, montaj hattı ve standardizasyonla seri üretimin başladığı dönemi ifade etmekteydi. Üçüncü sanayi devrimi ise 1960'larda, üretimde ilk defa bilgisayarların ve programlanabilir robotların kullanılmaya başlamasıyla meydana gelmişti. Üçüncü sanayi devrimi ile birlikte üretim zincirlerinin alt birimleri kendi içinde optimize olmaya başlamışlardı.

Donanım, yazılım ve ağları merkezinde bulunduran bilgisayar teknolojileri yeni değiller, ancak bunlar, üçüncü sanayi devriminden ayrışarak daha gelişkin ve bütünleşik hale gelmekte ve akabinde ekonomileri dönüşüme uğratmaktadır. Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee bu yeni dönemi “ikinci makine çağı” olarak isimlendiriyorlar. Ayrıca dünyanın bir dönüm noktasında olduğunu, dijital teknolojilerin otomasyon sayesinde tüm kuvvetleriyle kendisini ortaya koyacağını ve benzeri görülmedik gelişmelere yol açacağını ileri sürmektedirler (Brynjolfsson & McAfee, 2016).

Almanya yaşanan bu değişimi “Endüstri 4.0” başlığı altında tartışmaktadır. İlk kez 2011 Hannover Fuarında gündeme gelen bu terim, devrimin üretim zincirlerinin örgütlenişini nasıl dönüştüreceğini tasvir etmek için kullanılmaktadır. Almanya'nın bu sanayi stratejisi ‘akıllı fabrikaları’ mümkün kılarak sanal ve fiziksel imalat sistemlerinin küresel ölçekte

birbirleriyle esnek bir şekilde iş birliği yaptığı bir dünya yaratmaktır. Böylece ürünlerin tamamen müşteriye özel hale getirilmesi ve yeni operasyon modellerinin yaratılması mümkün olabilecektir (Eğilmez, 2017; Schwab, 2016). Almanya'ya benzer şekilde İspanya “Gelişmiş Fabrikalar”, İtalya “Akıllı Fabrikalar”, Fransa ise “Geleceğin Sanayisi” isimleri altında ulusal girişimler başlatmış durumdadırlar (TÜBİTAK, 2016). Ancak günümüzdeki değişim tam olarak hangi terimle tanımlanırsa tanımlansın, teknoloji ve üretim sürecinin attığı bu yeni adımın altyapısı özünde aynıdır.

Dördüncü devrimin genel amaçlı teknolojileri öncekilerden çok daha hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Birinci sanayi devriminin simgelerinden iplik makinelerinin Avrupa dışına çıkması 120 yıl sürmüştü. Bugün hâlâ 1,2 milyar insanın (dünya nüfusunun %16'sının) elektriğe erişimi bulunmamaktadır. Buna karşılık internet 20 yıldan kısa bir sürede tüm kıtalara yayılmış durumdadır. Benzer bir yayılma hızı mobil teknolojilerde söz konusudur. Aşağıdaki şekilde hem sabit hem de mobil internet aboneliğinde 2010 yılından itibaren yaşanan değişim gösterilmiştir.



**Şekil 9. Dünya çapında sabit ve mobil geniş bant internet penetrasyonu, 2010-2016 (Milyon)**

**Kaynak:** OECD, (2017)

“Geleceğin Endüstrileri” kitabının yazarı Alec Ross mobil telefonların yayılma hızını şu şekilde ifade etmektedir (Ross, 2016):

*“...Bu gecekondulu mahallinde, plastik muşambalardan, oluklu saçlardan ve barınaklarını yerinde tutabilmesi için ağır taşlardan yapılmış barakalarda 72.000 mülteci yaşıyordu. Çocuklar siyah-gri volkanik kayalar üzerinde yalınayak yürüyordu. Buna rağmen, Mugunga'yı ziyaret ettiğimde cep telefonları çok yaygındı. Kongo'daki cep telefonu kullanım oranı yüzde 44'tür. Mugunga'da, cep telefonları ekonominin az sayıda işleyen kısımlarından biriydi. Telefonlar sadece arama yapmak için kullanılmazlardı. Mülteciler banka hesapları olmasa bile telefonları para göndermek ve almak için kullanırlardı. Ben oradayken kamp sakinlerinin %14'ünde bir telefon vardı ve her bir telefonun ortalama üç kullanıcısı bulunmaktaydı yani gerçek oran %42 idi. Sağlık ve yaşam koşulları berbat, ancak insanların cep telefonlarına erişimi vardı. Kendim görmeseydim buna inanmazdım.”*

Ross'un ifade ettiği gibi, dünya, inanılmayacak bir değişim dalgası içerisinde. Bu değişimi sağlayan teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin oluşturduğu bütünleşik yapı dördüncü sanayi devrimi ismi altında çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Bu devrim dijitalleşmenin ve bilgi teknolojilerinin tüm sektörler ve tüm üretim zincirlerine hızla nüfuz etmesiyle meydana gelen siber fiziksel sistemler üzerinden yükselmektedir. Bu yönden ve en basit ifadeyle dördüncü sanayi devrimi üretim zincirlerinin alt birimlerinin kendi içlerinde otomasyonun ötesinde tüm zincirlerin birbirleri ile gerçek zamanlı ve sürekli iletişim halinde olması ve dışarıdan gelen anlık veriler yardımıyla, neredeyse insan müdahalesi olmadan kendilerini yapılandırmalarını ve optimize etmelerini sağlayan üretim biçimini ifade etmektedir. Ancak bu tanımlamadan dördüncü sanayi devriminin yalnızca akıllı ve bağlantılı makine ve sistemlerle ilgili olduğu düşünülmemelidir. Dördüncü sanayi devrimi biyoteknolojiden nanoteknolojiye, yenilenebilir kaynaklardan kuantum bilgisayara kadar aynı anda meydana gelen ve kapsamı oldukça geniş yeni atılım dalgalarını içinde barındırmaktadır. Fiziksel, dijital ve biyolojik alanlardaki bu gelişmeler uzun yıllardır bilim kurgu senaryolarında görülen birçok teknolojiyi günümüzde gerçeğe dönüşmektedir. Felçlilerin, biyonik uzuvları sadece düşünce gücüyle hareket ettirmesi<sup>27</sup> ya da evlerdeki elektronik aletleri zihin

---

<sup>27</sup> DARPA'nın finansman sağladığı ve John Hopkins Üniversitesi tarafından geliştirilen yapay kol projesinde Johnny Matheny'e takılan kol kişinin düşünceleri ile hareket edebilmektedir. [https://youtu.be/sk1NkWI\\_W2Y](https://youtu.be/sk1NkWI_W2Y)  
Elektroensefalografi (EEG) ya da Beyin Çizgesi Yöntemini kullanan kasketlerin ticari bir ürüne dönüştürülme çabaları Emotiv, Neurosky gibi şirketlerce başlamıştır.

okuyucu bir başlık sayesinde kontrol edebilmek artık mümkündür. Hatta bu teknolojiler lise öğrencileri tarafından bile geliştirilebilir bir konuma gelmiştir<sup>28</sup> (Salvekar, Nair, Bright, & Bhisikar, 2015).

Şüphesiz bu yeni teknolojilerin ekonomik alanda olduğu kadar sosyal ve kültürel alanlarda önemli ve birbirinden ayırmanın bir o kadar zor etkileri olacaktır. Ancak tüm bu etkilerin incelenmesi bir çalışmanın sınırlarını fazlasıyla aşmaktadır. Bu çalışmada dördüncü sanayi devriminin tanımlamasından hareketle teknolojik gelişmelerin yalnızca teknolojik etkileri üzerine odaklanılmıştır. Tanımda kullanılan *dışarıdan gelen anlık veriler* kısmı nesnelerin interneti ve büyük veri başlığı altında değerlendirilmiştir. Tanımın ikinci kısmı olan *kendilerini yapılandırmaları ve optimize etmeleri* ise Yapay Zekâ, ileri robotik ve 3D yazıcı başlıkları altında değerlendirilmiştir. Bu ana başlıkların yanı sıra, şu anda bile uygulama alanı bulan ancak yakın gelecekte çok daha önemli etkileri doğacak olan blok zinciri (blockchain) teknolojisinin açıklaması da yapılmıştır.

### 3.1.1 Teknolojik Yenilikler

Dördüncü sanayi devriminin kalbinde siber fiziksel sistemler yatmaktadır. Siber fiziksel sistemler, fiziksel dünya ile siber (sanal ya da dijital) dünyasının bağlantılı ve iç içe geçtiği durumu ifade etmektedir. Farklı bileşenlerden oluşan siber fiziksel sistemler gerçek dünya ile etkileşimde bulunmak için genellikle gömülü yazılım<sup>29</sup>, iletişim teknolojileri, sensörler ve aktüatörler<sup>30</sup> içermektedir. Kısacası dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan nesnelerin interneti, büyük veri ve yapay zekâ gibi teknolojilerin işlerlik kazandığı ve bu teknolojilerin tümleşik bir yapısını ifade eder. En basit ifadesiyle, tüm nesnelerin internete bağlanabilmesi veya nesnelere arası iletişim ağı nesnelerin internet kavramını, bu nesnelere sensörler aracılığıyla toplanan veriler büyük veriyi ve bu veriyi anlık olarak

---

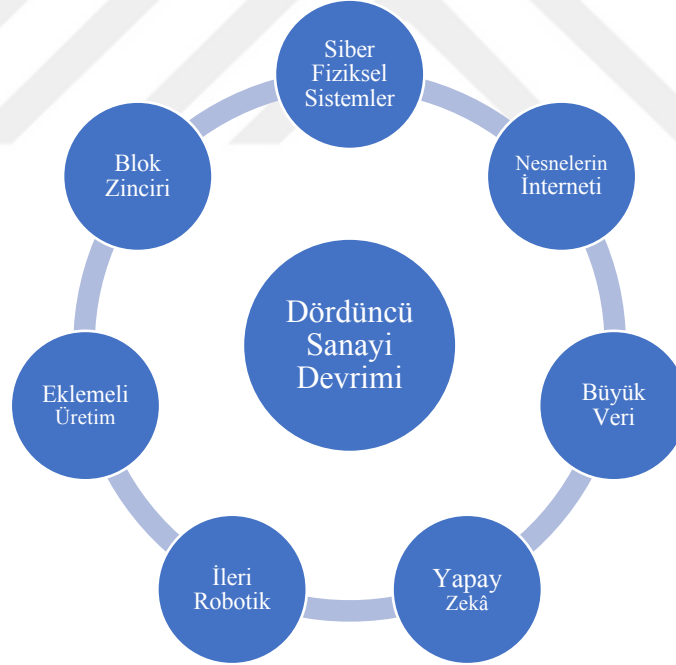
<sup>28</sup> 2017 yılında Çin'de düzenlenen uluslararası robot yarışmasına (Robot Challenge 2017) katılan Türk öğrenciler engelliler için hazırladıkları "Düşünce Gücüyle Nesnelerin Kontrolü" projesi birinci, "Düşünce Gücüyle Araçların Kontrolü" projesi ikinci, "Uzaktaki El" projesi de dördüncü olmuştur. <http://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-40860750>

<sup>29</sup> Bilgisayar sayılmayan cihazlar için yazılmış yazılımlardır.

<sup>30</sup> Bir mekanizmayı veya sistemi kontrol eden veya hareket ettiren bir tür motordur.

işleyen ve anlamlandıran algoritmalara da (makinelere öğrenmesi gibi) yapay zekâ denilmektedir. İşte tüm bu bileşenlerin gerçek dünyada fiziksel süreçlerle etkileşime girmesi, fiziksel bir uyarı karşısında uyarının dijital ortamda değerlendirilip yeni bir fiziksel süreç başlatılması durumu siber fiziksel sistemleri oluşturmaktadır.

Dördüncü sanayi devrimi, siparişten üretime, pazarlamadan ürünlerin teslim edilmesine kadar her türlü aşamanın programlanabilir makineler aracılığıyla yapılabildiği ve tüm bu süreçlerin birbirleriyle iletişim ve koordinasyon hâlinde oldukları süreci ifade etmektedir. Koordinasyonu nesnelerin interneti sağlamaktadır. Bu yönüyle dördüncü sanayi devrimi ekonomiyi oluşturan hemen hemen tüm birimlerin koordinasyonunu ifade ettiği için çeşitli sektörler üzerinden yükselen öncül devrimlerden ayrılmaktadır. Bu devrimde yalnızca birkaç sektör değil tüm ülke ekonomisi dönüşüme katılmaktadır.



**Şekil 10. Dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan teknolojiler**

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

### 3.1.2 Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri

Bilgisayarlarla internetin (ARPANET) buluşması 1970'li yıllarda başlamış, devam eden yıllarda BBN gibi şirketlerle ağ büyümüştü. 1990'lı yıllarda ise *World Wide Web* (www)'in geliştirilmesi ile internet bireysel kullanıcılar ile buluşmaya başlamıştı. Ancak bu yıllarda çok pahalı olan internet, 2000'li yıllara kadar gerçek anlamda yayılamamıştır. World Wide Web'in ticarileştiği yıl olan 1995'te dünya nüfusunun yalnızca %0,4'ünün internete erişimi vardı. Bu durum DSL bağlantısının yaygınlaşmasıyla tamamen değişmiş ve sadece 20 yıl sonra nüfusun yaklaşık %46,4'ü internete erişebilir duruma gelmiştir (Internet World Stats, 2017). Ancak 2010'lara kadar internete bağlanabilir olan cihazlar çoğunlukla bilgisayarlardı. Aslında bu yıllarda söz konusu olan durum *bilgisayarların internetiydi*.

Dördüncü sanayi devriminin önemli bir bileşenini oluşturan ve ilk defa 1999 yılında Kevin Ashton tarafından isimlendirilen nesnelerin interneti ise en basit tanımıyla fiziksel nesnelerin birbirleriyle veya daha büyük sistemlerle bağlantılı olduğu bir iletişim ağıdır (Greengard, 2017). Günlük hayatta kullanılan kişisel bilgisayarlar ve akıllı telefonların yanı sıra giysilerin, evlerin, beyaz eşyaların, ulaşım araçlarının, kargo paketlerinin vb. aklınıza gelebilecek her türlü nesnenin çeşitli sensörler, işlemciler ve iletişim araçlarıyla donatılması ve internet aracılığıyla bağlantılı olacağı yönündeki vizyonu tanımlamaktadır (Ege, 2014). Ayrıca bu vizyona tüketici tarafındaki nesnelerin yanı sıra tedarik sürecinde kullanılan tüm makineler ve araçların bağlantılı olması durumu eklenmektedir ve endüstriyel nesnelerin interneti olarak adlandırılmaktadır (Industrial Internet of Things).

İnternet ağının büyüme hızı SIM kart aracılığı ile bağlantı sağlayan cihazlar üzerinden incelenebilir. GSM Birliği (GSMA) verilerine göre 2012-2017 ikinci çeyreği itibarıyla SIM kart abonelikleri OECD ülkelerinde %131, G20 ülkelerinde ise %272 oranında artış göstermiştir. Ayrıca bu oranlar yalnızca SIM kart üzerinden iletişim kuran cihazları göstermektedir. Wi-Fi üzerinden ya da RFID gibi teknolojiler aracılığıyla bağlantı kuran cihazlar bu oranlara dahil bile değildir.



Tanımdan ve kullanılan teknolojilerden anlaşılacağı üzere nesnelerin internetinin merkezinde mobil teknolojiler ve sensörler yer almaktadır. Kavramın 1999 yılında geliştirilmesine ve mobil teknolojilerin 20-25 yıldır olmasına karşın içeriğinin doldurulması 2010'lu yılları bulmuştur. Apple 2007'de iPhone'u çıkarana kadar hiçbir cihaz bu kadar üstün işlevsellik ve fazla özelliği tek bir cihazda sunamamıştır (Greengard, 2017:43). iPhone'la birlikte akıllı telefonlar, hem mobil ağ hem de kablosuz ağ üzerinden internete bağlanmayı mümkün kılan çiplerle donatılmıştır. Günümüzde standart bir telefonda ivmeölçer, jiroskop, yakınlık sensörü, barometre, pusula, kalp ritim ölçer, parmak izi tarayıcı, retina tarayıcı, ışık sensörü gibi birçok sensör bulunmaktadır.

Nesnelerin interneti uygulamaları, sensörlerin tek tek erişilebilir olmasının dışında, pek çok sensör verisinin birleştirilerek değer üretilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Fiziksel ortamlardan gelen büyük miktardaki veri, yapılan değerlendirmelerin ardından bilgi olarak ilgili kişilere iletilmesi ya da verinin sistemler yardımıyla işlenerek bir faaliyet icra edilmesi sağlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında nesnelerin internetinin büyük veri kavramı ve uygulamaları ile iç içe olduğu görülmektedir.

Büyük veri alışılmış kapsayıcılara sığmayan veriler için kullanılan geniş kapsamlı bir terimdir. Bu terim tek bir sunucuya sığmayacak ölçüde büyük, satır-sütun yapılı veri tabanlarına uyabilecek ölçüde yapılandırılmamış veya statik bir veri ambarına sığmayacak şekilde sürekli akan veriler için kullanılmaktadır. İsimlendirmeden anlaşılacağı gibi tüm ilgi verinin boyutuna yöneltilse de büyük verinin en zorlayıcı yanı aslında yapılandırılmış bir formdan yoksun oluşudur (Davenport, 2016).

**Tablo 14. Büyük Veri ve Geleneksel Analitik**

	Büyük Veri	Geleneksel Analitik
Veri tipi	Yapılandırılmamış format	Satır-sütun şeklinde yapılandırılmış format
Veri hacmi	100 terabayt'tan 1 petabayt'a kadar	100 terabayt'tan daha az
Veri akışı	Sürekli veri akışı	Statik veri havuzu
Analiz yöntemi	Makine öğrenimi	Hipoteze dayalı
Birincil amaç	Veriye dayalı ürünler	İç karar desteği ve hizmetleri

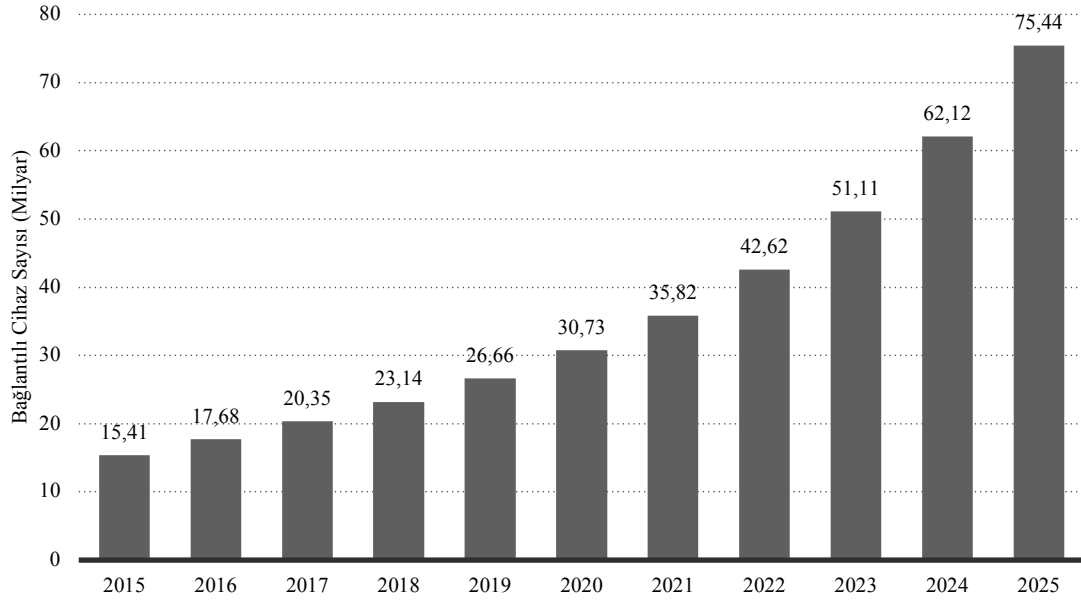
**Kaynak:** Davenport, (2016)

Bu çerçevede söz konusu veri yığınının ve sürecini ifade etmek için kullanılan “Büyük Veri” kavramı aslında üç temel unsurdan oluşmaktadır ve Gartner (2015) bu unsurları 3V olarak kısaltmaktadır.

- Hacim (volume): Verinin toplam büyüklüğü
- Hız (velocity): Zamana bağlı olarak üretilen veri miktarı ve verinin yayılma hızı
- Çeşitlilik (variety): Birçok farklı kaynaktan farklı türlerde verilerin toplanması

Günümüzde nesnelerin interneti bir hayali ya da vizyonu değil gerçeği tanımlamaktadır. Artık yalnızca bilgisayar ya da akıllı telefonlar internete bağlı değil. İnternete bağlanabilen cihazların listesinde parkmetreler, termostatlar, sağlık görüntüleme cihazları, fitness aletleri, trafik kameraları ve lambaları, arabalar, buzdolapları, televizyonlar, çamaşır makineleri, kol saatleri, süper market rafları, hatta kapı kilitleri, çiftlik hayvanları<sup>31</sup> ve ağaçlar bile bulunuyor. Listeyi daha da uzatmak mümkün. Ancak bu kısa liste bile elde edilen verilerin çeşitliliği ve büyüklüğünü açıkça göstermektedir. Statista verilerine göre günümüzde 20 milyar nesne internete bağlı durumda ve bu sayının 2020’de 30 milyar, 2025’de ise 75 milyar olacağı tahmin ediliyor (Şekil 11). Aynı zamanda 2025 yılında bu nesnelerin üzerinde toplamda 1 trilyon sensör bulunacağı tahmin edilmektedir (Johnson, 2015).

<sup>31</sup> Çin’de 1 milyonun üzerinde çiftlik hayvanı internete bağlanmış durumdadır. İnternete bağlı olan bu hayvanların sağlık durumlarına ait veriler, günlük adım sayıları veya kızgınlık dönemleri vb. birçok farklı bilgi mobil cihazlar aracılığıyla takip edilebilmektedir (Davies, 2017).



**Şekil 11. 2015'ten 2025'e kadar Nesnelerin İnternetine dahil olması beklenen cihaz sayısı**

**Kaynak:** Statista, (2017)

### 3.1.3 Yapay Zekâ (YZ)

Nesnelerin internetinde görüldüğü gibi evdeki eşyaların, şehir merkezlerindeki yapıların, fabrikalardaki makinelerin internete erişebilir konuma gelmesi insanların işleyebileceğinden ve anlamlandırabileceğinden çok daha fazla ve sürekli akış halinde olan veriler üretmektedir. İşte bu noktada yapay zekâya, nesnelerin internetinden gelen verileri izlemek, analiz etmek ve bu verilerden anlamlı uygulamalar çıkarmak gibi önemli bir görev düşmektedir. Devam eden kısımda ilk olarak YZ'nin ne olduğu, gelişim süreci, mevcut durumu, nesnelerin internetiyle olan ilişkisi açıklanmış, ardından ekonomik etkileri tartışılmıştır.

YZ'nin bilgisayar bilimcileri tarafından tam olarak kabul görmüş bir tanımı bulunmamaktadır. Bazıları YZ'yı basitçe *zekâ gerektiren davranışlar sergileyen bilgisayarlı bir sistem* olarak tanımlarken Nilsson (2010), Winston (1992) ve Charniak ve McDermott (1985); diğerleri Kurzweil (2016), Bellman (1978) ise *karmaşık problemleri rasyonel olarak çözebilen ya da gerçek dünya koşullarında karşılaştığı her ne olursa olsun hedeflerine ulaşmak için uygun önlemleri alabilen bir sistem* olarak

tanımlamaktadır Bilgisayar bilimlerinde popüler bir ders kitabı ise YZ için şu taksonomiye kullanmıştır (Russell & Norvig, 2009):

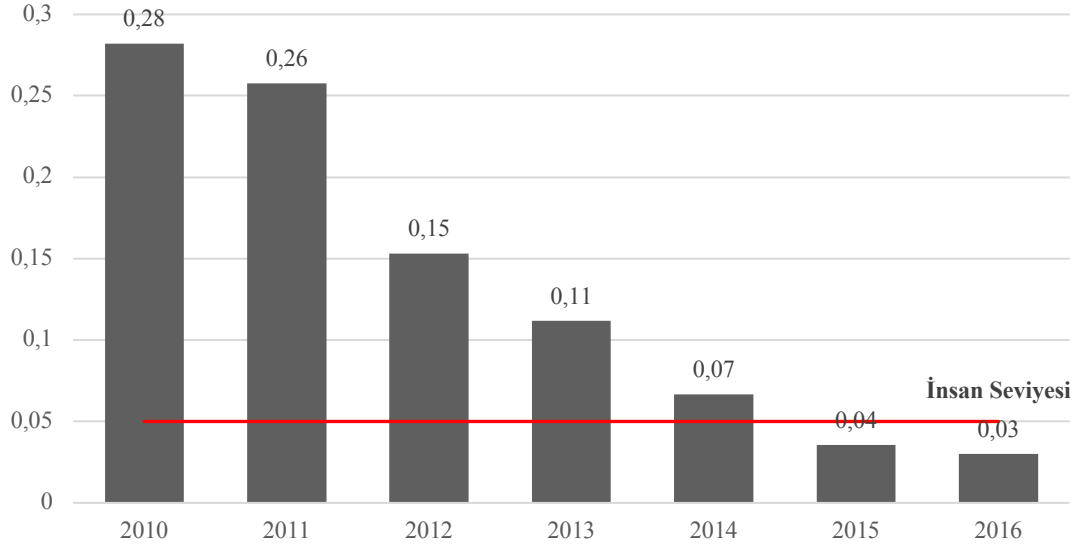
1. İnsanlar gibi düşünen sistemler (örneğin; bilişsel mimariler ve sinirsel ağlar);
2. İnsanlar gibi davranan sistemler (örneğin; doğal dil işleme yoluyla Turing testini geçmek, bilgi sunumu, otomatik akıl yürütme ve öğrenme),
3. Rasyonel düşünen sistemler (örneğin; mantıksal çözücüler, çıkarım ve optimizasyon)
4. Rasyonel davranan sistemler (örneğin; algılama, planlama, mantık oluşturma, öğrenme, iletişim kurma, karar verme ve oyunculuk yoluyla hedeflere ulaşan akıllı yazılımlar ve somutlaşmış robotlar).

Tanımı her ne olursa olsun YZ topluma karşılaştığı zorlukların büyük bir kısmında yardımcı olma potansiyeline sahiptir. YZ ile donatılmış taşıtlar yaşlıların ve özürülülerin hareket yeteneğini artırabileceği gibi her yıl dünya çapında yüz binlerce insanın hayatta kalmasını sağlayabilir. YZ ile desteklenen tıp, yaşam süresini ve kalitesini artırabilir. Hükümetler vatandaşlara daha hızlı hizmet edebilir ve harcamalarını daha etkin bir biçimde yönetebilir. YZ ile geliştirilmiş eğitim her bir bireyin daha iyi bir yaşam kapısı açacak eğitim almasına yardımcı olabilir. Bu sayılanların hepsi YZ'nin potansiyel faydalardan yalnızca birkaçıdır.

Bilgisayarları insan benzeri bir zekâ ile donatmak elektronik bilgisayarların başlangıcından bu yana bilgisayar bilimcilerinin büyük bir hayalidir. Bu hayalin ifadesi olan Yapay Zekâ terimi ise 1956 yılında John McCarthy tarafından türetilmiştir (Smith, 2006). Ancak YZ kavramı türetilmeden önceleri dahi bu konu üzerine çalışmalar yapılmıştır. Alan Turing 1950 yılında “Hesaplayan Makineler ve Zekâ” adını taşıyan ve YZ üzerine yeni ufuklar açan makalesinde şu soruyu gündeme getirmiştir: “Makineler düşünebilir mi?”. Kendisi bu soruyu yanıtlamak için ayrıca bir test önermiş ve bir makinenin küçük bir çocuğun yaptığı gibi öğrenmesi için programlanabileceği olasılığını gündeme getirmiştir (Turing, 1950; Smith, 2016)

Devam eden yıllarda YZ'nın geliştirilmesi tahmin edilenden daha zor olduğu ve o zamanın teknolojileri ile geliştirilemeyeceği anlaşıldığı için YZ alanı inişli çıkışlı olmuştur. Ancak 90'ların sonlarına gelindiğinde IBM tarafından geliştirilen Deep Blue isimli bir bilgisayarın dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenmesiyle YZ alanında önemli bir aşamaya gelinmiş oldu. Bilgisayarın elde ettiği bu başarıdan sonra diğer önemli gelişmeler arasında; sonraları Apple'ın Siri'sine dönüşecek olan DARPA'nın CALO'su, 2011 yılında Jeopardy! isimli TV yarışmasını zaferle bitiren IBM'in soru-cevaplayan bilgisayarı Watson ve günümüzde Google'ın sürücüsüz araçların şaşırtıcı başarısı bulunmaktadır. Google'ın bu araçları 2009-2016 yılları arasında 2,5 milyon km'den fazla yol yapmış ve bu süre zarfında yalnızca 14 hafif kaza yaşanmıştır. Ayrıca bu kazaların 13'ü insan kaynaklı olmuştur (Bhuiyan, 2016).

YZ'nın gelişim ivmesinin artışı birbiri üzerine kurulan üç faktöre bağlı olarak 2010'lu yıllarda başlamıştır. Bu faktörlerden ilki başta nesnelere internetinden elde edilen veriler olmak üzere e-ticaret, işletmeler, sosyal medya, mobil uygulamalar, bilim ve devlet gibi kaynaklardan gelen büyük veridir. İkinci faktör büyük veriyi işleyecek ve analiz edecek gelişmiş makine öğrenimi (machine learning) yaklaşımları ve algoritmaları ve son faktör olarak büyük verinin işlenebilmesine olanak sağlayan işlemci gücü yüksek ve ucuz bilgisayarlar bulunmaktadır. YZ son beş yılda önemli gelişmeler göstermiştir. Örneğin, insanların hata oranı %5 seviyesinde olan popüler bir resim tanıma yarışında 2010 yılında %28'lik hata payına sahip olan bilgisayar 2016 yılında hata payını %2,9'a düşürebilmiştir (Şekil 12).



**Şekil 12. YZ'nın resim tanımda 2010-2016 arasındaki gelişimi**

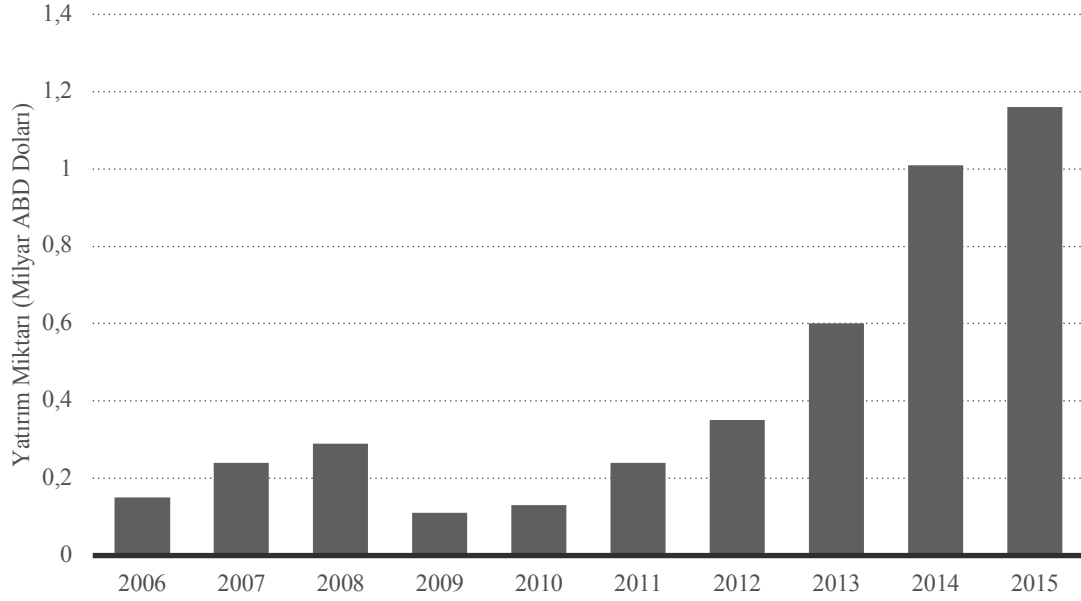
**Kaynak:** <http://www.image-net.org>, Large Scale Visual Recognition Challenge verilerinden düzenlenmiştir.

Gün geçtikçe zekîleşen ve aynı zamanda dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojisini oluşturan YZ'nın ekonomileri, üretim biçimini ve sosyal yaşantıyı etkilemesi için insanlar gibi bilinç sahibi ya da her alanda zekâ sahibi olması gerekmez. Kapasitesine göre YZ incelendiğinde iki ana kategoriye ayrılabilir. İlki Yapay Dar Zekâ (YDZ) ki yalnızca bir alanda uzmanlaşan ve bu alanda insan zekâsına eşit ya da daha ileride olan makine zekâsıdır. YDZ satrançta ya da çeşitli strateji oyunlarında dünya şampiyonlarını yenebilir ancak yalnızca bir alanda uzmanlaştığı için başka bir görev verildiğinde hiçbir şey yapamayacaktır. İkincisi ise Yapay Genel Zekâdır (YGZ). YGZ bir insanın yapabileceği herhangi bir düşünsel aktiviteyi gerçekleştirebilecek bir bilgisayar sistemini veya her konuda bir insan kadar akıllı bir sistemi ifade eder. YGZ teknolojisini geliştirmek YDZ'yi geliştirmekten çok daha zor bir süreçtir ve henüz bilgisayar bilimciler tarafından başarılabilmemiş değildir (Urban, 2015).

Mevcut teknoloji düzeyi YDZ'yi birçok şekilde zapt etmiş ve çeşitli alanlarda kullanıma sunmuştur. Stratejik oyunlar, tercüme, sürücüsüz araçlar, resim tanıma, tıbbi teşhis ve doğal dil işleme gibi birçok uygulamada kullanılan YDZ özellikle makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerinin geliştirilmesi ile dikkate değer gelişmeler yaşamıştır. Örneğin; modern arabaların birçoğu YDZ sistemleriyle doludur. ABS fren sisteminin ne

zaman devreye gireceğini belirleyen bilgisayardan, akıllı park yardım sistemini sağlayan bilgisayara kadar arabaların birçok kısmında YZ çalışmaktadır. Google'ın ve Tesla'nın sürücüsüz arabaları, çevresini algılayan ve ona göre tepki veren güçlü YDZ sistemlerini içermektedir. Gündelik yaşamın vazgeçilmezi haline gelen cep telefonları adeta küçük birer YDZ fabrikasıdır. Harita uygulamaları kullanılarak yol bulunduğunda, Spotify'dan kişinin beğenisine uygun müzik tavsiyeleri alındığında, Google asistan ya da Siri'ye sonraki günün hava durumunu veya matematiksel hesaplamalar sorulduğunda kısacası telefonda yapılan günlük düzinelerce aktivitede YDZ kullanılmaktadır (Stone, ve diğerleri, 2016).

Yukarıda ifade edilen örnekler yalnızca tüketici dünyasında olanlardır. YDZ sistemleri imalat sanayi, finans, tıp ve savunma sanayi gibi birçok farklı sektörde uygulama alanı bulmaktadır. İmalat sanayisinde kullanılmaya başlanan Baxter ve Sawyer isimli robotlar gelişmiş YDZ sistemleri kullanmaktadırlar. Benzer şekilde tıp dünyasında doktorların teşhis koymalarına yardımcı olan YZ sistemlerinde büyük gelişmeler yaşanmaktadır. 2011 yılında Jeopardy'deki tüm şampiyonları yenerek ün kazanan IBM'in Watson'ı son zamanlarda hastalıkları teşhis etme üzerine çalıştırılıyor. Şimdiden önemli gelişmeler sağlanmış durumdadır. Doktorların %50 doğruluk payı olan akciğer kanser teşhisinde Watson %90 oranında doğru tahmin yapabilmektedir (Steadman, 2013). Bu örneklerden görüldüğü üzere, insanların belki de yalnızca bilim kurgu filmlerinde göreceğini sandığı YZ yalnızca son 5 yıl içerisinde birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu gelişim son yıllarda sermaye sahipleri tarafından da algılanmış ve YZ üzerine çalışan birçok yeni şirket (Startup Company) önemli ölçüde fon toplamıştır (Şekil 13).



**Şekil 13. 2006-2016 yılları arası YZ şirketlerinin dünya çapında finansmanı (Milyar ABD Doları)**

**Kaynak:** Statista, (2017)

Grafik 2006-2015 yılları arasında dünyadaki YZ üzerine çalışan yeni şirketlere yapılan yatırım miktarını göstermektedir. 2010 yılına kadar yatay bir seyir izleyen yatırımlarda YZ teknolojisinin gelişmeye başlaması ile önemli artışlar meydana gelmiştir. 2014 yılında bu yeni şirketler 1 milyar ABD dolarının üzerinde yatırım toplayabilmişlerdir.

Ulusal yenilik sistemleri birinci sanayi devriminden beri yenilikleri kapsayıcı olarak yapılandıran ve belki de Rostow'un ifade ettiği kalkış aşamasının dördüncüsünü yaşayan günümüzün gelişmiş ülkelerinde YZ tüm hızıyla ekonomiye entegre olmaktadır. Ancak hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri etkileyecek olan YZ'nin ekonomileri yeniden yapılandırması için bir üst kapasiteyi ifade eden Yapay Genel Zekâ seviyesine çıkması gerekmemektedir. Tek bir iş için insan seviyesinde ve ötesinde zekaya sahip sistemler o iş için fazlasıyla yeterli olacaktır. Araştırmaları 2010'lu yıllarda başlayan ve günümüzde ekonomik olarak uygulanabilir bir seviyeye gelen sürücüsüz araçlar bu durum için güzel birer örnektirler. Bir taksici ya da kamyon şoförü ile sürücüsüz aracın YDZ'si kıyaslandığında kuşkusuz şoförlerin çok daha fazla alanda ve kompleks işleri yapabilme yeteneği bulunmaktadır. Ancak ekonomik birimlerin önemsedığı şey o taksinin veya kamyonun A noktasından B noktasına olabildiğince ucuz, güvenli ve hızlı bir şekilde



gidebilmesidir. Hiç kimse bir taksi hizmeti satın alırken ya da hiçbir üretici ürünlerinin nakliyesini yaptırırken sürücülerin sürüş dışındaki yetenekleri ile ilgilenmeyecektir. Sürücüsüz araçları çalıştıran YDZ sistemleri sürüş dışında bir şey yapamaları dahi görevlerini pek çok şoförden daha iyi yerine getirebilirler. Nitekim YZ üzerine yayınlanan birçok rapor, toplumların gelecek 10 yıl içerisinde sürücüsüz araçlar ile YZ'ı benimseyeceklerini ifade ediyor (Stone vd., 2016).

Bu bağlamda YZ'nın kısa dönemde ekonomi üzerindeki temel etkisi incelendiğinde ilk etkisinin daha önce otomatikleştirilemeyen görevlerin otomasyonunu sağlayacağı görülecektir. Önceki sanayi devrimleri otomasyona geçiş için tarihsel bir örnek sunmasına karşın YZ ile otomasyonun belli noktalarda farklılıkları olacaktır. 2016 yılında ABD ekonomisinde 702 farklı meslekte bilgisayarlaşmanın etkisini inceleyen bir çalışma gelecek 10-20 yıl içerisinde bu mesleklerin %47'sinin yüksek bilgisayarlaşma tehlikesi altında olduklarını belirlemiştir. (Frey ve Osborne, 2016). Aşağıdaki tabloda otomasyona en fazla ve en az yatkın mesleklerin örnekleri gösterilmiştir.

**Tablo 15. Farklı mesleklerin bilgisayarlaştırılma olasılığı, 2016 (1 = Kesin)**

<b>Olasılık</b>	<b>Otomasyona en yatkın olan meslekler</b>
0,99	Tele-pazarlamacılar
0,99	Vergi danışmanları
0,98	Sigorta eksperleri, otomobil hasarları
0,98	Hakemler ve diğer spor görevlileri
0,98	Mahkeme katipleri
0,97	Restoran ve kafelerde garsonlar
0,97	Emlak komisyoncuları
0,97	Tarım işçileri aracıları
0,96	Sekreterler ve idari asistanlar, hukuk, tıp ve yönetim dışında
<b>Olasılık</b>	<b>Otomasyona en az yatkın olan meslekler</b>
0,0031	Akıl sağlığı ve madde bağımlılığı sosyal işçileri
0,0040	Koreograflar
0,0042	Doktor ve cerrahlar
0,0043	Psikologlar
0,0055	İnsan kaynakları yöneticileri
0,0065	Bilgisayar sistem analistleri
0,0077	Antropologlar
0,0100	Deniz mühendisleri ve bahriye mimarları
0,0130	Satış yöneticileri
0,0150	Genel müdürler

**Kaynak:** Frey & Osborne, (2016)

Birinci sanayi devriminde dokuma üretiminde makine kullanımının başlamasıyla işsiz kalacaklarını düşünen bir grup insan Ned Ludd önderliğinde makineleri kırmaya çalışmışlardır. Ancak tarih Luddist hareketin yanlış olduğunu defalarca göstermiştir. Dokuma üretiminde önceleri buhar gücünün sonraları elektriğin kullanılmaya başlaması ve bazı görevlerin otomasyona girmesi daha önce bu görevlerde çalışan kişilerin makinelerin yapamayacağı (makine çalıştırmak gibi) başka görevlere yönlenmesine neden olmuştur. Her sanayi devriminde hem yeni enerji kaynakları hem de mevcut işlerin makineleşmesi üretimin patlarcasına büyümesine neden oldu.

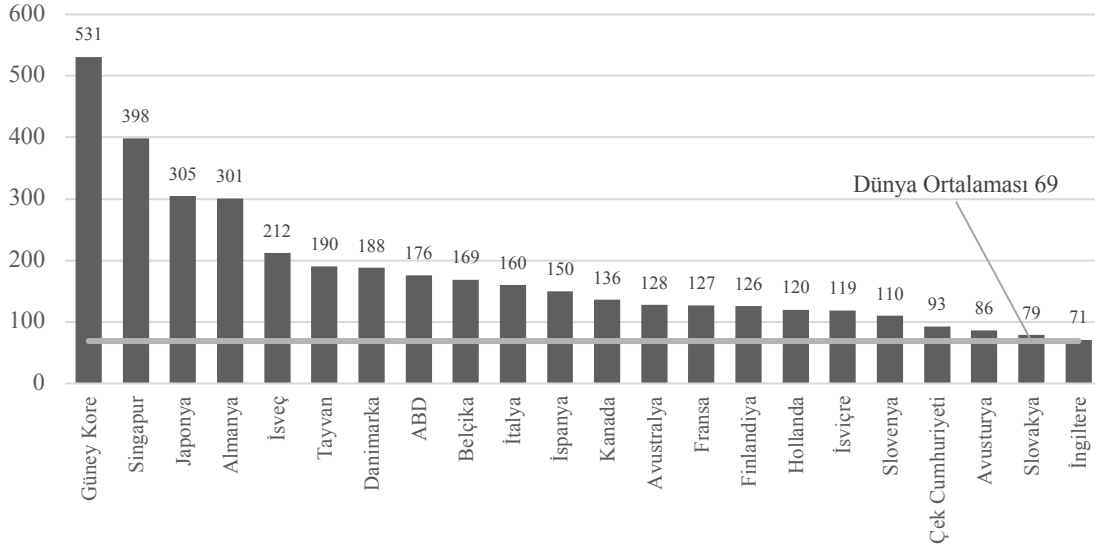
Örneğin Amerika'da 19. yüzyılda tek bir dokumacının bir saatte üretebileceği kaba kumaş miktarı teknolojik gelişme sayesinde 50 kat arttı ve yaklaşık bir metre kumaş başına gereken emek miktarı %98 oranında düştü. Verimlilik artışı kumaş fiyatlarını düşürmüştü ve talebin artmasıyla dokumacılar için daha fazla iş yaratılmıştır. Dokumacı sayısı 1830-1900 yılları arasında dört kat artmıştır. Teknoloji, dokumacıların işini ikame etmek yerine dokuma yapmak için gereken becerileri yavaş yavaş değiştirmiştir (The Economist, 2016). Dokumacıların yaşadığı bu değişim, teknolojik gelişmenin üretim sürecine etkilerini anlamada yalnızca küçük birer örnektir. Devletler yeni devrimin genel amaçlı teknolojisini oluşturan YZ'nin potansiyel etkilerini iyi analiz etmeli, hem iş için gerekli becerilerde yapacağı değişime göre bir eğitim sistemi hem de maliyetleri düşürerek YZ'nin yararlarını destekleyecek politikalar ve kurumlar geliştirmelidirler.

### **3.1.4 İleri Robotik**

Üçüncü sanayi devrimiyle birlikte üretimde robotlar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak 1960'lardan 2010'lu yıllara kadar kullanımı otomotiv gibi belli endüstrilerdeki görevlerle sınırlı kalan robotlar, günümüzde yalnızca sanayide değil tarımdan, hasta bakıcılığına kadar birçok farklı sektörde kullanım alanı bulmaktadırlar. Robotlarda 2010'lu yıllarda başlayan gelişme dalgası aslında internet, bulut bilişim ve YZ'nin bir birleşimi olan bulut robotik (cloud robotics) sayesinde gerçekleşmiştir.

İnternetin yaygın olmadığı, bulut bilişimin gelişmediği dönemde robotlar esasen kendi donanımları ve yazılımları dahilinde hareket yeteneği olan makinelerdi. Ancak 2010'lu yıllarla birlikte geniş bir veri yığına erişebilir ve bulut üzerinde işlenen bu verileri çekerek kendi hareket yeteneklerini ve çevrelerini anlamlandırma düzeylerini sürekli olarak arttırabilen makinelere evrilmişlerdir. Robotlar sürekli buluta bağlı cihazlar haline gelerek kendi türündeki diğer tüm robotların deneyimlerini (verilerini) kendisine çekebilmektedirler. Büyük veri bu makinelerin bilişsel gelişiminde önemli bir atılım sağlamış ve hızlanan bir öğrenme sürecine girmelerine neden olmuştur (Ross, 2016). Hatta yakın zamanda geliştirilen Todai isimli robot Tokyo Üniversitesi giriş sınavında en başarılı %20'lik grup arasına girmiştir (Weller, 2017).

Günümüzde endüstriyel robot üretimi incelendiğinde ülkeler arasında büyük bir uçurum olduğu ve şekil 5'teki grafiğin güncelliğini koruduğu görülecektir. Grafikteki ülkelerin yanına son 10 yılda yalnızca Güney Kore ve Çin eklenmiştir. Japonya, ABD, Almanya, Çin ve Güney Kore tüm robot satışının yaklaşık %70'ine ev sahipliği yapmaktadır. Güney Kore 50 milyonluk nüfusuyla, toplamda 2,8 milyar nüfusu olan Güney Amerika, Orta Amerika, tüm Afrika ve Hindistan'dan daha fazla robot üretmiş durumdadır. Üretim açısından ülkeler arasındaki bu büyük ayrışmaya rağmen endüstriyel robotların yoğunluğu ülkeler bazında incelendiğinde tablo biraz değişmektedir. Üretici konumda bulunmasalar dahi pek çok ülke ithalat ile robotları kendi üretim süreçlerine dahil etmiş durumdadır. Aşağıdaki şekil ülkeler bazında imalat sanayindeki endüstriyel robot yoğunluğunu göstermektedir.



**Şekil 14. İmalat sanayinde 10 bin çalışan başına düşen çok amaçlı endüstriyel robot sayısı (2015)**

Uzak Doğu ve çeşitli Avrupa ülkeleri endüstriyel robotları kendi sanayilerine uyarlama konusunda oldukça başarılı olmuşlardır. Ancak şekilde görülmese dahi Çin 2005 yılından itibaren yıllık %25 büyüme ile endüstriyel robot satışlarının en hızlı büyüdüğü ülke konumundadır. 2025 yılında dünyanın en fazla endüstriyel robotuna sahip ülke konumuna gelmeyi hedefleyen Çin'in yakın gelecekte bu grafikte önemli seviyelere çıkması kaçınılmazdır.

Endüstriyel robotların nicel olarak yayılmasının yanı sıra nitel gelişmeler de yaşanmaktadır. Bu gelişmelerin başında Boston Dynamics'in Atlas'ı, Rethink Robotics'in Baxter, Sawyer ve Intera isimli endüstriyel robotları gelmektedir. Örneğin Baxter'a yapması gerektiği işi öğretebilmek için çok üst düzeyde programlamalar yapılması gerekli değildir. Yapması istenilen iş için yalnızca bir kere kolundan tutulup işin birlikte yapılması, Baxter'ın işi öğrenmesi için yeterlidir. Bugün üretim hattında tekrarlayan fiziksel işlerin neredeyse hepsini yapabilen Baxter T-Shirt katlamaktan kahve hazırlamaya el kol koordinasyonun fazla olduğu birçok şeyi de yapabilmektedir. Hatta bir şeyi hatalı

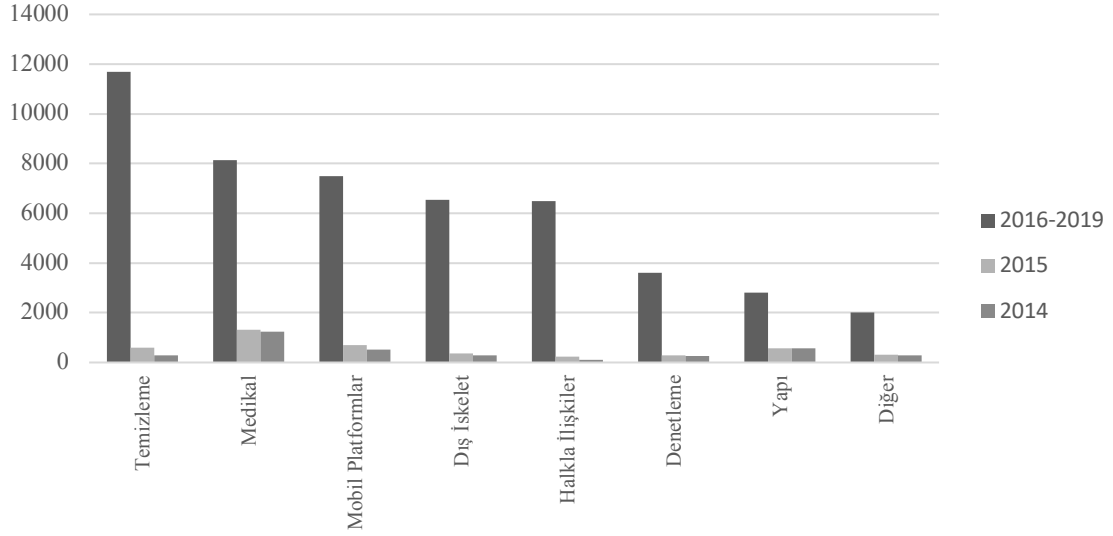
yaptığında yanında çalışan kişinin düşüncesini algılayabilen robot hatasını düzeltebilmektedir.<sup>32</sup>

Kapasiteleri ve yapabilecekleri iş seviyesi gün geçtikçe artan robot teknolojisinde geri kalmak istemeyen ülkeler yatırımlarını arttırmaktadırlar. ABD'nin eski Başkanı Obama endüstriyel otomasyon, askeri uygulamalar ve yaşlıların bakımı gibi konularda robotların geliştirilmesini teşvik etmek amacıyla 2011 yılında Ulusal Robotik Girişimi'ni başlattı. Ulusal Bilim Vakfı tarafından işletilen program 100 milyon dolardan fazla ödül kazandırmıştır. Fransa endüstrisini geliştirmek ve Almanya'ya yetişmek için 126,9 milyon dolar vaat eden benzer bir program başlattı. İsveç 2011 yılında başlatılan robot vadisi (*Robotdalen*) gibi yenilik ödülleri aracılığıyla hem bireylere ve hem de şirketlere dağıtılmak üzere milyonlar ayırdı (Ross, 2016).

Endüstriyel robotların yanı sıra ileri robotiğin ikinci kısmını servis robotları oluşturmaktadır. Evlerde, şehir merkezlerinde, otellerde, hastanelerde ve depolarda kullanılan robotlar servis robotlarıdır. Şekil 18 profesyonel kullanım amaçlı servis robotlarının sektörlerine göre 2016-2019 yılları arasındaki beklenen değişim miktarını göstermektedir. Özellikle temizlik, sağlık, halkla ilişkiler vb. alanlarda önemli sayısal artışlar beklenmektedir.

---

<sup>32</sup> MIT Bilgisayar Bilimleri ve Yapay Zekâ Laboratuvarı ve Boston Üniversitesi'nin ortaklaşa yürüttüğü projede, insanların yalnızca düşünceleri ile robotun hatalarını anında düzeltmelerine olanak tanıyan bir geribildirim sistemi oluşturmuşlardır. <http://news.mit.edu/2017/brain-controlled-robots-0306>



**Şekil 15. Profesyonel kullanım amaçlı servis robotları. Birim satışlar (2014 ve 2015), 2016-2019 yılı tahmini**

2010'lu yıllarla birlikte servis robotları önemli gelişimler göstermişlerdir. Örneğin Savioke firmasının ürettiği ve otellerde kullanılmaya başlanan Relay isimli teslimat robotu misafirlere havlu, diş fırçası, sabah kahvesi ve daha birçok şeyi götürebilen özerk bir robottur. Bir misafir resepsiyondan bir şey istediğinde otel çalışanının robota istenilen şeyi yükleyip hangi odaya gideceğini söylemesi yeterlidir. Gerisini tamamen robot yapmaktadır. Asansörü Wi-Fi üzerinden çağırabilen robot, yoluna çıkan engellerden kaçabiliyor ve misafirin kapısına geldiğinde odayı arayıp kapıyı açmalarını isteyebiliyor. Hatta kapının açılıp açılmadığını algılayabilen robot, kapı açılmadan önce ürünleri kilitli haznesinde saklayabiliyor. Birçok büyük otelde kullanılmaya başlanan Relay, halihazırda yüz binin üzerinde teslimatı gerçekleştirmiş durumdadır. Bu robot bina içi teslimat yapılması gereken tüm işletmelerde, ofislerde, hastanelerde veya depolarda kullanılabilir. Nitekim FedEx, posta ofislerinde bu robotları kullanmaya başlamıştır (Murphy, 2017).

Bir başka örnek e-ticaret devi Amazon'un Kiva isimli robotlarıdır. Küçük turuncu robotlar siparişin kargoya verilme süresini kabaca 60-75 dakika aralığından 15 dakikaya düşürmüştür. Ayrıca robotların kullanılmaya başlamasıyla depolar yeniden tasarlanmış ve metrekare başına %50 daha fazla ürün depolanabilir duruma gelinmiştir (Eugene, 2016).

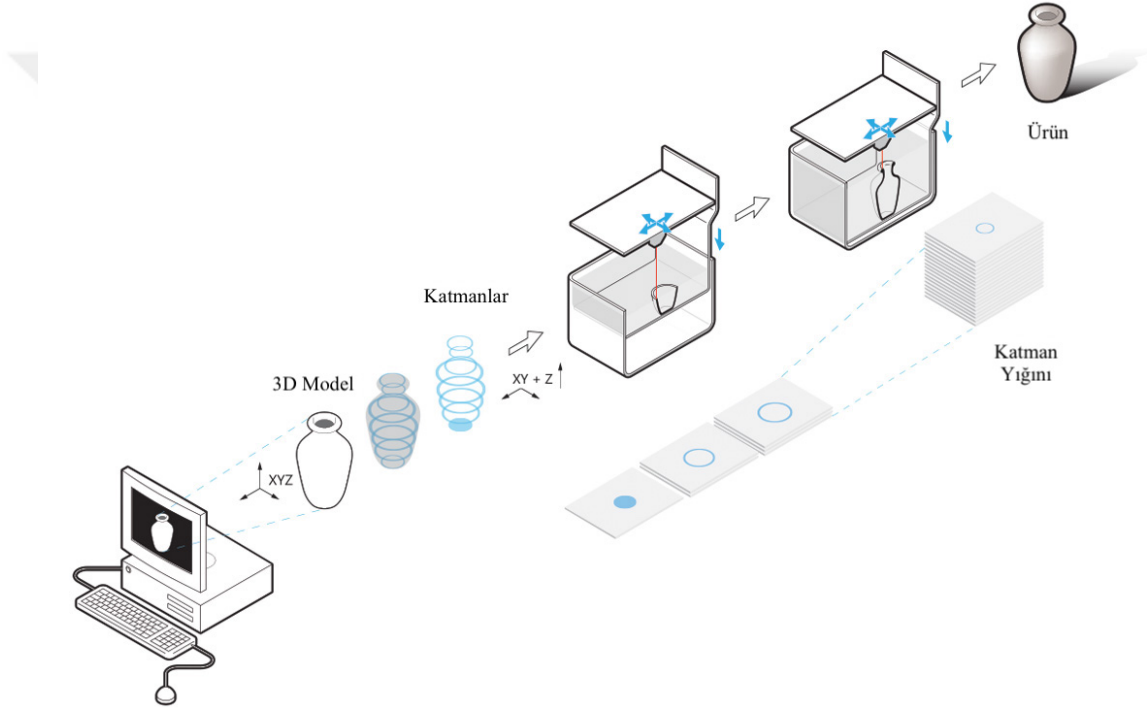
Robot sektöründe yapılan yatırımlar, büyük veri teknolojileri, ağ teknolojileri ve yapay zekâ ile birleşince kapasiteleri sürekli artan ve birim başı maliyetleri sürekli azalan bir robot sektörü ortaya çıkmaktadır. Yeni nesil robotlar azalan maliyetlerle kitlesel olarak üretildiğinde en düşük ücretli işçilerden bile daha rekabetçi hale gelebilirler. Üretimde robot ya da insan kullanılması iktisadi anlamda incelendiğinde, insan istihdamı ile robot istihdamı arasındaki tercihin maliyetler yönünden ödünleşim (trade-off) oranına göre yapılacağı açıktır. Daha açık bir ifadeyle ikisi de aynı işi yapabiliyorsa karar verici tercihini daha az maliyetli olandan yana yapacaktır. Ancak burada iki tür maliyetle karşılaşılır. İnsan istihdam etmenin yatırım maliyetleri az iken operasyonel maliyetleri oldukça fazladır. İnsanlar her ay maaş alırlar, arada hastalanır çalışamazlar, belli aralıklarla izne ayrılırlar ve arada bir de grev yaparlar. Robotların ise yüksek yatırım maliyetleri vardır. Ancak bakım masrafı dışında neredeyse hiç operasyonel maliyetleri yoktur ve haklarının az verildiği düşüncesiyle grev yapmazlar. Yüksek sermaye maliyetleri azaldığında robotun yapabildiği bir işte insan istihdam etmenin iktisadi anlamda rasyonel olmayacağı açıktır (Ross, 2016). İşte bu nedenle uzun yıllardır otomotiv sektörü gibi kısıtlı alanlarda görülmeye alışılan robotlar; günümüzde süpermarketlerde, depolarda, hava alanlarında hatta restoranlarda bile görülmeye başlanmıştır.

### **3.1.5 Eklemeli Üretim (Üç boyutlu baskı)**

Dördüncü sanayi devrimindeki önemli teknolojik değişimlerin son halkasını eklemeli üretim oluşturmaktadır. Eklemeli üretim doğrudan üretimin biçimini değiştirmektedir. Pek çok geleneksel üretim yöntemi talaşlı veya talaşsız üretim biçimi olmak üzere iki sınıfa tabi tutulabilir. Üretim ham maddenin ana kütesinden kesme, tormalama, delme gibi çeşitli işlemler sonucu parça eksiltilerek yapılıyorsa talaşlı üretim; hammaddenin dökme, dövme ya da presleme gibi yöntemlerle şekil değiştirmesi suretiyle yapılıyorsa talaşsız üretim denilmektedir. Son yıllarda bu iki üretim biçimine alternatif olarak eklemeli üretim gündeme gelmiştir.

En basit açıklamasıyla eklemeli üretim ya da üç boyutlu (3D) baskı dijital bir dosyadan üç boyutlu katı nesnelere üretilmesi işlemidir. Daha kapsamlı bir tanımlamayı ise Yılmaz

(2013) şu şekilde yapmaktadır: “3D baskı; bilgisayar destekli tasarım programları yardımıyla tasarlanmış herhangi bir elektronik datayı kalıp, model vb. araç gereç ihtiyacı duymadan datanın yazıcıya gönderilerek kat kat malzeme ekleyerek 3 boyutlu fiziksel parça imalatı yapmaktır.” Tanımdan anlaşılacağı üzere 3D baskının 2 ana süreci vardır. Birincisi bilgisayar destekli modelinin oluşturulması, ikincisi ise bu modelin bir cihaz sayesinde 3 boyutlu olarak basılmasıdır.



**Şekil 16. Eklemeli üretim (basitleştirilmiş şema)**

**Kaynak:** FF3DM, (2017)

Geleneksel üretim yöntemlerinden ayrılan eklemeli üretim yönteminin kökleri 1980’li yıllara kadar uzanmaktadır. İlk 3D yazıcı 1984 yılında Chuck Hull tarafından üretilmiştir. Özellikle 2005 yılında başlayan RepRap projesi<sup>33</sup> ile gelişim süreci hızlanmıştır. Başlarda genellikle prototip üretimi için kullanılan 3D yazıcılar günümüzde birçok farklı ürünün

<sup>33</sup> Açılımı Replicating Rapid-Prototyper olan RepRap, kendi parçalarını da üretebilen bir üç boyutlu yazıcı projesidir. 3D yazıcıların, 3D yazıcı üretilmeleriyle birlikte maliyetler önemli ölçüde azalmıştır.



üretmesinde kullanılmaktadır. Artık 3D yazıcılarla bardaktan ayakkabıya, ateşli silahtan insan kulağına<sup>34</sup> kadar birçok farklı ürün üretilebilmektedir.

### 3.1.6 Blok Zinciri (Blockchain) ve Kripto Paralar (Cryptocurrency)

Blok zinciri teknolojisi genel anlamıyla para, kimlik, değerli kağıtlar gibi değer içeren verilerin güvenli bir şekilde depolanabilmesi ve yönetilebilmesi için geliştirilmiş yeni bir teknolojidir. Blok zincirinde, her bir veri, gelişmiş şifreleme algoritmaları yardımıyla bloklar şeklinde birbirine bağlanarak, dağıtık veri tabanında kaydedilir ve bu mekanizma sayesinde herhangi bir merkeze bağlı olmaksızın işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Kısacası, sürekli olarak büyüyen veri kayıtlarının değişikliğe uğramaksızın dağıtık olarak kullanıcılarda bulunmasına ve çeşitli işlemler yapılmasına imkân sağlayan yeni bir veri tabanı teknolojisidir. Bu teknolojiyi temel alan yeniliklerin başında şüphesiz kripto paralar ve kripto paraların başında ise Bitcoin gelmektedir.

Satoshi Nakamoto'nun<sup>35</sup> 2008 yılında "*Bitcoin: Kişiden Kişiyeye Elektronik Nakit Sistemi*" adlı makaleyi yayımlamasıyla Bitcoin tarih sahnesine çıkmıştır. Henüz onuncu yılı olmadan, Bitcoin'in piyasa değeri 300 milyar ABD Doları'nı geçmiş durumdadır<sup>36</sup>. Ayrıca Bitcoin tek kripto para birimi değildir. Bitcoin'in yanı sıra Ethereum, Waves, Bitcoin Cash, Ripple, Litecoin, Monero gibi sayıları 1000'i geçmiş olan kripto para birimi vardır. Tüm bu yeni paraların toplam piyasa değeri 600 milyar doların üzerindedir<sup>37</sup>. Bitcoin vb. kripto paraların gelişebilmesini sağlayan iki temel unsur bulunmaktadır. İlk unsur bilgisayar, iletişim ve depolama teknolojilerinin gelişmesi ve maliyetlerinin azalmasıdır. İkinci unsur ise 2008 yılında ABD'de başlayan ve hızla tüm dünyayı etkisi altına alan küresel finansal kriz sonrasında, aracı kurumlara duyulmaya başlanan güvensizlik hissidir (Vigna & Casey, 2017).

---

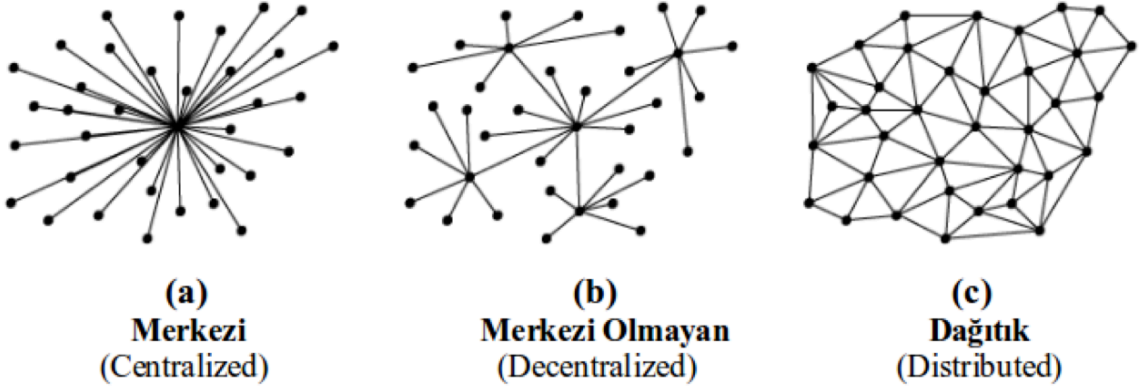
<sup>34</sup> <https://3dprint.com/170366/man-grows-new-ear-on-arm/>

<sup>35</sup> Makale yazarının gerçek ismi Satoshi Nakamoto değildir. Makalenin gerçekte kim ya da kimler tarafından yazıldığı bilinmemektedir.

<sup>36</sup> <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/#charts> Erişim tarihi: 18.12.2017

<sup>37</sup> <https://coinmarketcap.com> Erişim tarihi: 18.12.2017

Geleneksel elektronik para saklama, transfer veya ödeme süreçlerinde güven duyulan üçüncü bir birime ihtiyaç vardır. Örneğin; A kişisi, B kişisine para transfer etmek istiyorsa, bunu üçüncü bir taraf olan C birimine (banka, aracı kurum, vb.) iletmesi gerekmektedir. C birimi transfer işlemi gerçekleştirir ve bu transferin güvenliğinden ve doğruluğundan C sorumludur. A ve B kişisi, C'ye güvenmek zorundadırlar. C birimi yapılan işlemlere ait verileri aşağıdaki şeklin a ve b panelinde gösterildiği gibi merkezi ya da merkezi olmayan bir biçimde saklamakta ve bu verilerin güvenliğinden kendisi sorumlu olmaktadır. Ancak blok zinciri teknolojisi üzerine kurulan para sistemlerinde üçüncü bir kişiye ihtiyaç bulunmamaktadır. Yapılan tüm işlemler şifreli bir şekilde bloklara kaydedilmekte ve bu bloklar ağı oluşturan tüm birimlerce saklanmaktadır.



Şekil 17. Ağ tipleri

Üçüncü sanayi devrimi ile başlayan dijitalleşme süreci dördüncü sanayi devrimi ile ekonominin tüm katmanlarına nüfuz etmektedir. Doğal olarak bu süreçten para olarak kullanılan değerlerde etkilenmektedir. Mal ve hizmetlerin mübadele edilmesinde kullanılan takas yönteminden, emtia paraya, emtia paradan altın ve gümüşe, altından altın karşılığı olan değerli kağıtlara, daha sonra güvene dayalı itibari paraya, oradan elektronik paraya ve son olarak da kripto paralara doğru yol alınmaktadır.

Ancak blok zinciri teknolojisi başta da ifade edildiği gibi yalnızca kripto paraların gelişimini sağlamamıştır. Verilerin değiştirilemez olması, blok zinciri teknolojisinin tapu kayıtlarından seçim işlemlerine, akıllı sözleşmelerden tedarik zincir yönetimine kadar birçok farklı konuda kullanılabilmesini sağlamaktadır.

### 3.2 DÜNYADA DURUM

Dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan teknolojik gelişmeleri gördükten sonra, Türkiye'nin bu devrimdeki konumunun belirlenebilmesi ve ne şekilde etkileneceğinin analizi için dünyanın mevcut ekonomik ve teknolojik görünümünün resmedilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda üçüncü sanayi devriminin ekonomik sonuçları üzerine odaklanmak mevcut durumun resmedilmesini kolaylaştıracaktır.

Üçüncü sanayi devriminin dünya ekonomisindeki en önemli etkileri arasında sermaye akımlarının serbestleşmesi ve üretimin yer değiştirmesi gelmektedir. Finansal sermaye en çok getiri sağlayabileceği alanlara ve ülkelere, fiziksel sermaye ve akabinde üretim ise maliyetlerin en az olduğu yerlere kaymıştır. Üretimin en az maliyetle yapılabileceği yerlerin başında ucuz emek ve vergi kolaylıkları nedeniyle Çin ve çeşitli Uzakdoğu ülkeleri gelmiştir. 1980'lerden itibaren ABD ve Avrupa sermayesi üretim merkezlerini bu ülkelere kaydırmışlardır. Ancak uzun yıllar ABD'nin ve Avrupalı firmaların üretim üssü olarak çalışan Çin ve Uzakdoğu ülkeleri, yavaş yavaş başkaları için üretim yapmayı bırakmaya ve kendi markaları altında üretim yapmaya başlamışlardır (Eğilmez, 2017).

**Tablo 16. Çeşitli ülkeler bazında sanayi malı satış gelirlerindeki değişimi (2006-2011) (Milyar Euro)**

Ülke	2006	2011	Değişim Oranı (%)
AB (27)	550	620	13
ABD	280	280	0
Almanya	190	220	16
Rusya	10	15	50
Çin	170	580	241

**Kaynak:** Ersoy, (2016)

Tablo 16 Çin'in sanayi malı üretiminde sergilediği çarpıcı gelişimi göstermektedir. Almanya hükümeti, sanayinin büyük ölçüde Doğu'ya kaydığını görerek 2011 yılında kendi sanayi politikalarını Endüstri 4.0 başlığı altında açıklamıştır. Almanya'nın sanayi stratejisi imalat sanayinde bilgisayarlaşmanın en üst düzeye çıkarılması ve dolayısıyla üretimin yüksek teknolojiyle yapılmasını hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım üretimde insan emeğinin en aza indirilmesini, üretimin en üst düzeyde esnekliğe kavuşturulup tüketiciye özel ürün yapabilmesi ve üretimin hızlandırılması olmak üzere üç





üç yılda bir OECD tarafından 15 yaşındaki öğrencilere uygulanan PISA testleridir. Bu testler bilgi aktarımındaki kaliteyi ve genç nesillerin edindikleri bilgiler ile problem çözebilme düzeylerini göstermektedir.

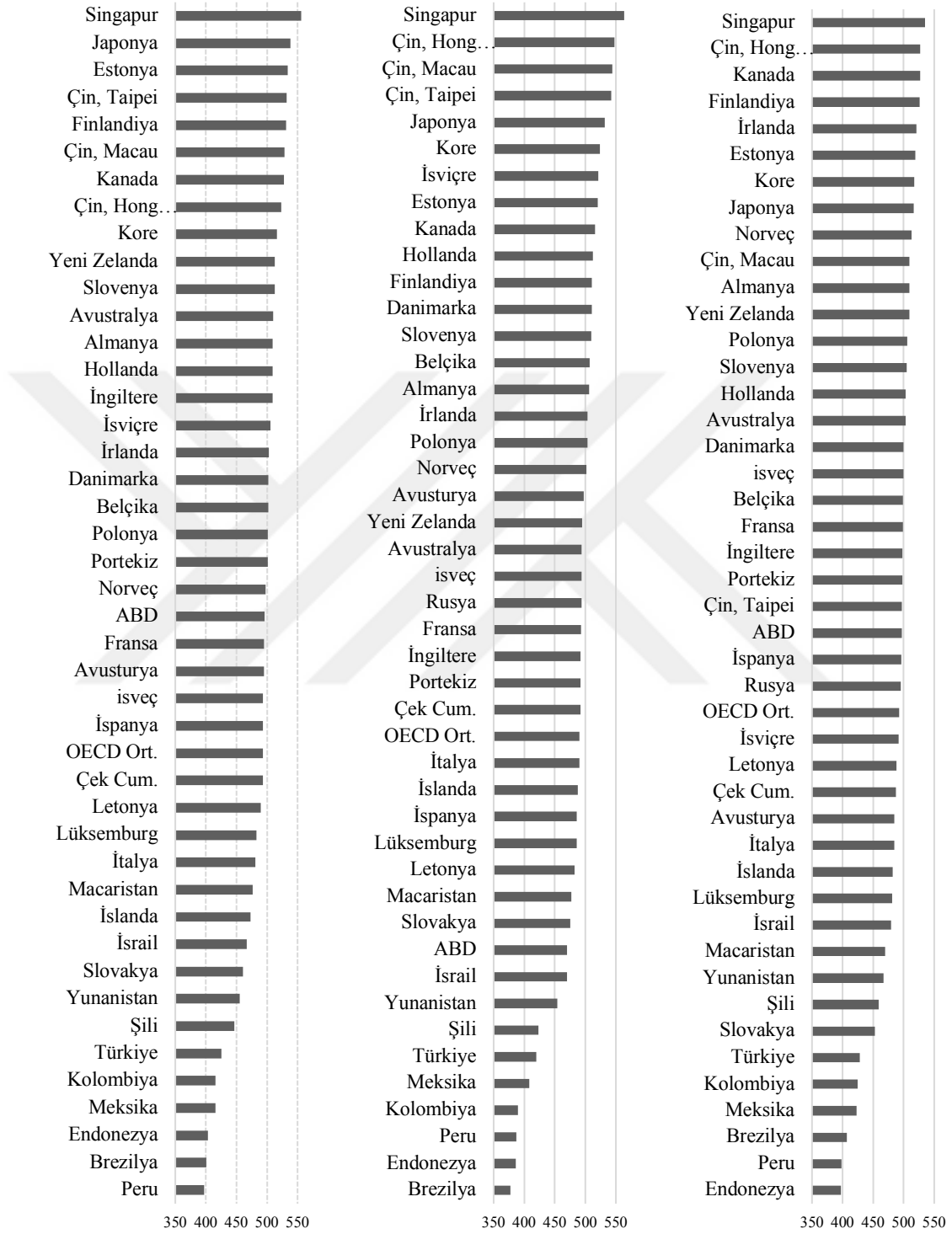
**Tablo 17. Çeşitli ülkeler bazında eğitim yüzdeleri (2015 yılı verileri, 25-64 yaş arası)**

Ülke	Orta Öğretim Altı	Orta Öğretim	Yüksek Öğretim
Kanada	9,6	35,2	55,2
Japonya	Veri yok	Veri yok	49,5
İsrail	14,5	36,7	48,8
Güney Kore	14,2	40,3	45,5
ABD	10,5	44,9	44,6
İngiltere	20,9	35,6	43,5
Avustralya	21,0	36,1	42,9
İrlanda	20,2	37,0	42,8
Finlandiya	12,8	44,4	42,7
Norveç	17,6	39,7	42,7
İsviçre	11,8	46,5	41,7
Lüksemburg	25,4	34,8	39,8
İsveç	18,0	42,2	39,8
İzlanda	25,3	35,9	38,8
Litvanya	8,6	52,6	38,7
Estonya	9,1	52,9	38,0
Danimarka	19,6	43,3	37,1
Belçika	25,3	37,8	36,9
Hollanda	23,6	41,1	35,3
İspanya	42,6	22,4	35,1
OECD – Ort.	22,3	43,1	35,0
Yeni Zelanda	25,3	40,7	34,0
Letonya	12,2	56,2	31,6
Avusturya	15,4	54,1	30,6
Slovenya	13,2	56,6	30,2
Yunanistan	29,8	41,2	29,1
Polonya	9,2	63,0	27,7
Almanya	13,2	59,2	27,6
Macaristan	16,8	59,0	24,2
Kosta Rika	60,6	16,2	23,1
Portekiz	54,9	22,3	22,9
Çek Cumhuriyeti	6,8	71,0	22,2
Kolombiya	49,6	28,8	21,6
Slovakya	8,7	70,1	21,1
<b>Türkiye</b>	<b>63,0</b>	<b>19,0</b>	<b>18,0</b>
İtalya	40,1	42,3	17,5
Meksika	64,5	19,2	16,3

**Kaynak:** OECD, (2017)

ABD, Kanada, Japonya, Güney Kore, İngiltere, Norveç ve Finlandiya gibi günümüzün gelişmiş ülkelerinde nüfusun %40'ından fazlasının yüksek öğrenim görmüş olduğu görülmektedir. Türkiye, yüksek öğrenimi nüfusa yayma konusunda Meksika ve İtalya'dan

sonra ne yazık ki alttan 3. sırada bulunmaktadır. Aynı zamanda Türkiye, orta öğretim altı düzey incelendiğinde nüfusunun %63 ile Meksika'dan sonra en fazla ilk öğretim seviyesinde eğitim görmüş nüfusa sahip ülke konumundadır. Nüfusunun büyük bir kısmını yüksek eğitim düzeyinde bulunduran ülkelerin gelecek yıllarda elde edecekleri kazanımlar, eğitim düzeyi düşük olanlara göre muhakkak çok daha fazla olacaktır. Bu nicel göstergelerin yanı sıra bir de eğitimin kalitesi önem arz etmektedir. Aşağıdaki tablo 2015 yılında OECD tarafından 15 yaşındaki öğrencilere uygulanan PISA sonuçlarını göstermektedir. Anadilinde okuduğunu anlama, matematik ve bilim olmak üzere üç ana başlıktan oluşan bu testte Singapur her alanda birinci durumdadır. Singapur'u Hong Kong, Çin'in çeşitli bölgeleri, Güney Kore gibi Uzakdoğu ülkeleri ile Estonya, Finlandiya, Danimarka, İsviçre gibi Baltık Ülkeleri takip etmektedir. Türkiye her üç alanda düşük puan seviyelerinde yer almaktadır.



**Şekil 20. PISA Sonuçları (2015) Sırasıyla Bilim, Matematik, Okuduğunu Anlama Sonuçları**  
**Kaynak: OECD, (2017)**



Dördüncü sanayi devriminde ülkelerin eğitim düzeyinin yanı sıra önemli olan bir diğer unsur beşerî sermayenin doğrudan teknoloji geliştirme sürecinde bulunduğu Ar-Ge faaliyetleridir. Ar-Ge'nin GSYİH'dan aldığı paylar ve Ar-Ge harcamalarının mutlak büyüklükleri ülkelerin teknoloji geliştirebilme yetenekleri hakkında bilgi vermektedir.

**Tablo 18. Çeşitli ülkeler bazında Ar-Ge harcamaları ve oranları (2015)**

Ülke	Ar-Ge /GSYİH	Ülke	AR-Ge Mutlak Büyüklük (Milyon ABD Doları)
İsrail	4.3	OECD-Toplam	1.143.005,20
Güney Kore	4.2	ABD	462.765,60
İsviçre	3.4	Çin	376.858,90
Japonya	3.3	AB (28 ülke)	346.318,90
İsveç	3.3	Japonya	154.689,30
Avusturya	3.1	Almanya	101.681,20
Çin, Taipei	3.0	Güney Kore	73.719,80
Danimarka	3.0	Fransa	54.500,10
Almanya	2.9	İngiltere	42.115,00
Finlandiya	2.9	Rusya	36.725,20
ABD	2.8	Çin, Taipei	30.886,80
Belçika	2.5	İtalya	26.809,50
OECD-Toplam	2.4	Kanada	25.888,10
Fransa	2.2	İspanya	18.029,30
Slovenya	2.2	<b>Türkiye</b>	<b>15.691,60</b>
İzlanda	2.2	Hollanda	15.383,10
Çin	2.1	İsviçre	15.243,00
Hollanda	2.0	İsveç	14.187,10
AB (28 ülke)	2.0	Avusturya	11.531,60
Çek Cumhuriyeti	1.9	Belçika	11.280,10
Norveç	1.9	İsrail	11.107,00
Kanada	1.7	Meksika	10.628,50
İngiltere	1.7	Polonya	9.344,20
Estonya	1.5	Danimarka	7.489,00
Macaristan	1.4	Çek Cumhuriyeti	6.098,00
İtalya	1.3	Finlandiya	6.030,40
Lüksemburg	1.3	Norveç	5.784,40
Yeni Zelanda	1.3	Arjantin	5.132,30
Portekiz	1.3	Portekiz	3.522,60
İspanya	1.2	Macaristan	3.244,70
Slovak cumhuriyeti	1.2	Yunanistan	2.482,30
Rusya	1.1	Yeni Zelanda	1.984,40
Polonya	1.0	Romanya	1.918,70
Yunanistan	1.0	Slovak cumhuriyeti	1.795,30
<b>Türkiye</b>	<b>0.9</b>	Şili	1.447,20
Arjantin	0.6	Slovenya	1.287,00
Letonya	0.6	Lüksemburg	650,80
Meksika	0.5	Estonya	511,00
Romanya	0.5	İzlanda	306,10
Şili	0.4	Letonya	274,70

**Kaynak:** OECD, (2017)

Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ya oranı en fazla olan ülke İsrail'dir. İsrail'i Güney Kore izlemektedir. Türkiye ise Arjantin, Letonya, Meksika, Romanya ve Şili'den sonra en düşük orana sahip ülkedir. Ancak Ar-Ge harcama oranlarının yanı sıra önemli olan bir diğer unsur Ar-Ge harcamalarının mutlak büyüklüğüdür. ABD oran bakımından orta sıralarda yer almasına karşın 462 milyar dolarlık Ar-Ge harcaması ile dünyanın en fazla Ar-Ge'ye kaynak ayıran ülkesi durumundadır. ABD'yi Çin, Japonya, Almanya, Güney Kore gibi ülkeler izlemektedir. Türkiye, Ar-Ge harcamalarında mutlak büyüklük bakımından iyi bir konumdadır.

Yukarıda ifade edilen göstergeler göz önünde bulundurulduğunda Uzakdoğu ülkelerinin, Baltık Ülkelerinin, AB'nin ve Kuzey Amerika'nın gelecek yıllarda çok daha fazla önem kazanacak yetişmiş insan gücünü oluşturmada önemli bir yol kat ettikleri görülmektedir.

Teknoloji geliştirmede çeşitli göstergeler ışığında dünyanın genel görünümünü değerlendirdikten sonra dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan teknolojilerin hangi ülkeler tarafından geliştirildiği üzerinde durulmalıdır. ABD'de özellikle silikon vadisinde biyoteknolojiden nanoteknolojiye, YZ'dan robot teknolojisine kadar birçok farklı alanda yeni şirketler kurulmakta ve önemli yatırımlar almaktadırlar. Bu şirketlerin yanı sıra Google, Amazon, Tesla gibi birçok dev firma YZ'yı hem kendi üretim süreçlerine hem de ürünleriyle entegre etmeye çalışmaktadırlar. Güney Kore ve Japonya robot teknolojisinde ön plana çıkmaktadırlar. Bu iki Uzakdoğu ülkesinin yanına özellikle Endüstri 4.0 stratejisi ile birlikte Almanya katılmıştır. Çin ucuz elektroniğin yanı sıra ileri teknoloji ürünlerin üretiminde de büyük başarılar elde etmektedir (Ross, 2016).

Dördüncü sanayi devriminin her bir alanında coğrafi liderler ya da diğerlerinden ayrışan ülkeler söz konusudur. Ancak bu ülkelere herhangi birini, dördüncü sanayi devrimine ve gelecek teknolojilere ev sahipliği yapma yarışının kazananı ya da kaybedeni olarak tanımlamak, şu an için oldukça erkendir. Bu teknolojileri geliştirme arzusundaki günümüzün gelişmekte olan ülkeleri UYS'lerini çok daha etkin işleyen bir yapıda geliştirmelidirler. 1970'lerden sonra Güney Kore, 2000'lerden sonra Çin ve Estonya gibi ülkeler teknoloji geliştirme ve akabinde refah düzeylerini arttırabilme imkânı

yaratabildikleri gibi bu yeni devrim de birçok farklı ülkenin gelişebilmesi için yeni fırsatlar yaratacaktır.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE

#### 4.1 TÜRK ULUSAL YENİLİK SİSTEMİ

Dördüncü sanayi devriminin dünya ekonomisi üzerinde çok yönlü ve birini diğerinden ayırmanın son derece zor olacağı kadar geniş etkileri olacaktır. Aslında GSYİH, yatırım, tüketim, istihdam, dış ticaret, enflasyon, gelir dağılımı vb. akla gelebilecek bütün ekonomik değişkenler etkilenecektir. Ancak bu devrimin Türkiye ekonomisinde meydana getireceği etkilerinin şekillenmesinde şüphesiz en önemli faktör Türkiye'nin Ulusal Yenilik Sistemi (UYS) olacaktır. Farklı ülkeler tarafından geliştirilen teknolojilerin transfer edilmesinde, tersine mühendislikte, yeni bilgilerin ve teknolojilerin geliştirilmesinde, yeniliklerin etkilerinin topluma yayılması gibi süreçlerde hep UYS'nin bileşenleri aktif rol oynamaktadır. Bu bağlamda dördüncü sanayi devriminin olası etkilerinin neler olabileceğini değerlendirmeden önce Türkiye UYS'nin mevcut yapısının incelenmesi gerekmektedir.

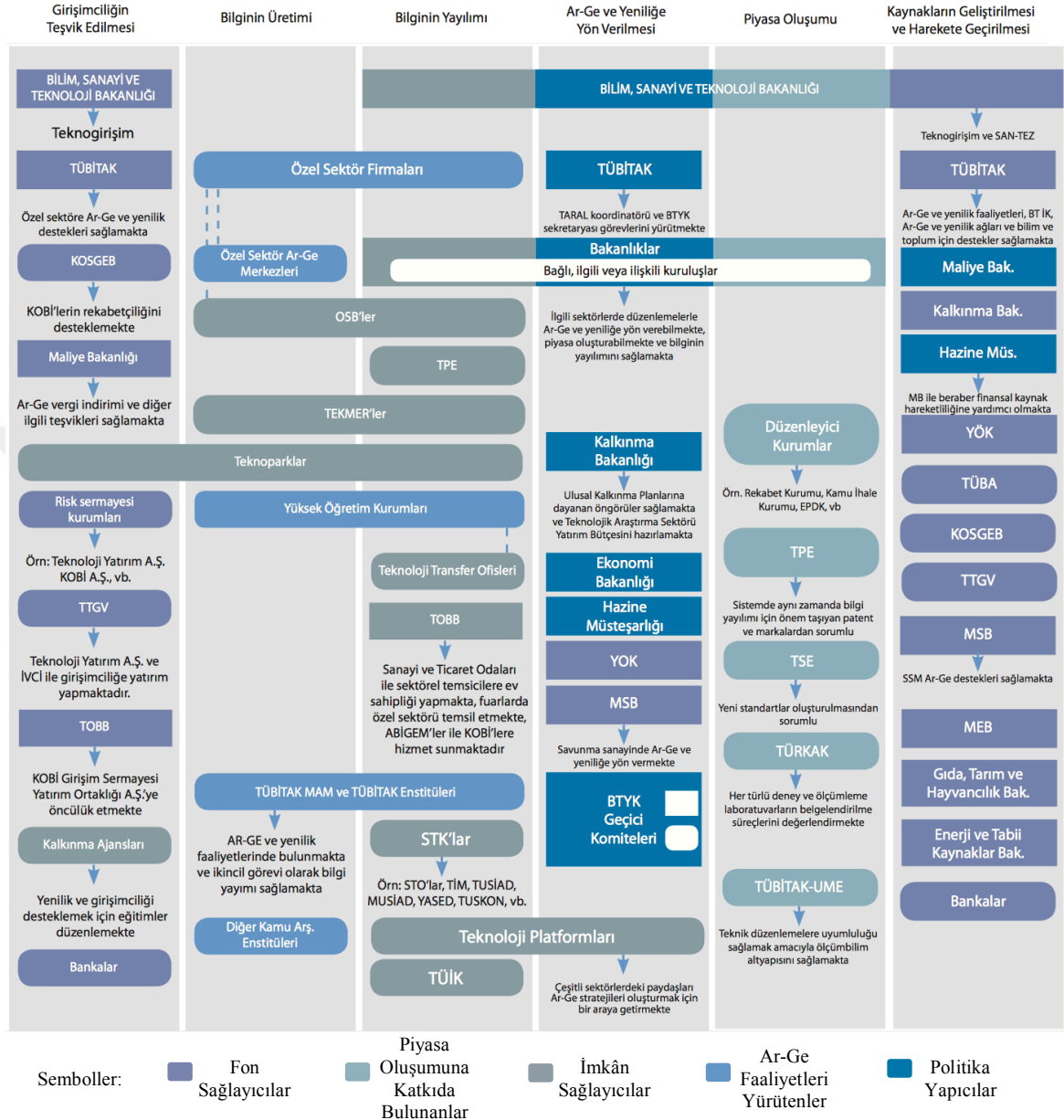
Etkin bir UYS inşa etme çabaları 1963-67 dönemine ait Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ile başlamıştır. Bu plan çerçevesinde doğa bilimlerinde temel ve uygulamalı araştırmaların yapılmasında, yapılacak araştırmaların yönlendirilmesi, örgütlenmesi, iş birliği sağlanması ve özendirilmesi amacıyla 1963 yılında TÜBİTAK kurulmuştur. Bu tarihten sonra Türkiye'nin bilim ve teknoloji alanındaki gelişiminde TÜBİTAK'ın ayrı bir yeri vardır. TÜBİTAK bilimsel araştırma kurumu olarak hızla gelişmiş; bilim adamı ve araştırmacı yetiştirilmesini, bilim kurumlarının yapısal olarak güçlenmesini ve bilim ve teknoloji politikası önerilerinin geliştirilmesini sağlamıştır (Kepenek, 2016:654-655).

1963 yılında başlayan planlı kalkınma dönemine günümüz itibarıyla onuncusu ile devam edilmektedir. Sanayi ve Kalkınma Planları iktisadi felsefeleri ve yaklaşımları bakımından sınıflandırılırsa; 1960 öncesi planlar devletçi ve kısmi; 1960-1980 arası planlar karma

ekonomi yanlısı ve bütüncül; 1980 sonrası planlar ise liberal ve stratejiktir. Planların 2000’li yıllarla birlikte yenilik kavramı eksenin de şekillendiği görülmektedir.

TÜBİTAK dışında bilim, teknoloji, yenilik politikalarının belirlenmesinde bir diğer önemli kurum Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu’dur (BTYK). Bu kurul Türkiye UYS’nin geliştirilmesinde en üst düzey karar organıdır. 1983 yılında kurulmuş olan BTYK’nın başlıca amaçları arasında bilimsel düşüncenin yayılması, araştırma hedeflerinin tespit edilmesi ve planlanması, araştırıcı insan gücünün yetiştirilmesi, hükümete politika önerileri sunulması ve tüm programlama ve yürütme aşamalarında sektörler-kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması gibi unsurlar bulunmaktadır (Saatçioğlu, 2005).

BTYK tarafından hazırlanan aşağıdaki şekil Türkiye Ulusal Yenilik Sistemi’nin paydaşlarını göstermektedir. BTYK’nın oluşturduğu bu şekle göre UYS’nin kurumsal yapısının 5 katmandan oluştuğu söylenebilir. Bu katmanlar fon sağlayıcılar, politika yapıcılar, Ar-Ge faaliyetlerini yürütenler, imkân sağlayıcılar ve piyasa oluşumuna katkıda bulunanlar şeklindedir. Fon sağlayıcı kurumların başında Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK, KOSGEB, Maliye Bakanlığı, Risk Sermayesi Kurumları, TOBB ve bankalar gibi kuruluşlar gelmektedir. Ancak TÜBİTAK veya Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı gibi kuruluşlar yalnızca fon sağlama görevinde değil Ar-Ge faaliyetlerinde ve imkân sağlama gibi görevlerde de bulunmaktadır. Politika yapıcı kurumları BTYK, çeşitli bakanlıklar, TÜBİTAK ve Hazine Müsteşarlığı oluşturmaktadır. Ar-Ge faaliyetlerini özel sektör Ar-Ge birimleri, Üniversiteler, TÜBİTAK Enstitüleri ve diğer kamu araştırma enstitüleri oluşturmaktadır. Teknoparklar ve Teknoloji Merkezleri gibi kurumlar imkân sağlayıcılar kısmını oluştururken TSE, Rekabet kurumu, Kamu İhale Kurumu gibi kurumlar da piyasa oluşumuna katkıda bulunanlar kısmını oluşturmaktadır.

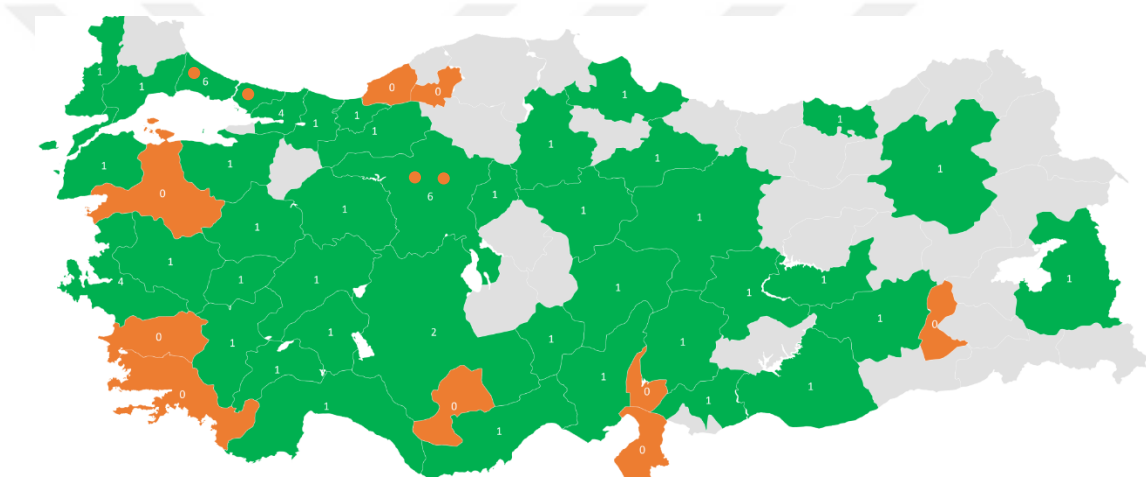


**Şekil 21. Türkiye'nin Ulusal Yenilik Sisteminin Temel Aktörleri**

**Kaynak:** TÜBİTAK, (2012)

Özellikle son 20-25 yıllık süreçte UYS'nin bileşenlerinin oluşturulmasında ve bu bileşenlerin aralarındaki ağın geliştirilmesinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. TÜBİTAK, KOSGEB gibi fon sağlayıcı kurumlar tarafından verilen destekler büyük ölçüde arttırılmıştır. KOSGEB'in destek verdiği konu başlıkları genişletilmiş ve 2006 yılında 143 milyon TL olan destek bütçesi 10 yılda yaklaşık olarak 7 kat arttırılarak 991 milyon TL'ye çıkarılmıştır (KOSGEB, 2017). Finansal desteğin yanı sıra bilim sistemini geliştirmek için

birçok ilde yeni üniversiteler açılmıştır. 1992 yılında 51’i devlet, 2’si vakıf, 53 tane olan üniversite sayısı, 2016 itibarıyla 110’u devlet, 73’ü vakıf, 8’i vakıf meslek yüksekokulu olmak üzere toplamda 191’e çıkarılmıştır. Üniversitelerin bünyelerinde birçok Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (teknopark) kurulmuştur. Günümüz itibarıyla 55’i faaliyette, 13’ü yapım aşamasında bulunan teknopark bulunmaktadır. UYS’yi oluşturan bileşenlerin sayısal olarak artış göstermesi ve bölgesel olarak Türkiye’nin her bir yanına yayılması, ülkenin yenilik üretim kapasitesini arttırmaktadır. Şekil 22’de teknoparkların ülke genelinde dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 22. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (Teknoparklar)<sup>38</sup>**

**Kaynak:** Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, (2017)

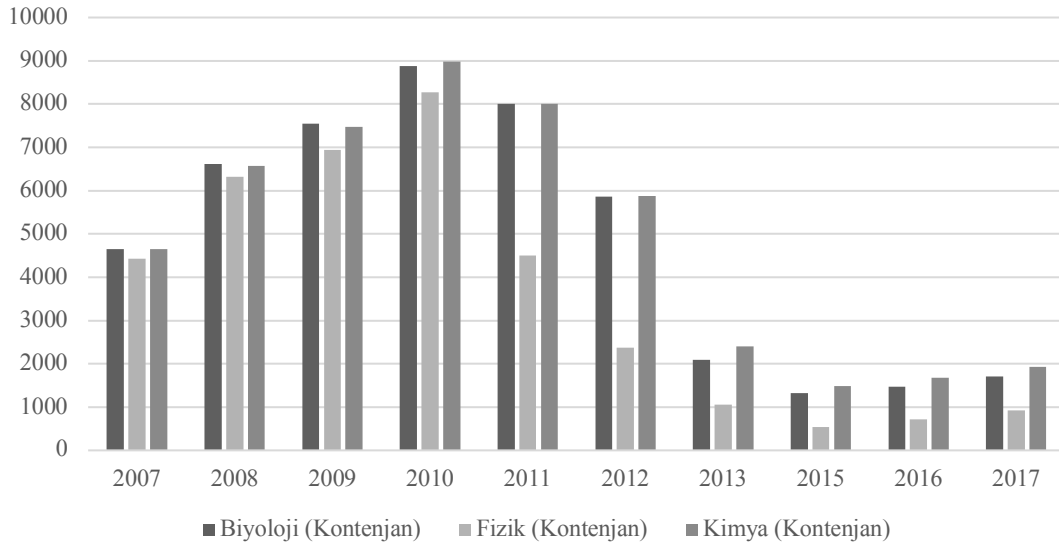
Ancak teknoparkların, araştırma enstitülerinin veya üniversitelerin sayısal olarak artış göstermesi UYS’nin etkin bir biçimde çalışabilmesi için yeterli değildir. Oluşturulan bu teknoparklarda ya da enstitülerde bilimsel bilgi birikimi yeterli olan kişilerin çalışması gerekmektedir. Teknolojik gelişmenin kuramsal çerçevesi çizilirken UYS’nin unsurları 6 ana başlık altında toplanmıştı. Bunlardan en önemlisi araştırma kurumlarına, özel firmalara, politika yapıcılara veya finansman kuruluşlarına gerekli yetkinlikte işgücü ve bilgi düzeyi sağlayacak olan bilim sistemidir. UYS’nin geliştirilmesinde atılan birçok olumlu adıma karşın bilim sisteminin geliştirilmesinde istenen seviyeye erişilememiş

<sup>38</sup> Faaliyette olanlar yeşil, yapımı devam edenler turuncu ile gösterilmiştir. Ayrıca İstanbul ve Ankara’da 2’şer tane daha yapımı süren teknopark bulunmaktadır.

olması açıktır. Günümüzde nüfusun yalnızca %18'i yükseköğrenimi görmüş durumdadır. Bu oranın OECD ortalaması %35 iken 1960'larda Türkiye'den kötü durumda olan Güney Kore'de %45,5 düzeyindedir. OECD ülkeleri içerisinde Türkiye'nin oranından düşük yalnızca Meksika ve İtalya bulunmaktadır.

Düşük üniversite mezunu oranına benzer bir şekilde akademisyen açığı bulunmaktadır. Tüm üniversitelerdeki toplam öğretim üyesi sayısı 2016 yılı itibarıyla 155 bin civarındadır. Bunların akademik unvanlara göre dağılımı şu şekildedir: 22 bin profesör, 15 bin doçent, 35 bin yardımcı doçent, yaklaşık 21 bin öğretim görevlisi, 10 bin okutman, yaklaşık 4 bin uzman ve 47 bin kadar da araştırma görevlisi bulunmaktadır. Bu sayılar mutlak olarak bakıldığında çok gibi görülebilir ancak öğrenci başına düşen öğretim üyesi sayısına bakıldığında Türkiye'nin çok daha fazla akademisyen yetiştirmesi gerektiği açıktır. Gelişmiş ülkelerde ortalama 5 öğrenciye bir öğretim üyesi düşerken, bu oran Türkiye'de 25 öğrenciye 1 öğretim üyesi şekildedir (Şen, 2016:103).

Nitelikli insan sayısındaki eksikliğin yanı sıra, son yıllarda temel bilim eğitimlerine gereken özen gösterilmemekte ve üniversitelerin biyoloji, fizik, kimya ve matematik gibi bölümleri birer birer kapanmaktadır.



**Şekil 23. Üniversitelerdeki fizik, kimya ve biyoloji kontenjanlarının 2007-2017 arasındaki değişimi**

**Kaynak:** OSYM verilerinden düzenlenmiştir. (2014, veri yok)



Otomobiller, uçaklar üretmek isteyen, YZ’de, ileri robotikte, biyoteknolojide veya nanoteknolojide öncü konuma gelmeyi hedefleyen bir ülke, temel bilimleri olmadan bu hedeflerini gerçekleştiremez. Refah seviyesini arttırmış ve yüksek teknoloji üretiminde başarılı olmuş ülkelerin hemen hepsinin bilimde, özellikle de temel bilimlerde başarılı olması bir rastlantı değildir. Teknolojik gelişmenin ardında fizik, kimya, biyoloji ve matematik gibi temel bilimlerdeki nitel gelişmeler yatmaktadır. Bu sebeple, temel bilimlerde yetkinliğe ulaşmadan teknolojide dışa bağımlılığı azaltmak ve etkin işleyen bir UYS oluşturmak mümkün değildir.

Şimdiye kadar Türk UYS’ni oluşturan varlıklar hem nicelik hem de nitelik bakımından incelenmeye çalışıldı. Son olarak mevcut UYS’nin çıktıları olan, teknoloji yoğunluklarına göre üretilen ürünleri ve patent verilerini incelemek gerekmektedir. Ülkede üretilen ürünlerin teknoloji seviyeleri incelendiğinde UYS’nin nasıl bir açmazla karşı karşıya kaldığı daha net görülmektedir. Tablo 19’a göre imalat sanayiinde yüksek teknoloji içerikli sektörlerin katma değer payının %3,3, üretim değeri payının %2,2 ve tesis sayısı payının ise %0,3 oranında gerçekleştiği görülmektedir. Yüksek teknolojilere dayalı sektörlerin son derece düşük üretim, katma değer ve tesis sayısına karşın; düşük teknoloji kategorisinde yer alan sektörlerin ortalama paylarının son derece yüksek gerçekleştiği görülmektedir. Düşük teknoloji içerikli sektörlerin katma değer payı %39,6, üretim payı %39,4 ve tesis sayısı payı ise %61,4 oranında gerçekleşmiştir (Eşiyok, Yeni Türkiye'nin Ekonomisi: Düşük ve Orta Teknoloji Temelli, 2016).

**Tablo 19. Türkiye imalat sanayinin üretim, katma değer ve tesis sayısına göre teknolojik yapısı (sektörel paylar) (%) (2013)**

	Tesis Sayısı	Üretim Değeri	Katma Değer
Düşük teknoloji	61,4	39,4	39,6
Düşük orta teknoloji	29,9	34,3	30,9
Orta yüksek teknoloji	8,4	24,0	26,2
Yüksek teknoloji	0,3	2,2	3,3

**Kaynak:** Eşiyok, (2016)

Patent verileri ise OECD’nin üçlü (triadic) patent verileri üzerinden incelenebilir. Bu veriler; Avrupa Patent Ofisi, ABD Patent ve Marka Tescili Ofisi ve Japon Patent Ofisi olmak üzere 3 büyük patent ofisinin verilerini kapsamaktadır. Patent sayıları

incelendiğinde, Türkiye'nin 49.6 patent sayısı ile 54 ülke arasında 29. sırada bulunmaktadır. Ancak Finlandiya, İsrail, Hindistan ve Güney Kore gibi bilim ve teknolojiye önemli kazanımlar sağlayan ülkelerin oldukça gerisinde kaldığı bir gerçektir.

**Tablo 20. OECD Üçlü (Triadic) patent sayıları (2015)**

Ülke	Patent Sayısı	Ülke	Patent Sayısı	Ülke	Patent Sayısı
1 Japonya	17360.8602	19 Danimarka	296.9656	37 Malezya	21.963
2 ABD	14886.2656	20 Finlandiya	290.7357	38 Lüksemburg	20.0251
3 Almanya	4454.7106	21 İspanya	228.7093	39 Meksika	18.8542
4 Çin	2889.3295	22 Singapur	143.6626	40 Romanya	15.4006
5 G.Kore	2703.2913	23 Yeni Zelanda	130.3028	41 Şili	12.6272
6 Fransa	2578.391	24 İrlanda	104.0946	42 SVN	10.2151
7 İngiltere	1811.3239	25 Polonya	100.3911	43 EST	9.7256
8 İsviçre	1206.869	26 Norveç	90.7791	44 SVK	9.4133
9 Hollanda	1166.6461	27 Rusya	87.0082	45 Kolombiya	9.0183
10 İtalya	780.8718	28 Brezilya	67.3314	46 Bulgaristan	8.1803
11 İsveç	658.134	29 Türkiye	49.6833	47 Arjantin	6.9257
12 Kanada	537.0815	30 S. Arabistan	38.5381	48 LTU	5.2469
13 İsrail	462.8922	31 CZE	37.8622	49 Endonezya	4.4547
14 Avusturya	462.3868	32 Macaristan	33.3013	50 HRV	4.1031
15 Hindistan	453.8027	33 Yunanistan	29.8706	51 LVA	2.4638
16 Belçika	448.3414	34 Hong Kong	29.7625	52 İzlanda	1.9484
17 Taipei, Çin	352.6571	35 Portekiz	28.7525	53 Kıbrıs	1.732
18 Avustralya	338.0525	36 Güney Afrika	25.4965	54 Malta	1.4934

Kaynak: OECD, (2017)

Türkiye etkin bir UYS kuramadığı takdirde dördüncü sanayi devriminin kilit önemdeki teknolojilerini geliştirme, katma değeri yüksek ürünleri üretme ve 2023 vizyonu<sup>39</sup> çerçevesinde dünyanın ilk 10 ekonomisi arasında yer alma hedeflerini gerçekleştiremeyecektir.

<sup>39</sup> 61. ve sonraki Hükümet Programlarında ifade edilen vizyondur. Vizyonda, ilk 10 ekonomi arasına girmek, kişi başı GSYİH'yı 25 bin ABD doları yapmak, 500 milyar ABD Doları ihracat yapmak gibi hedefler bulunmaktadır. <https://www.tbmm.gov.tr/hukumetler/HP61.htm> Erişim tarihi: 18.12.2017

## 4.2 DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE TÜRKİYE

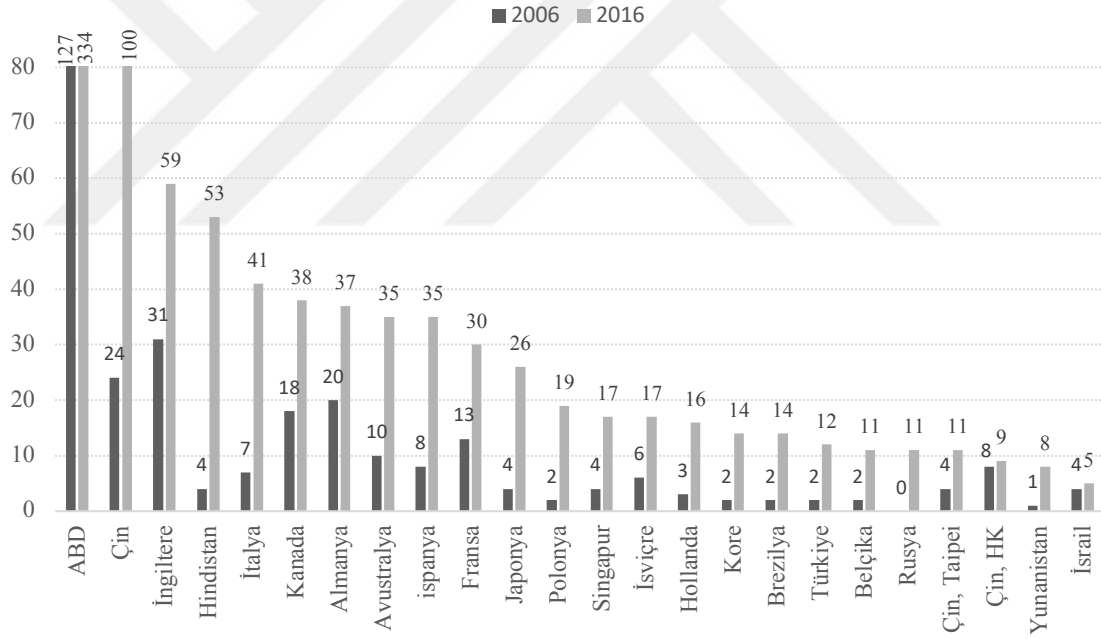
### 4.2.1 İktisadi Büyüme Üzerine

Her sanayi devriminde olduğu gibi bu sanayi devrimi de ülke ekonomilerinin büyümesine katkı sağlayacaktır. İleri robotik ve 3D yazıcılar sayesinde kişiye özel üretilen (Mass Customization) ürünler tüm ekonomilerde talebin artmasına, YZ ile desteklenmiş tedarik zincirleri ise girdilerin zamanında tedarik edilebilmesine ve bu sayede verimliliğin artmasına neden olacaktır. Bunlar iktisadi büyümeyi tetikleyen unsurlar olarak ön plana çıkacaktır. Ancak dördüncü sanayi devriminin ekonomik etkilerini rakamsal olarak hesaplamak son derece zordur. Kesin olarak bilmek mümkün olmasa dahi etkinin yönünün ne olabileceği konusunda çeşitli göstergeler ışığında akıl yürütmek mümkündür. Bu bağlamda bütün bu çalışma boyunca vurgulandığı gibi, Türkiye'nin alacağı yön, nihayetinde, UYS içerisinde yer alan aktörlerin bu devrimin potansiyelini açığa çıkarma yetenekleri tarafından belirlenecektir.

Üretimlerini dönemin genel amaçlı teknolojisi ve bu teknolojilerin mümkün kıldığı öncü sektörleri ekseninde yapılandıran ülkeler günümüzün gelişmiş ülkeleri sınıfını oluşturuyorlar. İngiltere buhar gücünü, ABD ve Almanya elektrik enerjisini, sonraları ABD, Japonya ve Güney Kore endüstriyel robotları, bilgisayarları ve interneti geliştirerek ve üretim süreçlerine dahil ederek ülkelerini geliştirebilmişlerdir. Bu devrimde önemli kazanımlar elde etmek isteyen Türkiye'nin de UYS'yi devrimin genel amaçlı teknolojileri ışığında yeniden yapılandırması gerekmektedir. Yetişmiş insan gücü bu teknolojiler üzerinde yoğunlaştırılmalı, fonlar bu teknolojileri geliştirecek kurumlara ve bu teknolojileri kullanarak değer yaratacak sektörlerle kanalize edilmelidir.

Yaklaşık 30 yıldır ekonomisini hızlı bir şekilde geliştiren Çin 2030 yılına kadar bu devrimin genel amaçlı teknolojisi olan YZ'de lider ülke olma planları yapmaktadır ve bu amaçla Temmuz 2017'de Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planını (Next Generation Artificial Intelligence Development Plan) yayımlamıştır (Lucas, 2017). Planda öne çıkan başlıklar arasında YZ odaklı ekonomiye gerekli iş gücünün nasıl hazırlanacağı, Ar-Ge

çalışmalarına ne tür yatırımlar yapılacağı ve iş dünyasının bu yeni ekonomiye nasıl hazırlanması gerektiği gibi stratejiler bulunmaktadır. Çin'den çok daha önceleri YZ üzerine çalışmalar yapan ABD'de ise hem akademi hem de Google, Apple, IBM gibi köklü firmalar ve silikon vadisi kökenli start-uplar çalışmalar yapmaktadırlar. Aşağıdaki şekil en çok atıf alan makalelerde (ilk %10) Makine Öğrenimi hakkındaki çalışmaların sayısının ülkeler bazında dağılımını göstermektedir. Birçok teknolojiye olduğu gibi ABD, Çin ve İngiltere ön plandadır. Dördüncü sırada bulunan Hindistan, gelecek yıllarda önemli atılımlar yapacağıın işaretini şimdiden vermektedir. Türkiye'ye bakıldığında ise akademinin YZ alanında bilimsel bilgi üretimine gereken ilgiyi vermeye başladığı görülmektedir.



**Şekil 24. Makine Öğrenimi alanında en çok atıf alan %10 makalenin ülkeler bazında dağılımı**

**Kaynak:** OECD, (2017)

Akademik ilginin yanı sıra, YZ'yi üretim süreçlerine dahil edecek ve ürünlere dönüştürecek firmalar, Türkiye'nin iktisadi gelişiminde önemli bir konumda bulunacaklardır. Bu anlamda Türkiye'nin girişimci liderlere ve ürünlerin geliştirilme sürecinde aktif rol oynayacak nitelikli işgücüne ihtiyacı vardır. Şu an için Türkiye'de YZ odaklı ürün geliştiren firmaların sayısı bir elin parmağını geçmese bile sayıları artmaya

başlamıştır. Bunlardan biri Udentify isimli firmadır. Görüntü işleme teknolojileri geliştiren firma, fiziksel mağazaların verimliliğini arttırmayı amaçlamaktadır. Görüntü işleme teknolojileri sayesinde fiziksel satış alanlarında müşterilerin anonim olarak takip edilebilmesini, müşterilerin yüzünden yaş-cinsiyet gibi verilerin tahminini ve müşterilerin hangi ürünlerle daha çok ilgilendikleri veya hangi alanlarda daha çok vakit geçirdiklerini tahmin edebilmekte ve bu verileri sayısal değerler ile anlamlı analizlere dökülebilmektedir. Bir başka örnek müşteri ilişkileri yönetimi hizmeti veren Etiya isimli firmadır. Etiya'nın yazılı iletişimin yoğunlukla kullanıldığı müşteri hizmetleri ve çağrı merkezlerine yönelik olarak geliştirdiği *Serdoo* isimli ürün, Türkçe doğal dil işleme yeteneği sayesinde müşterilerden gelen e-posta, mesaj ya da sosyal medya içeriklerini otomatik analiz ederek müşteriye anında cevap verebilmektedir. Bu sayede müşteriye dönüş süresi yaklaşık %50, çağrı merkezlerinde yazılı iletişime ayrılan süre ise %40 oranında azalmıştır (Şalt, 2017).

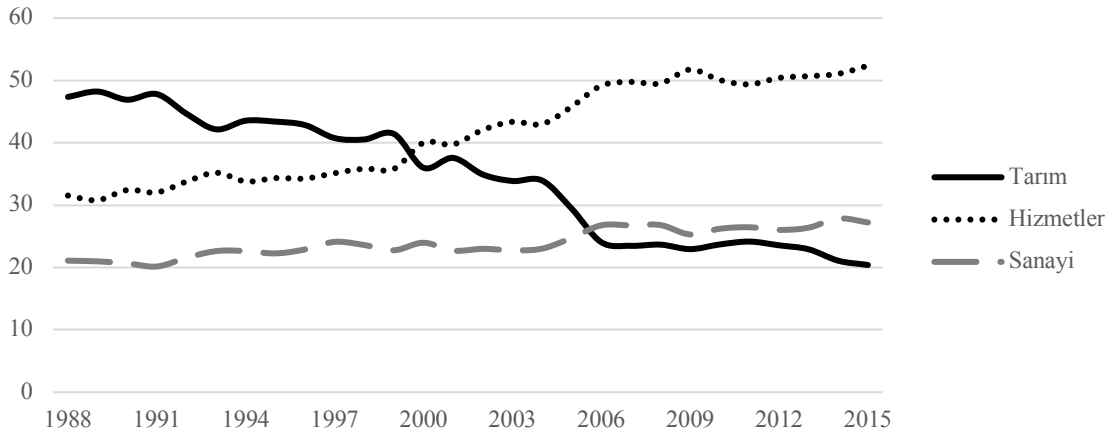
İktisadi büyümeyi amaçlayan Türkiye'nin süratle bu gibi firmaların sayısını arttırabileceği bir ekosistem oluşturması gerekmektedir. Bunun için Sak (2017), YZ alanındaki politika ve devlet destekli projelerin ayrı bir bakanlık çatısı altında toplanması gerektiğini vurgulamaktadır. Şu an devlet destekli projelerde birçok farklı bakanlığın müdahil olduğu ve bu sebeple her birimin birbirinden bağımsız biçimde biyoteknoloji, nanoteknoloji veya bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak projeler geliştirmeye çalıştığını ve bu durumun doğal bir sonucu olarak kamuda bilgi birikiminin çok parçalı ve işlevsiz bir yapıda olduğunu belirtmektedir (Sak, 2017).

Türkiye yalnızca düşük ve orta düzeyde teknoloji ürünler üreterek, daha açık ifadeyle çorap, kazak ya da domatesle 80 milyon nüfusa sahip bir ülke olarak geleceğin dünyasında parlak bir konum kazanamaz. Devrimin genel amaçlı teknolojiler çerçevesinde şekillendirilmiş bir UYS Türkiye'nin gelecek yıllardaki iktisadi gelişimini şekillendirecek en önemli faktör olacaktır.

#### 4.2.2 İşgücü Üzerine

Teknolojik gelişmenin iktisadi büyüme üzerindeki olumlu potansiyel etkilerine rağmen ilk iktisatçılardan günümüze, teknolojinin istihdam üzerindeki etkileri tartışma konusu olmuştur. David Ricardo ünlü kitabının<sup>40</sup> “Makineler Üzerine” adını taşıyan bölümünde dokumacılıkta makineleşme sonucu istihdam kaybının yarattığı karamsarlığı yansıtmakta ve şu ifadede bulunmaktadır: “*Ama artık şuna ikna olmuş durumdayım: İnsan emeğinin yerini makinelerin alması, emekçi sınıfın çıkarlarını oldukça zedelemektedir.*” (Ricardo, 2008). Ricardo’ya benzer bir şekilde Keynes (1931) *teknolojik işsizlik* kavramını geliştirmiş ve bu kavramı işgücü kullanımından tasarruf etmeye yarayan araçlarının, işgücünün yeni kullanım alanları bulmasından daha hızlı gelişmesi şeklinde açıklamıştır.

Erken dönem iktisatçıların bu karamsar yaklaşımlara karşın insanlık hiç olmadığı kadar refah seviyesini yükseltmiş ve önceleri hayali dahi kurulamayan meslekleri icra eder olmuştur. Günümüzde moleküler genetikten video oyunları geliştirmeye kadar birçok farklı alanda on binlerce insan çalışmaktadır. Bu bağlamda emek, üretim sürecinden çekilmemiş, sanayi devrimleri sonucu sürekli şekil değiştirmiştir. Nüfusun büyük bir kısmı tarımdan sanayiye ve hizmetler sektörüne kaymıştır.



**Şekil 25. Türkiye’de sektörlere göre istihdam (1988-2015)(%)**

**Kaynak:** Dünya Bankası verilerinden düzenlenmiştir.

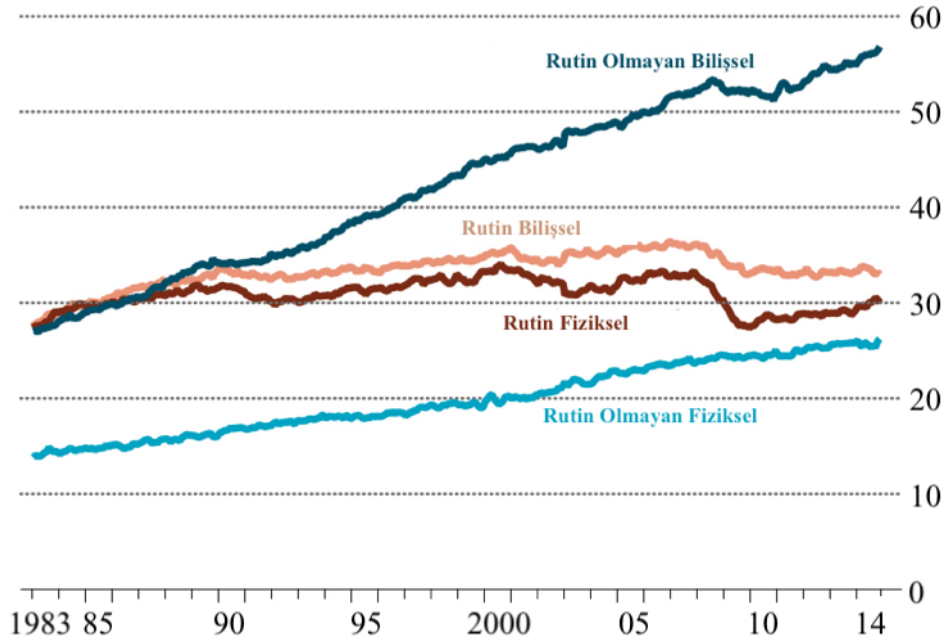
<sup>40</sup> Politik İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri

İlk üç devrim sonucunda kas gücü gerektiren işlerde makineler, kontrol ve planlama gibi işlerde ise bilgisayar programları kullanılmaya başlanmıştır. Üretim sürecindeki değişim makineleri ve programları kullanacak nitelikli işgücü ihtiyacını arttırmış ve insan emeği üretimden çekilmemiştir. Burada şu soru ön plana çıkmaktadır. Bu prensip mutlak geçerli bir kanun mudur? Harari (2015) bu devrimin öncekilerden farklı olacağını, üretim sürecinin makineleşmesi ve otomasyonun en üst seviyelere çıkarılması ile bir *gereksizler sınıfı* oluşacağını ifade etmektedir.

Özellikle son yıllarda makineleşmenin yalnızca fiziksel süreçlerde değil, bilgisayarlaşma sayesinde bilişsel yeteneği fazlaca gerektiren muhasebeci, kasiyer, telefon operatörü gibi çeşitli meslekleri de ikame etmeye başladığının görülmesiyle; teknoloji ve işgücü tartışmaları hem iktisat literatüründe hem de günlük hayatta yeniden alevlenmiştir. Tartışmanın her ne kadar iyimser ve karamsar tarafları olsa da yeni teknolojilerin sektörleri, meslekleri ve çalışmanın doğasını önemli ölçüde değiştireceği muhakkaktır. Bu değişimdeki temel belirsizlik bilgisayarlaşmanın işgücünü ne ölçüde ikame edeceği, bunun ne kadar zaman alacağı ve ne kadar ileriye gideceğidir. Bu belirsizliği giderebilmek için ilk önce teknolojik gelişmenin istihdam üzerindeki iki zıt etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Gelişen teknolojinin ilk etkisi yıkıcı bir etkidir ve emeği sermayeye ikame edip işçileri işsiz kalmaya ya da becerilerini başka yerde değerlendirmeye zorlamaktadır. İkincisi ise geliştirici bir etkidir ve emeğe yeni alanlar yaratmaktadır. Yeni ürün ve hizmetler, yeni meslekler, hatta sektörlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Schwab, 2016:45).

Bu iki etkinin işgücüne ne biçimde etki ettiğini ilk olarak teknoloji gelişiminde öncü ülke olan ABD üzerinden incelenmesi, gelişme yolunda olan Türkiye'nin durumunu anlamlandırmayı kolaylaştıracaktır. İlk çalışma 1985-2015 yılları aralığında ABD istihdamının işin türüne göre değişimini göstermektedir. İlk olarak işler fiziksel ya da bilişsel olmalarına göre sonra da bu iki grubun rutin olup olmamalarına göre ayrıma tabi tutulmuştur. 1990'lı yıllardan itibaren rutin olan işlerdeki istihdam sabit kalmış hatta biraz gerilemiştir. Bu süreçte işin fiziksel ya da bilişsel olması fark etmemiştir. Son 30 yılda otomasyonlaşmayı işin fiziksel veya bilişsel olması değil, rutin olup olmamasının belirlediği açıktır. Rutin bilişsel işler genellikle muhasebe ve büro işçiliği gibi işlerken,

rutin fiziksel işler ise tekrarlayan üretim görevlerini kapsayan işlerdir. Bu iki grupta çalışanlar genellikle orta gelir grubunu oluşturan kişilerdir. Rutin olmayan bilişsel işler ise problem çözme, yönetme ve koordine etme becerilerini gerektiren işlerdir. Bu becerileri barındıran meslekler genellikle yüksek gelir grubunu oluştururlar. Rutin olmayan fiziksel işler temizlik, garsonluk ya da güvenlik işleri gibi bilişsel yeteneği çok fazla gerektirmeyen işlerdir (Autor, Katz, & Kearney, 2006). ABD’de 1980’lerden itibaren orta gelir sınıfına ait işler büyük oranda otomasyon sürecine girmiştir. Bu süreç otomasyonlaşma yolundaki ülkeler için önemli birer göstergedir.



**Şekil 26. ABD ekonomisinde işin türüne göre istihdam (milyon kişi)**

**Kaynak:** The Economist, (2016)

İkinci çalışma Acemoğlu ve Restrepo tarafından 1990-2007 yılları aralığında ABD’de robot istihdam etmenin insan istihdamı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, bin işçi başına düşen robot sayısı bir arttığında işgücü oranını yaklaşık olarak yüzde 0,18-0,34 ve ücretleri de yüzde 0,25-0,5 oranında azaltmaktadır. Üçüncü çalışma ise YZ kısmında ifade edildiği gibi Frey ve Osborne (2013) tarafından 702 farklı meslek üzerine yapılan çalışmadır. Çalışmanın sonuçlarına göre gelecek 10-20 yıl



içerisinde bu 702 mesleğin %47'si yüksek bilgisayarlaşma tehlikesi altındadır. En fazla tehlike altında olanlardan ikisi tele satış teknikerleri ve muhasebecilerdir. Her iki meslekte de rutin işlerin fazla olduğu (muhasebecilikte faturaların bilgisayara işlenmesi ya da her ay vergi beyannamelerinin yapılması gibi) bilindiğine göre 1990'lı yıllardan süre gelen grafik pek değişmeyecek gibidir.

Dördüncü sanayi devriminde, insanların makinelerin yapamayacağı işlerde kendilerini geliştirmeleri gerekmektedir. Bu işler ya da yetenekler nelerdir sorusuna cevap arayan Dünya Ekonomik Forumu (WEF), 2020 yılı itibarıyla çalışanlarda olması gereken en önemli 10 yetenek araştırmasını açıklamıştır. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi kritik düşünme ve yaratıcılık yeteneği eskisine göre daha önemli hale gelmektedir.

2015	2020
1. Karmaşık Problem Çözme Becerisi	1. Karmaşık Problem Çözme Becerisi
2. Kişiler/Birimler Arası Koor. Becerisi	2. Analiz ve Kritik Düşünme Becerileri
3. Yönetim Becerileri	3. Yaratıcılık
4. Analiz ve Kritik Düşünme Becerileri	4. Yönetim Becerileri
5. Müzakere Becerileri	5. Kişiler/Birimler Arası Koor. Becerisi
6. Kalite Kontrol Becerileri	6. Duygusal Zekâ
7. Hizmet Odaklılık	7. Değerlendirme ve Karar Alma
8. Değerlendirme ve Karar Alma	8. Hizmet Odaklılık
9. Aktif Dinleme Becerisi	9. Müzakere Becerileri
10. Yaratıcılık	10. Bilişsel Esneklik (Cognitive Flexibility)

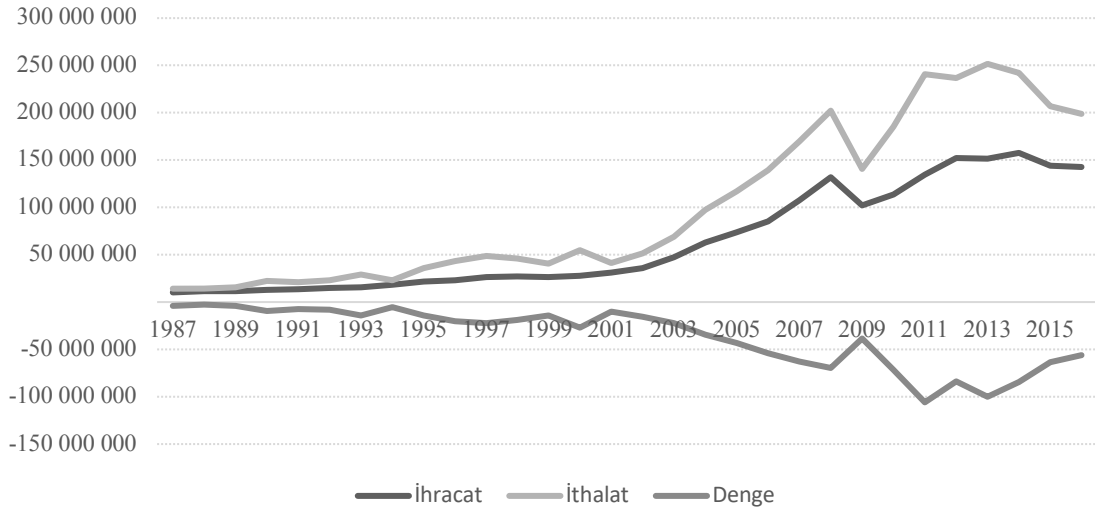
**Kaynak:** World Economic Forum, (2016)

Eğilmez (2017) dördüncü sanayi devriminde Türkiye'nin önünde iki seçenek olduğunu belirtmektedir. Türkiye ya ileri robotik üretimini gerçekleştirecek ya da yapılmış robotları satın alarak üretim sürecine dahil edecektir. Büyük ihtimalle ikinci seçeneğin seçileceği ama gelecek yıllarda asıl kazanım sağlayanların birinciyi seçenler olacağını söylemektedir. Türkiye hangi seçeneği seçerse seçsin nitelikli insan gücüne olan ihtiyaç artacaktır. Bu açıdan işgücünün bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik ekseninde kapsamlı bir eğitim sürecine tabi tutulması gerekmektedir.

### 4.2.3 Dış Ticaret Üzerine

İster yurt içine ister yurt dışına yapılınsın, ticarete başarılı olmanın aslında iki temel kuralı vardır. Ya bir ürün daha az maliyetle üretilmeli ya da daha önce hiç üretilmemiş bir ürün üretilmelidir. Ülkelerin bu iki kuralı gerçekleştirebilmesi için, teknoloji yoğunluğu yüksek üretimin teşvik edilmesi ve akabinde ekonomilerin yüksek katma değer üreten sektörler ekseninde şekillenmesi gerekmektedir. Bu anlamda hem ticarete hem de üretimde başarılı olmak için, nitelikli işgücüne, yeniliği teşvik eden kurumsal yapılanmalara ve hepsinden önemlisi tüm bunların bütününe ifade eden etkin işleyen bir UYS'ne ihtiyaç vardır.

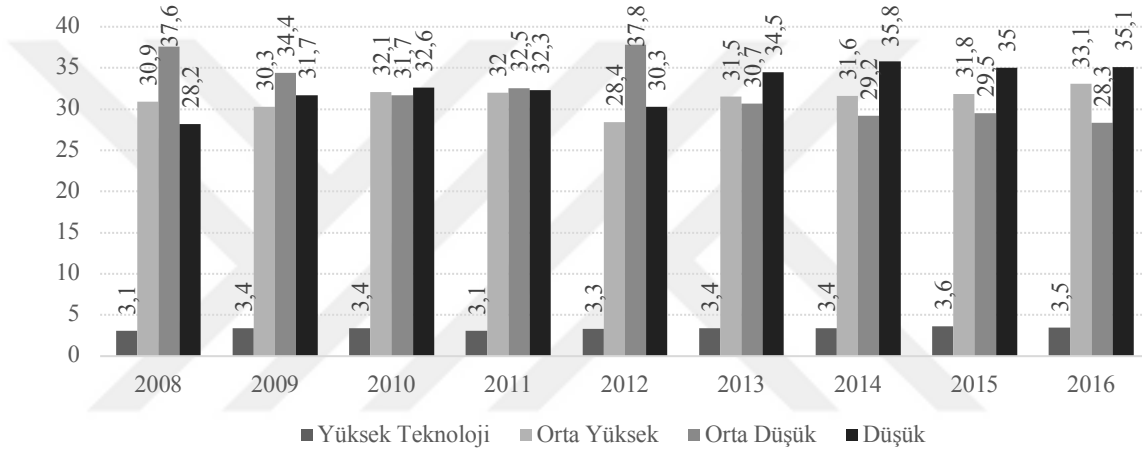
Patent istatistiklerinden anlaşılacağı üzere Türkiye uzun yıllardır dış pazarlara yeni ve yapılmamış ürünleri geliştirerek değil, mevcuttaki ürünleri daha düşük maliyetle üreterek eklemlenmiş bir ülkedir. Maliyetleri düşük tutabilmeyi ise büyük ölçüde ucuz iş gücü sayesinde sağlayabilmiştir. Ancak görece fiyatlara dayalı rekabet gücü, ülkelerin gelişebilmesinde kalıcı ve etkin bir çözüm yolu değildir. İhracat artışı, temposu yüksek verimlilik artışlarına bağlıdır. Bu açıdan fiziksel ve niteliksiz emeğe talebin her geçen gün azaldığı bir dünyada ucuz işgücü avantajı ile dış ticareti sürdürülebilir kılmak mümkün değildir.



Şekil 27. Türkiye dış ticaret verileri (1987-2016) (bin)

Kaynak: TÜİK, (2017)

Yukarıdaki tablo 1987 – 2016 yıllarına ait dış ticaret verilerini göstermektedir. Türkiye 2016 yılı itibarıyla yaklaşık 200 milyar dolarlık ithalata karşılık 142 milyar dolarlık ihracat gerçekleştirmiştir. Grafikten görüldüğü üzere uzun yıllardır ithalat rakamları, ihracat rakamlarını aşmakta ve ülke dış ticaret açığı vermektedir. Bu veriler ürün bazında incelendiğinde ihracatın %93'ünün, ithalatın ise %84'ünün imalat sanayi ürünleri olduğu görülmektedir. Bu açıdan imalat sanayi ürünlerinin teknolojik yoğunluğuna bakmak ihracatın neden uzun yıllardır ithalatın gerisinde kaldığını anlamak için elzemdir.



**Şekil 28. Teknoloji yoğunluğuna göre ihracat**

**Kaynak:** TÜİK verilerinden hazırlanmıştır.

Türkiye'nin imalat sanayi ihracatı esas olarak düşük ve orta teknolojilere dayalı bir yapı göstermektedir. Uzun yıllar yüksek teknolojlili ürünlerin payı %3 düzeyinde seyretmekte ve 2008'den 2016'ya kadar sekiz yıllık sürede yalnızca %0,4 oranında arttırılabilmektedir. Buna karşın düşük teknoloji düzeyindeki ürünlerin payı %28'den %35 seviyelerine çıkmıştır. 2016 yılı itibarıyla ithalatın %17'sini yüksek, %44,9'unu orta-yüksek, %25,6'sını orta-düşük ve %12,6'sını ise düşük teknolojlili ürünler oluşturmaktadır. Bu rakamlar ihracat verileri ile kıyaslandığında sadece düşük teknoloji ürünlerinde dış ticaret fazlası verildiği görülmektedir. Hem üretim hem de ihracat düşük ve orta teknoloji üretimine hapsolmuş durumdadır.

İmalat sanayinin üretim ve dış ticaret yapısının teknik bilgi ve beceri düzeyi düşük ve orta teknoloji içerikli sektörlerde uzmanlaştığı, buna karşın yüksek teknoloji içerikli sektörlerin üretim ve ihracat paylarının düşük kaldığı görülmektedir. Ülkemizde dördüncü

devrimin genel amaçlı teknolojileri ekseninde sanayi politikaları yeniden düzenlenmeli ve sanayinin üretim ve dış ticaret yapısının teknolojik düzeyini artıracak, sanayide derinleşmeyi sağlayacak dönüşümler bir an önce gerçekleştirilmelidir.



## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada teknolojik gelişmelerin Türk ekonomisi üzerindeki muhtemel etkileri incelenmiştir. Bu anlamda, mevcut gelişmelerin incelenebilmesi için çalışma dört bölüm olarak planlanmış ve birinci bölümde teknolojik gelişmenin kavramsal ve kuramsal çerçevesi çizilmiştir. Adam Smith'ten günümüze iktisat dünyasında teknolojinin öneminin kabul görmesine karşın, içsel büyüme modelleri ve Ulusal Yenilik Sistemi kavramının gelişimine kadar kapsamlı bir çalışma alanı yapılmadığı görülmüştür. Hatta ana akım iktisat olarak değerlendirilen Neo-Klasik iktisat literatüründe uzun yıllar teknoloji yalnızca mühendislik dallarını ilgilendiren bir konu olarak algılanmış ve iktisadi gelişim sürecini açıklamak için kurgulanan modellerde hep artık bir faktör olarak değerlendirilmiştir.

İkinci bölümde teknolojik gelişmelerin sanayi üretiminde kapsamlı dönüşümlere neden olduğu dönemler, sanayi devrimleri başlığı altında açıklanmıştır. İlk olarak İngiltere'de meydana gelen değişimler birinci sanayi devrimi adı altında incelenmiştir. Bu devrim, 1760'lardan 1850'lere kadar süren, genel amaçlı teknolojisini buharlı makinelerin oluşturduğu, mekanik üretime geçişi ifade eden bir süreçtir. Bu devrim sonucunda üretim atölyelerden fabrika olarak isimlendirilen büyük tesislere kaymıştır. İkinci sanayi devrimi, 19. yüzyıl sonları ile 20. yüzyılın başlarında hammaddesini çeliğin oluşturduğu, gücünü elektrik enerjisinden alan bir dönüşümdür. ABD'nin öncü konumda olduğu bu devrimde, kitlesel üretim biçimi doğmuştur. Üçüncü sanayi devrimi ise 1960'larda başlayan ve 2010'lu yıllara kadar devam eden, üretimde bilgisayarların ve programlanabilir robotların kullanılmaya başlamasıyla meydana gelen değişimdir. Bu devrim sayesinde fabrikalardaki üretim hatları kendi içinde optimize olmaya başlamışlardır.

Üçüncü bölümde dördüncü sanayi devriminin hangi teknolojiler üzerinden gerçekleşme imkânı bulunduğu incelenmiştir. Dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojisini Yapay Zekâ oluşturmaktadır. Yapay Zekâ'nın yanı sıra önemli olan diğer teknolojilerin ve unsurların başında ileri robotik, Nesnelerin İnterneti, büyük veri, 3D yazıcılar ve blok zinciri gelmektedir. Özellikle 2010'lu yıllar itibarıyla sosyal medya uygulamalarının ve internete bağlanabilen cihaz sayısının artış göstermesi veri çeşitliliği ve boyutunu önemli

ölçüde arttırmıştır. Sosyal medyadan ve bu cihazlardaki sensörlerden sağlanan milyarlarca görüntü ve ses verisi makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yeni tekniklerle işlenmeye başlanınca Yapay Zekâ alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Görüntü üzerindeki nesnelere birbirinden ayırabilmeyi ve tanımlayabilmeyi insanlardan iyi yapabilen bilgisayar algoritmaları, robot teknolojisiyle birleşince; üretim sürecinde sayıları hızla artan ve maliyetleri hızla azalan robotlaşmanın önünü açmıştır. Sermaye yoğun üretim her geçen gün ivmesini arttırarak üretim sürecini dönüştürmektedir.

Son bölüm iki alt kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda Türkiye’de mevcut teknolojik gelişmelere yön veren Türk Ulusal Yenilik Sistemi açıklanmıştır. Bunu yaparken ilk olarak UYS’nin tarihsel gelişimi açıklanmış ardından mevcut durum çeşitli göstergeler yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu bağlamda son yıllarda finansal destekler, teknoloji geliştirme faaliyetinde bulunan firmalar ve üniversitelerin sayısal olarak arttırılmasında önemli gelişmeler yaşandığı ancak bilim sisteminin hem temel çıktısı hem de geliştirici gücü olan nitelikli işgücünün oluşturulmasında önemli eksikliklerin olduğu görülmüştür. KOSGEB ve TÜBİTAK tarafından verilen destekler önemli ölçüde arttırılmış, özel firmalar Ar-Ge yatırımlarını arttırmış ve üniversite sayısı son 30 yılda yaklaşık olarak 3 kat artmıştır. Ancak yüksek öğrenim görmüş nüfusun oranı hâlâ çok düşük düzeydedir. Bu oranın yanı sıra, PISA test sonuçlarına bakıldığında, genç nesillerin dünya ile rekabet edemeyecek bir bilgi seviyesinde olduğu görülmektedir.

Son bölümün ikinci kısmında ise dördüncü sanayi devriminin Türk ekonomisi üzerindeki muhtemel etkileri iktisadi gelişme, istihdam ve dış ticaret konu başlıkları altında değerlendirilmiştir. İktisadi gelişme başlığı altında genel amaçlı teknolojilerin ülke ekonomilerinin gelişiminde itici unsur olduğu ve bu teknolojilerin geliştirilmesi ve sektörlere yayılabilmesini sağlayacak biçimde şekillendirilmiş UYS’lerinin iktisadi gelişmeyi sağlayacak en önemli unsur olduğu görülmüştür. İşte burada politika yapıcılara büyük bir görev düşmektedir. Politika yapıcılar genel amaçlı teknolojilerin gelişiminde aktif rol oynayacak işgücünün eğitimini sağlamalıdır. Bunun için öğrencilere bu devrimin alfabesi olan kodlama eğitimleri erken yaşlardan itibaren verilmelidir. Eğitimler yalnızca okullarda verilen derslerle sınırlı kalmamalı, her yaşta bireye ücretsiz eğitimler verilmeli, özel kuruluşlar desteklenmeli ve bu eğitimlerin ürünlere dönüşebileceği

merkezler, paylaşımlı ofisler kütüphaneler gibi her il ve ilçeye açılmalıdırlar.<sup>41</sup> İşgücü eğitimin diğer kısmını üniversiteler oluşturmaktadır. Üniversitelerin temel bilim ve mühendislik bölümlerine ek bütçeler ayrılmalı, öğrenci kapasitesini ve eğitimin niteliğini arttıracak çalışmalar yapılmalıdır. Özellikle Veri Bilimi (Data Science) ve Yapay Zekâ alanında derslerin ağırlığı mevcut mühendislik bölümlerinde artırılmalı ve diğer bölümlere ise eklenmelidir. Zira Yapay Zekânın toplumsal ilişkilerde doğuracağı etkiler göz önüne alındığında, sosyal bilimleri dahi ilgilendirir bir konuma gelmektedir. Eğitimle birlikte Türkiye'nin ABD ve Çin gibi YZ ve robot teknolojisi tüm boyutlarıyla ele alan ulusal bir strateji belirlemesi gerekmektedir. Özel firmaları, Ar-Ge birimlerini ve kamu kuruluşlarını bu strateji çerçevesinde koordine etmesi gerekmektedir. Politika yapıcılar akıllı üretim sistemlerinin gelişmesinde öne çıkan diğer teknolojilerde de (sensör teknolojileri, nesnelerin interneti, büyük veri, 3D yazıcı, siber güvenlik, bulut bilişim vb.) gerekli standardizasyon protokollerinin oluşturulmasını sağlamalıdırlar. Özellikle bu teknolojilerin birbiriyle iletişim kurmasını sağlayan internet teknolojisinin hızlı bir şekilde gelişimi ve ülke genelinde yayılımı için önlemler alınmalıdır. İnternet sağlayıcılara yeni teknolojileri geliştirmek ve mevcut yapılarına ekleyebilmeleri için kamu tarafından destekler sağlanmalıdır.

Her ne kadar devrimin isminde sanayi kelimesi geçse de yeni teknolojilerinin sanayinin yanı sıra tarım ve hizmetler sektöründe de kapsamlı dönüşümler yaratacağı açıktır. Önemli olan bu dönüşümlerin yıkıcı etkilerini azaltacak ve akabinde bilgisayar teknolojileriyle insan işgücünü birleştirerek artı değerler meydana getirecek mekanizmaların oluşturulabilmesidir.

---

<sup>41</sup> Bu merkezlere örnek olarak İstanbul Kadıköy Belediyesinin açmış olduğu İDEA Kadıköy merkezi gösterilebilir. Erişim tarihi: 09.02.2018 <http://idea.kadikoy.bel.tr>

## KAYNAKÇA

Akçomak, S. İ., Erdil, E., Pamukçu, T. M., ve Tiryakioğlu, M., "Bilgi, Bilim, Teknoloji ve Yenilik: Kavramsal Çerçeve", ***Bilim, Teknoloji ve Yenilik Kavramlar, Kuramlar ve Politika*** içinde (s. 19-46). İstanbul, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2016.

Anonim, ***North River Steamboat***, (Erişim Tarihi: 10.10.2017) [http://www.wikiwand.com/en/North\\_River\\_Steamboat](http://www.wikiwand.com/en/North_River_Steamboat)

Ansal, H., "Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişmede Teknolojinin Rolü", ***Teknoloji*** içinde (s. 35-58) Ankara, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 2004.

Autor, D. H., Katz, L. F., & Kearney, M. S. The Polarization of the U.S. Labor Market. ***National Bureau of Economic Research***, 1-15, 2006.

Ayhan, A., ***Dünden Bugüne Türkiye'de Bilim - Teknoloji ve Geleceğin Teknolojileri*** (1 b.). İstanbul, Beta Basım. 2002.

Ayres, R. U., ***Technological Transformations and Long Waves***. Avusturya/Viyena: International Institute for Applied Systems Analysis. 1989.

Bülbül, Y., ***Teknonomi, Tarihsel Açıdan Teknoloji - Ekonomi İlişkisi***. İstanbul, Kitabevi. 2008.

Başer, N. ***I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü***, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2011.

Bellis, M., ***The History of the ENIAC Computer***. (Erişim Tarihi: 2017, 07 31) <https://www.thoughtco.com/history-of-the-eniac-computer-1991601>

Bernstein, P., ***The Top Bell Labs Innovations - Part I: The Game-Changers***. tmcnet.com: <http://blog.tmcnet.com/next-generation-communications/2011/08/the-top-bell-labs-innovations---part-i-the-game-changers.html> (Erişim Tarihi: 2011, 08 29)



Bhuiyan, J., *After two million miles, Google's robot car now drives better than a 16-year-old.* 08 06, 2017 tarihinde Recode.net: <https://www.recode.net/2016/10/5/13167364/google-self-driving-cars-2-million-miles> (Erişim Tarihi: 2016, 11 05)

**Bilim ve Teknoloji Genel M¼d¼rl¼g¼.** *Teknoloji Geliştirme B¼lgeleri.* <https://btgm.sanayi.gov.tr/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=c18f64dd-0a3a-4e1e-a57e-13f39e017001> (Erişim Tarihi: 2017, 11 22)

Brynjolfsson, E., & McAfee, A., *The Second Machine Age.* ABD: W. W. Norton & Company. 2016.

Craig, J. J., *Introduction to robotics mechanics and control* (2 b.). Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1989.

Davenport, T., *Big Data @ Work* (1 b.). (M. Çavdar, ev.) İstanbul, Optimist Kitap. 2016.

Davies, J., *We'll connect a billion cows to the internet – Huawei CEO.* telecoms.com: <http://telecoms.com/486139/well-connect-a-billion-cows-to-the-internet-huawei-ceo/> (Erişim Tarihi: 2017, 11 15)

Ege, B., D¼rd¼nc¼ End¼stri Devrimi Kapıda Mı? *Bilim ve Teknik.* 2014.

Eugene, K., *Amazon's \$775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart.* Business Insider: <http://www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6> (Erişim Tarihi: 2016, 06 15)

Eğilmez, M. *End¼stri 4.0.* Kendime Yazılar: <http://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html> (Erişim Tarihi: 2017, 05 08).

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma ¼rg¼t¼ (OECD), *Managing National Innovation Systems.* Paris, France: OECD, 1999.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), *Adult education level*. OECD Data: <https://data.oecd.org/eduatt/adult-education-level.htm>, 2017.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), *Gross domestic spending on R&D*. Erişim Tarihi: 08 31, 2017 tarihinde OECD Data: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>, 2017.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 - The Digital Transformation*. Paris: OECD Publishing, 2017.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), *Reading performance (PISA)*. Erişim Tarihi: 08 31, 2017 tarihinde OECD Data: <https://data.oecd.org/pisa/reading-performance-pisa.htm>, 2017.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), *Triadic patent families*. OECD Data: <https://data.oecd.org/rd/triadic-patent-families.htm> Erişim Tarihi: 01.11.2017

Eşiyok, B. A., 1930'lardan 2000'lere Sanayileşme: Toplumsal Hedef Olmaktan Çıkıyor. *İktisat ve Toplum*(52), 41-57.

Eşiyok, B. A. ,Yeni Türkiye'nin Ekonomisi: Düşük ve Orta Teknoloji Temelli. ***Herkese Bilim Teknoloji***, s. 23. 2015.

**FF3DM**. *What is 3D Printing?* Fine Fast 3D Making: <https://ff3dm.com/what-is-3d-printing> (Erişim Tarihi: 2017, 11 20)

Ford Motor Company., *Game Changer: 100th Anniversary of the Moving Assembly Line*. Erişim Tarihi: 08 20, 2017 tarihinde The Ford Motor Company Mediacenter: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/game-changer--100th-anniversary-of-the-moving-assembly-line.html> , 2013.

- Freeman, C., & Louça, F., *As Time Goes by*. Oxford: Oxford University Press. 2001.
- Freeman, C., & Soote, L., *Yenilik İktisadi*. (E. Türkcan, Çev.) Ankara, TÜBİTAK. 2004.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2016, 09 29). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? *Oxford Martin School, University of Oxford, Oxford OX1 1PT, United Kingdom Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford OX1 3PJ, United Kingdom* .
- Gimpel, J., *Ortaçağda Endüstri Devrimi* (2 b.). (N. Özüydin, Çev.) Ankara, TÜBİTAK. 1997.
- Graetz, G., & Michaels, G. Robots at Work. *Centre for Economic Performance*, 1-56, 2015
- Greengard, S., *Nesnelerin İnterneti* (1 b.). (M. Çavdar, Çev.) İstanbul, Türkiye: Optimist Kitap. 2017.
- Guillen, M., *Dünyayı Değiştiren Beş Denklem - Matematiğin Gücü ve Şiirselliği*. (G. Tanrıöver, Çev.) Ankara, TÜBİTAK. 1999.
- Gürak, H., *Önce Bilgili İnsan*. Erişim Tarihi: 08 20, 2017 tarihinde Academia: [https://www.academia.edu/4117662/Önce\\_Bilgili\\_İnsan\\_nitelikli\\_emek\\_beşeri\\_sermaye\\_hakkında?auto=download](https://www.academia.edu/4117662/Önce_Bilgili_İnsan_nitelikli_emek_beşeri_sermaye_hakkında?auto=download) . 2006
- Güran, T. "*İktisat Tarihi*", İstanbul, Der Yayınları, 2011.
- Harari, Y., *Hayvanlardan Tanrılara: Sapiens, İnsan Türünün Kısa Bir Tarihi* (2. b.). (E. Genç, Çev.) İstanbul, Kolektif Kitap. 2015.
- Hobsbawm, E. J., *Sanayi ve İmparatorluk*. (A. Ersoy, Çev.) Ankara, İletişim Yayınları. 2009.

Internet World Stats., *INTERNET GROWTH STATISTICS*. Erişim Tarihi: 08 20, 2017 tarihinde [Internet World Stats: http://www.internetworldstats.com/emarketing.htm](http://www.internetworldstats.com/emarketing.htm) , 2017.

Isaacson, W., *Geleceği Keşfedenler - Dijital Çağın Biyografisi* (1 b.). (D. Dalgakıran, Çev.) İstanbul, Domingo. 2017.

Johnson, C. (2015, 10 12). *Roadmap to Trillion Sensors Forks*. Retrieved from EETİmes: [https://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1328466](https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1328466)

Kepenek, Y., Türkiye'nin 1980 Öncesi Bilim ve Teknoloji Politikaları. *Bilim, Teknoloji ve Yenilik - Kavramlar, Kuramlar ve Politika*. içinde İstanbul, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2016.

KOSGEB. *Plan, Raporlar ve Mali Tablolar*. KOSGEB: [http://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/PERFORMANS\\_2016.pdf](http://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/PERFORMANS_2016.pdf) (Erişim Tarihi: 2017, 11 28)

Lucas, L. *China seeks dominance of global AI industry*. Retrieved from Financial Times: <https://www.ft.com/content/856753d6-8d31-11e7-a352-e46f43c5825d>(Erişim Tarihi: 2017, 10 16)

Maddison, A., & Organisation for Economic Co-operation and Develop. (2001). *The world economy: A millennial perspective*. Fransa/Paris: Development Centre of the Organisation for Economic Co-operation and Development.

Mokyr, J., The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*. Northwestern University, 1998.

Morris, I., *Dünyaya Neden Batı Hükmediyor*. İstanbul, Alfa Yayıncılık, 2012.

Murphy, M. *Fedex is using autonomous robots to essentially replace the mailroom clerk.*  
Quartz: <https://qz.com/955576/fedex-is-using-autonomous-robots-to-essentially-replace-the-mailroom-clerk/> (Erişim Tarihi: 2017, 04 13)

Pamuk, ř., *Türkiye'nin 200 Yıllık İktisadi Tarihi* (5 b.). İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. 2015.

Quataert, D., *Sanayi Devrimi Çağında Osmanlı İmalat Sektörü.* (T. Güney, Çev.) İstanbul, İletişim Yayıncılık. 1999.

RIA. (2017, 11 22). *UNIMATE - The First Industrial Robot.* The Robotic Industries Association: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>

Ricardo, D. (1817-2008). *Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri.* (B. Zeren, Çev.) İstanbul, Türkiye İş bankası Kültür Yayınları.

Ross, A., *The Industries of the Future* (1 b.). Simon & Schuster. 2016.

Russell, S., & Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence A Modern Approach* (3 b.). Pearson.

Saatçioğlu, C., Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Uygulanan Bilim ve Teknoloji Politikaları: İsrail, AB ve Türkiye Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1*, 179-198. 2005.

Sak, G. (Erişim Tarihi: 2017, 11 27). *AI Bakanlığı ne işe yarar?* TEPAV: <http://www.tepav.org.tr/tr/blog/s/6046>

Salvekar, D., Nair, A., Bright, D., & Bhisikar, S. (2015). Mind Controlled Robotic Arm. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 36-44.

Schwab, K., *Dördüncü Sanayi Devrimi* (1 b.). (Z. Dicleli, Çev.) İstanbul, Optimist. 2016.

Segovia, V. R., & Theorin, A. (2012, 06 15). *History of Control - History of PLC and DCS*.

[http://www.control.lth.se/media/Education/DoctorateProgram/2012/HistoryOfControl/Vanessa\\_Alfred\\_report.pdf](http://www.control.lth.se/media/Education/DoctorateProgram/2012/HistoryOfControl/Vanessa_Alfred_report.pdf)

Shodjai, F. (1995, 10). *Systems of Innovation*. 08 20, 2017 tarihinde shodjai.org: <http://www.shodjai.org/foad/extdoc/innov.fm.html#HDR4>

Smil, V., *Transforming the Twentieth Century - Technical Innovations and Their Consequences* (1 b.). Oxford: Oxford University Press. 2006.

Smith, A., *Milletlerin Zenginliği* (4 b.). (H. Derin, Çev.) İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. 2010.

Smith, C., *The History of Artificial Intelligence*. 08 01, 2017 tarihinde <http://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf> . 2006.

Smith, M., *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*. Washington: Executive Office of the President of the USA. 2016.

Statista. (2017, 11 17). *Funding of artificial intelligence (AI) startup companies worldwide, from 2006 to 2016 (in billion U.S. dollars)*. statista.com: <https://www.statista.com/statistics/621468/worldwide-artificial-intelligence-startup-company-funding-by-year>

Statista. (2017, 11 17). *Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)*. Statista.com: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

- Steadman, I. (2013, 02 11). *IBM's Watson is better at diagnosing cancer than human doctors*. 08 20, 2017 tarihinde Wired: <http://www.wired.co.uk/article/ibm-watson-medical-doctor>
- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., . . . Teller, A., *Artificial Intelligence and Life in 2030*. Stanford University. Stanford: One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel. 2016.
- Şalt, M. (2017, 05 01). *Karşınızda İlk Yerli Yapay Zeka Uygulaması: Serdoo!* Webtekno: <http://www.webtekno.com/karsinizda-ilk-yerli-yapay-zeka-uygulamasi-serdoo-h28255.html>
- Şen, Z., *Bilim ve Türkiye*. Ankara, TÜBİTAK. 2016.
- Şirin, S., *Yol Ayrımındaki Türkiye, Ya Özgürlük Ya Sefalet* (1 b.). İstanbul, Doğan Kitap. 2015.
- Takay, B. A., & Aydın, D. G., Kapitalizmin Şövalyeleri ve Sanayi Kaptanları Üzerine. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(2), 153-165. 2013.
- Taymaz, E., *Ulusal Yenilik Sistemi - Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişim ve Yenilik Süreçleri*. Ankara, TÜBİTAK. 2001.
- The Economist. (2016, 06 25). March of the Machines - The return of the machinery question. *The Economist*, s. 3 - 16.
- Tiryakioğlu, M., *Araştırma Geliştirme-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş OECD Ülkeleri Üzerine Uygulama*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon. 2006.

- Tonus, Ö., Türkiye’de Milli Gelir, Gelir Dağılımı ve Yoksulluk., **Türkiye Ekonomisi** (Cilt 2). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi. 2013.
- Tuncel, C. O., Heterodoks Bir Mikro İktisat Teorisine Doğru: Evrimci İktisadın Teknolojik Gelişme Yaklaşımı ve Firmanın Doğası . *Ekonomik Yaklaşım*, 19(69), 1-32. 2008.
- Turing, A. M. (1950, 10 1). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 49(236), 433-460.
- Türedi, S., Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Panel Veri Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, 298-322. 2013.
- Türkcan, E., **Dünya’da ve Türkiye’de Bilim, Teknoloji ve Politika**. İstanbul, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları. 2009.
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), *Türkiye'nin Bilim, Teknoloji, Yenilik Sistemi ve Performans Göstergeleri*. TÜBİTAK. Ankara, TÜBİTAK. 2012.
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), *Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması [2016/101]*. [https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2016\\_101.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2016_101.pdf) . 2016
- Urban, T. (2015, 01 22). *The AI Revolution: The Road to Superintelligence*. 08 06, 2017 tarihinde Wait but Why?: <https://waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html>
- Uzkurt, C., Yenilik Çeşitleri ve Yeniliğin Yayılması. **Yenilik Yönetimi** (s. 16-35). içinde Eskişehir: Anadolu Üniversitesi. 2009.



Ümit, İ., Kılıçaslan, Y., Sönmez, D., Taymaz, E., & Üçdoğruk, Y. (2012). **ATILIM İÇİN BİLİŞİM - Türkiye Ekonomisi İçin Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörü Atılım Stratejisi 2023**. İstanbul, TÜBİSAD.

Vigna, P., & Casey, M. J., *Kriptopara Çağı*. İstanbul, Buzdağı Yayınevi. 2017.

Weller, C. (2017, 09 06). *A robot did better than 80% of students on the University of Tokyo entrance exam*. Business Insider: <http://www.businessinsider.com/robot-beat-most-students-on-university-tokyo-entrance-exam-2017-9>

Wilde, R. (2017, Mart 26). *Iron in the Industrial Revolution*. Mayıs 30, 2017 tarihinde thoughtco.com: <https://www.thoughtco.com/iron-in-the-industrial-revolution-1221637>

World Economic Forum., *The Future of Jobs - Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. 2016.

Yetkiner, H., Ar-Ge, Yenilik ve Ekonomik Büyüme I: Temel Neo-Klasik Yaklaşımlar. ***Bilim, Teknoloji ve Yenilik - Kavramlar, Kuramlar ve Politika*** (s. 182-209). içinde İstanbul, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları. 2016.