

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT POLİTİKASI ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE İNOVASYON
VE TEKNOLOJİ TEMELLİ BÜYÜME**

Tuğba GÜNGÖR

2501160278

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Halil TUNALI

İSTANBUL – 2018



Y Ü K S E K L İ S A N S

TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : TUĞBA GÜNGÖR

Numarası : 2501160278

Anabilim/Bilim Dalı : İKTİSAT POLİTİKASI

Danışman : DOÇ. DR. HALİL TUNALI

Tez Savunma Tarihi : 15.08.2018

Tez Savunma Saati : 13:00

Tez Başlığı : ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE İNOVASYON VE TEKNOLOJİ TEMELLİ BÜYÜME

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin **36. Maddesi** uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alını cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜ'NE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. AHMET İNCEKARA		Kabul
2- PROF. DR. YUSUF TUNA		Kabul
3- DOÇ. DR. HALİL TUNALI		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. AHMET YÖRÜK		
2- DOÇ. DR. MURAT USTAOĞLU		

ÖZ

ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE İNOVASYON VE TEKNOLOJİ TEMELLİ BÜYÜME

TUĞBA GÜNGÖR

Tarih boyunca büyük teknolojik keşif ve gelişmeler sonrası ortaya çıkan sanayi devrimleri, gerek sosyal gerekse ekonomik anlamda büyük dönüşümlerin başlangıcı olmuştur. Küreselleşme olgusunun ivme kazandığı 1980 ve sonrası dönemde özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, dünyayı yeni bir sanayi devriminin eşiğine getirmiştir. Önceki sanayi devrimlerinden farklı olarak nesnelerin akıllandığı bir döneme şahitlik ettiğimiz ve literatürde sıklıkla karşımıza “Endüstri 4.0” olarak çıkan bu yeni sanayi devrimi ile hayatımıza giren yenilikçi teknolojiler; yalnızca üretim ilişkilerini ve ekonomik faaliyetleri değil, tüketim alışkanlıklarımızı, zevk ve tercihlerimizi de köklü değişimlere uğratmaktadır. Değer zincirinin tamamına yayılan bir dönüşümü ifade eden Endüstri 4.0, ekonomide ve özellikle iktisadi büyümede kuralların yeniden yazıldığı, küresel güç dengelerini alt üst edebilecek bir paradigma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında Endüstri 4.0’ın yenilikçi teknolojilerinden hareketle bu teknolojilerin büyümeye olası etkileri, Endüstri 4.0’ın öncüsü olarak kabul edilen ülkeler ve Türkiye ekonomisi için tespit edilmeye çalışılmıştır. Başlangıç yılı 2011 olarak kabul edilen Endüstri 4.0’ın yeni bir çalışma alanı olması ve henüz yeterli verilerin yayımlanmaması nedeniyle nitel bir analiz yönteminin benimsendiği bu çalışmada en güncel veri ve istatistikleri kapsayacak şekilde geniş bir literatür taraması yapılarak Endüstri 4.0’ın büyüme başta olmak üzere temel iktisadi etkileri analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular ışığında; Endüstri 4.0’ın istihdama etkileri tartışmalı bir alan olsa da çığır açan yenilikçi teknolojilerinin sağladığı

verimlilik artışı, yüksek kalite ve maliyet avantajı ile yeni dönemde gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan tüm dünya ülkeleri için iktisadi büyümenin itici gücü olacağı anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, inovasyon, teknoloji, iktisadi büyüme



ABSTRACT

INNOVATION AND TECHNOLOGY-BASED GROWTH IN THE FRAMEWORK OF INDUSTRY 4.0

TUĞBA GÜNGÖR

The industrial revolutions that have emerged following great technological discoveries and developments throughout history, have been the commencing point of great transformations both in social and economic grounds. Rapid improvements in information and communication technologies, particularly, after the 1980s when the globalization phenomenon gained momentum, have brought the world to the brink of a new industrial revolution. Unlike previous industrial revolutions, the innovative technologies that have come into our lives along with the new industrial revolution which we witness it in an era when objects have become smart and which is indicated as “Industry 4.0” in the literature, radically transform not only the production relations and economic activities, but also our lifestyles, our consumption habits, and our tastes and preferences. Industry 4.0, which denotes an extensive transformation throughout the value chain, emerges as a paradigm that can potentially transpose global power balances and result in revision of norms of economics and economic growth in particular. This thesis studies the potential impact of Industry 4.0's innovative technologies on the economic growth of the pioneer countries and Turkey. Since Industry 4.0 is a new field of study and due to the lack of sufficient data and publications, qualitative analysis method has been adopted in this study. Using an extensive literature review and most up-to-date data and statistics, this study analyzes major economic impacts of Industry 4.0, particularly on growth. Although the impact of Industry 4.0 on employment is debatable, findings in the study show that due to the productivity rise, high quality and cost effectiveness provided by the pioneer innovative technologies, it will be the

driving force for the economic growth of both developed and emerging economies throughout the world.

Keywords: Industry 4.0, innovation, technology, economic growth



ÖNSÖZ

Adını ilk kez 2011 yılında düzenlenen Hannover Fuarı'nda bir teknoloji projesi olarak duyuran Endüstri 4.0, çağır açan teknolojileri ile tüm dünyayı yepyeni bir çağın eşiğine getirmiştir. İlk ayak sesleri Almanya'da duyulan bu yeni sanayi devrimi; gerek sosyal, gerek iktisadi anlamda büyük dönüşümlerin başlangıcı olacağının sinyalini daha şimdiden vermektedir. Bu nedenle ülkeler, küresel güç dengelerini büyük ölçüde değişime uğratabacak olan bu yeni sanayi devriminin öncüsü olmanın yarışı içerisindeyler.

Gelişmiş ülkelere sanayideki eski güçlü konumlarını elde etmek için büyük fırsatlar sunan Endüstri 4.0, Türkiye için ise özellikle işgücünde sahip olduğu maliyet avantajını kaybetmemesi ve yüksek katma değerli bir ekonomiye geçiş için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışma Endüstri 4.0'ın yenilikçi teknolojilerinden hareketle bu teknolojilerin büyümeye olası etkilerini, Endüstri 4.0'ın öncüsü olarak kabul edilen ülkeler ve Türkiye ekonomisi için tespit etmeyi amaçlamaktadır.

Öncelikle bugünlere gelmemde en büyük emeği olan ve maddi, manevi her açıdan desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen biricik aileme şükranlarımı sunarak, çalışmamı kendilerine ithaf etmekten büyük mutluluk duymaktayım. Bu tez çalışmasının yürütülmesinde katkılarından dolayı danışmanım sayın Doç. Dr. Halil Tunalı'ya, araştırmanın metodolojik kısmında bilgilerinden çokça istifade ettiğim Doç. Dr. Murat Ustaoglu'na, teknik kısımda ise desteğini esirmeyen arkadaşım Zahir Seddiqi'ye teşekkürü bir borç bilirim. Bu zorlu süreçte motivasyonum her düştüğünde cesaretlendirişyle güç veren ve varlığını her daim hissettiren çok kıymetli sayın hocam Prof. Dr. Cemal Şanlı'ya müteşekkir olduğumu ayrıca belirtmek isterim.

TUĞBA GÜNGÖR

İSTANBUL, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

İKTİSADİ BÜYÜME ve BÜYÜME TEORİLERİ

1.1. BÜYÜME KAVRAMI	6
1.2. BÜYÜMENİN TEMEL BELİRLEYİCİLERİ.....	7
1.2.1. Teknolojik İlerleme	7
1.2.2. Beşeri Sermaye	9
1.2.3. Sermaye Birikimi	12
1.3. İKTİSADİ BÜYÜME TEORİLERİ.....	13
1.3.1. DIŞSAL BÜYÜME TEORİLERİ	14

1.3.2.	İÇSEL BÜYÜME TEORİLERİ	18
1.3.2.1.	Dolaylı Teknolojik Gelişme ve Rekabetçi Piyasalara Dayalı Modeller...	19
1.3.2.1.1.	AK Modeli	19
1.3.2.1.2.	Lucas'ın Beşeri Sermaye Modeli	20
1.3.2.1.3.	Kamu Harcamaları Modeli	24
1.3.2.2.	Doğrudan Teknolojik Gelişme ve Rekabetçi Olmayan Piyasalara Dayalı Modeller (AR-GE MODELLERİ).....	26
1.3.2.2.1.	Romer Modeli	26
1.3.2.2.2.	Grossman ve Helpman Modeli	28
1.3.2.2.3.	Aghion ve Howitt Modeli	31
1.4.	İNOVASYONUN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ	33
1.4.1.	İnovasyonun Tanımı	33
1.4.2.	İNOVASYONUN TEMEL GÖSTERGELERİ.....	36
1.4.2.1.	Ar-Ge	36
1.4.2.2.	Patent İstatistikleri	38
1.4.2.3.	Araştırmacı Sayısı	41
1.4.3.	İnovasyonun Büyüme Modellerine Dahil Edilişi	42

İKİNCİ BÖLÜM

SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHÇESİ ve 4. SANAYİ DEVRİMİNİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

2.1.	SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	44
2.1.1.	Birinci Sanayi Devrimi	45

2.1.2.	İkinci Sanayi Devrimi	48
2.1.3.	Üçüncü Sanayi Devrimi	50
2.1.4.	DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ.....	52
2.2.	ENDÜSTRİ 4.0'ın YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLERİ	55
2.2.1.	IoT- Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)	55
2.2.2.	Büyük Veri (Big Data).....	58
2.2.3.	Siber Güvenlik	61
2.2.4.	Bulut Bilişim.....	62
2.2.5.	Artırılmış Gerçeklik	64
2.2.6.	3D Yazıcılar	66
2.2.7.	Akıllı Fabrikalar	70
2.2.8.	Akıllı Robotlar	72
2.2.9.	Yapay Zeka	74

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE İKTİSADİ BÜYÜME

3.1.	ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL İKTİSADİ ETKİLERİ.....	77
3.1.1.	İstihdam Üzerine Etkileri	77
3.1.1.1.	İstihdam Üzerinde Yaratacağı Kaygı ve Endişeler.....	77
3.1.1.2.	İstihdam Üzerine Olumlu Görüşler	80
3.1.2.	Verimlilik Üzerine Etkileri.....	85
3.1.3.	Yatırımlar Üzerine Etkisi	87
3.1.4.	Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi.....	88

3.2.	ENDÜSTRİ 4.0 DÜNYA ÜLKELERİ İNCELEMESİ	96
3.2.1.	Endüstri 4.0'ın Teknolojik Unsurlarında Dünya Ülkelerinin Durumu. 96	
3.2.1.1.	Robot Dağılımında Ülkelerin Durumu	96
3.2.1.2.	Yapay Zekanın Özümseme Kapasitesinde Ülkelerin Durumu. 100	
3.2.1.3.	Dijital Dönüşüm Yarışında Ülkelerin Durumu.....	102
3.2.2.	Ülkelerin Endüstri 4.0 Hamleleri	103
3.2.2.1.	Almanya.....	103
3.2.2.2.	Çin.....	104
3.2.2.3.	ABD.....	105
3.2.2.4.	Japonya	106
3.3.	Endüstri 4.0'ın Küresel Ekonomiye Potansiyel İktisadi Etkileri: Almanya Örneği.....	108
3.4.	ENDÜSTRİ 4.0 TÜRKİYE İNCELEMESİ	109
3.4.1.	Türkiye'nin Sanayileşme Süreci ve Tarihsel Evrimi	110
3.4.2.	Türk İmalat Sanayiinin Mevcut Durumu Ve Bazı Temel Göstergeleri.....	112
3.4.2.1.	İmalat Sanayiinin Teknolojik Yapısı	113
3.4.2.1.1.	İmalat Sanayiinde Üretimin Teknolojik Yapısı.....	114
3.4.2.1.2.	İmalat Sanayii Katma Değerinin Teknolojik Yapısı	115
3.4.2.1.3.	İmalat Sanayiinde Dış Ticaretin Teknolojik Yapısı	118
3.4.3.	Türkiye'de Sanayinin Dijital Dönüşüm Yetkinliği	124
3.4.3.1.	Teknoloji Kullanıcısı Şirketlerin Dijital Dönüşümdeki Durumu	126
3.4.3.2.	Teknoloji Tedarikçisi Şirketlerin Dijital Dönüşümdeki Durumu	131
3.4.4.	Endüstri 4.0'ın Türkiye Ekonomisine Potansiyel İktisadi Etkileri	134
3.4.5.	Türkiye'nin Endüstri 4.0 Hamleleri	135

3.4.6.	Türkiye İçin Endüstri 4.0 Yol Haritası.....	137
3.4.7.	Endüstri 4.0 İçin Paydaşlara Düşen Görevler	141
SONUÇ		144
KAYNAKÇA.....		150



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye ve Seçili Ülkeler İçin Patent Başvuru Sayısı (1995-2016)	39
Tablo 2: Türk İmalat Sanayiinde Gerçekleştirilen Üretim Teknolojik Düzeylere Göre Değeri (Milyon TL) ve Dağılımı (%)	114
Tablo 3: Türk İmalat Sanayii'nde Üretilen Katma Değerin Teknolojik Düzeylere Dağılımı (%)	117
Tablo 4: Türk İmalat Sanayiinin Teknoloji Düzeylerine Göre İhracat Miktarı (Milyar \$) ve Dağılımı (%)	119
Tablo 5: Türk İmalat Sanayii'nin Teknoloji Düzeylerine Göre İthalat Miktarı (Milyar \$) ve Dağılımı (%)	121

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Yıllar İtibariyle İnternete Bağlanabilen Cihaz Sayısı	56
Şekil 2: Sanayi 4.0 Ortamı.....	58
Şekil 3: Kullanım Alanları ve Pazar Etkisine Göre 3D Yazıcılar Ve Beklentiler.....	69
Şekil 4: Teknolojik Gelişmelerin Yeni Meslek Yaratımına Etkisi.....	83
Şekil 5: IoT'nin Kümülatif GSYİH'ye Etkisi (Trilyon \$)	89
Şekil 6: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar ABD Ekonomik Büyümesine Öngörülen Katkısı (Milyar \$)	92
Şekil 7: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar Almanya Ekonomik Büyümesine Öngörülen Katkısı (Milyar \$)	93
Şekil 8: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar Japonya için Ekonomik Büyümeye Öngörülen Katkısı (Milyar \$)	94
Şekil 9: Ekonomilerin Büyümelerini İkiye Katabilmeleri için Gerekli Zaman.....	95
Şekil 10: İmalat Sanayiinde Yaratılan Katma Değerinin GSYH İçindeki Payı (1980-2014)	116

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamalarının GSYİH'ye Oranı – 2016 (%)	38
Grafik 2: Türkiye ve Seçili Ülkeler İçin Patent Başvuru Sayısı (1995-2016).....	41
Grafik 3: Dünya Çapında En Büyük 15 Pazarın Yıllık Endüstriyel Robot Arzı -2016	96
Grafik 4: Dünya Geneline Bölgelere Göre Yıllık Endüstriyel Robot Sevkiyatı	97
Grafik 5: İmalat Sanayiinde 10.000 Çalışan Başına Kurulu Endüstriyel Robot Sayısı (2016).....	98
Grafik 6: Ülkelerin NAC Endeksi'ne Göre Durumları.....	101
Grafik 7: Dünya Şirketlerinin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği	102
Grafik 8: Sanayide Dijital Dönüşüm Farkındalık.....	126
Grafik 9: Dijital Dönüşümün Fayda Sağlayacağı Alanlar.....	127
Grafik 10: Şirketlerin Dijital Teknoloji Kullanım Düzeyleri	129
Grafik 11: Dijital Teknolojilerin Sanayi Sektöründe Uygulanma Yetkinliği.....	130
Grafik 12: Endüstri 4.0'ın Teknolojilerini Tedarikte Yerli Ve Yabancı Şirketlerin Göreli Durumu	132

KISALTMALAR LİSTESİ

a.g.e.	:Adı geçen eser
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
AGÜ	:Az Gelişmiş Ülke
Ar-Ge	:Araştırma ve Geliştirme
BCG	:The Boston Consulting Group
BİT	:Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BKD	: Brüt Katma Değer
GOÜ	:Gelişmekte Olan Ülkeler
GSYH	:Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GÜ	:Gelişmiş Ülkeler
IFR	:Uluslararası Robotik Federasyonu
NAC	:National Absorptive Capacity
IMF	:International Monetary Fund
IoT	:Internet of Things
OECD	:Organisation for Economic Co-operation and Development
s.	:Sayfa/Sayfa aralığı
s.y.	:Sayfa/Sayfa aralığı yok
t.y.	:Tarih yok
TFV	:Toplam Faktör Verimliliği
v.d.	:ve diğerleri

GİRİŞ

Makro iktisadi hedeflerin ve iktisat politikalarının nihai amaçlarından olan iktisadi büyüme, üretim kapasitesi ve hasıladaki nicel bir artışı ima etmektedir. İktisadi büyüme üretimde kullanılacak girdi ve faktör miktarını artırma yoluyla elde edilebileceği gibi, bu faktörlerin daha verimli kullanılması suretiyle de gerçekleştirilebilmektedir.

Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan her ülke için güncelliğini ve önemini koruyan büyüme olgusu ile ilgili tartışmaların başlangıcı iktisat biliminin ilk ortaya çıktığı yıllara kadar dayansa da bu tartışmalar, Neo-klasik ve içsel büyüme teorilerinin ortaya çıkmasıyla ağırlık kazanmıştır. Bu bağlamda iktisatçılar sürdürülebilir bir büyümenin nasıl gerçekleştirilebileceği ve hangi faktörlerce belirlendiği konusunda uzun tartışmalara girmiş ve büyüme teorilerinde bu soruların cevaplarını aramışlardır.

Bu tezin araştırma konusunu oluşturan inovasyon ve teknoloji temelli bir büyüme çerçevesinde, daha ziyade bu unsurları içselleştiren içsel büyüme modelleri üzerinde durulacak fakat büyüme teorilerinin bugünkü halini almasında önemli yeri bulunan ve içsel büyüme modellerinin gelişimine zemin hazırlayan dışsal büyüme teorilerine de kısaca değinilecektir.

Büyümenin yalnızca niceliği üzerinde duran, beşeri sermaye ve teknolojik gelişmeleri dışlayan Neo-klasik büyüme teorisinin aksine içsel büyüme modelleri, iktisadi büyümenin nitel faktör tarafından da belirlendiğini ortaya koyması ve büyüme teorilerine farklı bir boyut kazandırması bakımından literatürde son derece önemli bir yere sahiptir. Modelde içsel bir değişken olarak kabul edilen teknolojik gelişmenin teorisyenler tarafından farklı şekillerde ele alınmasına bağlı olarak içsel büyüme modelleri iki grup halinde sınıflandırılmaktadır. İlk grup modellerde teknolojik gelişme dolaylı olarak ele alınmakta olup teknolojiye ilerlemelerin

bizatihi gerçekleştiği varsayılmaktadır. “*Ar-Ge Temelli Modeller*” ya da “*Schumpeteryan Modeller*” olarak da bilinen ikinci grup modeller ise teknolojik gelişmelerin, Ar-Ge yatırımları ile doğrudan sağlanabileceği varsayımı üzerine inşa edilmiştir.

İçsel büyüme modellerinin dayanak noktasını oluşturan teknolojik gelişmeler, içsel veya dışsal kaynaklı olabilmektedir. İçsel kaynaklı teknolojik gelişmeler Ar-ge faaliyetlerine dayanabileceği gibi, “*yaparak öğrenme*” kaynaklı da olabilmektedir. Dışsal kaynaklı teknolojik gelişmelerin en önemli unsurunu ise teknoloji transferleri oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler, bunun dışında tarihi, politik, sosyolojik ve kültürel faktörler sonucu da meydana gelebilmektedir.

Büyüme politikalarını dizayn ederken üzerinde durulması gereken ve teknolojik gelişme dışında büyüme için diğer itici bir güç olan inovasyon ise en genel anlamı ile yeni fikirler geliştirerek bu fikirleri ticari bir değere dönüştürmek demektir.

Teknolojik gelişme ve inovatif faaliyetlerin, tarih boyunca sanayi devrimlerini tetikleyen unsurlar olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Nitekim geçmişten günümüze tüm sanayi devrimleri, bir öncekinin üzerine yeni buluş ve teknikler konularak gerçekleşmiştir. Son yüzyılda özellikle BİT’de yaşanan hızlı gelişmeler bugün tüm dünyayı yeni bir sanayi devriminin eşiğine getirmiştir.

Sanayi devrimleri, yol açtığı toplumsal ve ekonomik dönüşümlerle küresel güç dengelerini değiştirerek ülkelerin kalkınma ve büyüme süreçlerinde büyük roller üstlenmiştir. Buhar makinelerinin icadı ile başlayan *Birinci Sanayi Devrimi*’nde makineleşme sayesinde üretim kapasitesinde o güne dek görülmemiş artışlar yaşanmıştır. Makineleşmenin getirdiği kolaylıklar ve artan pratiklik yüksek hayat standartlarını da beraberinde getirmiştir. Ayrıca kitlesel üretime geçilmesiyle birlikte dünya ülkeleri bu tarihe dek hiç olmadığı kadar küçük ve entegre bir yapıya kavuşturmuştur.

İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte demir, elik ve kömüre dayanan ağır sanayiler gelişmekte olup ulaştırma alanında büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Dönemi karakterize eden asıl keşif ise buhar gücünün yerini alan ve ondan çok daha etkili bir teknoloji olan elektrik teknolojisi olmuştur. Elektrik, içten yanmalı motorlar ve bu gelişmelere eşlik eden montaj hattı gibi teknik ilerlemeler, dünyanın gidişatını belirleyen ayrıca yeni üretim anlayışı ve dolayısıyla ekonomik sitemleri kökten değiştiren yeni paradigmlar olmuştur. İkinci endüstriyel devrimdeki buluşlarının uzantısı, *nc Sanayi Devrimi*'ni karakterize eden bilgi, iletişim ve elektronik teknolojilerin gelişimi için gerekli alt yapıyı oluşturmuştur. Böylelikle 1960 ve 1970'li yıllarda 3. Sanayi Devrimi'nin temelleri atılmıştır. Bu tarihten itibaren dijital teknoloji alanında büyük ilerlemeler kaydedilmeye başlanmıştır. *nc Sanayi Devrimi*, büyük oranda bilgisayar ve sonrasında internetin keşfi ile gerçekleştiği için "*bilgisayar devrimi*" ya da "*dijital devrim*" olarak da bilinmektedir. Kitlesel üretimin yavaş yavaş terk edilmeye başlandığı bu dönemde üretim, yeni teknolojilerin şekillendirdiği tüketicici tercihlerini ön plana çıkarmış ve bu tercihler ekseninde şekillenmeye başlamıştır.

Adını ilk kez 2011 yılında Almanya'da düzenlenen Hannover Fuarı'nda duyurmaya başlayan *Dördüncü Sanayi Devrimi*, namı diğer Endüstri 4.0 ise bir önceki sanayi devriminde başlayan otomasyonun çok daha özelleştirilmiş bir formunu temsil etmektedir. Endüstri 4.0, akıllı otomasyon ve siber fiziksel sistemler ile üretim sistemlerini, iş modellerini, tedarik zincirini köklü değişimlere uğratmaktadır. Üretimde sanal ve fiziksel dünyanın entegrasyonunu sağlayan, makine ve üretim süreçleri çok daha kompleks bir yapıya kavuşmuştur. "*Akıllı retim*" olgusu temelinde şekillenen bu son endüstri devrimini, önceki devrimlerden ayıran en önemli yanlarından biri de veriler ile kodlanan akıllı cihazların bir hafızaya sahip olmasıdır.

Özellikle 1980 sonrası sermaye kontrollerinin dünya genelinde kalkması ivmelenen küreselleşme süreciyle birlikte ülkeler, rekabet güçlerini artırıp küresel pazar paylarını artırmanın yollarını aramışlardır. Bu tarihten itibaren küresel rekabet

gücünün yeni teknoloji üretebilme kapasitesi ölçüsünde artabileceğinin farkına varan ülkeler, sürdürülebilir bir büyümenin ancak inovasyon ve teknoloji odaklı büyüme stratejilerinin benimsenmesiyle mümkün olabileceğini anlamışlardır.

Bu amaçla inovatif ve teknolojik faaliyetler merkezinde şekillenen bir büyümenin ele alındığı bu tez çalışmasında Endüstri 4.0'ın yenilikçi teknolojilerinden hareketle bu teknolojilerin büyümeye olası etkileri, Endüstri 4.0'ın öncüsü olarak kabul edilen ülkeler ve Türkiye ekonomisi için tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak yeni bir çalışma alanı olan Endüstri 4.0 ile ilgili yeterli verilere ulaşılamaması nedeniyle nitel bir analiz yöntemi benimsenerek en güncel veri ve istatistikleri kapsayacak şekilde geniş bir literatür taraması yapılmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla bu tez çalışması, Endüstri 4.0'ın olası etkilerini dünya ekonomileri ve Türkiye için ekonomik bir perspektiften ortaya koymaya çalışan sayılı çalışmalar arasında yer almakta olup bu alandaki ilk tez çalışması niteliği de taşımaktadır.

“Endüstri 4.0 Çerçevesinde İnovasyon ve Teknoloji Temelli Büyüme” adlı bu tez çalışması üç ana bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümünde büyüme, inovasyon ve teknoloji olgularının kavramsal çerçevesi verilmeye çalışılacaktır. Bu bağlamda büyüme kavramı, büyümenin temel belirleyicileri, teknolojik gelişmeleri içselleştiren temel içsel büyüme modelleri ve bu modellerin gelişiminin arka planını oluşturan dışsal büyüme teorilerine yer verilecektir. Akabinde inovasyon kavramı, inovasyonun temel göstergeleri ve inovasyonun büyüme modellerine dahil edilişi ele alınacaktır.

Tezin ikinci bölümünde ise geçmişten günümüze tüm sanayi devrimlerinin tarihçesi ve çalışma konusu gereği üzerinde yoğunlaşılacak olan Dördüncü Sanayi Devrimi yani Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasını tetikleyen teknolojik unsurlara yer verilerek sanayi devrimleriyle ilgili bütüncül bir çerçevenin verilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ise Endüstri 4.0'ın asıl iktisadi etkilerinin gözleneceği dört temel alan olan; istihdam, verimlilik, yatırım ve büyümeye etkileri,

Endüstri 4.0'ın öncüsü olarak kabul edilen ülkeler ve Türkiye ekonomisi için analiz edilmeye çalışılacaktır. Bu seçili ülkelerin ve Türkiye'nin, Endüstri 4.0 teknolojilerini içselleştirme kabiliyetleri oranında başarı/başarısızlıkları değerlendirilerek dijital dönüşüm yarışındaki durumu tespit edilmeye çalışılacaktır. Akabinde ülkelerin bu yenilikçi teknolojileri içselleştirebilmek bulundukları çeşitli hamlelere yer verilecektir. Sonrasında ise Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalayabilmesi için bir yol haritası çizilecek ve bunların hayata geçirilebilmesi için tüm paydaşlara düşen görevlere yer verilecektir.



BİRİNCİ BÖLÜM

İKTİSADİ BÜYÜME ve BÜYÜME TEORİLERİ

1.1. BÜYÜME KAVRAMI

İktisat politikalarının nihai amaçlarından biri de hiç şüphesiz ekonomik büyümeyi gerçekleştirerek arzulanan refah düzeyine ulaşabilmektir. Ancak bu hedefi yerine getirmeye çalışırken diğer iktisadi amaçlarla çelişmeyecek ve diğer makro ekonomik büyüklüklerde sarsıntı yaratmayacak bir şekilde politikalar dizayn edebilmek son derece önemli ve göz ardı edilmemesi gereken bir husustur.

İktisadi büyüme kavramının modern iktisat literatüründe yerini alması 18. yy. sonlarına doğru İngiltere’de meydana gelen ilk endüstri devrimi ile olmuştur. Bu endüstri devrimine kadar insanların büyük çoğunluğu ancak geçimlik şartlarda hayatını idame ettirmektedir. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren kapitalistlerin güdümünde gerçekleşen sermaye birikiminin sanayide değerlendirilmesiyle büyümede büyük bir patlama yaşanmıştır. Ülkeler arasındaki “*gelişmiş, az gelişmiş ve gelişmemiş*” ayrımı da bu tarihlerden itibaren, sergiledikleri büyüme performansına göre yapılmaya başlanmıştır.

İktisadi büyüme ile ilgili pek çok tanım yapılmakla birlikte en genel anlamıyla büyüme; ekonominin topyekûn bir şekilde gelişmesi ve üretim kapasitesinin artırılması olarak tanımlanabilir.¹ Literatürde üzerinde en çok uzlaşıya varılmış büyüme tanımı ise; ülke sınırları içerisinde genellikle bir yıl olarak belirlenen belirli bir zaman dilimi içerisinde, tüm yerli ve yabancı kişi ve kuruluşlar tarafından üretilmiş mal ve hizmetlerin toplam değerini ifade eden gayrisafi yurtiçi

¹ Eda Birinci, **Ar-ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: İçsel Büyüme Modeli Zaman Serisi Analizi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul-2015, s. 7

Erinç Yeldan, **İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri**, 2. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara, 2011, s. 10,12

hasıladaki artış miktarıdır.² Schumpeter'in tanımına göre ise büyüme; nüfus, doğal kaynaklar ve teknoloji düzeyindeki yavaş da olsa sindirici ama süreklilik arz eden gelişmelerdir. Tüm bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere iktisadi büyüme; makroekonomik göstergelerdeki ölçülebilir artışları ima etmektedir.³

İktisadi büyümeyi gerçekleştirmek için genellikle akıllara gelen ilk yol; üretimde kullanılacak girdi ve faktör miktarının artırılmasıdır. Diğer bir yol ise tam istihdamda yani optimum etkinlikte kullanılmayan üretim faktörlerinin daha verimli kullanmak suretiyle üretimin artırılmasıdır. Bu bağlamda iktisadi büyümenin, ekonominin arz cephesi tarafından belirlendiğini ve büyümeye ait sorunların genellikle arz kaynaklı olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla mal ve hizmet üretiminin bileşimini veren üretim olanakları eğrisinin konumunu etkileyen her tür unsur büyüme kuramlarının kapsamı dahilindedir.⁴

1.2.BÜYÜMENİN TEMEL BELİRLEYİCİLERİ

1.2.1. Teknolojik İlerleme

Hayatımızı her anlamda kolaylaştıran ve günümüz bilgi ekonomisinde büyümeye katkısı bakımından diğer üretim faktörlerine göre önemi daha fazla artan ve ön plana çıkan teknolojiyi⁵ “bilginin sonucu olarak geliştirilen ve kullanılan makine ve ekipman” ya da “bilimin, pratik yaşam gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik uygulamalar” olarak tanımlamak mümkündür.⁶ Teknoloji için yapılan diğer

² Muhteşem Kaynak, **Büyüme Teorileri**, 2. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2011, s. 1,2

³ Sabri Ülgener, **Milli Gelir, İstihdam ve İktisadi Büyüme**, 7. Baskı, Der Yayınları, İstanbul, 1991, s. 410, 412

⁴ Aykut Kibritçioğlu, “İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri”, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Cilt: 53, Sayı: 1-4, 1998 Cilt: 53, s. 208

⁵ Orhan Cengiz, **Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Japonya Örneği**, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana-2013, s.10

⁶ Arif Özsağır, “Dünden Bugüne Büyümenin Dinamiği”, KMu İİBF Dergisi, Yıl:10, Sayı:14, 2008, s s.y.

bir tanım ise “Teknoloji, üretim sürecinde, girdilerin çıktıya dönüşme yöntemidir.” şeklindedir.

Teknolojik süreç ise; üretimde kullanılan emek ve sermaye faktörlerinin verimliliğini artırmak yoluyla üretim kapasitesi ve hasılanın artışını sağlamak olarak ifade edilebilmektedir.⁷

Küresel rekabetin önem kazandığı günümüz dünyasında büyümenin itici gücü olarak yeni teknoloji üretimi ya da mevcut teknolojik kapasiteyi geliştirerek teknolojik bilgi yaratabilme yeteneği ön plana çıkmaktadır. Teknoloji kapasitesini arttırmanın yolu ise bilimsel ve teknolojik faaliyetlere önem vermekten ve bunun için uygun politikaları belirleyip uygulamaktan geçmektedir.⁸

Günümüzde teknolojik ilerlemenin büyümeye katkısının, gerek fiziki gerekse beşeri sermaye yatırımlarının katkısından çok daha fazla olduğu hemen herkesin üzerinde uzlaştığı bir görüştür. Ayrıca teknolojik gelişme, -özellikle arz kaynaklarının sınırlı olduğu düşünülürse- beraberinde getirdiği verimlilik artışlarıyla büyümenin bilinen, mevcut sınırlarını aşmada da büyük fırsatlar sunmaktadır.⁹

Teknolojik ilerlemenin içsel veya dışsal olmak üzere iki tür kaynağı bulunabilir. İçsel kaynaklı teknolojik gelişme; Ar-ge faaliyetlerine dayanabileceği gibi kişilerin iş başındaki tecrübelerinin artması yani “*yaparak öğrenme*” kaynaklı da olabilmektedir. Dışsal kaynaklı teknolojik gelişmelerin en önemli unsurunu ise gerek yasal, gerekse yasal olmayan yollarla gerçekleştirilen teknoloji transferleri oluşturmaktadır. Bunun dışında teknolojik gelişmelerin meydana gelişi ekonomi dışı unsurlar olan tarihi, politik, sosyolojik ve kültürel faktörler aracılığıyla da gerçekleşebilmektedir. Ayrıca hükümetlerin büyüme hedefleri doğrultusunda

⁷ Cengiz, a.g.e., s.10

⁸ Kurtuluş Bozkurt, “İçsel Büyüme Modelleri Bağlamında Türk İmalat Sanayinde Teknolojik Gelişme ve Ekonomik Büyüme”, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, Cilt: 44, Sayı: 513, 2007, s. 72

⁹ Adem Üzümcü, İktisadi Büyüme, Beta Yayınları, İstanbul, 2012, s.13

ulaşmayı amaçladıkları eğitim ve teknoloji politikaları da teknolojik ilerlemenin dışsal kaynakları arasında yer alabilmektedir.¹⁰

İçsel veya dışsal kaynaklarla geliştirilen yeni teknolojilerin üretim faaliyetlerine dahil olmasıyla birlikte, sağlanacak verimlilik artışı dolayısı ile maliyet düzeyinde artık daha fazla üretim yapılabilecek ve bu da büyümeyi pozitif yönde etkileyecektir.¹¹

İktisadi büyüme modelleri incelendiğinde modellerden bazıları teknolojiyi bir üretim faktörü olarak model içinde belirlenen bir değişken yani içsel olarak ele alırken, bazıları da teknolojinin model dışında belirlenen bir değişken olduğu varsayımıyla dışsal olarak ele almaktadır.¹² Literatürde büyüme modellerinin içsel ve dışsal olarak ayrılmasına sebebiyet veren bu durum büyüme modelleri başlığı altında detaylıca irdelenecektir.

1.2.2. Beşeri Sermaye

Beşeri sermayenin bir üretim faktörü olarak büyüme modellerindeki yerini alışı ancak 1960'lerden sonra mümkün olmuştur. Bu tarihten önce bireyin niteliğini büyümenin belirleyicisi olarak gören bir anlayış iktisat yazınında almamaktaydı.¹³ Çünkü yüzyılın ortalarına kadar literatürde hakim görüş olan Neo-klasik iktisat teorisi, yalnızca büyümeyi belirleyen faktörlerin niceliği üzerinde durmaktaydı.

Aslında beşeri sermaye kavramından bu tarihlerden çok daha önce Adam Smith başta olmak üzere onu takip eden iktisatçılardan John Stuart Mill ve Alfred Marshall da bahsetmekteydi. A. Smith meşhur kitabı “*Ulusların Zenginliği*”nde bir üretim faktörü olarak emek kavramının yanı sıra emeğin verimliliğini de detaylı bir

¹⁰ Kibritçiöğlu, a.g.e., s. 211

¹¹Keriman Yıldırım Bayraktar, **İçsel Büyüme Teorisi Açısından İnsan Sermayesinin Büyüme Üzerine Etkisinin Analizi: Türkiye Örneği**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Genel İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2009, s. 17

¹² Bozkurt, a.g.e., s. 72

¹³ Cengiz, a.g.e., s. 45

şekilde ele almaktaydı. Marshall ise “*Principles of Economics*” adlı eserinde tüm sermaye türleri arasında en kıymet verilmesi gerekenin insana yapılan yatırım olduğunu belirterek beşeri sermayenin önemini daha o zamanlarda vurgulamaktaydı.

Fakat modern anlamda beşeri sermaye kavramının bu iktisatçıların görüşlerinden çok fazla etkilendiği söylenemez. Çünkü iktisadın sistematik halini yeni yeni almakta olduğu ve üretim faaliyetlerinin henüz karmaşık bir hal almadığı o yıllarda, bilgi ve insanın bilgi-becerilerle donatılmış niteliği ön planda değildi. Dönem şartları ve bu anlayış, söz konusu yıllarda beşeri sermayenin öneminin yeterince anlaşılması önünde engel teşkil etmekteydi.¹⁴

Oysa içinde bulunduğumuz bilgi çağında ülkeler, rekabet yarışında kendilerini öne çıkaracak faktörün kas gücünden ziyade beyin gücünde yani nitelik ve donanımlarda olduğunun artık bilincindedirler. Ancak BİT’teki hızlı gelişmelere ayak uydurmayı başarabilenlerin yarışı kazanabileceği bu rekabetçi ortamda, en az maliyetle bilgiye ulaşan ve bunu üretim faaliyetlerinde etkin bir şekilde kullanabilenler gelişmişliklerini ve refah düzeylerini artırabileceklerdir.¹⁵

Beşeri sermaye en yalın haliyle; işgücünün sahip olduğu bilgi ve becerilerin toplamı olarak ifade edilebilir. Yani beşeri sermaye, bireylerin iktisadi faaliyetlere etkin bir şekilde katılmalarına imkan sağlayan, eğitim yoluyla edinilmiş yeteneklerinin toplamıdır.¹⁶ Beşeri sermaye üzerine yapılmış farklı tanımlara değinmek adına, Becker’a göre insan sermayesi; kişilerin yalnızca beceri ve eğitimlerini değil, buna ilaveten verimliliklerinin göstergesi olarak sağlık koşullarını da temsil eden bir kavramdır. Samuelson ile Nordhaus’a göre ise beşeri sermaye; bir ulusun eğitim harcama ve yatırımları yoluyla işgücüne kazandırdığı teknik bilgi ve kabiliyetlerin stoku olarak adlandırılabilir. OECD tarafından yapılan tanım ise; bireylerin kendi yetenek ve kabiliyetlerini mesleki eğitimlerle edindikleri bilgi ve

¹⁴ Fatma (Kaya) Kırışlar, **Ekonomik Büyüme Modellerinde Beşeri Sermaye: İçsel Büyüme Modelinin Analizi**, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri-2005, s. 83

Cengiz, **a.g.e.**, s. 45,46

¹⁵ Kırışlar, **a.g.e.**, s. 2

¹⁶ Bayraktar, **a.g.e.**, s. 4

becerilerle birleştirerek üretim faaliyetlerine katılmalarıdır. Dolayısıyla beşeri sermaye kavramı ile asıl ifade edilmek istenen; bireylere yönelik olan ve bireylerin yetkinliklerini artıracak sağlık harcamaları da dahil olmak üzere her tür eğitim harcamasıyla işgücünü daha donanımlı hale getirmeyi amaçlayan ve vasıflı bir yapıya bürünmesini sağlayan her tür yatırımdır.¹⁷

Bilgiyi ekonomik faaliyetlerde hakim kılacak olan nitelikli işgücünün üretim faktörü olarak kabul edilmesi ve yapılan ampirik çalışmalar sonucunda diğer üretim faktörlerine nazaran büyümeye daha büyük katkılar sağladığının anlaşılmasıyla birlikte insanın vasfını artırmaya yönelik yatırımlar büyük önem kazanmıştır.¹⁸ Bilginin, beşeri sermayenin ve teknolojik gelişmelerin üretim ilişkilerinde bu kadar önemli olduğunun anlaşılması üzerine büyümenin artık yalnızca emeğin niceliği, fiziki sermaye ve doğal kaynaklarla gerçekleştirilemeyeceği açıklığa kavuşmuştur.¹⁹ Zaten içsel büyüme modellerinin ortaya çıkış noktasını da fiziki sermayeye on yıllarca abartılı bir önem atfedilmesi ve sürdürülebilir bir büyümenin gerçekleşebilmesi için asıl önemli unsur olan emeğin niteliğinin göz ardı edilmesi oluşturmaktadır.²⁰

Bugün az gelişmiş ülkelerde önemi çok fazla kavranamamış olmakla birlikte, gelişmiş ülkelerinin geçmişteki başarılı kalkınma ve büyüme süreçleri ele alındığında, bu başarılarının arkasında üretim faktörlerinin niceliği kadar niteliğine de ve özellikle eğitilmiş insan gücüne fazlaca önem verdikleri görülmektedir. Rekabetin ve küreselleşenin hızla arttığı günümüzde, sürdürülebilir bir büyüme hedefi gözleyen tüm ülkelerin öncelik vermesi gerekenlerin başında teknolojik gelişmelere adaptasyon kabiliyeti yüksek vasıflı işgücüne sahip olmak gelmelidir. Beşeri sermaye miktarındaki artışının sağlanabilmesi ise bazı faktörlere bağlıdır, ki

¹⁷ Alp Gökhun İnci, **İçsel Büyüme Modeli Çerçevesinde Türkiye’de Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeyle İlişkisi**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara-2009, s. 4,5

¹⁸ Fatma Akça, **Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama**, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2014-Sivas, s. 14

¹⁹ Bayraktar, **a.g.e.**, s. 11

²⁰ Kibritçiöğlu, **a.g.e.**, s. 223

bunlar “*beşeri sermayenin unsurları*” olarak adlandırılmaktadır. Bu unsurlar ise temel olarak; eğitim, sağlık ve beyin göçü olarak sınıflandırılabilir. Bugün artık bunun önemini kavramış olan ve geleceğin ekonomik güçleri arasında boy göstermek isteyen Güney Kore, Singapur, Tayvan ve Hindistan gibi ülkelerin beşeri sermaye yatırımlarına öncelik ve hız verdikleri dikkatlerden kaçmamaktadır.²¹

Fiziki ve beşeri sermaye arasında her ne kadar önemli ayrımlar bulunsun da birbirlerinin tamamlayıcısı niteliğinde oldukları için tek başlarına hiçbir anlam ifade etmezler. Bu nedenle yatırımlar ancak her iki sermaye türünü de kapsayacak bir şekilde ve dengeli olarak yürütülürse çıktı düzeyini artırarak büyümeye katkıda bulunabilecektir.²²

1.2.3. Sermaye Birikimi

Sermaye birikimi, bir ülkenin sahip olduğu hem tüm fiziki sermaye yatırımlarını hem de kalifiye emeğini yani beşeri sermaye yatırımlarını kapsamaktadır.

Fiziki sermaye, her ne kadar üretim kapasitesinde artış sağlayarak çıktıyı artırsa da bu sermaye türünün etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan beşeri sermaye yatırımları olmadan büyümeyi tek başına üstlenememektedir. Dolayısıyla büyüme hedeflerinin gerçekleştirilmesi için her iki sermaye türünün de birbirini tamamlayıcı ve etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bir ekonomi her iki sermaye türünü de içeren toplam sermaye birikimi ölçüsünde üretim kapasitesini, dolayısıyla çıktı ve hasılasını artırabilmektedir. Ancak az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin bu sermaye yatırımlarını gerçekleştirebilmede karşı karşıya kaldıkları önemli bir problem tasarruf

²¹ Cengiz, **a.g.e.**, s. 68

²² İnci, **a.g.e.**, s. 15

eksiklikleridir.²³ Söz konusu ülkelerde kişi başı gelir düzeyi son derece düşük ve yetersiz olduğu için, marjinal tüketim eğilimi yüksek olan bu kesimin gelirlerinin bir kısmını tasarruf edebilmesi oldukça güçtür. Tasarruf imkanları kısıtlı olan bu ülkelerde, teşvikler veya halkın tüketim alışkanlıklarını kalıcı bir şekilde değiştirmek suretiyle tasarruf düzeylerini artırmanın çeşitli yollarını aramalıdır. Ayrıca bu ülkelerin yerli ve yabancı yatırımcıları çekebilmek için cazip ve istikrarlı bir yatırım ortamı yaratmaları da son derece mühimdir. Bu uygun koşullar sağlanarak ülkeye yabancı sermaye çekilebilir ve bu sermaye, tüketim harcamalarından ziyade yatırımlara kanalize edilebilirse büyüme performansında önemli bir dinamizm yakalanabilecektir.²⁴

1.3. İKTİSADİ BÜYÜME TEORİLERİ

İktisadi büyüme teorileri genel olarak iktisadi büyümeyi etkileyen ve belirleyen faktörlerin hangileri olduğu ve bu faktörlerin hangi mekanizmalar aracılığıyla büyümeye katkıda bulunduğu sorularıyla ilgilenmektedir. Büyüme modelleri de bu soruların cevabını bulabilmek amacıyla şekillenmiştir.

Literatürde ekonomik büyüme üzerine yapılan çalışmaların başlangıcı 1928 yılında Frank Ramsey’e ait “A Mathematical Theory of Saving” adlı eserin yayımlanması olarak kabul edilmektedir.²⁵ İktisadi büyüme teorileri “dışsal büyüme teorileri” ve “içsel büyüme teorileri” olmak üzere iki ana grupta kategorize edilmektedir.

Bu tezin çalışma konusunu oluşturan teknoloji ve inovasyon temelli bir büyüme, teknoloji ve inovasyon faktörlerini içselleştiren büyüme modelleriyle ilişkili olduğu için daha ziyade içsel büyüme modelleri üzerinde durulacaktır. Fakat büyüme sürecinin anlaşılmasında ve büyüme teorilerinin bugünkü halini almasında

²³ Akça, **a.g.e.**, s. 6,7

²⁴ Karagül, **a.g.e.**, s. 22,23

²⁵ Birinci, **a.g.e.**, s. 9

önemli bir yeri bulunan dışsal büyüme teorilerine de teorik çerçeveyi sağlam temeller üzerine oturtmak ve içsel büyüme modellerinin gelişmesine zemin hazırlaması dolayısıyla kısaca değinilecektir.

1.3.1. DIŞSAL BÜYÜME TEORİLERİ

Dışsal büyüme teorileri arasında yer alan Harrod&Domar Modeli ve Neoklasik büyüme teorilerinin temel hareket noktasını; belirli bir zaman dilimini referans alarak çıktının nasıl elde edildiğini açıklamaya çalışan statik analiz yerine, ekonomide zaman içerisinde meydana gelen değişimleri de dikkate alarak dinamik bir analiz geliştirebilme oluşturmaktadır.²⁶

Literatürde *Post-Keynesyen Büyüme Modeli* olarak da bilinen *Harrod ve Domar Modeli*, aynı zamanda büyüme olgusunu ilk kez sistematik bir şekilde ele alan modeldir. Harrod ve Domar, kurdukları modele Keynes'in teorilerini oluştururken ekonomik kapasiteyi, dolayısıyla da büyümeyi artırmadaki rolünü göz ardı ettiği bir unsur olan yatırımları dahil etmiştir.²⁷ Harrod & Domar Modeli'nde büyümenin temel belirleyicileri ise ekonomideki sahip olduğu tasarruf miktarı ve sermayenin verimliliğidir.

Harrod & Domar Modeli'ni bazı iktisatçılar, varsayımlarının sadece gelişmiş kapitalist ekonomiler için geçerli olduğu ve yalnız gelişmiş ülkelerin büyüme performanslarını açıklamaya dair olduğu gerekçeleriyle eleştirmiştir. Bu sebepten ötürü 1950'lerden itibaren modelin eksikliklerini gidermek amacıyla, temel

²⁶ Murat A. Yülek, "İçsel Büyüme Teorileri, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Kamu Politikaları Üzerine", Hazine Dergisi, Sayı: 6, 1997, s. 1

N. Gregory Mankiw, *Makroekonomi*, Efil Yayınevi, Çev. Ömer Faruk Çolak, 6. Baskı, Ankara, 2010, s. 214,215

²⁷ Özlem Göktaş Yılmaz, "Türkiye Ekonomisinde Büyüme İle İşsizlik Oranları Arasındaki Nedensellik İlişkisi", İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, sayı 2, 2005, s. 66

varsayımlarını klasik iktisat ekolünden alması sebebiyle “Neo-klasik Büyüme Teorileri” olarak adlandırılan yeni bir büyüme modeli geliştirilmiştir.²⁸

Solow, Swan, Meade ve Denison gibi pek çok iktisatçının çalışmaları sonucu geliştirilen **Neo-klasik Büyüme Teorileri** daha çok Solow’un öncülüğünde geliştiği için literatürde **Solow Modeli** olarak da geçmektedir. Neo-klasik büyüme teorilerinin amacını Harrod&Domar Modeli’nde ekonomiyi istikrarsız kılan nedenlere yoğunlaşmak ve bu doğrultuda istikrarlı bir modele nasıl kavuşulabileceği oluşturur.²⁹ Modelin temel varsayımları şu şekilde sıralanabilir:

- Klasik öğretinin de varsayımlarından olan ekonominin her zaman tam istihdamda oluşu,
- Tam rekabet koşullarının geçerli oluşu,
- Ekonomide tek bir malın üretimi ve tüketiminin gerçekleşmesi,
- Ekonomideki tasarruf-yatırım eşitliği; yani toplam tasarruf ve toplam yatırımların daima eşit oluşu ($S=I$),
- Analizlerin tamamı kapalı bir ekonomi için geçerli oluşu,
- Başlangıçta teknolojik ilerlemenin olmaması ve işgücü daima sabit bir hızla artması,
- Ölçeğe göre sabit getiri,
- Üretim faktörleri için azalan verimler kanununun geçerliliği,

²⁸ Özel, **a.g.e.**, s. 65,66

²⁹ Adil Aydın, **Ar-Ge’ye Dayalı İçsel Büyüme Modelinin Türkiye Örneği**, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Antalya-2016, s. 17
Nihal Yener Ercan, **“İçsel Büyüme Teorisi: Genel Bir Bakış”**, Planlama Dergisi, Özel Sayı- DPT’nin Kuruluşunun 42. Yılı, 2000, s.130

- Emek ve sermayenin birbiri yerine ikame edilebilmesi dolayısıyla emek başına düşen sermaye miktarının sabit olmayıp sermaye/hasıla oranının değişiklik gösterebilmesi.³⁰

Zaten Solow'un istikrarlı bir büyüme modeli geliştirebilmesi de faktör oranlarının değişken oluşu varsayımı ve esnek faktör fiyatları sayesinde mümkün olmuştur.³¹

Neo-klasik büyüme teorisi, modelde dışsal olarak ele alınan teknolojik gelişme ve nüfus artışının, tasarruf ve yatırımlar kanalıyla büyüme üzerindeki etkisini açıklamaya çalışmaktadır.³² Dolayısıyla modele göre büyümenin kaynağını oluşturan teknolojik gelişme ve nüfus artışıdır. Modelde tıpkı bu iki faktör gibi emek de dışsal olarak ele alınmakta ve işgücü miktarı, nüfus artışına bağlı olarak değişmektedir.³³

Neo-klasik büyüme teorisinin teknolojik gelişmeyi dışsal olarak ele alması, Solow Modeli'ni önceki büyüme modellerinden ayırt eden en önemli yanlarından biridir. Modelde içerilmemiş teknoloji söz konusudur. Yani model teknolojinin nereden geldiğini dikkate almak yerine, nasıl sahip olunduğu ihmal edilen teknolojik gelişmenin mevcut durumuna bakarak teknolojinin sabit bir oranda büyüdüğünü varsaymaktadır.³⁴

Modelde ayrıca dışsal olarak ele alınan emek verimliliği de dikkate alınmamaktadır. Tüm bu varsayımlar dahilinde Solow Modeli, kişi başına sermayenin kişi başına üretimle aynı oranda arttığı dengeli bir büyüme modeli tanımlamaktadır. Denge durumunda teknolojik gelişmenin hızı, kişi başına gelir ve tüketim artışını oransal olarak eşitlemektedir. Dolayısıyla denge durumuna erişildiğinde kişi başına gelir artışını müktedir kılan biricik faktör, teknolojik gelişme

³⁰ Birinci, **a.g.e.**, s. 21

Aydın, **a.g.e.**, s. 18

³¹ Yılmaz, **a.g.e.**, s. 66

³² Kırarlar, **a.g.e.**, s. 46

³³ Bayraktar, **a.g.e.**, s. 33

³⁴ Kırarlar, **a.g.e.**, s. 53

olmaktadır.³⁵ Neo-klasik büyüme teorisine göre teknolojik gelişmelerin etkisi, kendini üretim olanakları eğrisi üzerinde gösterecek ve bu eğriyi sağa kaydıracaktır.

Neo-klasik teorinin literatüre kattığı ve ilk kez Solow tarafından dile getirilen kavram ise “*yakınsama hipotezi*”dir. Sermayenin azalan verimler yasasına tabi olduğu ve teknoloji düzeyinin değişmeyip tüm ülkelerde sabit olduğu varsayımları altında; emek başına düşen sermaye miktarının daha az olduğu ülkeler, daha yüksek sermaye getiri oranlarına sahip oldukları için sermaye açısından zengin ülkelere göre daha yüksek büyüme performansları sergileyecektir. Uzun dönemde ise bu reel büyümeleri sayesinde gelişmiş ülke ekonomileri ile aralarında olan gelir farklılıklarını kapatarak GÜ’lerin büyüme oranlarını yakalayabileceklerdir. Bu görüş iktisat yazınında “yakalama hipotezi” olarak geçmektedir.

Ancak Neo-klasik büyüme teorilerinin eksik ve hatalı öngörülleri, sonrasında yapılan ampirik çalışmaların; modelin teknolojiyi dışsal sayan varsayımı başta olmak üzere temel varsayımlarını çürütmesi ile kanıtlanmıştır.

Ülkelerin büyüme performanslarını birbirinden farklı kılan, bu süreçte karşılaşılan avantaj ve dezavantajların büyük çoğunluğunu oluşturan unsurların başında şüphesiz gelir dağılımı ve teknoloji gelmektedir.³⁶ Oysa Neo-klasik teorinin teknolojiyi model dışında belirlenen bir unsur olarak görmesi, teknolojik ilerlemenin gökten zembille inmişçesine dışsal ve tesadüfi gelişmelere bağlı olması gibi büyük bir yanılgıyı içermekte ve büyümenin asıl unsurunu göz ardı etmektedir.³⁷

Ayrıca Barro ve Romer tarafından yürütülen çalışmalar, Neo-klasik teorinin öngörüsünün aksine, sermayede verimlilik azalışının söz konusu olmadığını göstermiştir. Abromowitz ise modelde yakınsama hipotezi ile iddia edilen yakınsamanın, yalnızca 1950 ile 1979 arasını kapsayan dönem için geçerli olduğunu ileri sürerek modeli eleştirmiştir.³⁸ Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, iddia

³⁵ Ercan, **a.g.e.**, s. 130

³⁶ Birinci, **a.g.e.**, s. 21-24

³⁷ Kibritçioğlu, **a.g.e.**, s. 214

³⁸ Birinci, **a.g.e.**, s. 24

edilen yakınsamanın ancak gelişmişlik düzeyi aynı olan ekonomilerde gerçekleşebileceğini, hatta öngörülenin aksine gelişmiş ve az gelişmiş ülkeler arasındaki makasın iyice açılacağını ortaya koymaktadır.³⁹

1.3.2. İÇSEL BÜYÜME TEORİLERİ

Bu eleştiriler ışığında büyüme modellerinde yeni bir arayış içerisine girilmiş ve Romer’ın öncülüğünde geliştirilen içsel büyüme modelleri ile Neo-klasik teorinin büyümeyi açıklamada yetersiz kaldığı ve yanılgıya düştüğü noktalara açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

İçsel büyüme modellerinin sınıflandırılması ise, bu modellerde içsel bir faktör olarak kabul edilen teknolojik gelişmenin teorisyenler tarafından farklı şekillerde ele alış biçimine göre yapılmaktadır. Bu noktadan hareketle içsel büyüme modelleri iki grup halinde kategorize edilmektedir.

İlk grup modellerde teknolojik gelişme dolaylı olarak ele alınmaktadır. Şöyle ki; teknolojik gelişme bu modellerde tasarruf, yatırım, beşeri sermaye ve kamu harcamaları gibi ekonomik faaliyetlerin sonucu olarak bizatihi oluşmaktadır. Bu birinci grup modellerin diğer bir özelliği ise rekabetçi piyasa koşullarının esas alınmasıdır.

Literatürde “Ar-Ge temelli modeller” ya da Schumpeterian modeller” olarak da adlandırılan ikinci grup modeller ise teknolojik gelişmelerin, doğrudan Ar-Ge faaliyetlerine yapılacak yatırımlarla sağlanabileceği fikri ve rekabetçi olmayan piyasalar varsayımı üzerine inşa edilmiştir.⁴⁰

³⁹ Aydın, a.g.e., s.24

⁴⁰ Pınar Yardımcı, “İçsel Büyüme Modelleri ve Türkiye Ekonomisinde İçsel Büyümenin Dinamikleri”, Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı 10, Yıl 9, 2006, s.100

1.3.2.1. Dolaylı Teknolojik Gelişme ve Rekabetçi Piyasalara Dayalı Modeller

1.3.2.1.1. AK Modeli

Özellikle gelişmiş ülkelerin neredeyse iki yüzyıldır sergilediği sürdürülebilir büyüme performanslarının altında yatan sebepleri araştırmak ve uzun vadeli büyümenin belirleyicilerini ölçmek amacıyla ortaya atılan içsel büyüme modellerinin en basit versiyonu olan AK Modeli Sergio Rebelo tarafından geliştirilmiştir.⁴¹

Model, Rebelo'nun " $Y=AK$ " şeklinde ifade ettiği son derece basit üretim fonksiyonundan ötürü literatürde AK Modeli olarak adlandırılmaktadır. Üretim fonksiyonunda A ile ifade edilmek istenen ülkenin teknoloji düzeyini gösteren ve pozitif bir değer olan sabittir. K ise sermaye stokunu göstermektedir.⁴² Rebelo'nun kurduğu bu basit üretim fonksiyonu, emek faktörünü içermediği için ilk bakışta anlamsız gibi gözükse de K ile hem fiziki hem de beşeri sermayenin toplamını kast ederek sermaye faktörünü geniş kapsamda ele almıştır.⁴³

AK Modeli'nde Neo-klasik büyüme teorisine ait "ölçeğe göre sabit getiri" varsayımı korunmakla birlikte Neo-klasik teorideki "sermayenin azalan marjinal verimliliği" yerine "sermayenin marjinal verimliliğinin sabit olduğu" varsayımı yapılmıştır. Çünkü Rebelo, modelinde sermaye faktörünü geniş anlamda tanımladığı ve beşeri sermayenin verimliliği de dikkate alındığı için sermayede azalan verimler kanunu geçerli olmamaktadır.⁴⁴

Modelde uzun vadeli ve sürdürülebilir bir büyümenin nasıl sağlandığı ise sermaye yatırımlarının pozitif dışsal etkileriyle açıklanmaktadır. Buna göre

⁴¹ İbrahim Arısoy, "Fiziksel Sermaye Yatırımları ve Büyüme İlişkisinin AK Modeliyle Sınanması: Türkiye Örneği (1968-2006)", Maliye Dergisi, Sayı: 161, 2011, s. 284

⁴² Fulya Şen (2007a), *Büyüme ve Dış Ticaret İlişkisi: Türkiye Örneği*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2007, s. 57

⁴³ Kibritçioglu, a.g.e., s. 222

⁴⁴ Şen (2007a), a.g.e., s. 57

ekonomide sermaye stokunun artmasını sağlayacak gerek fiziki gerekse beşeri sermaye yatırımları, pozitif dışsallık yaratacak ve bu dışsallıkların tüm ekonomiye yayılması sonucu uzun dönemli büyüme performansı pozitif etkilenecektir. Ayrıca sermayeye göre azalan verimler yasası işlemediği için ve $Y=AK$ şeklinde ifade dilen üretim fonksiyonuna göre sermaye ile çıktı arasında doğrusal yönlü bir ilişki bulunduğu için, ekonomide sermaye yatırımları arttığı sürece büyüme de artacaktır. Sonuçta bu nedenlerden ötürü büyüme süreklilik kazanacak ve uzun dönemli büyümede artış sağlanacaktır.⁴⁵

Rebelo, modelinde vergi oranlarının büyümeye etkileri üzerine de yoğunlaşmıştır. Neo-klasik büyüme teorisinde büyüme, dışsal faktörlerle ve dışsal olarak kabul edilen teknolojik gelişme ile elde edildiği için ekonomi politikalarının büyüme üzerindeki etkisi sadece durağan durum dengesine kadar olmaktadır. Ayrıca söz konusu politikalar etkilerinin geçici olması sebebiyle iktisadi büyüme üzerindeki etkileri sınırlı olmaktadır.⁴⁶

Rebelo yaptığı çalışmalarda gelir vergisi üzerindeki yüksek vergilendirmelerin, ülke ekonomilerine daha düşük büyüme olarak yansıdığı sonucuna ulaşmıştır. Rebelo yüksek gelir vergisi oranlarının uygulandığı ülkelerde vergi sonrası ücretlerin daha düşük düzeylerde seyrederken, gelir vergisinin düşük düzeylerde olduğu ülkelerde ise bu ücretin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuçtan hareketle ise emek mobilitesinin, yüksek vergi uygulayan ülkelere düşük vergilendirmenin olduğu ülkelere doğru olduğunu belirterek vergilendirmenin büyüme üzerinde etkilerini göstermiştir.⁴⁷

1.3.2.1.2. Lucas'ın Beşeri Sermaye Modeli

Lucas'ın çalışmalarının motivasyonunu gelişmiş ülkeler ile diğer ülkeler arasında bulunan devasa gelir farklılıkları oluşturmaktadır. Lucas çalışmalarını gelir düzeyi oldukça düşük olan az gelişmiş ülkelerin, gelişmiş kapitalist ekonomileri

⁴⁵ Arısoy, a.g.e., s. 285

⁴⁶ İzzet Taşar, *İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Uygulamaları*, Çizgi Kitabevi, Konya, 2016, s. 1s. 8

⁴⁷ Şen (2007a), a.g.e., s. 61

yakalamalarının mümkün olup olmayacağı ve şayet mümkün değilse, bu ülkeleri birbirinden ayıran fark ya da farklılıkların neler olduğuna açıklık getirebilmek amacıyla yürütmüştür.

Lucas bu bağlamda çalışmalarına Neo-klasik büyüme teorileri inceleyerek başlamış ve bu modellerin, büyüme ile ilgili konulara açıklık getirmek için gerçekten doğru modeller olup olmadıklarını cevaplamaya çalışmıştır.

Lucas, Neo-klasik teorinin büyüme olgusunu ele alırken; yalnız niceliğe değil niteliğe de büyük önem atfetmesini olumlu bulmuş ve bunu literatüre bir katkı olarak görmüştür. Ancak Neo-klasik teoriyi iki temel hususta eksik bulmuş ve eleştirmiştir. Bu hususların ilki; Neo-klasik teorinin ülkelerin gelişmişlik düzeyi arasındaki farklara açıklık getirmede yetersiz buluşu ile ilgiliyken, diğeri ise teorinin uluslararası faktör mobilitesi varsayımıyla ilgilidir.⁴⁸ Lucas ayrıca Neo-klasik teori dahilindeki Solow modelini, doğrudan bir büyüme teorisi olamadığı ve sadece Amerikan ekonomisinin büyüme dinamiklerini incelediği gerekçesiyle eleştirmiştir.⁴⁹

İçsel büyüme modellerinin geliştirilmesinde öncü iktisatçılardan olan Lucas, bu alandaki temel çalışmalardan biri olarak kabul gören “On the Mechanics of Economic Development” adlı makalesinde fiziki sermaye birikimin iktisadi büyümedeki rolünü Neo-klasik üretim fonksiyonu ile modellemiştir. Lucas, 1988 yılında yürüttüğü bu çalışmasında uzun vadeli büyümenin motorunu “beşeri sermaye” olarak görmüştür.

Beşeri sermaye kavramı literatürde her ne kadar eğitim düzeyi ile ilişkilendirilse de Lucas, modelinde beşeri sermayeyi teknolojik gelişmenin bir alternatifi ya da en azından tamamlayıcısı şeklinde ele almıştır. Ve çalışmasında beşeri sermaye ile işgücünün beceri düzeyini ifade etmektedir.⁵⁰ Lucas, modelde analizlerini tek sektörlü bir ekonomi için yapmış ve teknolojik gelişme ile beşeri sermaye birikimini ekonomide gerçekleşen yatırımlarda içsel kılmıştır. Lucas ayrıca

⁴⁸ Taşar, a.g.e., s. 39-49

⁴⁹ Ateş, a.g.e., s. 58

⁵⁰ Birinci, a.g.e., s. 31

rasyonel beklentiler varsayımını büyüme modellerine dahil ederek iktisat yazınına çok büyük bir katkı sağlamıştır.⁵¹ Modelin çerçevesini oluşturan bir diğer husus ise bilginin kamu malı olarak kabul edilmesidir. Dolayısıyla böyle bir yapıda fikri mülkiyet hakkı elde edilemeyeceği için ar-ge faaliyetleri yeterince cezbedici olmayacak ve ar-ge sektöründeki faaliyetler arzu edilen düzeye erişemeyecektir. Bu sebepten ötürü kamu otoritelerine, araştırma faaliyetlerinin geliştirilmesi için gerekli teşvikleri üstlenme görevi düşmektedir.

Lucas, Arrow'un geliştirdiği “*yaparak öğrenme*” yaklaşımını, modelinde beşeri sermayenin verimlilik artışını nasıl sağladığına açıklık getirmeye çalışmıştır. Buna göre beşeri sermayedeki artış, rekabet edilemeyen ve dışlanması mümkün olmayan ürünler geliştirilmesini sağladığı için ekonomide bir yayılma etkisi oluşturarak üretimi artırmaktadır.⁵²

Lucas, bireyin sahip olduğu beşeri sermayedeki artışın hem kendi verimliliğini artırdığını hem de beceri düzeyindeki bu artışın yol açtığı pozitif dışsallıkların, diğer üretim faktörlerinin verimliliğini artırdığını ifade etmektedir.⁵³ Lucas modeli ayrıca emeğin verimliliğini etkileyebilecek, yani beşeri sermayenin etkinliğini sağlamaya yardımcı faaliyetler arasında bireyin zamanını nasıl değerlendirdiğini incelemektedir. Beşeri sermayenin modele dahil edilmesiyle şüphesiz üretim miktarı ve emeğin beceri düzeyi artacak, böylece beşeri sermaye birikimi modelde bir kez daha değerlendirilmeye alınacaktır. Lucas bu yapıyı şu şekilde modellemektedir:

$$N = \int_0^{\infty} N(h)dh .$$

Modelde N sayıda işgücü olduğu varsayılmaktadır. İşgücünün her birinin beceri düzeyini ifade eden h ise sıfır ile sonsuz arasında değişmektedir. Sonrasında

⁵¹ Cemil Çiftçi, Gökhan Aykaç, “İçsel Büyüme Modelleri ve Küreselleşme Sürecinde Gelişmekte Olan Ülkelerin Konumları”, Sosyoekonomi Dergisi, Cilt:14, Sayı:14, 2011, s.165

⁵² Ercan, a.g.e., s. 133

⁵³ Kibritçiöğlu, a.g.e., s. 224

bu fonksiyonel ilişki, bireyin üretime ve sahip olduğu beşeri sermayesini geliştirmek için ayırdığı zamanı dikkate alarak şu şekilde genişletilmiştir:

$$N^e = \int_0^{\infty} u(h)N(h)h dh$$

Denklemdaki $u(h)$ bireyin toplam çalışma zamanını, üretime ayırdığı zamanı gösterirken; $1-u(h)$ ise geri kalan zamanını yani beşeri sermaye birikimine ayırdığı zamanı göstermektedir. Denklemin bu hali bir bütün olarak “*efektif işgücü toplamı*”nı vermektedir. Üretim fonksiyonu ise, fiziki sermaye ve değişik beceri düzeyine sahip işgücününün bir fonksiyonu olarak $F(K, N^e)$ şeklinde ifade edilebilmektedir.⁵⁴

Lucas’ın Neo-klasik teoride gördüğü eksikliklerden biri de ülkeler arasındaki gelişmişlik ve gelir farklılıklarına yeterli açıklamayı getirememiş olması idi. Lucas bu farklılığı açıklığa kavuşturabilmek için ülkelerin sahip olduğu beşeri sermaye birikimlerinin farklı olduğuna dikkat çeken teorik bir çerçeve sunmaktadır.⁵⁵ Lucas’a göre başlangıçta düşük fiziki ve beşeri sermaye birikimine sahip olan ülkelerin toplam sermaye stoku, yüksek olan ülkelere kıyasla sürekli düşük düzeyde kalmaya mahkumdur. Çünkü beşeri sermaye birikiminin sebebiyet verdiği pozitif dışsallıklar ve beşeri sermayenin getirisini temsil eden ücretler, gelişmiş ülkelerde daha yüksek düzeyde olup bu eğilim devam etmektedir.⁵⁶ Dolayısıyla Lucas’ın modeli, ülkeler arasındaki farkın uzun dönemde kapanacağını öngören Neo-klasik teorinin aksine bu yakınsamanın hiç gerçekleşmeyeceğini hatta sermaye stokundaki artışın gelişmiş ülkelerde daha fazla olması ve sermayenin mobilitesindeki farklılıklar sebebiyle aradaki farkın daha da açılacağını ortaya koymaktadır.⁵⁷

⁵⁴ Sanlı Ateş, “Yeni İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Ekonomisinin Büyüme Dinamiklerinin Analizi”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yayınlanmamış Doktora Tezi Adana-1998, s. 60

⁵⁵ Aydın, a.g.e., s. 3

⁵⁶ Yardımcı, a.g.e., s. 101

⁵⁷ Mesut Savrul, **İnovasyon Ve Teknoloji Taşmalarına Dayalı Ekonomik Büyüme**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul-2014, s.85

Lucas'ın büyümenin itici gücü olarak beşeri sermayeyi modellediği bu öncü çalışması, sonrasında Becker, Stokey, Young, Cabella&Santos gibi beşeri sermaye önem atfeden iktisatçıların geliştirecekleri içsel büyüme modelleri için de ilham kaynağı olmuştur.⁵⁸

1.3.2.1.3. Kamu Harcamaları Modeli

İçsel büyüme modelleri arasında büyümede kamu sektörüne önemli roller yükleyen⁵⁹ ve kamu sektörü tarafından üretilen mal ve hizmetlerin büyümede katalizör bir etkiye sahip olduğunu öne süren yaklaşım Barro tarafından modellenen Kamu Harcamaları Modeli'dir.

Barro 1990 ve 1991 yürüttüğü çalışmasında 98 ülkeyi ele alan kapsamlı bir veri setinden yararlanmıştır. Barro, modelinde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında analizine kamu kesimini de dahil ederek kamu harcamaları ve tasarruf oranı ile büyüme arasındaki ilişkiyi ele almıştır.⁶⁰

Barro modelinde basitlik sağlaması açısından kapalı ekonomi varsayımında bulunmuştur. Yine aynı sebepten kamunun, gelir vergisi olmak üzere tek bir gelir kaynağına sahip olduğunu ve kamu malı arzının da tek gider kalemi olduğunu varsaymıştır. Çalışmasında Neo-klasik teorelin aksine, devletin ekonomide aktif bir rol oynaması gerektiğini savunmuş hatta bununla da yetinmeyip kamunun harcamalarını bir üretim faktörü olarak üretim fonksiyonuna dahil ederek şu şekilde modellemiştir:

$$y = f(k,g) = Ak^{1-\alpha} g^{\alpha}$$

Fonksiyonda yer alan k; geniş anlamda sermayeyi, g; kişi başına düşen kamusal mal-hizmet harcamalarını göstermektedir. Modelde sermaye (k) için azalan

⁵⁸ Kibritçioğlu, **a.g.e.**, s. 225

⁵⁹ Cengiz, **a.g.e.**, s. 42

⁶⁰ Ercan, **a.g.e.**, s. 134

verimler yasası geçerli iken, “k” ve “g” birlikte ele alındığında ise ölçeğe göre sabit getiri durumu geçerli olmaktadır.⁶¹

Barro’ya göre devletin aktif rol oynaması gereken alanlar özellikle; Ar-ge faaliyetleri, teknoloji transferleri, eğitimi destekleyecek ve yaygınlaştıracak her türlü girişim, bilgiyi hakim kılmak için mülkiyet haklarını güvence altına almak ve teşviklerle özel girişimciliği desteklemektir. Devlet bu alanlarda yapacağı regülasyonlarla büyümeye önemli katkılarda bulunabilecektir.

Kamu harcamalarının büyümeyi ne yönde ve nasıl etkileyeceği, büyük ölçüde hükümetin izleyeceği politikalara bağlı olmaktadır. Kamu harcamalarının büyüme performansına olumlu katkıda bulunması, hükümetin kendi fayda fonksiyonundan ziyade toplumun refahını gözetmesiyle mümkün olabilecektir. Bu güdüyle gerçekleştirilen kamu harcamaları, özel sektör için tamamlayıcı mal ve hizmetler yarattığı için pozitif bir dışsallık sağlayarak büyüme ve refaha olumlu katkıda bulunacaktır.⁶² Kamu harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin artan getirili olabilmesi içinse, kamunun ekonomiye sağladığı üretken hizmetlerdeki artışın, toplumun tüketimine sunduğu hizmetlerdeki artıştan büyük olması gerekmektedir. Ki bu durum kamu harcamalarının verimli bir nitelikte olması gerektiğine işaret etmektedir.⁶³ Büyümeyi maksimize edebilmek için ise kamu harcamalarının milli gelir içerisindeki payı, üretime girdi olarak dahil edilen kamusal mal ve hizmetlerin oranına eşit kılınmalıdır.⁶⁴

Yukarıda sayılan koşullar gerçekleştiği takdirde kamu harcamaları büyümeyi olumlu yönde etkileyecektir. Ancak Barro, söz konusu yıllardaki çalışmasında (1990-1991) kamu harcamalarının büyüme üzerinde olumsuz etki yarattığı bulgularına rastlamıştır. Barro bunun nedeni olarak, kamu harcamalarını finanse edebilmek için kişilerin harcanabilir geliri üzerine uygulanan gelir vergisini görmektedir. Çünkü

⁶¹ Fulya Şen (2007b), **İçsel Büyüme ve Türkiye’de Yatırım Harcamaları**, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir-2007, s. 38,39

⁶² Özel, **a.g.e.**, s. 69

Birinci, **a.g.e.**, s. 32

⁶³ Sami Taban, **İktisadi Büyüme**, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2014, s. 162

⁶⁴ Ateş, **a.g.e.**, s. 151

Barro bu vergilendirme sonucunda özel tasarrufların azalacağı, dolayısıyla da büyümenin bundan olumsuz etkileneceği görüşünü savunmuştur.⁶⁵

1.3.2.2. Doğrudan Teknolojik Gelişme ve Rekabetçi Olmayan Piyasalara Dayalı Modeller (AR-GE MODELLERİ)

Bu grupta yer alan modeller aksak rekabet varsayımı altında geliştirilmiştir. Firmalar, karını maksimize edebilmek için teknolojik yenilik ve gelişmelerin desteğiyle ürün çeşitlendirmesine gitmektedirler. Akabinde ise bu ürünlerin patent hakkını tescilleyerek piyasada tekeli güce sahip olmaktadır. Firmaların bu tekeli gücü nedeniyle ikinci grupta ele alınan bu büyüme modellerinde, tam rekabet piyasası varsayımları geçerliliğini yitirmektedir.⁶⁶

1.3.2.2.1. Romer Modeli

Romer, modelini üretim faktörlerinin artan getiriye sahip olduğu varsayımı altında ve Neo-klasik olmayan bir üretim fonksiyonu aracılığıyla dizayn etmiştir.⁶⁷ Model, Ar-ge faaliyetleri merkezinde şekillenmektedir. Ar-ge sektöründe çalışan beşeri sermaye tarafından ekonomiye arzı gerçekleştirilen yeni ürün ve geliştirilen yeni üretim teknikleri ise modelin genel çerçevesini oluşturmaktadır.⁶⁸

Romer Modeli esasen teknolojik gelişmeyi büyümenin kaynağı olarak gören Solow Modeli'nin teknolojiyi içselleştirmiş haline benzemektedir. Ancak Solow'un

⁶⁵ Şen (2007b), **a.g.e.**, s. 40

Ercan, **a.g.e.**, s. 135

⁶⁶ Ateş, **a.g.e.**, s. 35

⁶⁷ Çiftçi, Aykaç, **a.g.e.**, s.163

⁶⁸ Mustafa Özer, Necati Çiftçi (2009a), "Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri Ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2008, s. 220

aksine Romer, teknolojinin rekabete konu olmayan bir girdi olması nedeniyle teknolojik gelişmelere de yer verdiği modelinde, üretim fonksiyonu birinci dereceden homojen olamayacağı için üretim faktörlerinin sabit getirili olamayacağı varsayımında bulunmuştur.

Romer'ın modelinde büyümenin ana dinamiğini, kâr maksimizasyonu güdüsü ile hareket eden firmaların yatırımları sonucu ortaya çıkan “teknolojik gelişme” oluşturmaktadır. Modelde teknoloji; geleneksel bir mal olmadığı gibi, kamusal bir mal da değildir. Romer, modelde teknolojinin rekabete konu olmayan bir mal olduğunu ve kısmen dışlanabildiğini varsaymaktadır. Bu varsayımdan hareketle Romer, analizlerini tekelleri rekabet piyasası altında yaparak tek denge çözümüne ulaşmaktadır.⁶⁹

Romer'ın teknolojik gelişmeyi içselleştirmesi esasen Arrow'un çalışmalarına dayanmaktadır. Arrow, geliştirdiği “yaparak öğrenme” yaklaşımı ve bilgi üretimindeki artışın yayılma etkisiyle tüm ekonomide büyük kazançlar elde edileceğini öngörmektedir. Ancak Arrow bilgiyi kamusal bir olarak ele alırken, Romer'ın bundan farklı olarak fikri mülkiyet haklarının korunması varsayımından hareketle bilgiyi tam kamusal mal olarak görmeyişi, yeni buluşları ve Ar-ge faaliyetlerini özendirmiştir.⁷⁰ Romer, bilgiye yapılan yatırımların artması sonucu ilerleyen teknik bilginin, tüm sektörlerde bir nevi bedava girdi gibi kullanılmasıyla yatırımların daha düşük maliyetlerle gerçekleştiğini ve daha yüksek getiriler elde edildiğini ifade etmiştir.⁷¹ Çünkü teknolojik gelişme hem birim maliyetlerini düşürmekte hem de ekonomik birimleri daha fazla sermaye birikimine teşvik ederek emek başına üretimin artmasını sağlamaktadır.⁷²

Modelde emek, fiziki sermaye, beşeri sermaye, teknolojik düzey indeksi olmak üzere dört temel girdi ele alınmakta ve teknolojik düzey indeksinin sınırsız büyüyebileceği varsayılmaktadır. Nüfus ve emeğin arzı ise sabit kabul edilmektedir.

⁶⁹ Ateş, **a.g.e.**, s. 26,28

⁷⁰ Ercan, **a.g.e.**, s. 132

⁷¹ Birinci, **a.g.e.**, s. 30

⁷² Çiftçi, Aykaç, **a.g.e.**, s. 163,164

Modelin diğerk bir varsayım ise ekonominin üç sektörden oluşuyor olmasıdır ki bunlar; Ar-ge sektörü, ara malları sektörü ve nihai mal sektörüdür. *Ar-ge sektörü*, halihazırdaki bilgi stokunu ve beşeri sermayeyi kullanarak ekonomideki yeni bilgi üretimini gerçekleştirmektedir. *Ara malları sektörü*, Ar-ge sektöründen elde ettiği bu yeni bilgileri kullanarak nihai mal sektörünün kullanabileceği dayanıklı girdiler üretmektedir. Son olarak *nihai mal sektörü* ise ara malları sektöründen temin ettiği üretim girdilerine ilaveten, sahip olduğu emeği ve beşeri sermayeyi de kullanarak ekonomideki nihai malların üretimini gerçekleştirmektedir.

Model Ar-ge faaliyetlerini merkeze aldığı için uzun vadeli ve sürdürülebilir bir büyüme Ar-ge sektöründe istihdam edilen araştırmacılar ve bilim adamı gibi beşeri sermaye miktarı ile ilişkilendirilmektedir. Bir ekonomi bu beşeri sermaye birikimine sahip olduğu ölçüde yeni teknolojiler gerçekleştirebilecek ve iktisadi büyümesini artırabilecektir.⁷³ Özetle Romer'ın iktisadi büyümenin kaynağı olarak yeni bilgi üretimini görmesi ve büyümenin sürekliliğini bilgi birikimine dayandırarak modelinde bilgiyi içselleştirmesi, büyüme teorisi literatürüne yaptığı çok önemli bir katkıdır.⁷⁴

1.3.2.2.2. Grossman ve Helpman Modeli

Gene M. Grossman ve Elhanan Helpman'ın iktisadi büyümeyi teknolojik yenilikler sonucu ortaya çıkan yeni icatlara dayandırmaktadır. Modelin içsel büyüme teorilerine yaptığı önemli bir katkı, diğerk modellerden farklı olarak büyümeyi dış ticaret ve ticaret politikalarıyla ilişkilendirmesidir.⁷⁵

Model büyüme olgusunu dış ticaret ve uluslararası ticaret politikaları ile ilişkilendirdiğinden, çok ölkeli bir analizi dinamik denge aracılığıyla sunmaktadır.

⁷³ Özer, Çiftçi (2009a), **a.g.e.**, s. 221

⁷⁴ Ercan, **a.g.e.**, s. 132

⁷⁵ Ercan, **a.g.e.**, s. 133

Ekonominin geleneksel ürünler üreten sektör, modern sanayi sektörü ve Ar-ge sektörü olmak üzere üç sektörden oluştuğu varsayılmaktadır.⁷⁶

Modele göre büyümenin itici gücü olan Ar-ge sektörü, ülkelerin uluslararası ticaretin getirilerinden faydalanmasını sağlayarak ülkelere önemli bir karşılaştırmalı üstünlük kazandırmaktadır. Ar-ge yatırımlarına yeterli kaynağı bulmakta zorluk çeken az gelişmiş ülkeler ise dışa açıklık oranlarını artırarak gelişmiş ülkelere teknoloji transferleri gerçekleştirebileceklerdir. Ancak bu teknoloji transferleri bizatihi gerçekleşmeyeceği için bu transferi mümkün kılacak teşvik politikaları son derece önemlidir. Ayrıca AGÜ'ler dış ticaretlerini serbestleştirerek teknoloji transferlerinden elde ettikleri bilgi birikimi sayesinde büyüme performanslarında ciddi artışlar elde edebilecektir. Grossman ve Helpman'a göre serbest dış ticaret politikaları ülkelerin büyümelerini nasıl olumlu etkiliyorsa, aksine uluslararası ticareti kısıtlayan gümrük tarifesi, kotalar gibi koruyucu tutumlar ise dünya ticaretinde entegrasyonu ve elde edilecek faydaları sektöre uğratacağı için yalnız AGÜ'lerin değil, tüm dünya ülkelerinin büyüme performansını olumsuz etkileyecektir.

Modelde ürün çeşitliliğine bağlı olarak gelişme gösteren inovasyonun büyümeye yaptığı katkılar ele alınmakla birlikte, büyümenin itici gücü olarak mevcut teknolojiyi geliştirmeye dönük bilinçli Ar-ge faaliyetleri görülmektedir.⁷⁷ Teknolojik yenilikler sonucu verimlilikte yaşanan artışlar ise büyümenin asıl kaynağı olarak görülmektedir.⁷⁸ Ülkeler, bu teknolojik yenilikler sonucu geliştirdikleri teknoloji yoğun ürünler sayesinde dış ticarete karşılaştırmalı üstünlük elde edebilecek ve bu sayede büyüme performanslarını iyileştirebileceklerdir.⁷⁹ Modelin teknoloji

⁷⁶ Aydın, a.g.e., s. 40

⁷⁷ Aydın, a.g.e., s. 40-42

Savrul, a.g.e., s.107

⁷⁸ Seyfettin Erdoğan, Şerif Canbay, "İktisadi Büyüme ve Araştırma&Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme", Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 4, Sayı: 2, 2016, s.39

⁷⁹ Özel, a.g.e., s. 69

boyutunu ise; firmaların sınırlı üretim kaynaklarını Ar-ge sektörüne tahsis ederek halihazırdaki ürün yelpazesini aşamalı olarak artırdığı varsayımı oluşturmaktadır.⁸⁰

Model büyümeyi teknolojik yeniliklere dayandırdığı için bu faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için, ekonomideki tüm tasarrufların teknoloji üretim faaliyetlerine yönlendirildiği varsayımı yapılmaktadır. Bu sebepten ötürü modelde Ar-ge çalışmalarının, daha çok yeni tasarım mallarının üretilmesi amacıyla yürütüldüğü üzerinde durulmaktadır. Modelde yeni tasarım ürünlerinin geliştirilme potansiyelinin sınırsız olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla da bilgi üretim sürecinde azalan getiriler geçerli olmamaktadır. Modelde yeni tasarım ürünlerinin geliştirilmesi her ne kadar sınırsız kabul edilse de bu üretimi gerçekleştirecek olan Ar-ge sektörünün sahip olduğu kaynakların sabit olduğu varsayılmaktadır. Modelde ayrıca ölçeğe göre sabit getirilerin olması ve Ar-ge sektörüne girmek isteyen firmaların piyasaya serbestçe giriş yapabilmesi dolayısıyla firmalar aşırı kâr elde edememektedir.

Grossman ve Helpman, büyüme olgusu ve dinamiklerini daha detaylı bir şekilde ele alabilmek içinse iki ayrı büyüme modeli geliştirmiştir. Modellerden ilki “*ürün çeşitlemesi*”ne dayanmaktadır. Ürün çeşitliliği sonsuza giderken, firmaların karlılığı giderek azalacak hatta sıfıra yaklaşacaktır. Ürün çeşitliliğinin artmasına dayanan bu model ile Neo-klasik büyüme teorisi arasında bazı benzerlikler bulunmaktadır. Örneğin model aksak rekabet varsayımı altında şekillenmesine rağmen Grossman ve Helpman’ın ve mal ve sermaye piyasalarında tam rekabet piyasa koşullarının geçerli olduğunu kabul etmesi nedeniyle Neo-klasik teorinin uzun dönemde kâr ve faiz haddini birbirine eşit kılan mekanizması dışlanamamaktadır.

Grossman ve Helpman’ın diğer model ise “*bilginin kamusallaşması*” olgusuna dayanmaktadır. Grossman ve Helpman bu modeli esasen Romer’in modelinden hareketle geliştirmiştir. Ekonomik sistem; sürekli yeni ürünler geliştirerek piyasadaki tekelci gücünü korumak isteyen firmalar ve bilgi birikimi sonucunda üretilen yeni ürünlerden oluşmaktadır. Bilgi birikimindeki üstel artış

⁸⁰ Savrul, a.g.e., s. 109,110

dolayısıyla her yeni teknolojik tasarımın maliyeti giderek azalmakta ve büyümede süreklilik sağlanmaktadır. Ayrıca ekonomide yeni teknoloji tasarımları hız kazandığı, ürün çeşitlemesine gidildiği ve Ar-ge faaliyetlerinde etkinlik sağlandığı müddetçe daha hızlı bir büyüme sürecine girilecektir.⁸¹

Tıpkı Romer'in modelinde olduğu gibi Grossman-Helpman'ın modelinde de aksak rekabet piyasası varsayımı geçerliliğini korumaktadır. Ancak yeni ürün geliştirilmesinin ekonomide yarattığı etkiler, Romer'in modelinden çok farklı olarak ele alınmaktadır. Romer Modeli'nde geliştirilen her yeni ürün, mevcut ürünler sonucu elde edilen bilgi stoku ve bundan ekonomiye yayılan pozitif dışsallıklardan yararlanılarak üretilmekte ve bu sayede takip eden Ar-ge faaliyetlerinin maliyetleri düşmekteydi. Grossman-Helpman modelinde ise her ürün kendi bilgi stokuna sahip olduğu için önceki ürünlerin eskidiği varsayımında bulunmaktadır. Bu önemli farklılık nedeniyle Grossman&Helpman Modeli'nde, uygulanacak politikalar modelin denge koşulu ve refah sonuçlarını tamamen değiştirmektedir.⁸²

1.3.2.2.3. Aghion ve Howitt Modeli

İçsel büyüme modelleri arasında Aghion ve Howitt'in modeli yenilik, inovasyon odaklı olduğu ve büyük oranda Schumpeter'in görüşlerinden esinlenerek geliştirildiği için literatürde "*Schumpeteryan Büyüme Modeli*" olarak da geçmektedir.⁸³

Schumpeter'in yaratıcı yıkım yaklaşımı; büyümenin itici gücü olan ve sürekliliğini sağlayan Ar-ge faaliyetleri sonucu ortaya çıkan her yeni ürünün, kendisinden önceki ürünleri eskiterek ortadan kaldırması ve bunun süreklilik kazanması olarak ifade edilebilir.⁸⁴ Schumpeter'e göre "Kapitalist sistemin motoru ve temel itici gücü, yeni tüketim malları, yeni üretim veya nakil metotları ve yeni

⁸¹ Ateş, **a.g.e.**, s. 35-41

⁸² Yardımcı, **a.g.e.**, s. 102,103

⁸³ Savrul, **a.g.e.**, s. 112

⁸⁴ Yardımcı, **a.g.e.**, s. 103

piyasalardır. Bu süreç, ekonomik yapıyı sürekli olarak içeriden bir devrime uğratar, sürekli eskiyi yok eder ve sürekli olarak yeni birini yaratır. Yaratıcı yıkım süreci, kapitalizmin başlıca gerçeğidir.” Kapitalist sisteme dinamizm kazandırarak ayakta kalmasını sağlayan bu mekanizmanın en önemli unsuru ise; ürünlerin kalitesinde artış yakalanmasını sağlayan *teknolojik yenilikler* ve buna zemin hazırlayan *patent rekabetidir*.

Aghion ve Howitt, bu yaratıcı yıkım sürecinden hareketle iki varsayımda bulunmaktadır. İlk olarak, ele alınan dönemdeki Ar-ge faaliyetleri ile gelecek dönemdeki Ar-ge faaliyetleri arasında negatif bir ilişkinin bulunduğunu varsaymışlardır. İkinci olarak ise mevcut Ar-ge faaliyetleri, takip eden dönemdeki Ar-ge faaliyetleri için bir takım olumluluklar yaratsa da ele alınan dönemde bu faaliyetleri yürüten girişimcilerin monopol karlarını ortadan kaldırmaktadır. Bu ise yeni teknolojileri geliştirecek olan kişileri olumsuz etkileyecektir.⁸⁵ Birinci varsayımın arkasında yatan neden; izleyen dönemde Ar-ge faaliyetlerinin artacağı yönünde bir beklentinin oluşması, ücretlerin yükselmesi ve dolayısıyla monopolcü karlardaki azalışın etkisiyle gelecek dönemki Ar-ge faaliyetleri üzerindeki caydırıcı etkidir. Dolayısıyla Aghion ve Howitt Modeli’nde ardışık dönemleri kapsayan bir analiz ortaya konulmaktadır.

Modelde ekonominin Ar-ge ve imalat sektörü olmak üzere iki sektörden oluştuğu varsayılmaktadır. İşgücünde ise *niteliksiz* ve *nitelikli* emeğin dışında, yalnızca Ar-ge sektöründe istihdamı gerçekleştirilen “*uzmanlaşmış emek*” olmak üzere üç ayrı grup söz konusudur. Ayrıca modelde güçlü bir dönemler arası yayılma etkisi söz konusudur. Yenilik bir kez meydana geldikten sonra sağlayacağı verimlilik artışının hiç kesintiye uğramayacağı varsayılmaktadır. Ancak bu yeniliğin üreticisine sağlayacağı rant, belli bir dönemle sınırlı kalmaktadır. Bu yeniliğin değeri ise elde edilen yeniliği girdi olarak kullanan monopol firmaların karlılık düzeyi tarafından belirlenmektedir.

⁸⁵ Özer, Çiftçi (2009a), **a.g.e.**, s. 224-225

Modeli diğer içsel büyüme modelleri arasında farklı kılan yanı ise; geçmiş dönemlerde elde edilen bilgi stokunun, gelecek dönemki Ar-ge faaliyetleri için herhangi bir işleve sahip olmamasıdır. Tıpkı yaratıcı yıkım süreci sonunda geliştirilen yeni ürünlerin mevcut ürünleri eskitmesi gibi bilgilerin de eskiyerek demode olacağı varsayılmaktadır.⁸⁶

Ar-ge'ye dayalı içsel büyüme modelleri arasında Aghion ve Howitt'in modeli, modelin test edilmesinde ele alınan ölçütlerde de değişiklik arz etmektedir. Bu iki teorisyen Ar-ge sektöründe istihdam edilen beşeri sermaye miktarı yerine, gayrisafi yurtiçi hasıladan Ar-ge faaliyetlerine tahsis edilen payın ölçüt olarak alınmasının daha uygun olduğu kanaatindedir. Aghion ve Howitt yürüttükleri çalışmada, geliştirdikleri modeli Amerika ekonomisi için test etmek istediğinde hasıla içerisinde Ar-ge harcamalarına ayrılan payın yüksek düzeyde seyretmediği sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuç ise Amerikan ekonomisi için içsel büyüme modelinin onaylandığı anlamını taşımaktadır.⁸⁷

Ne var ki Aghion ve Howitt, Ar-ge sektöründe elde edilen teknolojik yeniliklerin gerektirdiği uyum sürecinin sanıldığı kadar kolay gerçekleşmeyeceğini ve bu teknolojik yayılmanın uzun zaman alacağı görüşündedirler.⁸⁸

1.4. İNOVASYONUN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

1.4.1. İnovasyonun Tanımı

Yaratıcılık ve onun tetiklediği bir unsur olarak inovasyon, 21. yy. becerilerinin başında gelmektedir. Teknolojide olağanüstü gelişmelerin yaşandığı günümüz dünyasında mevcut gelişmeler sonrası ortaya çıkan yeni sorunları

⁸⁶ Ateş, a.g.e., s. 46-49

⁸⁷ Mustafa Özer, Necati Çiftçi (2009b), "Ar-Ge Harcamaları ve ihracat ilişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt, Sayı:23, 2009, s. 2

⁸⁸ Erdoğan, Canbay, a.g.e., s. 40

çözebilecek yaratıcı, hızlı ve pratik bir düşünme gücüne her zamankinden daha fazla ihtiyaç vardır. Bu bağlamda ekonomik sistemlerin önemli bir tetikleyicisi olan yaratıcılık, inovasyon ve inovatif faaliyetlerin çıkış noktası olarak kabul edilmektedir.⁸⁹

İnovasyon kavramı, bilim ve teknoloji dünyasındaki gelişmelerle birlikte popülerlik kazanmış olsa da tarihsel kökeni 16. yy. İngiltere'sine kadar uzanmaktadır. Kavramsal olarak ise; şimdiye kadar olanlardan farklı olarak yeni bir şeyler yapmak, ortaya koymak anlamındaki Latince kökenli “innovare”, “innovatus” sözcüklerinden türetilmiştir.

Tam karşılığını ifade etmese de Türkçe'de “yenilik, yenileme, yenileşim” anlamlarına gelen inovasyon en genel anlamı ile; yeni fikirler geliştirmek ve bunları ticari bir faydaya dönüştürecek şekilde uygulamaya koymak demektir.⁹⁰ Bu genel tanımdan hareketle inovasyon, her ne kadar yeni fikirler geliştirmekle ve yaratıcılıkla ilişkili olsa da inovasyon ve yaratıcılık kavramları birbirlerinin yerini tamamen tutmamaktadır. İnovasyon, yaratıcı düşünme eylemi ve sürecinin bir sonucu olsa da bizatihi meyvesi değildir. Bir yenilikten yani inovasyondan söz edebilmek için yaratıcı bir süreç kesinlikle gereklidir, ama her yaratıcı süreç ticari bir değere dönüşmek zorunda değildir. Yaratıcılık, bireysel bir düşünme sürecinin ürünüken, o yaratıcı fikrin hayata geçirilebilmesi tekniksel ve finansal boyutu itibarıyla bir takım çalışması gerektirmektedir ve sosyal bir süreçtir. Bu bağlamda inovasyondan kasıt piyasa değeri taşıyan bir yeniliktir.⁹¹ Dolayısıyla inovasyon tek başına bir etkinliği ya

⁸⁹ Serkan Keleşoğlu, Nurdan Kalaycı, “Dördüncü Sanayi Devriminin Eşiğinde Yaratıcılık, İnovasyon ve Eğitim İlişkisi”, Yaratıcı Drama Dergisi, Cilt:12, Sayı:1, 2017, s. 72

⁹⁰ Adem Kalça, Yeşim Atasoy, “Ekonomik Büyüme Aracı Olarak Bilgi Yayılımları Ve İnovasyon”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt:3,Sayı:2, 2008, s. 96

Kadri Yamaç, “Nedir bu inovasyon?”, Bilim Eğitim ve Düşünce Dergisi, Cilt:1, Sayı:3, 2001, s.y
Şirin Elçi, İnovasyon Kalkınmanın ve Rekabetin Anahtarı, 7. Baskı, Nova Yayınları, Ankara, 2006, s. 1

⁹¹ Keleşoğlu, Kalaycı, a.g.e., s. 75

da basit bir yenilenme sürecinden ziyade, bilimsel ve teknolojik faaliyetleri de içeren kapsamlı ve kompleks bir süreci ifade etmektedir.⁹²

Literatürde inovasyon üzerine yapılmış pek çok farklı tanım bulunmakla birlikte, bu tanımlar incelendiğinde hemen hemen herkesin uzlaştığı “yeni, iyileştirilmiş, geliştirilmiş” kavramları ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla yalnızca “yenilik” gibi sığ bir kalıba sığdırılamayacak olan inovasyonu; teknik, ekonomik ve sosyal süreçlerin bir bütünü olarak ele almak çok daha doğru olacaktır.⁹³

İnovasyon kavramını iktisat yazınında ilk kez tanımlayan ise Joseph Schumpeter’tir. İnovasyonu en temel anlamıyla “büyüme ve kalkınmanın lokomotif” olarak tanımlayan Schumpeter, daha geniş anlamda ise “yeni bir ürünün veya halihazırda mevcut olan ama yeni bir niteliği itibarıyla ürünün pazara sunulması itibarıyla yeni pazarlar açılması, bu gelişmelerle birlikte yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesi, yeni kaynaklar geliştirip yeni organizasyonlar oluşturulması” olarak tanımlamaktadır.⁹⁴

Sonrasında ise inovasyon için pek çok kişi tarafından pek çok farklı tanım yapılmıştır. Burada birkaç tanesine yer vermekle yetineceğiz. Pierre Lionnet inovasyonu; yeni bir fikrin geliştirilerek nihayetinde bunun parasal bir değere dönüştürüldüğü, farklı ufuklardan gelen insanların etkileşimlerini ve farklı motivasyonları içeren dinamik teknik, ekonomik ve sosyal bir süreç olarak ifade etmektedir.⁹⁵ Regis Cabral inovasyonu “İnovasyon, en az iki oyuncu, öge ya da düğüm arasındaki hareketlerin maliyetlerini değiştiren bir ağı tanıtan yeni bir ögedir.” şeklinde tanımlamaktadır.⁹⁶ “Dosi”ye göre inovasyon; bir keşif, deney, gelişim, taklit ve yeni ürünler, yeni üretim sistemleri ve yeni organizasyon

⁹² Çiğdem Kavak, “**Bilgi Ekonomisinde İnovasyon Kavramı ve Temel Göstergeleri**”, 11. Akademik Bilişim Konferans Bildirisi, 11-13 Şubat, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 2009 s. 618

⁹³ Kalça, Atasoy, **a.g.e.**, s. 96

⁹⁴ Elçi, **a.g.e.**, s. 17

⁹⁵ Shqipe Gerguri, Veland Ramadani, “**The Impact of Innovation into the Economic Growth**”, MPRA Dergisi, Paper No: 22270, 2010, s. 3

⁹⁶ Bilgehan Baykal, **İnovasyon Ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi: Türkiye**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul-2007, s.24

kurumlarını içeren bir araştırma faaliyetidir. TÜSİAD ise inovasyonu; bilim ve teknolojinin iktisadi ve toplumsal bir faydaya dönüştüğü süreç olarak tanımlamaktadır.⁹⁷

Bilginin öneminin gittikçe arttığı 21. yy.'da da ülkelerin rekabet gücü artık ucuz emeğe sahip olmakla değil, bilgi ve beyin gücünü içselleştirmeleri ölçüsünde, yenilikçi ve yaratıcı olmalarıyla ölçülmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyılın iktisadi güçlerini, bilim ve teknolojiye atfedilen önem belirleyecek ve ekonominin yeni güç dengeleri bu eksen doğrultusunda belirlenecektir. Dolayısıyla artık küresel ekonomide söz sahibi olmak isteyen ülkeler, teknoloji ve inovasyonda öncü olmak durumundadır. Bu sebeple büyüme politikalarını dizayn ederken büyüme için önemli bir itici güç olan teknoloji ve inovasyon için öngörülü ve tutarlı politikalar dizayn etmek oldukça önemli ve elzemdir. Yenilikçiliği artırıp geliştirmek ve bu çabalar sonucunda elde edilen teknolojiyi ticari hale getirip bir piyasa değeri kazanmasını sağlayarak inovasyona dönüştürülmelidir. Japonya, İsveç, Hollanda, Singapur gibi dünya ekonomileri arasında rekabet güçleriyle sıvrılan ülkelere baktığımızda bu üstünlüklerinin temelinde bilgiye, yenilikçi oluşa ve inovatif süreçlere verdikleri önem yatmaktadır.⁹⁸

1.4.2. İNOVASYONUN TEMEL GÖSTERGELERİ

1.4.2.1. Ar-Ge

İnovasyon sürecinin başarılı bir şekilde yürütülmesinde Ar-Ge yani araştırma geliştirme faaliyetleri oldukça önemlidir. Ancak tek başına yeterli değildir. İnovasyonu desteklemede önemli bir faktör olan Ar-Ge faaliyetlerinden istenen

⁹⁷ Keleşoğlu, Kalaycı, **a.g.e.**, s. 76

⁹⁸ Faruk Yıldırım, “**Teknoloji Ve İnovasyonun İktisadi Arkeolojisi Ve Önemi**”, Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sayı:324, Ankara, 2015, s.4 Kavak, **a.g.e.**, s. 618

sonuçların alınabilmesi için, finansal araçlar ve bunların başarısını etkileyen diğer araç ve politikaların da etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu noktada bunların teminini sağlayan başarılı bir insan kaynakları politikası yürütmek için iyi eğitim almış, organize gücü yüksek vasıflı bireylerin varlığı elzemdir.⁹⁹

Ancak Ar-Ge faaliyetleri her ne kadar inovasyonu destekler nitelikte bir faktör olsa da inovasyon, bir Ar-Ge faaliyeti değildir. Çünkü eğer bu Ar-ge faaliyetini yürütenler girişimcilik ruhuna haiz değilse bir değer yaratamayacağı için bu faaliyetleri inovasyona, dolayısıyla iktisadi ve toplumsal bir refaha dönüştürülemez.¹⁰⁰ Bu husus, inovasyonun uzun yıllar Ar-Ge faaliyetlerinin bir sonucu olduğu yönündeki bilgi kirliliğini gidermek açısından oldukça önemlidir.

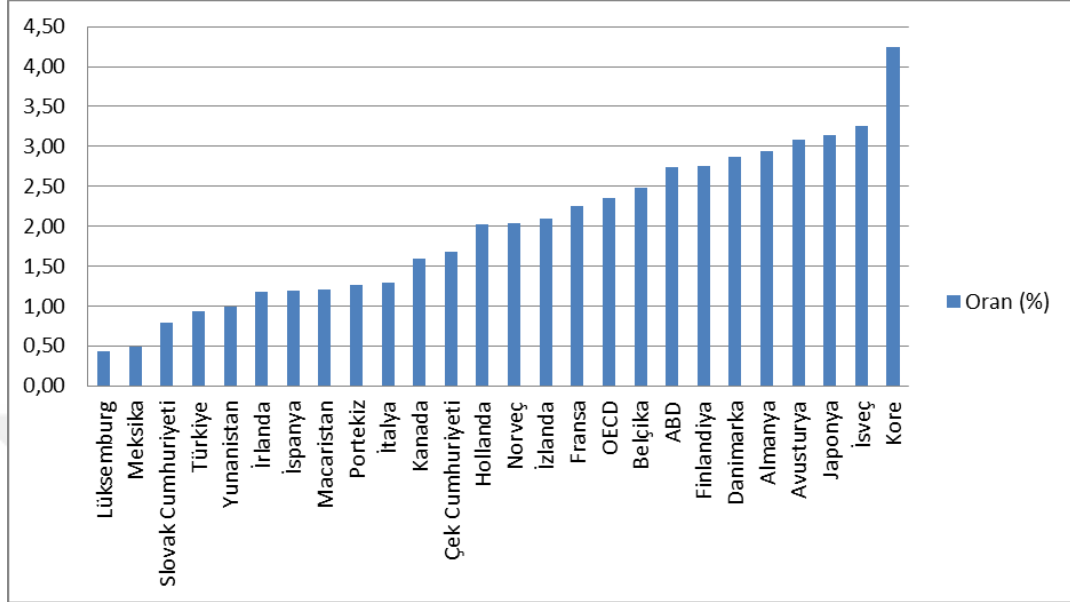
Teknolojik yeniliklerin hızla hayata geçirildiği günümüzde ülkelerin rekabet güçleri; teknoloji üretme kapasitelerini artırmaları ve dolayısıyla bunu meydana getirecek olan Ar-ge faaliyetlerine önem vermeleri nispetinde artacaktır. Literatürde konuyla ilgili yapılan pek çok çalışma da bunu doğrulamakta, Ar-ge harcamaları ile büyüme performansı arasında pozitif yönlü ve oldukça güçlü bir ilişkinin olduğunu kanıtlamaktadır.¹⁰¹

⁹⁹ Said Taş, “İnovasyon, Eğitim Ve Küresel İnovasyon Endeksi”, Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt:1, Sayı:1, 2017, s. 101

¹⁰⁰ Elçi, a.g.e., s. 21

¹⁰¹ Onur Altın, A. Ayşen Kaya, “Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi”, Ege Akademik Bakış, Sayı:9, Cilt:1, 2009, s. 252

Grafik 1: OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamalarının GSYİH'ye Oranı – 2016 (%)



Kaynak: OECD - Main Science and Technology Indicators verilerinden yararlanarak hazırlanmıştır

Grafik 1’de OECD ülkeleri Ar-ge harcamalarının, milli gelirlerine oranı yer almaktadır. Sürdürülebilir bir büyümede Ar-ge faaliyetlerinin önemini idrak eden ülkelerin başında, grafikten de anlaşılacağı üzere Kore gelmektedir. Kore’yi yüksek Ar-ge harcamalarıyla Japonya, İskandinav ülkeleri ve ABD takip etmektedir. Türkiye’nin Ar-ge harcamalarının ise ne yazık ki OECD ortalamasının altında kaldığı grafikte açıkça görülmektedir.

1.4.2.2. Patent İstatistikleri

Firma ve ülkelerin teknolojik yetkinliğinin en somut göstergesi olan, buluş ve icatların mülkiyet haklarının korunması durumunu ifade eden “*patent*”ler, hem buluş sahibi hem de bu buluşun gerçekleştiği ülkeler için önemli avantajlar sağlamaktadır.¹⁰² Patentler buluş sahibine, tıpkı mal alım satımında ya da kiralama işleminde olduğu gibi mülkiyet hakkı sağlamaktadır. Ancak bu fikri bir mülkiyet

¹⁰² Elçi, a.g.e., s. 122

hakkıdır. Mevcut bilgi birikimi ve girişimciliğin birleşmesi sonucu gerçekleşen icatlar, içerisinde doğduğu ülkelere uluslararası inovatif faaliyetlerin kıyaslanmasında rekabet üstünlüğü sağlamaktadır.

Buluşların ya da bu buluştan yararlanma hakkının kime ait olduğunu resmi olarak tescilleyen patentler, ülkelerin ya da firmaların Ar-ge faaliyetlerinin başarısını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bir ülkenin patent başvuru ve kabul sayısı gibi patent verileri, bir ülkenin Ar-ge faaliyetlerine verdiği önemin en önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ar-ge harcamaları inovatif faaliyetler için bir girdi durumunda iken, patentler ise bu faaliyetlerin çıktısını oluşturmaktadır. Bu bilgidен hareketle Ar-ge faaliyetleri ve patent istatistikleri arasında oldukça güçlü bir korelasyon ve pozitif bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür.¹⁰³ Dolayısıyla patent patent verilerini artırmanın yolu, Ar-ge faaliyetleri üzerine daha fazla ve hassasiyetle eğilerek Ar-ge yatırımlarını artırmaktan ve inovatif faaliyetlerin hem tetikleyicisi hem de ödülü olan fikri mülkiyet haklarının titizlikle korunmasından geçmektedir.

Tablo 1: Türkiye ve Seçili Ülkeler İçin Patent Başvuru Sayısı (1995-2016)

Yıl	ABD	Avrupa Birliği	Japonya	Türkiye
1995	123962	91924	333770	170
1996	106892	103554	339045	189
1997	119214	98874	349211	203
1998	134733	102479	357379	207
1999	149251	114412	357531	276
2000	164795	119259	384201	277
2001	177513	107808	382815	337

¹⁰³ Kavak, a.g.e., s. 620, 621

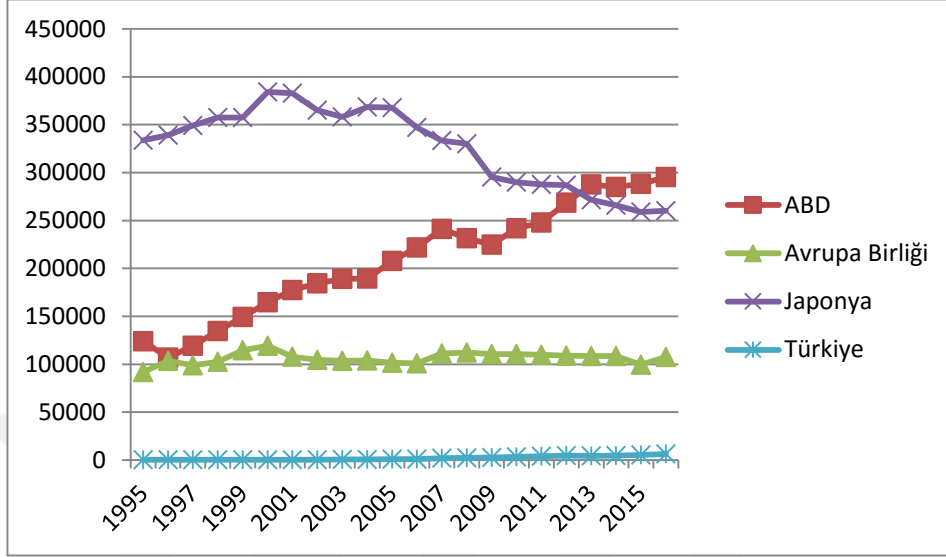
Kalça, Atasoy, a.g.e., s. 100,103

2002	184245	104566	365204	414
2003	188941	103560	358184	489
2004	189536	103752	368416	682
2005	207867	101595	367960	928
2006	221784	100995	347060	1072
2007	241347	111075	333498	1810
2008	231588	112210	330110	2221
2009	224912	110569	295315	2555
2010	241977	110555	290081	3180
2011	247750	109953	287580	3885
2012	268782	108823	287013	4434
2013	287831	108534	271731	4392
2014	285096	108450	265959	4766
2015	288335	99418	258839	5352
2016	295327	107620	260244	6230

Kaynak: The World Bank

(<https://data.worldbank.org/indicator/IP.PAT.RESD?end=2016&locations=FI-US-TR-JP-EU&start=1995&view=chart>)

Grafik 2: Türkiye ve Seçili Ülkeler İçin Patent Başvuru Sayısı (1995-2016)



Kaynak: Tablo 1’deki veriler kullanılarak türetilmiştir.

Tablo 1’deki verilerden ve bu veriler kullanılarak elde edilen Grafik 2’den de anlaşılacağı üzere Japonya, sergilediği patent performansı ile göz doldurmaktadır. Seçili ülkeler arasında Japonya’dan sonra en yüksek patent istatistiğine sahip ülkenin ABD olduğu görülmektedir. ABD özellikle son yıllarda patent başvurusunda ciddi artışlar sergileyerek Japonya’yı yakalamış, hatta son verilere göre Japonya’nın önüne geçmiştir. Avrupa Birliği ise söz konusu yıllar içinde stabil, yatay seyreden bir patent performansı sergilemektedir. İstatistikler Türkiye’nin 2000’li yılların ortasından itibaren patent başvurularında kayda değer artış göstermiş olsa da diğer ülkelerle kıyaslandığında Türkiye’nin patent başvuruları konusunda oldukça geride olduğu net bir şekilde görülmektedir.

1.4.2.3. Araştırmacı Sayısı

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin en önemli göstergelerinden biri de sahip oldukları toplam araştırmacı sayısıdır. Araştırmacılar, bir ülkedeki araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin merkezine oturan en temel, en önemli yapı taşlarındandır.

Araştırmacı ya da *araştırma personeli* olarak adlandırılan kişiler en genel anlamıyla; yeni bilgi ve ürünler geliştirerek bilimsel ve teknolojik yenilikler üretme gayretinde olan profesyoneller olarak tanımlanabilir. Bir ülke ya da firmada istihdam edilen toplam araştırmacı sayısı; Ar-ge faaliyetlerinde tam zaman eş değeri istihdam edilen personelden oluşmaktadır. Ki bu sayıya; yükseköğrenim kurumlarında çalışan personellere ek olarak, kamu ve özel sektörde gerek sivil gerekse askeri olarak istihdam edilenler de dahildir.¹⁰⁴

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyinin diğer bir önemli göstergesi olan ve bu araştırmacı grup içerisinde yer alan *doktoralı mezun sayısı*dır. Bu noktada ülkelerin ihtiyaç duyduğu araştırmacı, bilim adamı ve entelektüel sermayenin yetiştirilmesinde lisansüstü eğitimin stratejik bir role sahip olduğunu belirtmek gerekir. Çünkü ülkelerin gelişmişlik düzeyini artırabilmeleri için şiddetle ihtiyaç duydukları, bu özelliklere haiz beşeri sermayeyi elde edebilmenin yolu nitelikli bir lisansüstü eğitimden geçmektedir.¹⁰⁵

1.4.3. İnovasyonun Büyüme Modellerine Dahil Edilişi

Teknolojinin hayatın her alanına giderek daha fazla entegre olmasıyla birlikte yaşanan dramatik değişimler, inovasyonu ve her türlü yenilikçi faaliyetleri ön plana çıkarmaktadır. Ve tüm bu gelişmeler iktisat yazınında büyüme teorilerinin teknolojiyi kapsayacak şekilde yeniden ele alınmasını zorunlu hale getirmektedir.

İnovasyon kavramının iktisadi büyüme modellerine dahil edilişi Nobel ödüllü iktisatçı Robert Solow ile başlar ve tarihi 1957'lere uzanmaktadır. Böylece literatüre yeni giren endojen (içsel) büyüme modellerinde büyümenin ana belirleyicisi yalnız

¹⁰⁴ Hasan Torun, Cumhur Çiçekçi, "Innovation: Is The Engine For The Economic Growth?", *dergi vs*, İzmir, 2007, s. 23,24

¹⁰⁵ Mahmut Bozan, "Lisansüstü Eğitimde Nitelik Arayışları", Sosyal Ve Beşeri Bilimler Dergisi, Cilt: 4, No: 2, 2012, s. 180-182

emek ve makine-ekipman yatırımından ibaret değildir. Ayrıca büyüme rakamları göz önüne alındığında fiziksel sermaye birikiminin, büyümenin artık dörtte birinden bile daha azını oluşturduğu gözlemlenmiştir. Buna binaen Solow, ekonomik büyümenin kalan kısmının beşeri sermaye birikimi ve teknolojiden kaynaklı olduğunu savunmuştur. Böylece büyüme ilk kez Solow ile birlikte teknolojik gelişmelerle ilişkilendirilmiştir. İnovasyonun büyümedeki rolü de bu gelişmeler ışığında ön plana çıkmıştır. Solow'un bu alandaki çalışma ve katkıları ile inovasyon büyüme modellerine dahil edilmiş ve gittikçe sofistike bir şekilde modellenerek teoride yerini almaya başlamıştır.¹⁰⁶

Bu yeni büyüme modellerinde, özellikle Schumpeter'in gündeme getirdiği “inovasyon”, “yaratıcılık”, “yaratıcı yıkım” gibi kavramlar büyümenin nicelikten niteliğe doğru kayan yönünü ön plana çıkarmıştır. Böylelikle büyüme teorileri niteliksel ve yeni bir boyut kazanmıştır.¹⁰⁷

Romer ve Lucas ise yeni büyüme modellerinin temellerini atan diğer önemli iktisatçılardandır. Lucas sürekli olarak beşeri sermayeyi yani yüksek vasıflı işgücünü modellemiştir. Lucas beşeri sermayenin hem işgücü piyasası açısından önemini hem de uzun vadeli büyümedeki kritik rolünü vurgulamış, Romer ise büyümenin yenilikçiliğini endojenleştirmiştir.¹⁰⁸

¹⁰⁶ Torun, Çiçekçi, **a.g.e.**, s. 5

¹⁰⁷ Kibritçioğlu, **a.g.e.**, s. 210

¹⁰⁸ Torun, Çiçekçi, **a.g.e.**, s. 5

İKİNCİ BÖLÜM

SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHÇESİ ve 4. SANAYİ DEVRİMİNİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

2.1. SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

En genel anlamı ile sanayileşme; insan gereksinimlerini karşılayabilmek için doğaya hükmetmek, teknik yeniliklerle doğayı dönüştürmek demektir. Sanayi devrimi sonrası, sanayi öncesi tarım toplumlarından farklı olarak insanın doğa ile olan ilişkisi köklü değişimlere uğramıştır. İlk endüstri devriminden itibaren, insan artık doğayı ve onun sunduğu doğal kaynakları bir üretim faktörü olarak kullanmaya başlamıştır. Söz konusu sürecin sonunda ise insan, edindiği teknik ilerlemeler ve bu girdiler vasıtasıyla daha önce doğada mevcut olmayan yeni mamül ve ürünler ortaya koymaktadır.¹⁰⁹

Son sanayi devrimini yani namıdiğer Endüstri 4.0'ı daha sağlıklı bir zeminde anlayabilmek için öncesinde gerçekleşen sanayi devrimlerinin gelişim süreçlerini ve bu süreçler boyunca yaşanan toplumsal-ekonomik dönüşümleri iyi tahlil edebilmek son derece önem taşımaktadır. Her bir sanayi devriminde yaşanan gelişmeler, bir öncekinin üzerine yeni buluş ve teknikler konularak gerçekleştiğinden, köklü ve yeni bir dönüşümün eşiğinde olduğumuz Endüstri 4.0'ı anlamak için de kümülatif bir şekilde gerçekleşen bu ilerleme sürecinin geçmişten günümüze geldiği noktayı kavramak mühimdir.

¹⁰⁹ Suat Aksoy, “Değişen Teknolojiler Ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş”, SAV Katkı, Sayı: 4, 2017, s. 36

2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

18. yy.'ın ikinci yarısına denk gelen ilk sanayi devriminden bahsetmeden önce, bir sanayi devrimi olarak nitelendiremeyeceğimiz ancak insanlık tarihindeki ilk devrim niteliğini taşıyan, sosyal bir devrim olan ve uzun bir dönemi kapsayan “*tarım devrimi*”nden bahsetmenin yerinde olacağı kanaatindeyiz.

Tarım toplumlarının karakteristik özellikleri arasında oldukça statik bir yapıya sahip olmaları ön plana çıkmaktadır. Feodal yapının hakim olduğu bu toplumlarda, toplumun katı kurallarla şekillenen sınıfsal yapısının uzun yıllar bir değişim göstermediği ve gücün, monarşik liderlerin elinde toplandığı görülmektedir. Tarıma dayanan bu ekonomide çiftçiler, gerçekleştirdikleri üretimden ancak kendilerine yetecek kadarını alıp kalanını toprağın sahibi olan soylulara vermektedir. Pazar için üretimin dolayısıyla da iş bölümü ve uzmanlaşmanın olmadığı böyle bir dönemde modern iktisat anlayışından da söz etmek mümkün değildi.¹¹⁰

Tarım devriminden sonraki süreci izleyen ve “*Buhar Çağı*” olarak da adlandırılan “Birinci Sanayi Devrimi” James Watt’ın buhar makinesini icat etmesi üzerine kimi kaynaklara göre 1740, kimilerine göreyse 1760’lara tekabül eden dönem ile başlamış ve İngiltere’de ortaya çıkmıştır.¹¹¹

18. yüzyıl sonlarında gerçekleşen bu ilk sanayi devrimi ve neden olduğu toplumsal-iktisadi dönüşümler kapitalist ekonomik sistem sayesinde vuku bulmuştur. Bu noktada kapitalist temelli sanayileşme ve diğer biçimlerde meydana gelebilecek kapitalist olmayan sanayileşmenin ayrımı üzerinde durmak oldukça önemlidir. Çünkü Britanya’nın o dönemde gerçekleştirdiği sanayi devrimi, kâr güdüsüyle

¹¹⁰ Erdinç Yazıcı, Hıdır Düzkaya, “Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga Ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?”, Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama, Cilt:7, Sayı: 13, 2016, s. 53

“Feodalizm”, Wikipedia

¹¹¹ Ela Bulut, Taner Akçacı, “Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, Cilt:4, Sayı: 7, 2017, s. 57

hareket eden özel girişimcilerin yani burjuva sınıfı yatırımcıların teknolojik dönüşümü nasıl meydana getirdiğini anlamak bakımından önemlidir.¹¹²

Teknolojiye dayalı sanayileşmeden bahsettiğimizde “teknoloji” kavramını anlamsal olarak irdelememiz gerekmektedir. Teknoloji; mal ya da hizmetlerin üretiminde kullanılan makine ve teçhizatın yanı sıra teknik bilgi- becerileri de içeren ve nitelikli işgücü ile birlikte yürütülen teknik derleme faaliyetidir. Teknik ilerleme ve gelişmeler sayesinde üretimde uygulamaya konulan teknoloji-yoğun üretim faaliyetleri ile süreç sonunda yüksek katma değerli ve kompleks yapıya sahip mamüller ortaya konulmaktadır.¹¹³

Sanayi devrimlerinden genel olarak bahsederken akıllara ilk olarak Batı dünyasındaki gelişmeler gelmektedir. Ancak sanayileşme olgusunu daha özele indirgediğimizde sanayileşmenin özellikle İngiltere ile özdeşleştiği görülmektedir.¹¹⁴

Britanya’nın öncülüğünde gerçekleşen bu sanayi devrimini, yalnızca İngiltere’nin büyük kömür rezervlerine sahip oluşuyla açıklamak mümkün değildir. O dönem Britanyası, sanayileşmek için bir takım engellere elbette sahipti ancak sanayileşmek için gerekli ön koşulların büyük çoğunluğunu sağlamaktaydı. Büyük kömür rezervlerine sahip olan İngiltere, demir- çelik sanayiindeki gelişmeler sayesinde tüketim ve yatırım mallarıyla iç pazarını canlandırmıştır. Devrim ateşini tutuşturan kıvılcım esasen bu gelişme olmuş ve söz konusu dönemde İngiltere’nin geliri hiç olmadığı kadar artmıştır.

Birinci Sanayi Devrimi’ni gerçekleştiren Britanya’nın bu başarısı yukarıda da belirttiğimiz gibi sadece sahip olduğu hammadde zenginliği ile açıklanamaz. Sanayi öncesi toplumlarının neredeyse çoğunun sahip olduğu skolastik toplumsal ve ideolojik bağlar burada daha zayıf durumdaydı ve kolaylıkla koparılmasının önünde bir engel

¹¹² E. J. Hobsbawm, **Sanayi Ve İmparatorluk**, Dost Kitabevi Yayınları, Çev. Abdullah Ersoy, Ankara, 1998, s. 32

¹¹³ Alkan Soyak, **“Teknolojiye Dayalı Sanayileşme: Sanayi 4.0 Ve Türkiye Üzerine Düşünceler”**, Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi, Sayı:11, 2017, s.70

¹¹⁴ A. Mesut Küçükkalay, **“Endüstri Devrimi Ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi”**, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:2, 1997, s. 55

yoktu. Bundan başka gerekli sermaye birikimine sahip ve bunları yatırıma dönüştürmeye hevesli, kâr güdüsü motivasyonu ile risk alabilen bir burjuva sınıfı da mevcuttu. Böylece sınai uğraşlarda hızlı bir gelişme kaydedildi. Ayrıca Britanya, denizle iç içe olan coğrafi avantajı sayesinde ulaşımında görece ucuz olması sebebiyle hammamde kaynaklarına ulaşmada maliyet avantajına da sahipti. Ve Britanya, döneminin diğer ülkelerinden farklı olarak sadece ekonomik düzenini değil, dış politikalarını da iktisadi hedeflerine ulaşabilmek doğrultusunda dizayn etmişti. Tüm bu gelişmeler İngiltere’yi pek çok bakımdan tek ve emsalsiz bir ulusal pazar haline getirmiştir.¹¹⁵

Devrim ateşinin tuttuğu İngiltere’yi önce Kıta Avrupası sonra da tüm dünya izledi. Devrimin temelini oluşturan ilk unsur olan “buhar makineleri” sayesinde su ve buhar gücünden daha etkin bir şekilde yararlanılmıştır. Bunu, devrimin diğer bir ana unsuru olan “makineleşme” takip etmiştir. Mekanik makineler, hem üretim miktarını artırıp el tipi üretimden kitlesel üretime geçişe imkan sağlamış hem de üretimi daha kolay kılarak kalitesini artırmıştır.¹¹⁶

Birinci Sanayi Devrimi ile birlikte üretim yapısında yaşanan bu köklü değişimlerin etkisi yalnızca saymış olduğumuz ekonomik sonuçlarla sınırlı kalmamıştır. Yaşanan gelişmelerden bağımsız düşünölemeyecek olan toplumsal yapıda da şüphesiz buna bağlı olarak büyük değişimler yaşanmıştır. Artan gelir ve dolayısıyla refah artışı sonucu ortalama yaşam süresinde artışlar gözlenmiş ve hem bu refah artışının etkisiyle hem de sanayi kesiminde çalışacak işgücü ihtiyacı sebebiyle nüfus patlamaları yaşanmıştır. Makineleşmenin getirdiği büyük kolaylıklar ve artan pratiklikle hayat standartları yükselmiştir. Ayrıca kitlesel üretime geçilmesiyle birlikte artan miktarda üretilen bu ürünlerin diğer pazarlara taşınabilmesi sorunu doğmuş, bu da uluslararası ilişkileri yakından etkileyerek

¹¹⁵ Hobsbawm, a.g.e., s. 34-45

¹¹⁶ Nihal Gabaçlı, Meral Uzunöz, “IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 Ve Otomotiv Sektörü”, International Congress on Politic, Economic and Social Studies Kongre Bildirisi, Ankara, 9-11 Kasım2017, s. 151

yeniden şekillendirmiştir.¹¹⁷ Bu yüzden ki Birinci Sanayi Devrimi dünyayı bu tarihlere dek hiç olmadığı kadar küçük ve entegre bir yapıya kavuşturmuştur.¹¹⁸

2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Makineleşmenin üretimin merkezinde yer aldığı ilk endüstriyel dönüşümü takip eden “İkinci Sanayi Devrimi” 1840’larda başlayıp yirminci yüzyılın sonlarına kadar devam eden bir süreci kapsamaktadır.¹¹⁹ Birinci Sanayi Devrimi’nden farklı olarak elektrik enerjisinin de üretimde kullanılmaya başlanmasıyla ve ilk endüstriyel dönüşümden edinilen işbölümü ile uzmanlaşmanın da katkısıyla İkinci Sanayi Devrimi’ne resmen geçilmiştir.¹²⁰ Literatürde “*Teknoloji Devrimi*” olarak da bilinen İkinci Sanayi Devrimi’nde bazı yeni enerji kaynakları ve hammaddelelerinin keşfi gerçekleşmiştir. Birinci Sanayi Devrimi’nin icatları olan kömür, demir ve buhar gücünden farklı olarak çelik ve petrol de endüstride yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır.¹²¹

1850’lere gelindiğinde -özellikle İngiltere’de- taşımacılıkta ve hız konusunda insan hayatını kolaylaştıran demiryolları ağı hemen hemen oluşmuş ve neredeyse doyum noktasına ulaşmıştır. Demiryollarındaki bu gelişmeler ve petrolün de ulaşımında kullanılmaya başlanması, sanayileşmenin ileri bir aşamasını sembolize ettiği için İkinci Sanayi Devrimi içinde bir dönüm noktası niteliğindedir. Çünkü demiryollarındaki bu örgütlenme söz konusu dönemde en üst düzeyde olup demiryolu inşaatlarında teknoloji ve teknik ilerlemelerden başka hiçbir sanayi dalında ve başka hiçbir dönemde bu kadar yararlanılmamıştır. Girişimciler de sermaye birikimlerinin büyük miktarını demiryollarına aktarıyorlardı. Endüstrideki bu dönüşümler, İngiltere’nin ayrıca demir- çelik ve kömür ihracatında kendisi için önemli pazarlar oluşturmasını da sağlamıştır.

¹¹⁷ EBSO, **a.g.e.**, s. 4

¹¹⁸ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 151

¹¹⁹ Yazıcı, Düzkaya, **a.g.e.**, s. 54

¹²⁰ Aksoy, **a.g.e.**, s. 37

¹²¹ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 151

Ulaştırma alanındaki bu yeni gelişmeler ve demir, çelik-kömüre dayanan ağır sanayiler aynı zamanda istihdamda kayda değer ölçüde artış sağlanmıştır. Söz konusu teknik gelişmelerin yeni iş alanları yaratması, kırsal nüfusun bir kısmının kentlere çekilmesini sağladığı için şehirleşme olgusunu da beraberinde getirmiştir. İş gücü talebinin artması sonucu genel ücretlerde de yukarı yönlü bir gelişme yaşanmış, bu da tarım işçilerinin ekonomik durumlarını iyileştirmiştir.

İkinci Sanayi Devrimi, yalnızca kalifiye olmayan işgücüne istihdam yaratmakla kalmamış; yeni teknolojileri kullanacak kişilere ihtiyaç doğduğundan mühendislik, makine ve gemi yapımı gibi iş kollarında vasıflı işgücünün istihdamını sağlamıştır.¹²²

Bu gelişmeler sonucunda ulaşım ve haberleşmenin ivme kazanması ve gün geçtikçe yeni imkanlar sunmasıyla hammadde kaynaklarına ulaşma mesafesi ve maliyeti de azalmıştır. Bu da ticareti hızlandırmış ve ürünlerin pazarlara daha çabuk ulaşmasını sağlamıştır. Bu yeni imkanlar kent halkının refah seviyesinin yükselmesini de beraberinde getirmiştir.¹²³

Dönemi karakterize eden bir diğer önemli keşif ise, buhar gücünün yerini alan ve ondan çok daha etkili bir teknoloji olan *elektrik teknolojisi olmuştur*.¹²⁴

Henry Ford'un bu yeni enerji türünü üretim bantlarında kullanılmasıyla birlikte seri üretime geçilmiş, üretim miktarlarında o güne dek hiç görülmemiş bir artış gözlenmiştir. Böylece seri üretimin hayata geçişiyle tüm dünya üretimde yepyeni bir paradigmayla tanışmıştır. Henry Ford'un ilk kez bir otomobil fabrikasında hayata geçirdiği ve sonrasında "*Fordizm*" olarak adlandırılacak olan bu yeni üretim teknolojisi bir devrim niteliğindedir. Bu yeni teknoloji, getirdiği verimlilik artışları ile zamanla diğer sektörler için de bir ilham kaynağı olmuş ve

¹²² Hobsbawm, **a.g.e.**, s. 101-104,108

¹²³ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 152

EBSO, **a.g.e.**, s. 5

¹²⁴ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 151-152

diğer sektörlerde de yansıması görülmüştür. Özetle bu teknik gelişme, dönemin diğer bir sembolü olmuştur.¹²⁵

Elektrik, içten yanmalı motorlar ve bu gelişmelere eşlik eden montaj hattı gibi teknik ilerlemeler, dünyanın gidişatını etkileyen ve belirleyen, ayrıca üretim anlayışı ve dolayısıyla ekonomik sistemleri de kökten değiştiren yeni paradigmlar olmuştur.¹²⁶

1870'lerin başlarından itibaren ise ülkelerin sanayileşme dengelerinde değişim yaşanmıştır. Tüm bu muhteşem buluşlara imza atışından sonra Britanya, durdurulması mümkün olmayan büyük bir durgunluk sürecine girmiştir. “Dünyanın atölyesi” ünvanını ise başta ABD olmak üzere sanayileşmede önemli yol kat etmekte olan diğer ülkelere kaptırmıştır. Örneğin 1800'lerde buharlı gemiler ABD'nin öncülüğünde ortaya çıkmıştır. 1890'lardan itibaren ise hem ABD hem de sanayileşmede artık adından söz ettirmeye başlayan Almanya, Britanya'yı çelik üretiminde de geçmiştir. Ağır sanayileşme artık Almanya, ABD ve Japonya öncülüğünde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Böylelikle Üçüncü Sanayi Devrimi'ne evrilen süreçte hakim yeni güçler değişmiş olmuştur.¹²⁷

2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Yirminci yüzyılın ilk yarısı, kapitalizmin ilk büyük krizi olan “1929 Büyük Buhranı” ve iki büyük dünya savaşına tanıklık etmesi nedeniyle, önceki dönemlerin aksine endüstriyel gelişim sekteye uğramış, teknik ilerleme ve buluşlarda bir yavaşlama yaşanmıştır. Bu duraksamalar nedeniyle endüstrinin yeniden ivme

¹²⁵ Aksoy, a.g.e., s. 37

Gabaçlı, Uzunöz, a.g.e., s. 152

¹²⁶ Durmuş Günay, “Sanayi Ve Sanayi Tarihi”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı:31, İstanbul, 2002, s. 13

¹²⁷ EBSO, “Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek!”, Ege Bölgesi Sanayi Odası, Araştırma Raporu, İzmir, 2015 s. 5

Hobsbawm, a.g.e., s. 105, 116-117

kazanıp yeniden eski hızına kavuşması ancak yüzyılın ikinci yarısından itibaren mümkün olmuştur.¹²⁸

Dijital teknoloji alanındaki ilerlemeler, bu toparlanma süreci sonunda 1950'lerden itibaren kaydedilmeye başlanmıştır. İkinci endüstriyel devriminin buluşlarının uzantısı, Üçüncü Sanayi Devrimini karakterize eden BİT ve elektronik teknolojilerin gelişimi için gerekli alt yapıyı oluşturmuş ve böylelikle 1960 ve 1970 yılları arasında 3. Sanayi Devrimi'nin temelleri atılmıştır. Bu yeni teknolojiler sayesinde kısaca PLC (programlanabilir mantıksal denetleyici) denilen programlanabilir makine ve cihazlar ilk kez hayata geçirilip üretimde otomasyon devrine geçilmiştir.¹²⁹

Üçüncü Sanayi Devrimi yarı iletkenlerin, bugün kullandığımız kişisel bilgisayarların atası kabul edilen ana bilgisayarların, sonrasında ise kişisel bilgisayarların ve internetin keşfi ve katkılarıyla gerçekleştiği için bu sanayi devrimi “bilgisayar devrimi” ya da “dijital devrim” olarak da bilinmektedir.¹³⁰

Üçüncü Sanayi devriminde bir önceki endüstriyel devrimin tek tip üretim teknolojisi olan Fordizm yavaş yavaş terk edilmeye başlanmıştır. Bunun yerine yeni teknolojilerin şekillendirdiği, tüketici tercihlerinin ön plana çıktığı ve bu tercih ekseninde üretim yapılmaya başlanmıştır.¹³¹

Dijital teknolojiye bu gelişmelere 90'lı yılların büyük icadı olan internet de eşlik edince devrimin dönüm noktalarından biri daha vuku bulmuştur. Akabinde iletişim, haberleşme ve ulaşım hızı gelişmeler yaşanmıştır. Küreselleşme sürecinin de hız kazanması devrime başka bir boyut kazandırarak tüm dünyayı birbirine daha da entegre bir hale getirmiştir. Küreselleşme olgusunun pek çok sanayi dalında gittikçe daha fazla hissedilir oluşu ise yeni rekabet stratejilerini zorunlu kılmıştır. ABD ve Japonya bu süreçte sektör yapılanmasına giderek teknolojiye

¹²⁸ EBSO, **a.g.e.**, s. 6

¹²⁹ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 152

¹³⁰ Klaus Schwab, **Dördüncü Sanayi Devrimi**, Optimist Yayınevi, Çev. Zülfü Dicleli, İstanbul, 2017, s.16

¹³¹ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 152

dünyanın ve endüstriyel sürecin yeni öncüleri olarak boy göstermeye başlamıştır. Çip teknolojisi, nükleer enerjinin gelişimi, fiber optikler ve mikro elektronik teknoloji, üretimde dünyanın gidişatını değiştiren yeni paradigmlar olmuştur. Böylece temelleri atılan bilgi toplumunun ve yeni iktisadi kavramları da oluşmaya başlamıştır.¹³²

2.1.4. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ

1990’larda internetin ve bilgisayarın icat edilmesiyle birlikte özellikle yüksek teknoloji ürünler başta olmak üzere üretim sistem ve süreçlerinde yeni bir döneme girilmiştir. Artık daha “akıllı” ve birbirleriyle iletişim kurabilir bir hale gelen ürünler, tüketicilerin bir önceki sanayi devriminde başlayan ancak çok daha özelleştirilmiş bir formunu temsil eden kişisel zevk ve talepleri doğrultusunda üretilmeye başlanmıştır.¹³³

Bu kapsamda yeni üretim teknolojisinin ilk ayak sesleri 2006’da Amerika’da duyulmaya başlansa da üretimdeki bu yeni paradigmanın tarihsel başlangıcı, 2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarı’nda dile getirilmesi olarak kabul edilmektedir.¹³⁴ Fuardaki onlarca teknoloji projesinden yalnız biri olan ve “Industrie 4.0” olarak adlandırılan proje, ele alınan görüşleri Alman hükümetinin yeni bir sanayi stratejisi olarak benimseyip desteklemesiyle yalnızca kavramsal olarak kalmayıp resmi bir niteliğe de bürünmüştür.¹³⁵

Hannover Fuarı’ndan hemen sonra Almanya, bu teknoloji projesini ilerletmek amacıyla Hennig Kagermann’ın başkanlığında bir çalışma grubu oluşturmuştur. Bu

¹³² Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s. 58

Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 152

¹³³ Börteçin Ege, “**4. Endüstri Devrimi Kapıda Mı?**”, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Mayıs 2014, s. 27

¹³⁴ Sinan Alçın, “**Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0**”, Journal Of Life Economics, 2016, Cilt:3, Sayı:2, s. 21

¹³⁵ Siemens, “**Endüstri 4.0 Yolunda**”, 2014, s. 9
EBSO, **a.g.e.**, s. 7

çalışma grubu, Endüstri 4.0'ın kavramdan ibaret kalmaması ve hayata geçirilebilmesi için, çalışma sonucu üzerinde uzlaştıkları önerileri Alman hükümetine raporlamıştır.¹³⁶ Zaten Endüstri 4.0'ın kuramsal çerçevesinin başlangıcını da Kagermann'ın bu rapordan hareketle yazdığı makale oluşturmaktadır.¹³⁷

Almanya'nın "Industrie 4.0" projesini stratejik olarak yürütmek için başlattığı bir diğer hamle de ülkedeki BITKOM, ZVEI ve VDMA adlı üç kuruluşun 2013 yılında "Endüstri 4.0 Platformu" bünyesinde hayata geçirilebilmesi yolunda attığı adımdır. Almanya'nın; bu teknoloji projesinin geleceğin küresel güç dengelerindeki durumu değiştirme potansiyelini idrak edişiyle birlikte Alman hükümeti, projeyi finansal anlamda da destekleme kararı almış ve başlangıç olarak projeye 200 milyon Euro yatırım yapmıştır. Ayrıca Alman hükümeti yine aynı yıl içerisinde "Endüstri 4.0 Strateji Belgesi" adlı belgeyi hazırlayarak atılması gereken adımları Hannover Fuarı'nda duyurmuştur.¹³⁸

Almanya'nın öncülüğünde ortaya çıkan bu son endüstriyel devrim, kısa zamanda tüm dünyanın ilgisini çekip gündeme oturmayı başarmıştır. "*Nesnelerin İnterneti*", "*Her Şeyin İnterneti*", "*Endüstriyel İnternet*" olarak da bilinen Dördüncü Sanayi Devrimi yani Endüstri 4.0, üretimde siber-fiziksel sistemlerin devreye girmesiyle birlikte tüm dünyayı fiziksel ve sanal dünyanın entegrasyonunun sağlandığı yepyeni bir çağın eşiğine getirmiştir.¹³⁹

Nerede ve hangi gereksinimler sonucu ortaya çıktığına kısaca değindiğimiz bu yeni sanayi devrimi en genel anlamıyla; bilgi-iletişim ve internet teknolojileri vasıtasıyla insan gücünün yerini makine gücünün alması ve bu "akıllı makineler"ın kendi kendilerini ve üretim sürecini yönetebilmesi olarak tanımlanabilir.¹⁴⁰

"Akıllı üretim" olgusu temelinde şekillenen bu son endüstri devriminde, makinelerin ve üretim sürecinin kompleks bir yapıya kavuştuğu bu yeni üretim

¹³⁶ EBSO, **a.g.e.**, s. 7

¹³⁷ Alçın, **a.g.e.**, s. 21

¹³⁸ Siemens, **a.g.e.**, s. 9

¹³⁹ Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s.58

¹⁴⁰ EBSO, **a.g.e.**, s. 7

sistemini önceki devrimlerden ayıran en önemli özelliklerinden biri de veriler ile kodlanan cihazların bir hafızaya sahip olmasıdır. Bugün bilgi teknolojilerinin vazgeçilmez unsuru olan çip teknolojisi, elektronik alandaki gelişmelerle hayatımıza girmiş olsa da internet kullanımının yaygınlaşması ve internetle bağlantı kurabilen akıllı cihaz sayısındaki muazzam artışla birlikte, nesnelerle olan ilişkimizi çok farklı bir boyuta taşımaktadır.

Giderek daha küçük boyutlu ve uygun maliyetlerle sahip olunabilir hale gelmesi dolayısıyla daha fazla tercih edilen yeni nesil çipler, üzerine yerleştirildiği ürüne üretim süreci boyunca hangi işlem ve aşamalardan geçeceğinin bilgisini vereceğinden ürün, üretim sürecinin sonunda hangi birime aktarılacağı ya da hangi tüketiciye gideceği bilgilerine haiz olacaktır. Bu teknoloji sayesinde çip yerleştirili ürünler, nesneleri ve insanları istenildiği her zaman ve her yerden takip edip izlenebilir kılmaktadır. İnternetle entegrasyonu sağlanarak çok daha düşük maliyet ve hacimlerde veri saklayabilen bu yeni nesil çipler, geleneksel üretim ve tüketim alışkanlıklarını kökten değiştirebilme potansiyeli taşımakta ve üretim-tüketim sahalarına ilaveten uzaktan takip fırsatı yaratması dolayısı ile lojistik faaliyetlerini farklı bir boyuta evirmeye şimdiden başlamıştır.¹⁴¹ Çip teknolojisi ayrıca bulut bilişim teknolojisini de desteklemekte ve Dördüncü Sanayi Devrimi'nin öncü teknolojilerinden yapay zeka uygulamalarının da etkinliğini artırmaktadır. Alibaba, Amazon gibi dev internet şirketleri ise, bu yapay zeka uygulamaları sayesinde ticari faaliyetlerini son derece kolaylaştırıp genişletme imkanı bulmaktadırlar.¹⁴²

¹⁴¹ Aksoy, a.g.e., s. 37-39

¹⁴² İTO, “‘Çip’ Savaşları”, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul, 2018

2.2. ENDÜSTRİ 4.0'ın YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLERİ

2.2.1. IoT- Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

Yeni endüstriyel devrimle birlikte hayatımıza giren, 4. Sanayi Devrimi'ni şekillendiren ve onu diğer devrimlerden farklı kılan öncü teknolojilerinden olan IoT yani “*Nesnelerin İnterneti*” yeni sürecin en geniş ve kapsayıcı kavramlarından biridir.¹⁴³

Literatüre ilk kez 2011 yılında Kopetz tarafından kullanılarak giren ve “*Endüstriyel İnternet*” olarak da bilinen IoT, aynı zamanda Endüstri 4.0'ın sunduğu diğer teknolojik yeniliklerden olan akıllı fabrika, akıllı ürün ve hizmetlerin de temelini oluşturmaktadır.¹⁴⁴

Nesnelerin interneti dijital bir ağa ya da internete bizatihi bağlanabilme özelliğine sahip olan nesnelerin, sanal bir kimlik kazanması suretiyle çevresiyle gerek fiziki gerekse sosyal anlamda iletişim halinde bulunup veri aktarabilmesi durumudur.¹⁴⁵

Henüz başlangıç aşamasında sayılsa da günümüzde sanal ağlara bağlı nesnelerin sayısı, şaşırtıcı bir hızla artmaktadır. Gelecek birkaç yıl içindeyse akıllı telefon, tablet ve bilgisayar gibi internete bağlanabilen cihazların sayısında muazzam bir artış beklenmektedir.¹⁴⁶ Gartner'ın bu konuda yaptığı bir araştırmanın sonucuna göre 2020'li yıllara ulaştığımızda Nesnelerin İnterneti pazarının 1,9 trilyon dolar gibi devasa bir boyuta ulaşması beklenmektedir. Yine tahminlere göre Nesnelerin İnterneti sayesinde, 2020 yılında sadece 20 adet akıllı cihazın dijital bir ağa gerçekleştirebileceği veri aktarımının bile, on yıl öncesinin tüm internet trafiğinden çok

¹⁴³ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 155

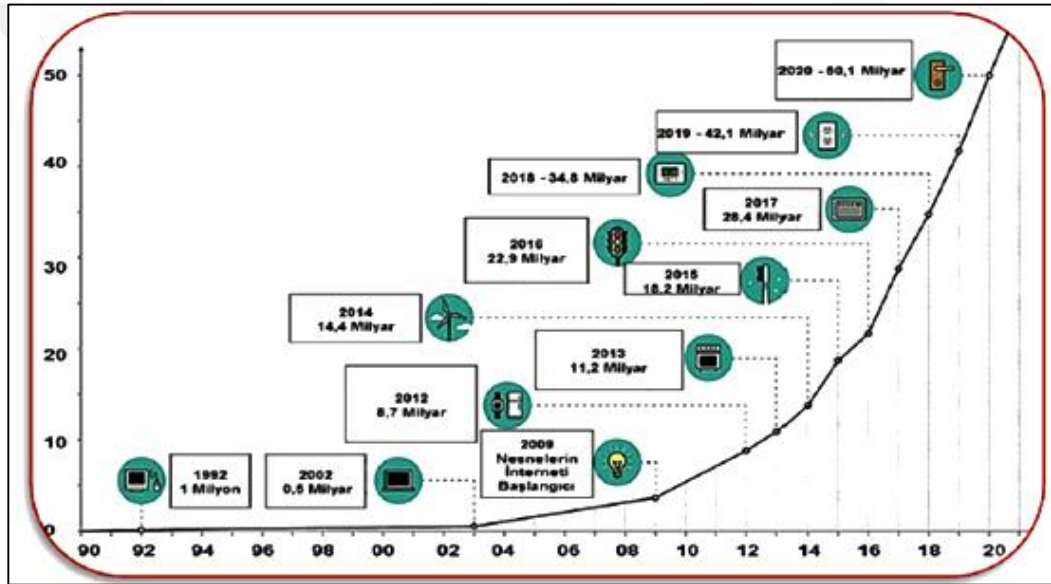
¹⁴⁴ Alçın, **a.g.e.**, s. 25

¹⁴⁵ EBSO, **a.g.e.**, s. 13

¹⁴⁶ Schwab, **a.g.e.**, s. 27

daha büyük olacağı öngörülmektedir.¹⁴⁷ Ayrıca yine söz konusu teknoloji için dönüm yılı olarak kabul edilen 2020’de 14 milyar -kimi kaynaklara göre de 20 milyar- akıllı cihazın birbiriyle iletişime geçeceği de tahminler arasında yer almaktadır.¹⁴⁸ İnternetle bağlantı kurabilen cihazların sayısındaki muazzam artış aşağıdaki şekilde de net bir şekilde görülmektedir. Sırf bu rakamlar bile, Nesnelerin İnterneti’nin hayatımızda ne denli büyük bir yer kaplayacağını sinyallerini daha şimdiden vermektedir.

Şekil 1: Yıllar İtibariyle İnternete Bağlanabilen Cihaz Sayısı



Kaynak: EBSO, a.g.e.,

Nesnelerin interneti teknolojisinin imalat sanayiindeki anlamı ise; üretim safhasındaki en küçük faaliyetleri bile izleyip optimize edebilme imkanı sağladığı için tedarik zincirlerini organize edişimizi radikal bir şekilde değiştirecek olmasıdır.¹⁴⁹

Nesnelerin internetinin sağlayacağı diğer muhtemel avantajlar arasında yer alanlar ise şu şekilde sıralanmaktadır:

¹⁴⁷ Siemens, a.g.e., s. 11

¹⁴⁸ Bulut, Akçacı, a.g.e., s. 61

¹⁴⁹ Schwab, a.g.e., s. 27

- Üretim sürecinin ve süreç yönetiminin çok daha pratikleşecek olması,
- Mevcut gelişmelerin üretimi gerçekleştirmede insan kaynağına daha az gereksinim duymayı sağlıyor olması,¹⁵⁰
- Üretimde önemli bir harcama kalemi olan enerji ve altyapı maliyetlerinin, akıllı nesnelerin optimum düzeyi belirleyebilmesi sayesinde azalacak olması,
- Elde edilecek maliyet avantajı sayesinde kâr ve gelirlerde artış sağlanacak olması,
- Sensör ve cihazların üzerlerine yerleştirilecek etiketler sayesinde tedarik zinciri süresi boyunca nesneler, kendi kendilerini yönetebilecek. Böylece tedarik zincirinin çok daha akıllı bir hale gelecek olması,¹⁵¹
- Nerdeyse tüm cihazların akıllı hale gelmesi ile iletişim sektörü başta olmak üzere veri yönlendirmelerinin ağırlıkta olduğu yeni hizmet alanlarının oluşması,
- Kaynak kullanımında artan verimliliğin yanı sıra bu kaynakların kullanım alanları konusunda da artan şeffaflık,
- Akıllı nesnelerin salt ürün olarak kalmayışı, buna ilaveten bir takım dijital hizmetleri de beraberinde sunuyor olması.¹⁵²

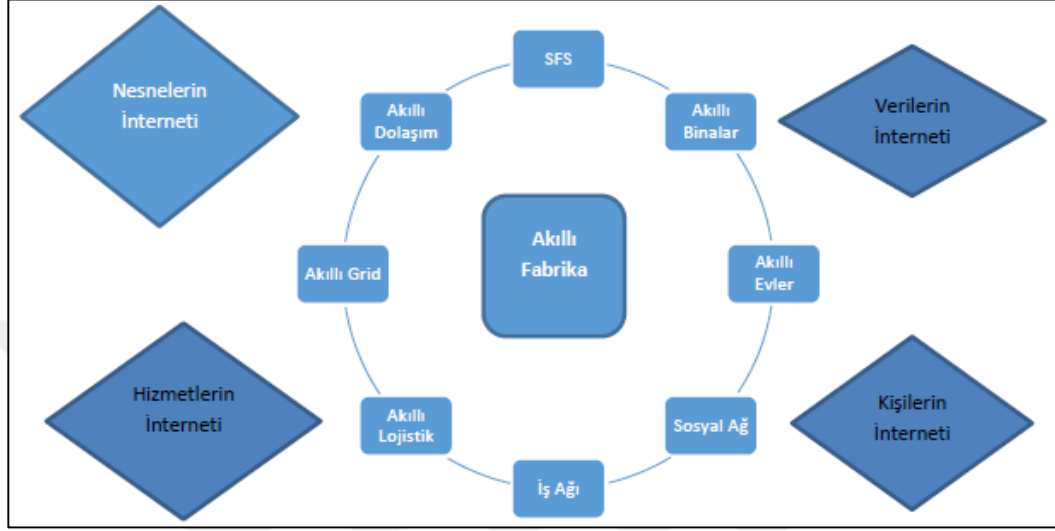
¹⁵⁰ EBSO, **a.g.e.**, s. 14,15

¹⁵¹ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 55

¹⁵² Schwab, **a.g.e.**, s. 149

2.2.2. Büyük Veri (Big Data)

Şekil 2: Sanayi 4.0 Ortamı



Kaynak: Fırat, a.g.e., s.

Sanayi 4.0'ın ortamını tasvir eden Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere son endüstriyel devrimin bel kemiğini internete erişim oluşturmaktadır. Hem endüstriyel hem de sosyal anlamda tüm akıllı cihaz ve nesneler, internetle doğrudan ilintili olup dijital bir ağa bağlanabilmelerine olanak sağlayan her tür ortamda birbirleriyle iletişime geçebilmektedirler.¹⁵³

Milyarlarca cihazın internet altyapısı sayesinde anlık bilgi alışverişi yapabildiği böylesi bir ağ ortamında internet sürümleri de güncellenmiştir. 4.3 milyar cihazı adresleyerek internete bağlayabilme kapasitesine sahip olan eski IPv4 sürümünden, bu kapasiteyi muazzam bir artışla $3,4 \times 10^{38}$ 'e çıkarabilen IPv6 sürümüne geçilmiştir. Cisco tarafından yapılan 2013 yılında yapılan bir araştırma olan “The Internet of Everything”'in sonucuna göre ise 2016 yılı itibariyle internete bağlı cihazlardan elde edilecek toplam veri boyutu, bugün kullanımına aşına olmadığı ve tahayyül edemeyeceğimiz bir büyüklüğe (1 zetabayt=1 milyar

¹⁵³ Seniye Ümit Fırat, “Sanayi 4.0 Dönüşümü Nedir? Belirlemeler Ve Beklentiler”, Global Sanayici Dergisi, 2016, s.y.

terabayt) tekabül eden “zetabayt”larla ifade edilecektir. Bu cihaz bağlantılarından elde edilecek devasa boyuttaki veriyi geleneksel yöntemlerle işleyebilmek ne yazık ki mümkün değildir.¹⁵⁴ Akıllı cihazlar arasında internet tabanlı olarak gerçekleşecek böyle bir iletişim ancak devasa büyüklükteki genel sunuculara bağlanarak mümkün olabilecektir.¹⁵⁵

Bilgiye erişimin artık bu kadar kolay olduğu ve aynı anda pek çok kaynaktan; oldukça hızlı, anlık ve gerçek zamanlı bir şekilde elde edilebilen bu büyüklükteki bir veri akışı, günümüz teknolojisinin hayli yeni sorunlarından olan “büyük veri ve yönetimi”ni gündeme getirmektedir.¹⁵⁶

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, bilgiye ulaşımı bir tık kadar kolaylaştırırsa da kaynağı doğrulanmayan bir bilgi yığını meydana getirmektedir. Bu bilgi çöplüğü hem bilgilerin depolandığı birimlerde gereksiz bir hantallığa sebebiyet vermekte hem de gerekli doğru bilgiye ulaşımı zorlaştırmakta ve sekteye uğratmaktadır.¹⁵⁷

Yeni endüstri devriminin öncü teknolojilerden olan Büyük Veri teknolojisi sayesinde bu bilgi kirliliği arasından gerekli, faydalı ve güvenilirliği olan bilgilerin seçilip ayıklanarak güvenli sistemler üzerinde saklanabilir olmuştur.

Tüm bu izahatlerden sonra Big Data yani Büyük Veri teknolojisi “toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, blog, fotoğraf, video, log dosyaları vb. gibi değişik kaynaklardan toparlanan tüm verinin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş biçimi” olarak tanımlanabilir.¹⁵⁸

¹⁵⁴ Aksoy, a.g.e., s. 39

Siemens, a.g.e., s. 12

¹⁵⁵ Alçın, a.g.e., s. 26

¹⁵⁶ Seniye Ümit Fırat, Oktay Zihni Fırat, “Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”, Toprak İşveren Dergisi, 2017, Sayı: 114, 2017, s.y.

¹⁵⁷ Gabaçlı, Uzunöz, a.g.e., s. 155

Fırat, a.g.e., s.y.

¹⁵⁸ EBSO, a.g.e., s. 19

Büyük Veri teknolojisinin getirdiği önemli bir avantaj daha doğru ve hızlı kararlar almayı kolaylaştırarak, karar alma sistemlerinde bir kaldıraç vazifesi üstlenmesidir. Bu kaldıraç sayesinde; hem bireyler günlük hayatta karşı karşıya kaldıkları karmaşayı azaltabilmekte hem de işletmeler müşterilerine anlık hizmetler sunarak memnuniyetlerini artırabilmektedir.¹⁵⁹

Büyük Veri özellikle firmalar için pek çok avantajı beraberinde getirmektedir. Firmalar bu teknoloji sayesinde ürün ve hizmetlerinde oluşabilecek muhtemel hataları önceden öngörüp gerekli tedbirleri alabilme elastikiyetine sahip olabilmektedir. Ayrıca kolaylaşan servis-bakım hizmetleri sayesinde maliyetlerinde meydana gelecek azalma ile de önemli avantajlar elde ederek değer zincirlerini daha iyi duruma getirebilmektedir. Bu teknoloji ayrıca firmaların gereksinim duyduğu büyük kapasiteli sunucu ihtiyacını da azaltmaktadır.

Ancak Big Data teknolojisi tüm bu olumlu beklentilere rağmen bazı riskleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu teknoloji esas itibarıyla internet erişim sayesinde mümkün olduğu için, bu aynı zamanda internet üzerinden tüm tehditlere de açık olduğu anlamına gelmektedir. Bu bağlamda verilerin mahremiyetini sağlamak, dolayısıyla da siber güvenliği tesis edebilmek oldukça önemli bir konu olarak gündeme gelmektedir.¹⁶⁰

Bugün artık hükümetler de geleneksel veri toplama ve saklama yönetimlerinin yetersiz kaldığını bildiklerinden “veri madenciliği”ne önem vermektedirler. Ancak yukarıda da belirttiğimiz gibi, yurttaşlarının bir başkasının eline geçmemesi gereken mahrem bilgilerini güvence altına alabilmek için hukuksal olarak hesap verilebilirliği sağlamak, bunun için gerekli çalışmaları yapmak durumundadırlar.¹⁶¹

¹⁵⁹ Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s. 63

¹⁶⁰ Siemens, **a.g.e.**, s. 12

Alçın, **a.g.e.**, s. 26

¹⁶¹ Schwab, **a.g.e.**, s. 157

2.2.3. Siber Güvenlik

Endüstri 4.0 esas itibariyle internet erişimine dayanan ve bu temel üzerinde yükselen bir sanayi devrimi olduğu için yalnızca fiziksel güvenliği değil, dijital ve sanal güvenliğin de en üst düzeyde olmasını gerekli kılıyor. Çünkü bilginin artık yalnızca üretimde değil, yaşamın her alanında ve en merkezde yer aldığı çağımızda bu bilgilere izinsiz erişmeye çalışanların varlığı sebebiyle sanal yani siber güvenlik daha da önem kazanmaktadır.¹⁶²

Siber güvenlik en genel anlamıyla internet aracılığıyla erişim sağlanan siber ortamlarda; gerek ülkelerin, gerekse kurum, kuruluş ve bireylerin bilgi ve verilerini güvende tutmak amacıyla kullandıkları politika ve araçların tamamı olarak tanımlanabilir. Bu doğrultuda gizlilik, mahremiyet ve kimlik doğrulama siber güvenliğin en temel amaçları arasında yer almaktadır.¹⁶³

Ülkeler bugün siber güvenlik ve farkındalığa her zamankinden daha fazla önem vermektedirler. Çünkü siber sistemlerdeki olası bir zaaf, ülkelerin teknoloji sistemlerini ve hem kendilerinin hem de vatandaşlarının güvenlik bilgilerini tehlikeye atmaktadır.¹⁶⁴

Siber güvenliği üretim açısından ele aldığımızda ise üretim sistemlerine yalnızca yetkili kişileri erişilebilir kılmak gerektiğini belirtmek gerekmektedir. Çünkü üretim sürecine dahil olan cihazlardan gelen verilerin doğruluğunu saptamak için bu bilgileri kötü amaçlı kişilerden korumak son derece önemlidir. İşletmeler,

¹⁶² Semih Şener, Birol Elevli, “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”, Mühendis Beyinler Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, 2017, s. 10

¹⁶³ Mustafa Ünver, Cafer Canbay, “Ulusal Ve Uluslararası Boyutlarıyla Siber Güvenlik”, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı: 438, 2010, s. 99

¹⁶⁴ Ahmet Çubukcu, Şahin Bayzan, “Türkiye’de Dijital Vatandaşlık Algısı ve Bu Algıyı İnternetin Bilinçli, Güvenli ve Etkin Kullanımı ile Artırma Yöntemleri”, Middle Eastern & African Journal of Educational Research, Cilt: 55, 2013, s. 157

üretim sistemlerindeki güvenceyi ancak bu koşulların sağlanması durumunda temin edebilirler.¹⁶⁵

Oysa bugün mevcut firmaların üretim sistemleri incelendiğinde pek çoğunun bir bütünlük arz etmekten uzak, bünyesinde kopukluklar barındırdığı görülmektedir. Söz konusu üretim sistemlerindeki bağlanabilirliğin artması ve üretim sürecine dahil tüm makinelerle kimlik kazandırılması suretiyle üretim hatları, siber saldırılara karşı güvenli hale getirilebilecektir.¹⁶⁶

2.2.4. Bulut Bilişim

Bilgi-iletişim teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve internete bağlı cihaz sayısındaki olağanüstü artış dolayısıyla mevcut yazılım ve donanım sistemleri, internet ağı üzerinden paylaşılan bu boyuttaki bir veri hacmini kaldıramaz hale gelmiştir.¹⁶⁷ Kullanıcıların akıllı cihazlar ve sosyal medya kültürüyle birlikte sürekli daha fazla veriye ulaşmak ve bunları depolamak istemesiyle depolamada büyük kapasite sorunları yaşanmaktaydı. Endüstri 4.0'ın öncü teknolojilerinden olan Bulut Bilişim Teknolojisi, esasen karşılaşılan bu sıkıntılara bir çözüm olarak geliştirilmiştir.

Bulut Bilişim Teknolojisi'nin temelleri geçtiğimiz yüzyılın ortalarında, 1950'lerde atılmıştır. 1994 yılında bir bulut bilişim şirketi olarak kurulan Amazon, bu teknolojinin gelişiminde liderlik rolü üstlenerek ilk bulut bilişim hizmeti olarak nitelendirilen Amazon S3'ü 2006 yılında istifadelere sunmuştur. 2008'den itibaren

¹⁶⁵ Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s. 62

¹⁶⁶ TÜSİAD, "**Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi**", Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği & The Boston Consulting Group, Yayın no; TÜSİAD-T/2016-03/576, 2016 s. 28

¹⁶⁷ Siemens, **a.g.e.**, s. 12

ise Bulut Teknolojisi giderek artan bir yaygınlıkla tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır.¹⁶⁸

Fonksiyonel anlamıyla “çevrim içi bilgi dağıtımı” olarak da bilinen Bulut Bilişim, bilişim cihazları üzerinden veri paylaşımına olanak sağlayan hizmetler bütünüdür.¹⁶⁹

Bulut Teknolojisi şu üç temel üzerinde yükselmektedir;

- SaaS (software as a service): yazılımı servis olarak sunma,
- PaaS (platform as a service): platform hizmeti ve
- IaaS (infrastructure as a service): sunucu alt yapı hizmeti.¹⁷⁰

Bulut Teknolojisi, internetle bağlantının kurulabildiği her ortamda, günümüzde artık herkes tarafından yaygınca kullanılan Google Drive gibi web tabanlı uygulamalar aracılığıyla gerekli verileri online olarak saklayabilmeyi mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda teknolojinin bu yeni meyvesi, hem bireysel hem de kurumsal anlamda kolaylıklar sunmaktadır. Çünkü artık daha çok bilgi saklayabilmek için usb, hard disk gibi depolama aygıtlarına gerek kalmayacaktır. Getirdiği bu pratiklik sayesinde Bulut Bilişim, hem işleri kolaylaştıran hem de katlanılan maliyetleri azaltan faydaları söz konusudur.¹⁷¹ Özellikle şirketler için büyük alt yapı yatırımlarını gerektirmeden, bilgi ve iletişim teknolojilerinde ihtiyaç duydukları hizmetleri kapsamlı bir şekilde alabilmelerini sağlamaktadır. Bu durum firmalar için hem maliyet azaltıcı bir unsur olup hem de kendileri yerine bu işlemler üstlenecek servis sağlayıcıları sayesinde firmaların asıl iş alanlarına daha fazla odaklanabileceklerdir.¹⁷² Ayrıca hard disklerin yerini şimdiden almaya başlayan

¹⁶⁸ Canan Bulut, “**Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?**”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>

¹⁶⁹ EBSO, **a.g.e.**, s. 22

¹⁷⁰ Bulut, **a.g.e.**

¹⁷¹ Aksoy, **a.g.e.**, s. 40

¹⁷² Siemens, **a.g.e.**, s. 12

Bulut Teknolojisi'nden sadece verileri saklamada değil, kaydedilen bu veriler analiz etmede de yararlanılabilecektir.¹⁷³

Tüm bu bilgiler ışığında, Bulut Bilişim Teknolojisi'nde yaşanan gelişmelerin; hem BİT alanındaki üreticilerin hem de bunların müşterisi konumundaki tüketicilerin davranışlarını kökten değişime uğratmakta hem de iş modellerinde yapısal değişimlere yol açarak firmaların rekabet edebilmesi için yeni teknolojilere uyum sağlamasını gerekli kılmaktadır.¹⁷⁴

Yukarıda saydığımız pek çok avantajına rağmen bu yeni teknolojinin de bir takım eksiklik ve dezavantajları mevcuttur. Bulut Teknolojisi veriler için geniş depolama olanağı sağlasa da bunların güvenli bir şekilde saklanmasını garanti edememektedir. Eğer siber güvenlik yeterince sağlanamazsa bu güvenlik zafiyeti kullanıcıların bilgilerini riske atabilecektir. Bulut Bilişim'in diğer bir dezavantajı ise tüm bu kolaylık ve imkanlara yalnızca internet bağlantısıyla erişilebilecek olmasıdır. İnternet bağlantısının olmadığı durumlarda bu avantajların hiçbirisi geçerli değilken, düşük hızlı internet erişimindeyse söz konusu faydalardan yararlanma ancak sekteye uğrayarak gerçekleştirilebilecektir.¹⁷⁵ Bu teknolojinin yol açabileceği bir başka problem ise hukuki sorunlar doğurabilme ihtimalidir. Çünkü bilgi teknolojilerinin hali hazırdaki uygulamalarının ve veri tabanlarının tamamının Bulut Teknoloji'ye geçişini sağlamak demek, kullanıcı bilgilerinin istismar tehlikesini göze almak demektir.¹⁷⁶

2.2.5. Artırılmış Gerçeklik

Hayatımıza yeni yeni girmeye başlayan bir teknolojik gelişme olan Artırılmış Gerçeklik; fiziksel dünya ve içerisindekilerin, bilgisayarlar aracılığıyla yaratılan ses, görüntü ve grafiklerle desteklenip zenginleştirilerek elde edilen canlandırmalardır.

¹⁷³ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 157

¹⁷⁴ Alçın, **a.g.e.**, s. 26

¹⁷⁵ Bulut, **a.g.e.**

¹⁷⁶ EBSO, **a.g.e.**, s. 22

Bu teknolojiyi daha sarik bir şekilde kısıaca; gerçekliğin bilgisayarlar tarafından değiştirilip gerçeklik algısının artırılması olarak tanımlayabiliriz. Dolayısıyla Artırılmış Gerçeklik'in temelini gerçek dünya ile simülasyonun birleştirilip aynı potada eritilmesi oluşturmaktadır.¹⁷⁷

Artırılmış Gerçeklik esasen farklı bu iki dünyanın birleşip dijital bir ortamda canlandırılmaları sonucu oluşmuş yeni bir algı dünyasının yaratımıdır. Bilgisayarlar aracılığıyla oluşan bu duyusal veriler, insanlara yine bilgisayarlar tarafından üretilen GPS gibi verilerle meydana gelen yeni gerçeklik algısını deneyimletmektedir.¹⁷⁸

Bireyler, işlenmeye elverişli olan bu yenilik sayesinde gerçeklik algısının artmasıyla bu bilgiyi içselleştirebilmektedir. Elde edilen bu yeni bilgiler sanal bir ortamda oluşmuş olsa da fiziksel olarak gözlemlenebildiği için gerçek dünya ile uyum içerisinde dir.¹⁷⁹

Artırılmış Gerçeklik'ten yararlanan sistemler bugün henüz emekleme aşamasında olsa da çok yakın bir gelecekte işletmelerin bu teknoloji den; üretim sistemlerini iyileştirmede, üretim faaliyetleri esnasında zamanlaması kritik olan bilgileri gerekli tüm birimlere anlık ve gerçek zamanlı bir şekilde ulaştırmada, ayrıca karar verme süreçlerinde bir kaldıraç olarak faydalanmaları mümkün olacaktır.

Artırılmış Gerçeklik'in bir alt unsuru olan simülasyonun sağladığı avantajları uygulama örneğinden hareketle ortaya konulabilir. Örneğin dijital dönüşüm konusunda öncü firmalardan olan Siemens'in, akıllı makinelerden elde edilen veriler sayesinde ürünlerin işlenmesini simüle edebilen sanal makineleri imalat sanayiinde kullanmasıyla ürün işlem sürecini % 80 oranında azattığı görülmektedir.¹⁸⁰

Bu yeni teknoloji sayesinde arkeoloji, mimari, sağlık, eğitim ve hatta askeriye gibi çok farklı alanlarda hayat kolaylaştırıcı gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır.

¹⁷⁷ Gabaçlı, Uzunöz, a.g.e., s. 157

¹⁷⁸ Hakan Kahraman, "Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality)", Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/>

¹⁷⁹ EBSO, a.g.e., s. 21

¹⁸⁰ TÜSİAD, a.g.e., s. 27, 30

Artırılmış Gerçeklik endüstride de pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Örneğin endüstri tasarımcıları bu sayede ürünleri, nihai aşamaya gelmeden, mevcut haliyle bile işlevlerini kontrol ederek giderilmesi gereken eksik ve kusurlu yanlarını saptayabilmektedir. Bu firmalar için hem zamansal hem de maliyet açısından bir kazanım olup rekabette bir adım öne geçirmektedir.¹⁸¹

2.2.6. 3D Yazıcılar

3D yani “üç boyutlu baskı” olarak adlandırılan teknoloji; bilgisayarlar yardımıyla dijital ortamda elde edilen üç boyutlu modellerden, tabaka üzerine tabaka basılması suretiyle fiziksel yani gerçek anlamda üç boyutlu nesneler oluşturmaktır.¹⁸²

Üç boyutlu yazılar dijital ortamdaki üç boyutlu çizim ve tasarımlardan, yine üç boyutlu olacak şekilde baskılarının elde edilmesi yoluyla bunları fiziksel objelere dönüştüren makinelerdir.¹⁸³

Dördüncü Sanayi Devrimi’nde önemli bir yere sahip olan bu teknoloji ilk kez 1984’te uygulama alanı bularak hayata geçirilmiştir. Söz konusu yıllarda hızlı prototip uygulamaları dışında pek rağbet görmeyen üç boyutlu yazıcılar, 2006 yılında Reprap Projesi ile yeniden dikkatleri çekmeyi başarmıştır. Teknolojistler bugün pek çok uygulama alanı bulan 3D baskı teknolojisinin insanlığı yeni bir bilişim çağının eşiğine getireceğini ve bu alandaki çalışmalarda derinleşilmesiyle daha pek çok yenilikçi faaliyetlerin ortaya çıkacağı kanısındadırlar.¹⁸⁴

Bu teknolojinin endüstriyel anlamda kullanımı ise literatürde “Katmanlı Üretim” ya da “Eklemeli İmalat” olarak karşımıza çıkmaktadır.¹⁸⁵ Katmanlı üretim, sanal ortamda tasarlanan model ve çizimlerin fiziksel ortamda bir gerçekliğe

¹⁸¹ Kahraman, **a.g.e.**

¹⁸² Schwab, **a.g.e.**, s. 24

¹⁸³ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 154

¹⁸⁴ Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s. 60

¹⁸⁵ Siemens, **a.g.e.**, s. 17

bürünmesini sağlamaktadır.¹⁸⁶ Bu **eklemeli imalat**, üretim şekli itibariyle önceki sanayi devrimlerinde kullanılmış olan imalat tarzının yani **çıkarmalı imalatın** tam tersi bir şekilde organize edilmiştir. Bu geleneksel imalat sürecinin **çıkarmalı** olarak adlandırılmasının sebebi öncelikle üretimde kullanılacak olan malzemelerin, modeli çıkarılan nesneyi oluşturacak şekilde biçimlendirilmesi, sonrasında ise bunların tabakadan tek tek çıkarılarak tasarlanan nesnenin son halini alması için birleştirilmesi aşamasından geçmesidir. Ancak bu tarz bir üretim icra ediliş tarzı gereği büyük malzeme atıklarına sebebiyet vermektedir.

Tam tersine, üç boyutlu baskı anlayışına dayanan bir üretim şeklinde ise malzemeler dijital şablonların yardımıyla üst üste eklenerek katmanlar oluşturulur ve bu sayede nihai ürün, hammadde kaybına da sebebiyet vermeden tek parça halinde üretilme imkanına kavuşur. Bu da 3D yazıcıları üretimdeki verimlilikleri nedeniyle geleneksel çıkarmalı imalattan farklı ve avantajlı kılmaktadır.¹⁸⁷

Endüstri 4.0'ın öncü teknolojilerinden olan 3D yazıcılar, bugün bizleri yalnızca teknolojik anlamda yeni bir çağın eşiğine getirmekle kalmayıp aynı zamanda ekonomik sistem üzerinde de yepyeni bir çıkış açma potansiyeli taşımaktadır. Jeremy Rifkin bu durumu yakın zamanlarda gündeme getirdiği yeni bir kavram olan **“infofacture”** üzerinden anlatmaya çalışıyor. “Information” ve “manufacture” yani bilgi ve üretim kelimelerinin birleştirilmesinden türetilmiş **“bilgimalat”** kavramı ile. 3D yazıcılar ile enerji ihtiyaçlarını kendileri üreterek ve aynı zamanda bunu çevreye zarar vermeden karşılamak isteyen üretici bir grup, bu teknolojinin getirdiği katmanlı üretim sayesinde ve birbirleriyle işbirliği içerisinde yeni, sürdürülebilir bir üretim sistemi yaratabilirler. Bu sayede hem kendi ihtiyaçlarını karşılamış hem de buradan arta kalan kısmın satışını gerçekleştirerek aynı anda hem üretici hem de tüketici konumunda pek tabii olabileceklerdir. Rifkin, böylesi bir üretim tarzının kapitalizmde köklü değişimlere neden olma hatta

¹⁸⁶ Hakan Kahraman (b), “Endüstri 4.0 ile Katmanlı Üretim”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/>

¹⁸⁷ Schwab, a.g.e., s. 25

Bulut, Akçacı, a.g.e., s. 60

kapitalizmi yeniden şekillendirme potansiyeline sahip olduğunu ima etmektedir. Rifkin'e göre üretimin böyle bir ortama evrilmesi, kapitalist işletmelerin hizmet şeklini de kökten değiştirebilir. Çünkü böyle bir durumda işletmelerin rekabet edip pazarda varlıklarını sürdürebilmeleri için yalnız üretim yapmaları yetmeyebilir, kiralama sistemleri geliştirmeleri de gerekebilir. Hatta bu gerekliliğin uygulamadaki bir örneği olarak; piyasada yıllardır lastik üretimi yaparak varlığını sürdüren Michellin firmasının, bu üretim faaliyetinin yanında müşterilerine kiralama hizmeti sunmaya başlamasını gösterilebilir.¹⁸⁸

Üç boyutlu yazıcıların en önemli avantajların başında maliyetli ve kompleks yapıdaki teçhizat gereksinimini azaltması gelmektedir. Bu sayede geleneksel üretim tarzını temsil eden kitlesel imalatla maliyetleri oldukça aşağı çekmenin bir yolu da bulunmuş olmaktadır. 3D yazıcılar Şekil 3'te de görüleceği üzere, sanal ortamda tasarlanan bir nesneyi fiziksel anlamda bir objeye dönüştürürken iş çevrim süresini azalttığı için ürün geliştirme sürecine ivme kazandırmaktadır.¹⁸⁹

3D baskı teknolojisinin getirdiği katmanlı üretim sayesinde endüstriyel anlamda da pek çok avantaj ve kazanımlar elde edilmektedir. Geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla katmanlı üretim, üretimde kullanılan makine-teçhizat sayısını azaltıp tasarım döngüsünde iş çevrim süreçlerini kısaltarak prototipleme sürecini çok daha hızlandırır ve tasarım ile imalat sistemlerini birbirlerine entegre hale getirmektedir.¹⁹⁰

Getirdiği pek çok avantajın yanı sıra özellikle endüstride büyük maliyet avantajı kazandıran bu yeni teknoloji yazıcıların satışları dünya çapında her yıl %25 civarında bir artış sergilemektedir. Sadece 2014 yılında dünya genelindeki satış miktarı yaklaşık 133.000 adedi bulan bu yeni teknoloji sektöründen gelen verilere göre daha şimdiden 4 milyar dolar gibi büyük bir pazar hacmine ulaşılmıştır.¹⁹¹ Tüm

¹⁸⁸ Bulut, Akçacı, **a.g.e.**, s. 60

¹⁸⁹ Schwab, **a.g.e.**, s. 172,173

¹⁹⁰ Kahraman (b), **a.g.e.**

¹⁹¹ Schwab, **a.g.e.**, s. 179

Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 154

değiştirebilen bir zaman boyutu kast ediliyor burada. Üç boyutlu yazıcıların yerine getirebildiği tüm işlevleri yapabilen bu yeni nesil teknolojiye yazıcılar, aynı zamanda tek bir seferde monte edilmesi güç nesneleri de kolay bir şekilde birleştirilmektedir.¹⁹³

2.2.7. Akıllı Fabrikalar

Yeni endüstriyel dönüşümün ortaya çıkmasına zemin hazırlayan teknolojik gelişmeler yalnızca bireylerin tüketim alışkanlıklarını değiştirmekle kalmamış, üreticileri de bu yeni teknolojiye ayak uydurmak zorunda bırakarak arz cephesinde de ciddi dönüşümler yaratmıştır.

Kişiyi özel tüketim anlayışının gelişmeye başladığı bu yeni dönemde, üretim tesisleri hem bu ihtiyaçlara cevap verebilmek hem de sürekli değişim ve gelişim gösteren piyasada rekabet edebilmek üzere yapılandırılmaya başlanmıştır.¹⁹⁴ Bu anlamda artık tüm dünyada üretimin merkezine artık verimlilik artışını esas alan ve tüketimdeki değişimlerin gerekli kıldığı esnek üretim anlayışıyla işletmelere dinamizm kazandıran “akıllı fabrikalar” oturmaktadır.¹⁹⁵

Üretimi artırmada ve artan tüketimi karşılamada geleneksel üretim yöntemlerinin giderek yetersiz kaldığı eski tip fabrikalar yerine tüm üretim sürecini akıllandıran robot teknolojisi destekli akıllı fabrikalar, artık firmaların seçimi olmaktan çıkıp üretimin yeni zorunluluğu haline gelmektedir.¹⁹⁶

Akıllı üretim; akıllı robot ve makinelerin, Nesnelerin İnterneti teknolojisi sayesinde dijital bir ağa bağlanarak üretim sistem ve süreçlerinin neredeyse

¹⁹³ Burak Kesayak, “4D Yazıcılar Ve Akıllı Malzemeler”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/4d-yazicilar-ve-akilli-malzemeler/>

¹⁹⁴ Hakan Kahraman (c), “Kendinden Organize Dijital Fabrikalar”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/kendinden-organize-dijital-fabrikalar/>

¹⁹⁵ Capital Dergisi, “Akıllı Fabrikayla Verimlilik Devrimi”, 2003, s. 2, <https://www.capital.com.tr/yonetim/liderlik/akilli-fabrikayla-verimlilik-devrimi> (Çevrimiçi)

¹⁹⁶ Bulut, Akçacı, a.g.e., s. 61

tamamına hakim olduğu bir üretim anlayışını temsil etmektedir. Bu yeni üretim anlayışı ile eskiden büyük oranda insan gücüne dayalı olarak gerçekleştirilen işler, artık çok daha pratik, hızlı ve minimum maliyetle yapılabilmektedir.¹⁹⁷

Akıllı fabrikalar esasen, CPS'lerin yani siber-fiziksel sistemlerin üretim sürecine dahil edildiği tesislerdir.¹⁹⁸ Kavramsal olarak ele alındığında ise; gittikçe karmaşık bir hal alan üretim süreçlerini daha hızlı ve neredeyse sıfır nitelikte çıktılar alma imkanı veren, robot ve insanların koordine ve işbirliği içinde çalıştığı yeni nesil fabrikaları ifade etmektedir.¹⁹⁹

Akıllı fabrikalarda her bir ürünün üzerinde yer alan çipler dolayısıyla bir hafızaya sahip olan akıllı ürünler, diğer makinelerle iletişimde bulunup işin nasıl yapılması gerektiği bilgisini aktararak bizatihi üretim sürecini koordine etmektedir.²⁰⁰

Akıllı fabrikalar, simülasyon ve sanal gerçeklik sayesinde sanal prototipleri oluşturulan ürünler, nihai ürünler hakkında büyük öngörü sağlayacağı için bunların üretim süreçlerinin doğru olarak belirlenmesinde de avantajlar sağlayacaktır.²⁰¹

Bu yeni nesil, son teknolojiyle donatılmış fabrikaların diğer bir avantajı ise; içerisinde konuşlandırılmış olan akıllı makineler sayesinde üretim girdi ve kaynaklarını optimum bir şekilde, bizatihi planlayabilmesidir. Akıllı fabrikalarda yer alan bu akıllı makineler, insanlarla uyum içerisinde çalışabilecek bir şekilde programlanmıştır. Ayrıca eski tarz fabrikalarla gerçekleştirilen geleneksel üretimde ürün özelleştirme çabaları, zaman ve maliyet gibi faktörlerce kısıtlandığı için bir hayli zahmetliydi. Akıllı fabrikalarda elde edilen hız, esneklik, kalite, verimlilik ve

¹⁹⁷ EBSO, **a.g.e.**, s. 16

¹⁹⁸ Alçın, **a.g.e.**, s. 26

¹⁹⁹ Gabaçlı, Uzunöz, **a.g.e.**, s. 157

²⁰⁰ Burcu Yelis, Volkan İtfaiye, "Akıllı Fabrikalara İlk Adım", Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, s. 2, <https://www.endustri40.com/akilli-fabrikalara-ilk-adim-smartfactorykl/> (Çevrimiçi)

²⁰¹ Kahraman (c), **a.g.e.**

maliyet avantajları nedeniyle ise özel ürünleri tasarlayıp üretebilmek çok da mümkün hale gelmektedir.²⁰²

Akıllı fabrikaların, işgücü maliyetlerinin yüksek olduğu ABD gibi gelişmiş ülkeler nezdindeki bir avantajı ise üretimi işgücünün bol ve dolayısıyla görece ucuz olduğu Doğu ülkelerine kaydırmak yerine, akıllı fabrika teknolojisiyle emeğe daha az gereksinim duyarak ülke sınırları içinde gerçekleştirme imkanı vermesidir.²⁰³

Bugün akıllı fabrikaların çok daha ileri bir seviyesini temsil eden “karanlık fabrikalar” gerçeğiyle karşı karşıyayız. Çin karanlık fabrikaları hayata ilk geçiren ülke olmuştur. Karanlık fabrikalar, ismi ile müsemma; üretimin karanlık bir ortamda ısı ve ışığa hiç gerek duymadan yapılabilmesi durumunu ifade etmektedir. Bu fabrikalar insan yapısı için elverişsiz bir ortam olduğu için, aktif olarak içerisinde insan çalışan insan bulunmamaktadır. Üretim tamamen otomasyona dayanıp robotlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak bu insana hiç ihtiyaç duyulmadığı anlamına gelmemektedir. Çünkü burada konuşlandırılmış robotların sekteye uğramadan çalışabilmesi, sistemin sürekliliğinin sağlanabilmesi ve robotikleri koordine edebilmek için geliştirilmiş yazılım ve programlarda, ayrıca bunların rutin bakım ve onarımlarında insana son derece ihtiyaç vardır. Tüm bunları titizlikle yerine getirebilmek için ve üstlendiği görevler gereği emeğin tasfiyesi mümkün değildir.²⁰⁴

2.2.8. Akıllı Robotlar

Yeni sanayi devrimiyle birlikte hayatımıza giren ve adını sıkça duymakta olduğumuz “akıllı otomasyon” kavramıyla birlikte akıllara ilk gelen teknolojilerin başında robotlar gelmektedir.²⁰⁵

²⁰² EBSO, a.g.e., s. 17

²⁰³ Akıllı fabrikayla verimlilik devrimi sf 2 (capitol)

²⁰⁴ Muhammed Ahmet Alkan, “Karanlık Fabrikalar İle İnsansız Üretim”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, s. 3,5 <https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/> (Çevrimiçi)

²⁰⁵ Siemens, a.g.e., s. 11

Kavramsal olarak; görev çerçevesi önceden belirlenmiş işleri kendisine verilen komutlar aracılığıyla yerine getiren elektro-mekanik akıllı cihazlar şeklinde tanımlanabilen robotlar, modern literatürde karşımıza “robotik” veya “mekatronik” kavramlarıyla da çıkmaktadır. Robotların mekatronik olarak adlandırılmasının sebebi ise ihtiva ettikleri hem mekanik hem de elektronik işlevlerinden dolayıdır. Mekatronik kavramını literatüre kazandıran ülke Japonya olmuştur.²⁰⁶

Robot teknolojisinden yakın bir zamana kadar sınırlı birkaç sektörde yararlanılmış olsa da günümüzde artık tarımdan hasta bakıcılığa kadar pek çok sektörde geniş kullanım alanları bulmaktadırlar.²⁰⁷ Günümüz şartlarında robotların yaygın kullanım alanları arasında otomotiv sektörü başta olmak üzere endüstriyel üretim gelmektedir.²⁰⁸ Uluslararası Robotik Federasyonu’nun verilerine göre şu anda dünya üzerinde 1,1 milyon robot çeşitli işlerde istihdam edilmektedir. Özellikle otomotiv sektöründe üretimin %80’ini bu robotikler gerçekleştirmektedir. Robotiklerle birlikte üretimde verimlilik artışı yakalandığı için tedarik zincirleri eskiye oranla daha fazla rasyonelleşiyor.²⁰⁹ Ayrıca robotların objektif analiz edebilme yetenekleri sayesinde üretimde insan kaynaklı hatalar da en aza inmektedir. Robotların birbiriyle iletişime geçmeleri sonucunda ise üretim sürecinin tamamında bütüncül bir otomasyon mümkün hale gelmektedir.²¹⁰

Robot teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde robotiklerin gittikçe daha otonom bir hal alıp çalışma ortamı içerisinde insanlarla daha uyumlu ve işbirliğine daha yatkın olduğu görülmektedir. Ayrıca robotların üretim teknolojisindeki hızlı ilerlemeler sayesinde robotlara sahip olmak artık çok daha az maliyetli olmaktadır. Bu da robot yatırımlarını ve istihdamını artırmaktadır.²¹¹

²⁰⁶ EBSO, **a.g.e.**, s. 20

²⁰⁷ Schwab, **a.g.e.**, s. 25

²⁰⁸ EBSO, **a.g.e.**, s. 20

²⁰⁹ Schwab, **a.g.e.**, s. 165

²¹⁰ Siemens, **a.g.e.**, s. 11

²¹¹ TÜSİAD, **a.g.e.**, s. 26

Robotiklerin ve otomasyonun hayatımıza bu denli dahil olması tüm bu avantajlarının yanında bir takım kaygıları da beraberinde getirmektedir.²¹² Ancak robotların sebebiyet verdikleri hem bu kaygı ve endişeler hem de getirdikleri avantajlar üçüncü bölümde çok daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

2.2.9. Yapay Zeka

Günümüzde çığır açan son teknolojik gelişmelere kadar, yapay zeka hep ulaşılamayacak bir teknoloji olarak görülmüştü. Ancak artık hesaplama ve depolama kapasitesi yüksek, devasa boyuttaki verileri işleyerek bunlardan yeni bilgiler üretebilen akıllı nesne ve uygulamalar, neredeyse sadece insana özgü bir yeti olan “zeka”ya kavuşmaya başladılar.²¹³

Şimdiye kadarki teknolojik gelişmeler içerisinde belki de apayrı bir kulvarda değerlendirilmesi gereken yapay zekanın ne denli büyük icat olduğunu, dünyaca ünlü MIT Üniversitesi’nin bilgisayar laboratuvarı yöneticilerinden Edward Fredkin’in “Tarihte üç büyük olay vardır. Bunlardan ilki kainatın oluşumudur. İkincisi yaşamın başlangıcının olmasıdır. Üçüncüsü de yapay zekanın ortaya çıkışıdır.” sözlerinden anlamak mümkündür.²¹⁴ Öyle ki kimi iktisatçılar yapay zekayı bir teknoloji olmanın ötesinde, yeni bir üretim faktörü olarak görmektedir. Şayet üzerinde fikir birliğine varılması durumunda bunun, gelecek yıllarda iktisat teorisinde radikal değişimler yaşanacağını söylemek güç değil.

Son World Economic Forum’da ayrı bir başlık altında incelenen ve üzerinde ehemniyetle durulan yapay zekanın başlangıcı, her ne kadar İkinci Dünya Savaşı

²¹² Fırat, Fırat, **a.g.e.**, s.y.

²¹³ Ethem Apaydın, “**Sanki Yapay Zeka Gerçek Oluyor**”, Bilişim Dergisi, Sayı:133, 2011, s. 74

²¹⁴ Harun Pirim, “**Yapay Zeka**”, Journal Of Yaşar University, Cilt:1, Sayı:1, 2006, s. 82

sırasındaki çalışmalara dayandırılrsa da 1950’lerden itibaren yapay zeka üzerine yapılan çalışmalar başlı başına bir araştırma alanı olarak kabul edilmektedir.²¹⁵

Yapay zekayla ilgili tartışmalar, Turing’in 1950’de yayımlanan “Computing Machinery and Intelligence” makalesinde “makinelere de düşünebilir mi?” sorusunu gündeme getirmesiyle başlamıştır.²¹⁶ Yapay zekanın “Artificial Intelligence” olarak ilk kez gündeme getirilişi ise 1956 yılında düzenlenen Dartmouth Konferansı’nda gerçekleşmiştir.

Yapay zekanın kavramsal çerçevesi çizilmeye çalışılırken üzerinde genel uzlaşıya varılmış bir tanımının olmadığı görülmektedir. Çünkü yapay zeka denilen teknoloji bilgisayar sistemleri, finans sektörü, tıp bilimi, psikoloji, askeri ve istihbarat sistemleri gibi pek çok alanla ilişkili olduğundan, multi disiplinler özelliği nedeniyle her bilim dalı kendi terminolojisine göre çok farklı şekilde tanımlayabilmektedir.²¹⁷

En genel anlamıyla yapay zeka; kendisine verilen komutlarla tıpkı bir insan gibi hareket edebilme yeteneğine kavuşan vücutlu bir robot olarak tanımlanabilir. Marvin Minsky tarafından yapılmış bir tanıma göre ise yapay zeka; insanın zeka kabiliyeti sayesinde yapabildiği işleri makinelerle yaptırabilme sanatıdır.²¹⁸ Yapay zeka hakkında yapılmış bir diğer tanım ise; makineleri hem kontrol hem de komuta eden bilgisayar programları geliştirerek insan aklının nasıl çalıştığını anlamak ve bunu bilgisayarlar aracılığıyla taklit etmeye çalışmak bilimi şeklindedir.²¹⁹

Yapay zekanın insan zekasından ayrılan yönleri, doğal zekaya göre kimi üstünlükleri ve dezavantajları vardır. Örneğin insan öğrendikleri bilgileri zamanla

²¹⁵ Ertan Kuşçu, “Çeviride Yapay Zeka Uygulamaları”, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı:30, 2015, s. 47, 49

Cüneyt Dirican, “Teknolojik Gelişmelerin Ve Yapay Zeka Çalışmalarının Pazarlama Bilimine Etkileri”, Journal of Management, Marketing and Logistics, Cilt:2, Sayı:3, 2015, s. 185

²¹⁶ Kuşçu, a.g.e., s. 49

²¹⁷ Buket Çelik, “YAPAY ZEKA, Ömer Civalek’le Söyleşi”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı:423, 2003, s. 41

²¹⁸ Yıldız Teknopark, “Geleceği Yapay Zeka Şekillendirecek”, Techstar Dergisi, Sayı: 18, 2017, s. 24

²¹⁹ Pirim, a.g.e., s. 84

unutabilen bir varlık iken, yapay zeka teknolojisinde belleğe kaydedilen verilerin unutulması gibi bir durum söz konusu olmayıp bilgiler kalıcı bir şekilde saklanabilmektedir. Dolayısıyla bilgilerin kalıcı olarak kayıt altında tutulabilmesi yapay zekanın bir üstünlüklerindendir. Diğer yandan insanlar arasında bilgi birikiminin aktarılabilmesi usta-çırak ilişkisi gibi uzun bir merhaleden geçmeyi gerektirir ve bu da hiçbir zaman tam olarak gerçekleştirilemezken, yapay zeka teknolojisinde bilgilerin aktarılıp paylaşılması çok kısa bir sürede hem de tam olarak gerçekleşebilmektedir. Yapay zekanın doğal zekaya üstün olduğu bir diğer husus da tutarlı olmasıdır. Örneğin aynı olay karşısında farklı insanların tutumları -hatta aynı insanın zaman içerisinde bir olaya karşı tutumu bile- farklı olabileceken, yapay zekada bilgisayar sistemlerinin bir olaya vereceği tepki her zaman ve her koşulda aynı olmaktadır. Tüm bu üstünlüklerine rağmen elbette yapay zekanın insan zekasına asla yetişemeyeceği durumlar da söz konusudur. İnsan zekası, kişisel çabalar ve çevresel faktörlerin de etkisiyle zamanla gelişmeye elverişli bir niteliktedir. Oysa yapay zeka sadece bilgisayarlara yüklenen verilerle sınırlıdır. Ayrıca yapay zeka insana özgü bir kabiliyet olan hayal gücü ve dolayısıyla yaratıcı düşünebilme yetisinden de yoksundur. Bunun dışında yapay zeka, insan gibi eski tecrübelerinden istifade edememekte, sadece sembolik verilerle çalışabilmektedir.²²⁰

Yapay zeka, tüm bu üstünlüklerine rağmen etkileri konusunda insanları şimdiden ikiye bölünmüş durumdadır. Ünlü fizikçi Stephen Hawking ile onun safında yer alan dünyaca ünlü Ceolardan Bill Gates ve Elon Musk, yapay zekayı insanlar için bir tehdit olarak görülmektedir. Özellikle Elon Musk yapay zekayla ilgili gelişmelere ciddi endişelerle yaklaşmakta, bu çalışmaların çerçevesinin belli kanunlarla sınırlandırılması gerektiğini, aksi halde insanlık medeniyetini uzak olmayan bir gelecekte büyük riskler beklediğini ifade etmektedir. Büyük bir sosyal ağın kurucusu olan Mark Zuckerberg ise yapay zekaya iyimser yaklaşmakta olup tüm bunları birer kıyamet senaryosu olarak addetmektedir.²²¹

²²⁰ Eşref Adalı, “İnsanlaşan Makineler ve Yapay Zeka” ,İTÜ Vakfı Dergisi, Sayı:75, 2017, s. 9

²²¹ Dirican, **a.g.e.**, s.180

Yıldız Teknopark, **a.g.e.**, s. 27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE İKTİSADİ BÜYÜME

3.1. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL İKTİSADİ ETKİLERİ

Yeni sanayi devrimi yani namıdiğer Endüstri 4.0, üretim sistemlerine, iş modellerine, şirketlere, üretici ve tüketicilere doğrudan ve dolaylı pek çok etkide bulunmaktadır. Ancak Endüstri 4.0'ın iktisadi etkileri temel olarak; istihdam, verimlilik, yatırımlar ve ekonomik büyüme üzerine olacaktır. Çalışmanın bu bölümde bu dört temel etki Türkiye ve Dünya ekonomileri açısından değerlendirilemeye çalışılacaktır.

3.1.1. İstihdam Üzerine Etkileri

3.1.1.1. İstihdam Üzerinde Yaratacağı Kaygı ve Endişeler

Küresel işsizlik sorununun güncelliğini koruduğu bir dönemde robotiklerin bu denli yaygınlaşmasının işgücü piyasasına ve istihdama etkileri kaçınılmazdır. Bu etki literatürde “teknolojik işsizlik” olarak geçmekte olup iktisatçıların bu konudaki görüşleri tartışmalıdır.²²²

Teknolojik işsizlik genel anlamıyla; yaşanan teknolojik gelişmeler ve otomasyon ile üretimde insan gücü yerine makinelerin kullanılması olarak tanımlanabilir. Bazı iktisatçılar teknolojik gelişmelerin meslek kayıplarına yol açabileceği görüşünü savunurken, bir kısmı da bu gelişmelerin emeği tamamlayıp

²²² EBSO, “Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek!”, Ege Bölgesi Sanayi Odası, Araştırma Raporu, İzmir, 2015 s. 38

verimliliğini artırdığı için uzun vadede yeni iş alanları yaratarak, kısa vadede neden olduğu işsizliği bertaraf edeceği fikrinde oldukları için teknolojik değişimleri bir nimet olarak görmektedir. Ancak bu başlık altında olumsuz görüşlere yer verilecektir.²²³

Endüstriyel devrimin istihdamla ilgili en temel kaygılarının başında işgücü piyasasının daralması ve küresel işsizlik oranının artması gelmektedir. Ve mavi yakalılara yani vasıfsız emeğe olan talebin azalacağı ise hemen hemen herkes tarafından kabul görmektedir.²²⁴

IMF ise; robotların işgücünün neredeyse yarısını işinden edeceğini ve onların yerini alacağını öngörmekte olup bu kişileri vasıfsız işçi olarak tanımlamaktadır.²²⁵ Bu noktada IMF'nin vasıflı ve vasıfsız işgücü tanımına yer vermeyi yerinde görmekteyiz. Çünkü IMF emeğin vasıflı ya da vasıfsız oluşunu yalnızca kişinin eğitim seviyesiyle açıklamaktadır. Henüz başlangıç aşamasında bulunduğumuz robot çağında IMF, yüksek eğitim almamış ama yaratıcılık ve empati kurabilme yeteneğine haiz kişileri de vasıflı emek olarak addetmektedir. Yani IMF emeğin vasıflı ya da vasıfsız oluşunu, insanı robotlardan ayıran yetilere göre karakterize ederek ve salt eğitimle ilişkilendirmeyerek kavramsal çerçevede özgün bir perspektif kazandırmaktadır.²²⁶

Raymond Kurzweil'in biyolojik olmayan zekanın yani yapay zekanın, insan zekasından trilyon kat daha güçlü olacağı ve mevcut gelişmeler ışığında 2045'e tekabül edeceğini öngördüğü "teknolojik tekillik" hipotezi de yeni endüstriyel dönüşümün istihdam üzerindeki karamsar tablosunda yerini almaktadır. Kurzweil'e göre teknolojik tekillik; teknolojik dönüşüm hızı ve boyutlarının zirveye ulaştığı,

²²³ Alparslan Karabulut, "Türkiye'deki İşsizliği Önlemede Aktif İstihdam Politikalarının Rolü Ve Etkinliği", Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı- Uzmanlık Tezi, 2007, s. 10

²²⁴ Erdiç Yazıcı, Hıdır Düzkaya, "Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga Ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?", Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama, Cilt:7, Sayı: 13, 2016, s. 69

²²⁵ Edward F. Buffie Andrew Berg, Luis-Felipe Zanna, "Robots, Growth, and Inequality", IMF, Finance and Development, Cilt: 53, Sayı:3, 2016, s.12

²²⁶ Berg vd, a.g.e., s.12

makinelere geçiş dönemi olan beşinci evrede başlamaktadır. Kendi kendini programlayabilecek kadar akıllı hale gelen makineler de emeğin diskalifiye edilebileceği görüşünü desteklemektedir.²²⁷

Otomasyon ve robotiklerin işsizliği artıracağını ileri sürenler buna bir delil olarak, gelişmiş teknikleri kullanan toplumlarda işsizlik oranının arttığını göstermektedir. Ve birbirini takip eden iş döngülerinde işsizlikteki bu iniş çıkışların daha da yükseleceğini iddia etmektedir.

Bazı ekonomistlere göreyse “küresel işsizlik” olgusu, içinde bulunduğumuz otomasyon çağında zaten artık kaçınılmaz. Dr. Gail Schwartz teknolojik gelişmeler sebebiyle bir nesil sonra işgücünün yaklaşık %20’sinin işsiz kalacağını öngörenler arasında yer almaktadır.²²⁸ Nobel ödüllü Waissily Leontief da otomasyonun istihdamı olumsuz etkileyeceğini düşünenler arasındadır. Leontief buna somut bir örnek olarak yirminci yüzyılda atları işlevsiz hale getiren teknolojik gelişmeleri göstermektedir. 1983 yılında The New York Times’a verdiği bir röportajda “yüzyılın başlarında traktör, araba ve kamyonların gelişile atlar nasıl gereksiz hale geldiyse, gelecekte insanlar için de aynısı olacaktır. İnsan emeği gittikçe daha da önemsizleşecektir. Gittikçe daha fazla çalışan makinelerle yer değiştirecektir.” ifadelerini kullanmıştır. Ancak Leontief bu durum için bir çözüm de getirmektedir. Söz konusu bu etkilerin yaşanmaması ya da en azından etkilerinin asgari düzeyde kalması için, hükümetlere bu yeni teknolojilerden elde ettiği refahı yeniden dağıtmasını önermektedir.²²⁹

Yapay zekanın işgücü piyasasını olumsuz etkileyeceği görüşünde olan iktisatçılar, yapay zeka ve otomasyonun yeni işler yaratacağını savunanların hesaba katmadığı bir noktanın olduğunu iddia etmektedirler. Dolu dizgin bir şekilde

²²⁷ Ezgi Ece Çelik, “İnsan Ve Sonrası”, Felsefi Düşün Akademik Felsefe Dergisi, Sayı:9 ,2017, s.10

²²⁸ Nils J. Nilsson, “Artificial Intelligence, Employment and Income”, The AI Magazine, Sayı: 5, 1984, s.6

²²⁹ Daron Acemoğlu, “The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment”, s.1

Nils J. Nilsson, a.g.e., s. 7

hayatımıza giren ve artık yadsıyamadığımız bir gerçek olan yapay zeka denilen olgunun, ne eskinin teknolojilerine ne de makinelerine benzediğini; doğası gereği toplam emeğe olan talebi bizatihi düşüreceği ve bunun önünü almanın da mümkün olmayacağını savunmaktadırlar.²³⁰

3.1.1.2. İstihdam Üzerine Olumlu Görüşler

Endüstri 4.0'ın iş kayıplarına yol açıp küresel işsizliği artıracak endişeleri üzerinde duran iktisatçılar olsa da aksine, yeni iş alanları yaratıp istihdama katkıda bulunacağı kanaatinde olanların sayısı da hiç azımsanacak kadar değildir.

Otomasyon ve yeni teknolojilerin salt olumsuz etkilerine odaklanmakla beraberinde getireceği üretkenlik, rekabet edebilirlik ve yeni iş kolları yaratması gibi son derece olumlu etkileri gölgede kalabilir. Böyle bir yaklaşım ayrıca yeni endüstriyel devrimin getireceği faydalardan yararlanmak için alınması gereken tedbirlere yoğunlaşmamızı da büyük ölçüde engelleyecektir.²³¹

İnsanlar teknolojik gelişmeleri, yeteneklerinin düşmanı olarak görmektense getirilerinin farkında olarak işlerinde daha iyi olabilirler. Kaldı ki insan becerilerine her zaman ihtiyaç duyulacaktır çünkü robotikler insana has olan “yargı” ve “yaratıcılık” yetisinden yoksundurlar.²³²

Yeni sanayi devrimiyle birlikte dijital teknolojiler ve otomasyon bir takım işlerde emeğin yerini alsa da bir yandan da insan emeği için birçok yeni görevler ve yeni meslek ünvanlarının ortaya çıkmasına tanıklık etmekteyiz. Mühendislik ve yazılım alanları başta olmak üzere veri yöneticileri ve analistlerine, bilgisayar destek uzmanlarına kadar pek çok alanda yeni iş kolları baş göstermektedir. Emeğin

²³⁰ Nilsson, a.g.e., s.8

²³¹ International Federation of Robotics, “The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs”, 2017, s. 1

²³² World Economic Forum, “The Fourth Industrial Revolution Is About Empowering People, Not The Rise Of The Machines”, <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/the-fourth-industrial-revolution-is-about-people-not-just-machines>

karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu bu yeni alanlarda, emek için yeni görevlerin oluşturulmaya devam edilmesi durumunda istihdam oranı, hızlı otomasyon karşısında uzun vadede bile istikrarlı kalmaya devam edebilecektir.²³³

Kaygıların aksine yeni teknolojilerin insan emeğine rakip ya da ikame edilebilir bir nitelikte olmadığına dair çok sayıda kanıt vardır. Tersine, robotlar emek tarafından yapılması zor, ağır ve tehlikeli olan işlere tahsis edilerek emeği tamamlayıcı ve verimliliğini artırıcı bir rol üstlenmektedir. Bu da iş yerinde yaralanma risklerini azaltarak iş güvenliğini artırmaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemlerle bu departmanlarda çalışan işçilere gerekli teknik eğitimler verilip daha vasıflı işlere yönlendirilmeleri sağlanarak işin kalitesini ve katma değerini yükseltme imkanı da elde edilebilecektir.

Ayrıca yeni sanayi devriminin önemli bir icadı olan yapay zeka, insanın yapabileceği görevlerden bazılarını üstlenirken bizler de başka işlerle uğraşma imkanı bulabileceğiz. Yeni teknolojiler bu açıdan da büyük bir nimettir. Çünkü uzun vadede asıl amacımız, iktisat politikalarının nihai hedefi olan ve Keynes'in de ifade ettiği gibi üretim yapmak değil, refah seviyemizi artırmaktır.²³⁴

Teknolojik gelişmeler ayrıca beraberinde getirdiği verimlilik artışıyla insanların işlerini daha iyi ve daha pratik bir şekilde yapmasını sağladığından yapılan işin kalitesini de artırmaktadır. İşin kalitesindeki bu iyileşmeye, lokomotif onarım sürecini ele alan somut bir örnek üzerinden açıklık getirilebilir. Mevcut eski teknolojiyle bir lokomotifin onarımı, onarım için servise alınması, teknisyenlerin teşhis testlerine başlaması vs. süreçler nedeniyle saatler sürebilmekteydi. Ayrıca demiryolunun kullanılmadığı her saat için müşteri kaybedilmesi de söz konusuydu ayrıca. Ancak yeni teknolojiler sayesinde lokomotifin servis kontrolleri, muazzam miktarda veriyi analiz edebilen algoritmalar yardımıyla oldukça hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Sistemin mevcut sorunları incelemesinden sonra ise tamirciye yalnızca eline bir iPad alıp yapılacak son işlemler için cihaza komut

²³³ Acemoğlu, a.g.e., s. 1,2

²³⁴ Nilsson, a.g.e., s. 5,6

girmesi kalmaktadır.²³⁵ Ayrıca söz konusu gelişmeler, tüm üretim sürecini uzaktan denetleyip kontrol etme imkanı sağlaması nedeniyle, fiziksel anlamda sahada bulunma gereksinimi azaltması gibi kolaylık ve avantajları da mevcuttur. devriminin Artırılmış Gerçeklik teknolojisi sayesinde ise teknisyenler, parça siparişlerini dahi uzaktan yönlendirebilip zaman ve külfetten tasarruf etme imkanına kavuşmuşlardır.²³⁶

Görüldüğü gibi teknoloji emeğin yerini tam olarak tutmuyor, sadece emeğin işlerini daha çabuk ve kolay bir şekilde yapmasına katkıda bulunuyor. Yani emeğe yine ihtiyaç var, her zaman da olacak. Sanayi 4.0'ın misyonu; verilerin ve emeğin gücünü endüstriler arası birleştirmektir. Dolayısıyla verilerin gücü, insanın gücü demektir. Kısacası insan ve teknoloji birlikte iş birliği içinde çalıştığında, çalışma daha az hatayla, daha hızlı şekilde ve daha da önemlisi işin kalitesinde bir iyileşmeyle sonuçlanacaktır. ²³⁷ Bu bakış açısı Sanayi 4.0'a yükleyeceğimiz misyon açısından son derece önemlidir.

Yeni endüstriyel dönüşümün yarattığı istihdamla ilgili kaygıların aslında yersiz olduğunu görebilmek adına geçmiş sanayi devrimi tecrübeleri de yeterli olacaktır. Üçüncü endüstri devriminde de istihdamla ilgili bu tür kaygı ve çekinceler dile getirilmekteydi. Ancak yeni teknolojilerin yaygın kullanım alanlarının başında gelen özellikle otomotiv sektöründe, beklenenin aksine artan otomasyonla birlikte işsizlikte bir artış tecrübe edilmemiştir. Hatta teknolojik gelişmeler bu sektörde ilave iş imkanları doğurarak toplam istihdamda artış yaşanmasını sağlamıştır. Aynı mantık çerçevesiyle Endüstri 4.0 için de benzer beklentilere girmek tuhaf olmayacaktır. İnsanlığın tarihsel ilerleyiş tecrübesinden hareketle her değişim sürecinin, bir takım

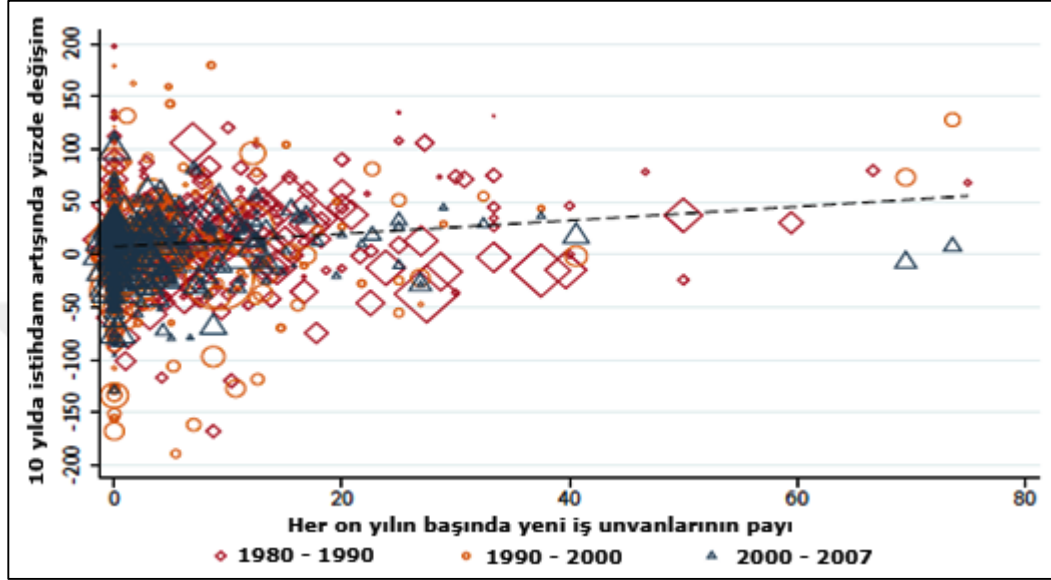
²³⁵ World Economic Forum, a.g.e.

²³⁶ TÜSİAD, (2016). "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi", Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği & The Boston Consulting Group, Yayın no; TÜSİAD-T/2016-03/576, s.45

²³⁷ World Economic Forum, a.g.e.

yeni faydaları da beraberinde getirip pek çok yeni fırsat sunduğunu göz önünde bulundurmak faydalı olacaktır.²³⁸

Şekil 4: Teknolojik Gelişmelerin Yeni Meslek Yaratımına Etkisi



Kaynak: Acemoğlu, “The Race Between Machine And Man: Implications Of Technology For Growth, Factor Shares And Employment”, s. 2

Şekil 4 teknolojik gelişmelerin tezahürü olan yeni iş ünvanlarının istihdama ek katkıda bulunduğunu doğrular niteliktedir. Tablodan da anlaşılabacağı üzere 1980’den itibaren her on yılda, yeni iş ünvanlarının olduğu meslek dallarında daha fazla istihdam artışı kaydedilmiştir.

Kesikli çizgilerle gösterilen regresyon doğrusu ise, %1.3 hata payı ile ele alınan dönem için her on yılda yaklaşık %10’luk bir artış kaydedilen yeni ünvanlı mesleklerin %5.05 oranda daha hızlı büyüdüğünü göstermektedir. Ve yine tabloya göre söz konusu 27 yılda Amerika’nın istihdamı toplamda %17.5’lik bir artış sergilemektedir.²³⁹

²³⁸ Tolga Şimşek, “Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler” , Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/>

²³⁹ Acemoğlu, a.g.e., s. 2

Yeni teknolojilerin istihdamı olumlu yönde etkilediğini destekler nitelikte olan somut bir örnek ise; 1970 ve 1980 yılları arasında FED'in, otomasyon sayesinde ortaya çıkan verimlilik artışıyla birlikte, geleneksel banka hizmetlerine nazaran daha fazla talep yaratıldığı için banka istihdamında %50 gibi ciddi bir artış yakalanmasıdır.²⁴⁰ Ayrıca uzmanlar yeni teknolojilerin mekanik ve sektörleri başta olmak üzere imalat sektöründe, uzmanlar tarafından yakın gelecekte % 6 ile 10 arasında bir istihdam artışı öngörmektedir.²⁴¹

İngiltere'de yapılan bir araştırmaya göre ise; önümüzdeki on yıl içerisinde otomasyona yapılacak 1.24 milyar Euro yatırımın; imalat sektöründe 73 bin 500, diğer sektörlerde ise 30 binin üzerinde istihdam yaratması beklenmektedir. ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu'ndan gelen veriler ise Amerika'da robotiklerin en yoğun kullanıldığı otomotiv, elektronik gibi imalat sektörlerinde istihdam edilen mühendislerin sayısı yaklaşık %20, kurulum, bakım ve onarımdan sorumlu işlerdeki istihdamın ise diğer imalat sektörlerinden iki kat daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Deloitte danışmanlarının ise -İngiltere için- teknolojinin 800 bin kadar vasıfsız mesleği yok edecek olmasına rağmen, yaklaşık 3,5 milyon yüksek vasıflı yeni meslekleri yaratacağına dair güçlü kanıtları vardır. Brookings Entitüsü analistleri yaptıkları çalışmalarda robotlara daha fazla yatırım yapan ülkelerin, yapmayanlara kıyasla imalat sektöründe daha az iş kaybı yaşadığı sonucuna ulaşmışlardır. En yüksek robotik yoğunluğa sahip ülkeler arasında yer alan Almanya ve Güney Kore, işsizlik oranının en düşük düzeyde seyrettiği ülkeler arasında yer almaktadır.²⁴² Tesadüfi olmayan bu durum, otomasyon ve meslekler arasında aslında kaygıların aksine pozitif bir ilişki olduğunu kanıtlar nitelikte.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelecek on yıl içerisinde vasıfsız işgücüne olan talebi yaklaşık 400 bin kadar bir azaltacağı yönünde beklentiler olsa da fiziksel ve sanal dünyanın internet vasıtasıyla eş anlı bir şekilde entegre olduğu yeni üretim sisteminde, bu kompleks yapıyı yönetebilir kapasitedeki vasıflı işgücüne duyulan

²⁴⁰ Nilsson, a.g.e., s. 6

²⁴¹ EBSO, a.g.e., s. 25

²⁴² IFR, "The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs", Nisan 2017, s. 6

talebi ise 100 bin kadar artacağı öngörülmektedir. Ancak istihdam artışının bununla da sınırlı kalmayıp sanayileşme sürecinin beraberinde getireceği büyümeyle birlikte ek olarak 400 bin kadar yeni iş imkanı doğacağı da tahmin edilmektedir. Bu da önümüzdeki on yıl içerisinde istihdamda en az %5'lik bir artışa tekabül etmektedir.²⁴³

Tüm bu görüş beyanları ve örneklerden de anlaşılacağı üzere yeni sanayi devriminin, robotiklerin ve otomasyonun işgücü piyasasına etkilerini ele alırken üzerinde durmamız gereken temel nokta; bireylerin, firma ve ülkelerin bu yeni değişimlere nasıl ayak uydurmaya çalıştığı olacaktır. Teknolojinin dışındaki bir bakış açısı, emeğin gittikçe diskalifiye olacağını görüşünderken, doğru adımları atması durumunda kazanan insanlar olacaktır. Yeni endüstriyel değişimin gerektirdiği yeteneklere haiz yetkinliklerle donatılmış ve yaratıcılık gücü ön planda olan girişimci ve lider ruhlu bireylere olan talep artacaktır. Geleceğin dünyası istihdam açısından vasıfsız işçiler için tehdit oluşturmakla birlikte saydığımız yetileri güçlü olan beyaz yakalıları yani vasıflı işgücüne yönelik ciddi bir talep artışı söz konusu olacaktır. Yani yeni endüstriyel dönüşüm, yok olmasına sebep olduğu meslek sayısından kat be kat daha fazlasını bizatihi yaratıyor.²⁴⁴

3.1.2. Verimlilik Üzerine Etkileri

Endüstri 4.0 teknolojilerinin büyük verimlilik artışı sağlayacağı konusunda her ne kadar iktisatçıların çoğu aynı görüşte olsa da dijital teknolojilerin ekonomi ve özellikle de verimlilik üzerindeki etkisi iktisatçıları arasında tartışmalı bir konudur.

Önce kişisel bilgisayarların, ardından internetin yaygınlaşmaya başlamasıyla bilgiye erişebilirlik ve araştırma maliyetleri giderek ve büyük oranda azalmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak şu an dijital devrimin ön saflarında yer alan ülkelerde ve

²⁴³ TÜSİAD, a.g.e., s. 46

²⁴⁴ EBSO, "Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek!", Ege Bölgesi Sanayi Odası, Araştırma Raporu, İzmir, 2015, s. 39,40

özellikle ABD’de, büyük hasıla artışlarıyla birlikte 80’lerin sonu-90’ların başında verimlilikte kimselerin tahmin edemeyeceği artışlar tecrübe edilmiştir. Ancak, BİT’teki bu patlamadan elde edilen verimlilik ve büyüme artışları, 2008 küresel krizi öncesinde büyük ölçüde erozyona uğramış ve verimlilikte %1,9’u bulan düşüşler yaşanmıştır. Durgunluk dönemini takip eden yıllarda (2008-2010) emek verimliliğinde yaşanan bu büyük hayal kırıklıkları “*seküler durgunluk*” tartışmalarının yeniden tetiklenmesine sebebiyet vermiştir.

Robert Solow’un “Bilgisayar çağını her yerde görebilirsiniz ancak verimlilik istatistikleri hariç.” sözleriyle “*üretkenlik paradoksu*” hakkındadile getirdiği görüşleri, teknolojik gelişmelerin verimliliği sanıldığı kadar artırmadığını destekler niteliktedir. Üretkenlik paradoksuna göre; inovasyonun ekonomiye tam olarak yayılması zaman alacağından üretkenliği artıracak teknolojilerin tam potansiyeline ulaşması ancak aşamalı olarak gerçekleşebilecektir.²⁴⁵

Büyümede altın çağları geride bıraktığımız, özellikle son 30 yıldır dünya genelinde büyüme oranlarında ciddi azalışların kaydedildiği bu yeni dönemi pek çok ekonomist “yeni normal” olarak nitelendirmektedir. Teknolojik gelişmelerin verimlilik üzerine etkisinde karamsar bakış açısına sahip bir diğer ekonomist de Robert Gordon’dur. Gordon, 2004’ten bu yana tecrübe ettiğimiz verimlilik artışındaki büyük düşüşlerin, önümüzdeki çeyrek yüzyılda da devam edeceğini savunmaktadır. Geçtiğimiz iki yüzyılın büyük buluşları olan vapor ve telgraf gibi icatların tekrarlanma ihtimalini düşük bulan Gordon, bu inovasyon açığının ekonomik büyümeyi dünya genelinde yavaşlatacağı görüşünü taşımaktadır.

Ancak söz konusu gelişmeler nedeniyle yüksek büyüme ve refah dönemlerinin sonuna geldiğimizi savunanların gözden kaçırdıkları nokta; Endüstri 4.0’ın devrim yaratan teknolojilerinin, hatta bazı iktisatçıların yeni bir üretim faktörü olarak değerlendirdiği yapay zekanın gücünü ve ekonomik büyümeye katkısını ihmal etmeleridir.

²⁴⁵ Kevin Körner v.d., “**Digital Economics: How AI And Robotics Are Changing Our Work And Our Lives**”, Deutsche Bank Research, 14 Mayıs 2018, s. 8

Özellikle Endüstri 4.0'ın çığır açan teknolojilerinden olan Yapay Zeka, işgücünün verimliliğini önemli ölçüde artırmayı vaat etmektedir. Yapılan çalışmalar, 2035 yılına gelindiğinde Yapay Zeka'nın işgücü verimliliğini %40'a kadar artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Emek verimliliğindeki bu artış, insanların uzun çalışma saatlerini kısaltarak zamanlarını daha verimli kullanmalarını sağlayacaktır. Ayrıca emek verimliliğindeki bu artışın ülkelerin ekonomilerini ikiye katlanması için gereken yıl sayısını da önemli ölçüde azaltacağı öngörülmektedir.²⁴⁶

Yeni endüstriyel devrimin vaadettiği sıfır hata ile mükemmel üretim anlayışı, ürün kalitesini artırarak üretim süreci boyunca verimliliği artırmayı amaçlamaktadır. Yıllık bazda yaklaşık %4 verimlilik getirisi sağlayacağı öngörülen Endüstri 4.0 teknolojilerinin, bu verimlilik artışı ile kendisine yapılan yatırımları 3 ila 5 yıl arasında amorti etmesi beklenmektedir.²⁴⁷

BİT'lerdeki gelişmelere rağmen verimlilik artışında kaydedilen düşüşleri tersine çevirme potansiyeline sahip olan yapay zekanın verimlilik yoluyla büyümeye diğer katkıları ise mükerrere düşmeme adına bölümün ilerleyen kısımlarında "Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi" başlığı altında detaylıca ele alınacaktır.

3.1.3. Yatırımlar Üzerine Etkisi

Yeni endüstriyel devrimin, sağlayacağı pek çok avantajın refah düzeyinde ve dolayısıyla bireylerin kişisel gelirlerinde artışa neden olacağı öngörülmektedir. Gelir artışlarıyla birlikte ise tasarruf imkan ve oranlarının artması beklenmektedir. Tasarruf yetersizliği çeken ekonomiler, bu sayede yatırım darboğazını aşabilecek ve yatırım

²⁴⁶ Mark Purdy, Paul Daugherty , "Why Artificial Intelligence Is The Future of Growth?", Accenture, 28 Eylül 2016, s. 4,17

²⁴⁷ Ceyda Ovacı, "Endüstri 4.0 Çağında Açık İnovasyon ", Maliye Finans Yazıları Dergisi, 2017 - Özel Sayı, s. 119

oranlarını artıracaktır. Bu tasarruf miktarı artışı ile ülkeler ayrıca sıcak paraya olan bağımlılıklarına da kalıcı bir şekilde çözüm bulabileceklerdir.²⁴⁸

3.1.4. Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin gerektirdiği dijital dönüşümü gerçekleştirebilmek teknolojik altyapı başta olmak üzere büyük ölçüde yatırımlar gerektirse de bu yatırımlar gerçekleştiği takdirde ekonomik büyümede ciddi artışlar öngörülmektedir. Bu yatırımların karşılığı işletmeler için ciro artışı olurken, ülkeler için ise hasıla artışı ve iktisadi büyüme olmaktadır.²⁴⁹

Endüstri 4.0'ın çığır açan yenilikçi teknolojileri özellikle sağladığı verimlilik artışı, yüksek katma değer ve maliyet avantajı ile yeni dönemde iktisadi büyümenin itici gücü olacaktır. Ne var ki bazı iktisatçılar dijitalleşmenin bu olumluluklarla birlikte bir takım dezavantajları da beraberinde getireceği hususunda kaygılıdır.

Ancak yeni sanayi devriminin hayatımıza kazandırdığı yapay zeka, 3D yazıcılar, nano teknoloji ve akıllı robotlar gibi teknolojik unsurları, bir yandan da yol açacağı dezavantajları minimuma indirme hatta ekonomilerin geçmiş iki, üç yüzyıl boyunca dünya kaynaklarını büyük oranda tahrip edip tüketerek gerçekleştirdikleri dramatik büyümelerin de hasarlarını telafi edebilecek bir potansiyele sahiptir.

Global bir yönetim danışmanlığı şirketi olan McKinsey, Endüstri 4.0'ın teknolojilerinden akıllı robot ve fabrikalar ile gerçekleştirilen otomasyona dayalı üretim sayesinde 2065 yılına kadar küresel ekonomik büyümeye yıllık 0,8 ila 1,4 puanlık artışlarla büyük ivme kazanacağını tahmin etmektedir.²⁵⁰

İnternet temellinde şekillenen Dördüncü Sanayi Devrimi'nin diğer bir teknolojik unsuru olan Nesnelerin İnterneti ise, giderek dijitalleşen ekonomilerin çok

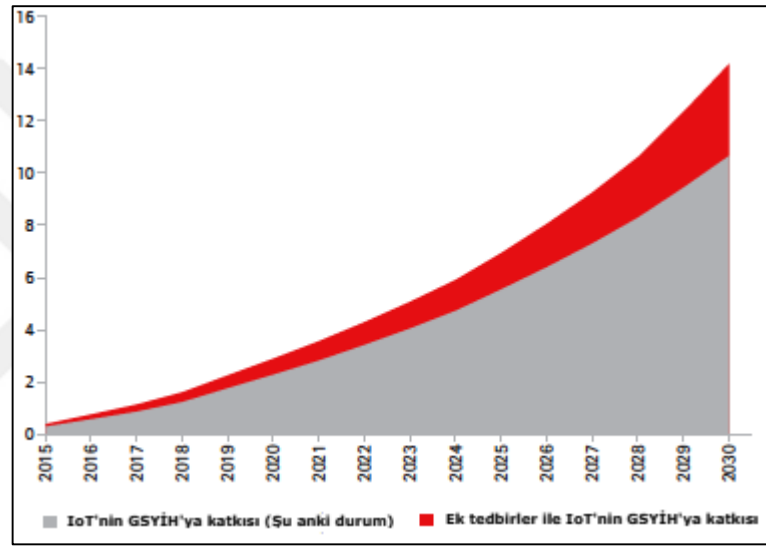
²⁴⁸ Halit Aydemir, “Sanayi 4.0 Ve Türkiye Ekonomisi Açısından Etkileri”, Sosyoekonomi Dergisi, Cilt: 26, Sayı:36, 2018, s. 257

²⁴⁹ Sıla Genç, “Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye”, Sosyoekonomi Dergisi, Cilt:26, Sayı:36, 2018, s. 15

²⁵⁰ Kevin Körner v.d., a.g.e., s.7,8

daha hızlı bir iktisadi büyüme performansı sergileyebilmeleri için tetikleyici bir unsur olacaktır. IoT'nin büyümedeki önemini kavramış ve bu potansiyelin farkında olan Çin, Almanya ve Birleşik Krallık, IoT araştırmalarına ve yatırımlarına ayırdıkları milyon Dolarlar ile dikkatleri çekmekte ve IoT'yi ekonomik büyümeyi teşvik etmede bir araç olarak görmektedirler. IoT'nin GSYİH'ya katkısı Şekil 5 aracılığıyla gösterilmektedir.

Şekil 5: IoT'nin Kümülatif GSYİH'ye Etkisi (Trilyon \$)



Kaynak: Accenture and Frontier Economics'den aktaran Mark Purdy, Ladan Davarzani , “**The Growth Game-Changer:How The Industrial Internet Of Things Can Drive Progress and Prosperity**”, s. 5

Şekil 5'ten de görüldüğü üzere Accenture'nin tahminlerine göre IoT, 2030 yılına kadar küresel ekonomiye trilyonlarca dolar ekleme potansiyeline sahiptir. Accenture'nin 30 ülkeden 1.400 yönetici ile yaptığı kapsamlı bir anketin sonucuna göre; iş liderlerinin %87'si IoT'nin uzun vadeli iş büyümesine katkıda bulunacağına inanmaktadır. İş dünyasının bu iyimserliği, büyük ölçüde IoT'nin sağladığı verimlilik artışı ve inovasyonu teşvik edişinden kaynaklanmaktadır.

Accenture ve Frontier Economics'in küresel ekonomik çıktının $\frac{3}{4}$ 'ünden fazlasını oluşturan GÜ ve GOÜ 20 ekonominin GSYH'sı üzerinde IoT'un potansiyel

etkisini modellemek için ortak yürüttüğü bu çalışma, IoT'nin önümüzdeki 15 yıl içinde bu ekonomilerin kümülatif GSYİH'sına 10.6 trilyon dolarlık bir miktar ekleyebileceğini göstermektedir. IoT teknolojilerini özümsemek için yapılan yatırımların artırılması durumunda ise bu rakam 14,2 trilyon dolara yükselebilmektedir. İstatistikler ayrıca söz konusu 20 ekonomi için, 2030 yılında IoT'nin, reel GSYİH'yi trend projeksiyonu üzerinden %1.5 artırabileceğini göstermesi bakımından da önemlidir.²⁵¹

Endüstri 4.0'ın iktisadi büyümeye katkı sağlayacağı diğer bir teknolojisi ise yapay zeka ile güçlendirilmiş akıllı otomasyondur. Üçüncü sanayi devriminde gelişmelerle birlikte üretim ilişkilerinin merkezine oturan geleneksel otomasyondan farklı olarak, Dördüncü Sanayi Devrimi'nde yapay zeka ile desteklenen akıllı otomasyon, bir dizi özellikleri ile büyümeye katkıda bulunmaktadır. İlk olarak akıllı otomasyon uyarlanabilirlik, çeviklik gerektiren ve insan becerileri için fazla karmaşık olan fiziksel görevleri otomatikleştirme yeteneğine sahiptir.

Akıllı otomasyonun ekonomik büyümeye katkı sağladığı ikinci husus ise endüstriler ve görevler arasındaki sorunları çözme yeteneğiyle ilgilidir. Örneğin, IPsoft'un doğal dil işleme yeteneğine sahip bir yapay zeka platformu olan Amelia, tüm kılavuzları okuyup herhangi bir sorun oluşması durumunda sorunu teşhis ederek çözüm önerisinde bulunabilmektedir. Amelia bu sayede konum olarak uzak noktalarda bulunan bakım mühendislerini de destekleyebilmektedir.

Akıllı otomasyonun büyümeyi desteklediği diğer bir kanal ve en güçlü özelliği ise yapay zeka sayesinde kendi kendine öğrenme ve ölçekte tekrarlanabilirlik özelliğine sahip oluşudur. Örneğin bir yapay zeka platformu olan Amelia, sahip olduğu otokontrol mekanizması ile bilinçli bir çalışan gibi kendi bilgisindeki boşlukları tanıma yeteneğine haiz olup bu eksiklikleri kapatmak için adımları bizatili atabilmektedir. Cevap veremediği bir sorunla karşılaştığında ise mevcut sorunu bir insan meslektaşına yönlendirerek çözüm yolunu gözlemleyip öğrenebilmektedir.

²⁵¹ Mark Purdy, Ladan Davarzani, "The Growth Game-Changer:How The Industrial Internet Of Things Can Drive Progress and Prosperity", Accenture Strategy, 2015, s. 4,5

Yapay zekanın bu kendi kendine öğrenebilme yetisi, pek çok alanda dönüşüme öncülük edecek radikal bir gelişmedir. Tüm bu olumlulukları nedeniyle geleneksel otomasyon sistemlerine yapılan yatırımlar zamanla azalırken, akıllı otomasyon yatırımları ise sürekli olarak artış göstermektedir.²⁵²

Akıllı makinelerin ise üretime ve dolayısıyla ekonomik büyümeye en büyük katkısı zengin veri kaynakları ile insan emeğini birleştirilerek inovasyon döngüsünü kısaltılabilmekte, ayrıca sağladığı verimlilik artışı ile üretim kalitesini iyileştirmesi aracılığıyla.²⁵³

Bazı iktisatçılar Endüstri 4.0'ın devrim yaratan teknolojilerinden olan yapay zekayı, önümüzdeki dönemde büyümenin temellerini evirecek teknolojik bir unsur hatta yeni bir üretim faktörü olarak kabul etmektedir. Bu görüşlerini dayandırdıkları temel argüman ise yapay zekayı, sermaye ve emek karması bir faktör olarak görüyor olmalarıdır. Çünkü Yapay Zeka hızlı öğrenme yeteneği sayesinde iş ve görevleri insan emeğinden daha hızlı ve kusursuz bir şekilde yerine oluşu ile emek hüviyetine, robot ve akıllı makineler gibi fiziki sermaye biçiminde oluşu ile de sermaye hüviyetine sahiptir.

Bu özellikleri nedeniyle bu grup iktisatçılar yapay zekayı sadece verimlilik artışları sağlayan bir katalizör olmaktan ziyade, yeni bir üretim faktörü olarak tanımlamaktadırlar. Bu iktisatçılar ayrıca emek ve sermayenin artık yüksek büyüme oranlarını vadedemediği, yapay zekanın bu bağlamda da büyük fırsatlar sunduğu görüşündedirler. Bu görüşlerini ise geleneksel üretim faktörlerinin, büyümeye katkısının giderek azaldığı günümüzde yapay zekanın, emek ve sermayenin büyümede neden olduğu bu sınırlamaların üstesinden gelerek yeni değerler ve büyüme kaynakları yaratma potansiyele sahip oluşuna dayandırmaktadırlar.

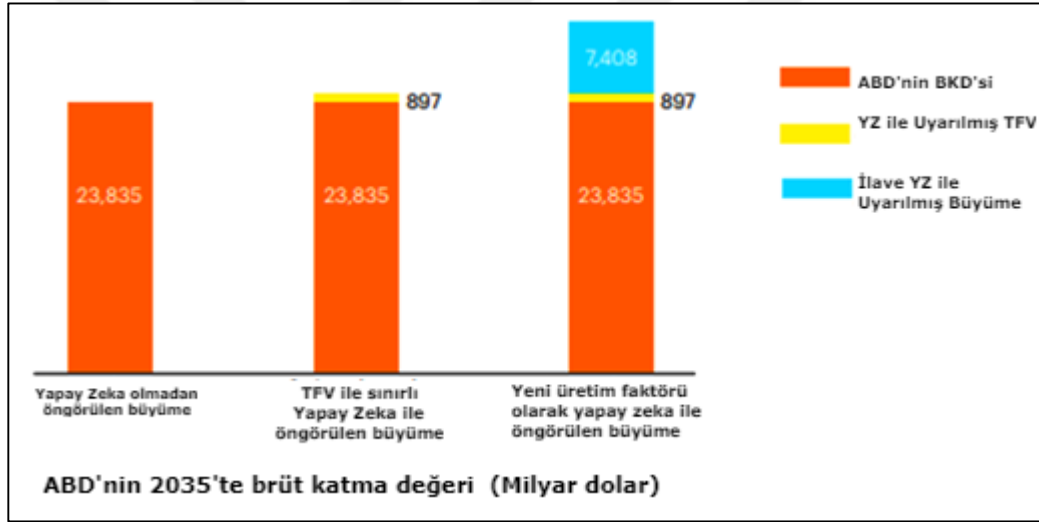
Dijital teknolojilerin operasyon ve yönetim danışmanlığı alanlarında hizmet sunan ve uluslararası profesyonel bir danışmanlık şirketi olan Accenture, yapay

²⁵² Purdy, Daugherty ,a.g.e., s. 12,13

²⁵³ Ron Davies, “ **Industry 4.0 Digitalization For Productivity And Growth**”, European Parliamentary Research Service (EPRS), Briefing- Eylül 2015, s.4

zekanın büyümeye etkisini kapsamlı bir şekilde ortaya koyabilmek için küresel GSYİH'nin % 50'sini oluşturan 12 gelişmiş ülkede yapay zekanın iktisadi etkisini modelleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Accenture bu çalışmayı yürütürken ele alınan ülkelerde yapay zekanın büyümeye etkisini, yapay zekanın üretime dahil olduğu ve olmadığı durum senaryolarından hareketle incelemiş ve büyüme tahminlerini oluşturmuştur. Söz konusu araştırmanın sonuçlarına göre; yapay zekanın 2035 yılına kadar yıllık ekonomik büyümeyi ikiye katına çıkarma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar ABD Ekonomik Büyümesine Öngörülen Katkısı (Milyar \$)



Kaynak: Mark Purdy, Paul Daugherty, “Why Artificial Intelligence Is The Future of Growth?”, Accenture, 28 Eylül 2016, s. 9

Yeni bir üretim faktörü olarak nitelendirilebilecek yapay zekanın ABD ekonomisi için sunduğu büyüme fırsatı ise Şekil 6'da açıkça görülebilmektedir. Yapay zekanın, 2035 yılına kadar ABD ekonomisi için toplam faktör verimliliğinde 897 milyon \$ artış sağlaması beklenmektedir. Ayrıca yapay zekadan kaynaklı 7,4 milyar dolarlık bir ek büyüme elde edileceği de tahmin edilmektedir.

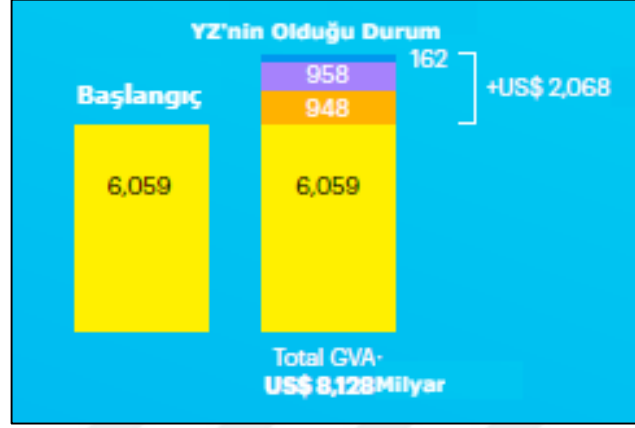
Şekil 7: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar Almanya Ekonomik Büyümesine Öngörülen Katkısı (Milyar \$)



Kaynak: Mark Purdy, Paul Daugherty, a.g.e., s. 20

Şekil 7’den de anlaşılacağı üzere Yapay zeka, 2035 yılına gelindiğinde Almanya ekonomisine en büyük katkıyı, 545 milyar \$ tutarında değer yaratması beklenen akıllı otomasyon ile sağlayacaktır. Yapay zekanın otomasyon sistemlerine sağlayacağı 447 milyar \$ ve toplam faktör verimliliğinde sağlayacağı 87 milyar \$lık artış ile de Almanya için toplamda 1,1 trilyon Dolar değerinde ilave brüt katma değer yaratması beklenmektedir.

Şekil 8: Yapay Zekanın 2035 Yılına Kadar Japonya için Ekonomik Büyümeye Öngörülen Katkısı (Milyar \$)

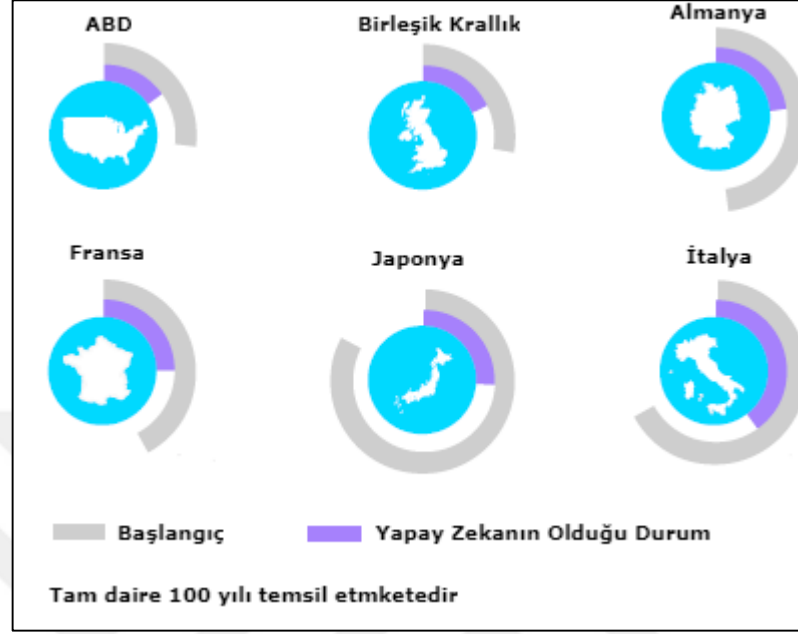


Kaynak: Mark Purdy, Paul Daugherty, a.g.e., s. 20

Yapay Zeka 2035 yılına gelindiğinde, Japon ekonomisi için beklenen büyümeyi %0,8'den % 2,7'ye çıkararak Japonya için 2,1 trilyon dolar değerinde ilave brüt katma değer sağlayacaktır. Modellemeye dahil ülkeler arasında Japonya'nın, sofistike araştırma ağırları, patent uygulamalarındaki hakimiyeti ve robot teknolojilerinde uzun süredir devam eden üstünlüğü sayesinde ek yenilik etkilerinden önemli ölçüde faydalanması beklenmektedir.

Accenture, ayrıca yapay zekanın katalizör görevi üstlenerek ekonomilerin ihtiyaç duydukları büyüme oranlarını yakalayabilmek için gerekli olan zamanı nasıl hızlandırabileceğini de ortaya koymakta olup bu durum Şekil 9'da gösterilmektedir.

Şekil 9: Ekonomilerin Büyümelerini İkiye Katabilmeleri için Gerekli Zaman



Kaynak: Accenture and Frontier Economics'den aktaran Mark Purdy, Paul Daugherty, **a.g.e.**, s. 20

Şekil 9'dan da anlaşılacağı üzere Yapay Zeka ekonomilerin daha hızlı büyümesi için gerekli zemini hazırlamakta ve büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda Yapay zekanın ülke ekonomilerine yüksek oranlı ve uzun süreli büyüme dönemlerini yeniden yaşatacağı beklenmektedir.

Ancak bu noktada iş dünyasının ve iktisat politika yapımcılarının, makro iktisadi hedeflere ulaşmada yapay zekayı önemli bir faktör olarak görüp büyüme politikalarının merkezine yapay zekayı oturtan bir vizyon benimsemeleri son derece önemlidir. Çünkü yapay zekalı bir geleceğe şimdiden hazırlanmak, gelecek birkaç yıl içerisinde özellikle büyüme süreçlerinin dizaynında yardımcı bir araç olacak ve sunduğu büyük fırsatlarla muazzam kolaylık ve avantajlar sağlayacaktır.²⁵⁴

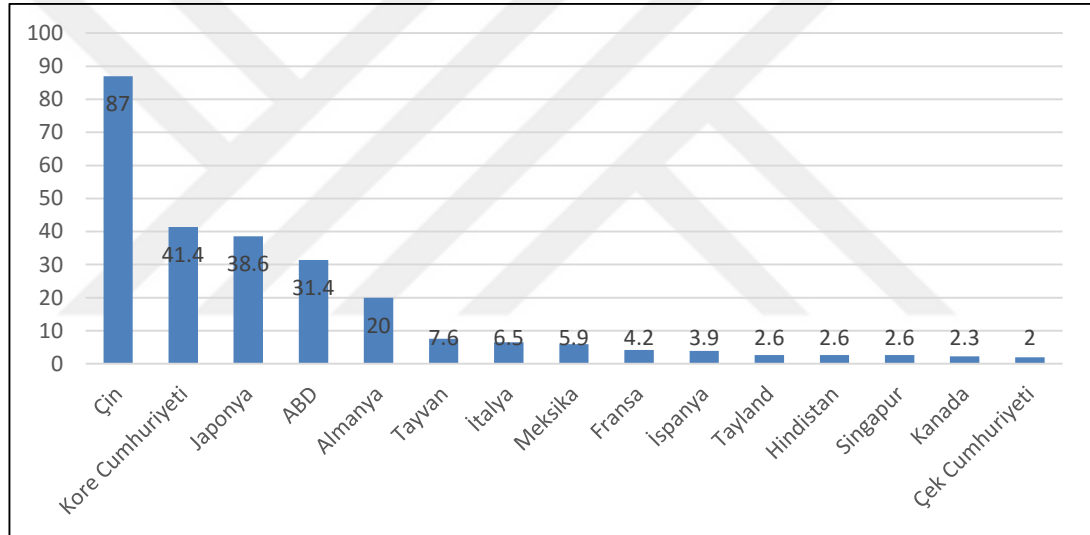
²⁵⁴ Purdy, Daugherty, **a.g.e.**, s. 3-20

3.2.ENDÜSTRİ 4.0 DÜNYA ÜLKELERİ İNCELEMESİ

3.2.1. Endüstri 4.0'ın Teknolojik Unsurlarında Dünya Ülkelerinin Durumu

3.2.1.1. Robot Dağılımında Ülkelerin Durumu

Grafik 3: Dünya Çapında En Büyük 15 Pazarın Yıllık Endüstriyel Robot Arzı -2016



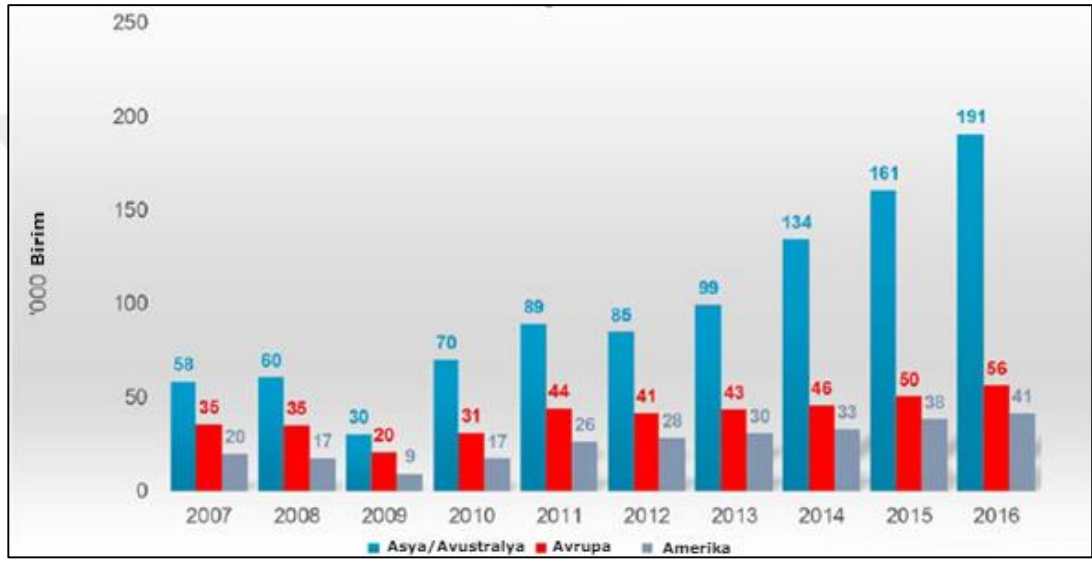
Kaynak: IFR World Robotics 2017,

https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf

Uluslararası Robotik Federasyonu'nun 2016 yılı için endüstriyel robotların dünya çapında en büyük on beş pazarı oluşturan 15 ülkedeki robot arzı verileri Grafik 3'te yer almaktadır. Grafikten Çin'in, endüstriyel robot arzında veri ülkeler arasında açık ara önde olduğu görülmektedir. Çin'in 87 bin olan robot arzını sırasıyla 41 bin ile Güney Kore 38 bin ile Japonya, 31 bin ile ABD, 20 bin ile de Almanya takip etmektedir. Daha sonra nu sıralamayı büyük miktarsal düşüşlerle Tayvan, İtalya gibi diğer ülkeler izlemektedir.

Endüstriyel robot arzı verilerinden hareketle, Çin'in robot teknolojisinde rakiplerinden hayli yüksek bir konumda olduğu, hatta Dördüncü Sanayi Devrimi'nin öncü ülkesi olan Almanya'yı bile geride bıraktığı görülmektedir. Bu durum Çin'in yeni endüstriyel devrimi yönlendirmek ve dijital dönüşümde söz sahibi olmak istediğinin açık bir kanıtıdır.

Grafik 4: Dünya Geneline Bölgelere Göre Yıllık Endüstriyel Robot Sevkiyatı



Kaynak: IFR World Robotics 2017

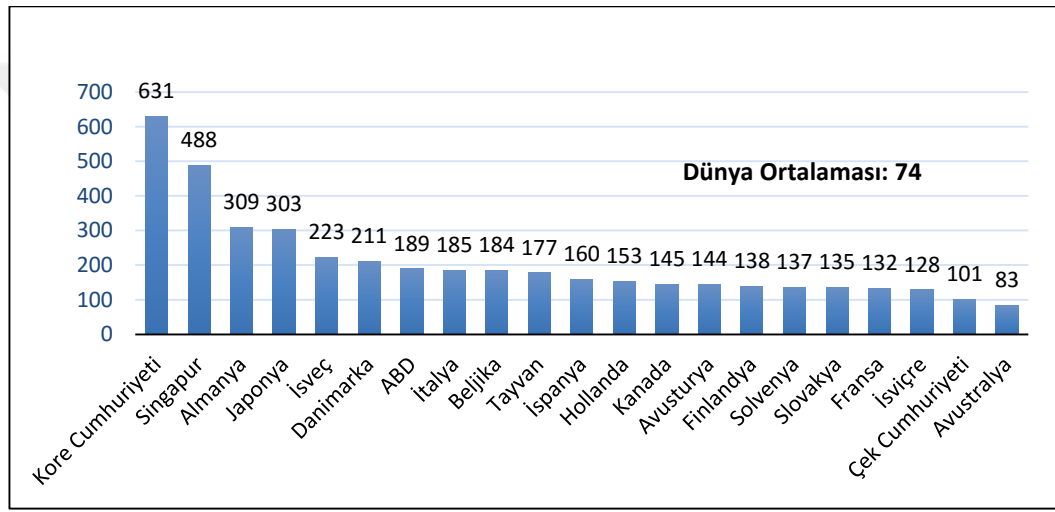
https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

Grafik 4'ten de anlaşılacağı üzere endüstriyel robot gönderiminde Asya kıtası, hâlâ dünyanın en güçlü büyüyen pazarı konumundadır. Asya ülkelerinin 2016 yılında % 19'luk bir artışla toplamda 191.000 adet robot satışı gerçekleştirerek diğer güçlü rakip pazarlar olan Avrupa ve ABD'den pozitif ayrıştığı görülmektedir. Ayrıca Asya pazarı robot satışlarında sadece 2016 yılında değil, diğer tüm veri yıllarda da üst üste en yüksek satış rakamlarını kaydetmiştir. Asya bölgesinin bu yüksek robot yoğunluğuna ulaşmasında şüphesiz, Grafik 4'ten de anlaşılacağı gibi endüstriyel robot imalatında en ön sıralarda yer alan Çin ve Güney Kore'nin katkısı büyüktür.

Endüstriyel robot satışlarında en büyük ikinci pazar durumunda olan Avrupa kıtasına yapılan robot satışları 2016 yılında %12 artarak 56.000 adede yükselmiştir.

Aynı yıl Amerika kıtasına ise yaklaşık 41 bin endüstriyel robot gönderimi gerçekleşmiştir. Bu durum Avrupa ve ABD'nin, beklentilerin aksine yalnız robot arzında değil, robot satış rakamlarında da Çin, Kore ve Japonya başta olmak üzere Asya bölgesinin oldukça gerisinde kaldığını göstermesi bakımından önem arz etmektedir.²⁵⁵

Grafik 5: İmalat Sanayiinde 10.000 Çalışan Başına Kurulu Endüstriyel Robot Sayısı (2016)



Kaynak: IFR World Robotics 2017, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

Grafik 5, 10 bin çalışan başına düşen endüstriyel robot miktarını gösteriyor. Küresel robot yoğunluğu ortalaması 2015 yılında 66 birim iken, 2016 yılı için yeni ortalamanın 74 birim olduğu Grafik 5’de görülmektedir. Yani bu rakam dünya genelinde her on bin çalışan başına ortalama olarak 74 birim robot düştüğünü ifade etmektedir. Robot yoğunluğunun bölgelere göre ortalaması ise Avrupa’da 99, ABD’de 84 ve Asya’da 63 birimdir.

Ülkelerin sahip olduğu robot yoğunluğuna ortalama olarak değil de miktarsal olarak baktığımızda, Grafik 5’de en önde gelen ülkenin 631 bin robot ile Güney Kore olduğu görülmektedir. Güney Kore’yi 488 bin robot ile Singapur, 309 bin ile

²⁵⁵ Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots, s. 16

Almanya, 303 bin ile Japonya ve sonra da sırası ile İsveç, Danimarka, ABD, İtalya, Belçika ve Tayvan gibi robot yoğunluğu yüksek ülkeler takip etmektedir.

İmalat sanayii bugün tüm dünyada özellikle ülkelerin hızla artan robot yoğunluğu ve akıllı fabrikalar aracılığıyla tüm dünyada hızla akıllı üretim sistemlerine evrilmektedir. Ülkelerin sahip olduğu robot yoğunluğu üretim sistemlerini ne ölçüde otomasyonlaştırdıklarını anlamak açısından önemli bir göstergedir. Nitekim Uluslararası Robotik Federasyonu Başkanı Junji Tsuda'nın "Robot yoğunluğu, çeşitli ülkelerde imalat sanayiinin otomasyon derecesindeki farklılıkları dikkate alarak kıyaslamak için mükemmel bir standarttır." sözleri bu durumu destekler niteliktedir. Tsuda, robot yoğunluğunun büyümeye katkısının önemini ise "Son yıllarda Asya'daki yüksek hacimli robot kurulumlarının bir sonucu olarak bölge en yüksek büyüme oranına sahiptir. 2010 ve 2016 yılları arasında Asya'da robot yoğunluğunun yıllık ortalama büyüme oranı % 9, ABD'de %7 ve Avrupa'da %5 idi." sözleriyle ifade etmektedir.²⁵⁶

Endüstri 4.0'ın yenilikçi unsurlarından özellikle yapay zeka teknolojileri ve robot yayılımlarının dünya üzerinde farklı dağılımının, ekonomileri ve ülkelerin büyüme performanslarını farklı şekillerde etkileyeceği açıktır. Endüstri 4.0'ın maliyetleri önemli ölçüde düşüren yenilikçi teknolojileri, gelişmiş sanayi ülkelerinin işgücü ucuzluğu nedeniyle üretimlerini Doğu'ya kaydırmalarının önüne geçebilecek ve bu ülkelere üretimi yeniden menşe ülkeye çekme imkanı gibi büyük bir fırsat sunacaktır. Özellikle yapay zeka, robot teknolojisi ve 3D yazıcılardaki teknolojik ilerlemeler nedeniyle dünya üretiminin büyük bir kısmının Batı'ya çekilmesi durumunda, GOÜ'ler finansman bulmada büyük zorluklar çekecektir. GOÜ'ler, finansman sıkıntısı yaşamaları durumunda ise ciddi anlamda yatırım darboğazına girecek ve GÜ'lerle aralarında bulunan farkı daha da şiddetlenecektir. Bu nedenle

²⁵⁶ International Federation of Robotics (IFR), "Robot Density Rises Globally", IFR Press Releases, Frankfurt, 7 Şubat 2018, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>

GOÜ'lerin bu teknolojileri hızlı bir şekilde benimseyerek yeni teknolojilerin sunacağı fırsatlardan yararlanma çabaları büyük önem arz etmektedir.²⁵⁷

3.2.1.2. Yapay Zekanın Özümseme Kapasitesinde Ülkelerin Durumu

Ülkelerin yapay zeka teknolojisi ile büyüme performanslarını yükseltebilmeleri, bunun bir gerekliliği olan yapay zekayı benimseme kapasiteleri ile doğru orantılıdır. Ülkelerin yapay zekayı özümseme kapasiteleri ise yeni teknolojilere ne denli hazır olduklarına, bu teknolojilerden nasıl faydalandıkları ve bu yenilikleri ekonomilerine ne ölçüde entegre edebildiklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

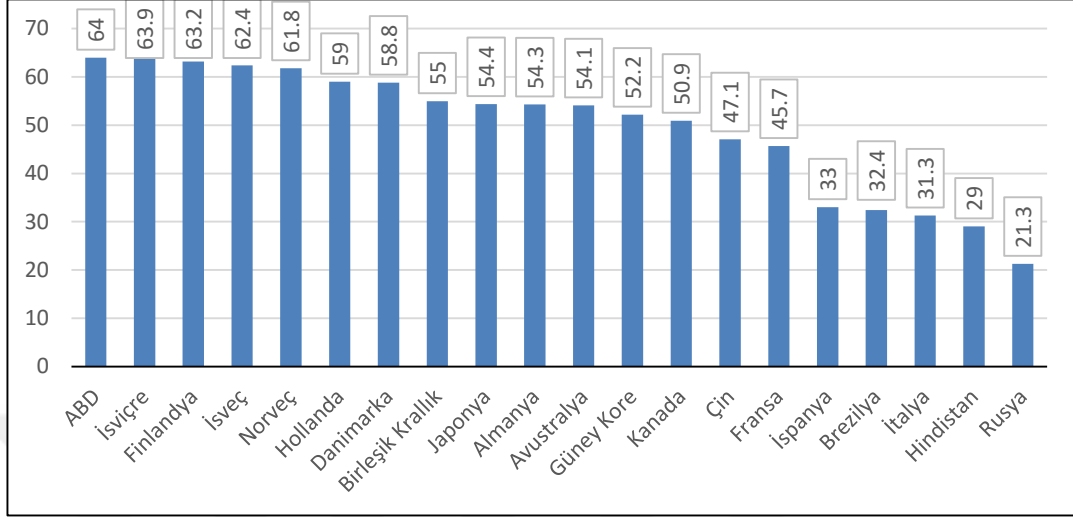
Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR), ülkelerin yapay zeka özümseme kapasitelerini ölçebilmek için “NAC” (National Absorptive Capacity) adını verdikleri yani “ulusal çekim kapasitesi” anlamına gelen bir endeks geliştirmiştir. Bu endeks; gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojisi altyapısına erişim, güvenilir düzenleyici bir çerçeve, dijital ekonomide önemli kamu ve özel yatırımlar gibi faktörleri içermektedir.

NAC Endeksi, ülkeleri yapay zekayı özümseme bakımından en iyi performansı gösteren ABD ile kıyaslayan göreceli bir ölçüttür. IFR, yapay zekadan kaynaklı önemli gelir elde eden tüm ekonomilerin bu endekste yüksek sıralamalarda yer aldığını belirtmiştir.²⁵⁸

²⁵⁷ Kevin Körner v.d., a.g.e., s. 9

²⁵⁸ Purdy, Daugherty, a.g.e., s.25

Grafik 6: Ülkelerin NAC Endeksi'ne Göre Durumları



Kaynak: Accenture and Frontier Economics'den aktaran Mark Purdy, Ladan Davarzani, **a.g.e.**, , s.12

IFR'nin Frontier Economics ile birlikte OECD tarafından oluşturulan yönergeleri içeren Oslo El Kitabı doğrultusunda, 55 göstergelyi inceleyerek oluşturduğu NAC Endeksi'ne göre ülkelerin endeks puanı Grafik7'de verilmiştir.

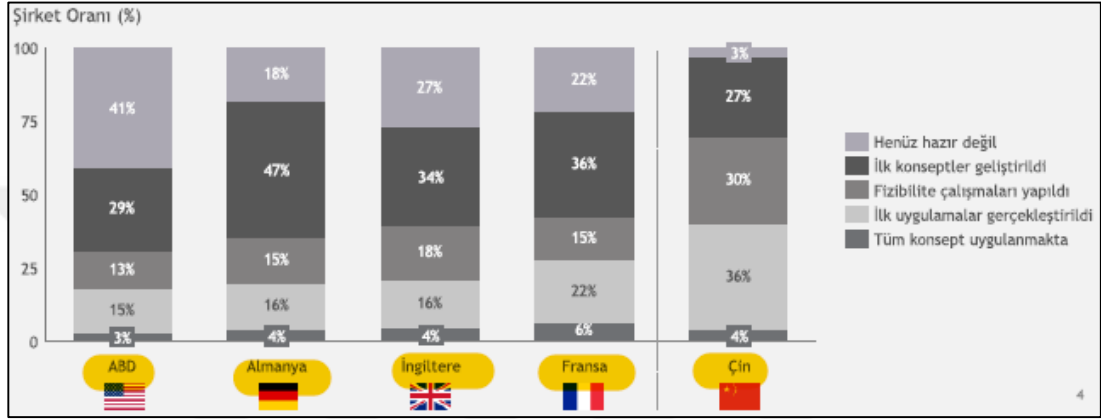
55 göstergenin her birinde diğer çalışma ülkeleriyle kıyaslandığında en yüksek performansa sahip olan ülkenin NAC Endeks puanı 100 olarak belirlenmektedir. Ancak çalışmanın sonuçları hiçbir ülkenin bu endeks düzeyine ulaşmadığını göstermektedir. Bu da her bir ülkenin bu konuda alınacak daha çok yolunun olduğunu göstermektedir. Grafik 6'ye göre mevcut endeks puanlarıyla en önde gelen ülkelerin ABD, İsviçre ve İskandinav ülkeleri olan Finlandiya, İsveç ve Norveç olduğu görülmektedir.²⁵⁹ Japonya, Almanya ve özellikle de Çin'in grafikteki sıralamalarına bakıldığında robot teknolojilerini benimsemede gösterdikleri büyük başarıyı, yapay zeka teknolojilerini özümsemede gösteremedikleri dikkatten kaçmamaktadır.

²⁵⁹ Purdy, Davarzani, **a.g.e.**, s. 12

3.2.1.3. Dijital Dönüşüm Yarışında Ülkelerin Durumu

Dünya ülkelerinin sanayi dönüşüm yetkinliği aşağıda yer alan Grafik 7 aracılığıyla ele alınacaktır.

Grafik 7: Dünya Şirketlerinin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği



Kaynak: BCG Anketi'nden aktaran TÜSİAD (2017), s.30

BCG'nin Endüstri 4.0 teknolojilerinde yüksek performans sergilediği düşünülen ülkelerin dijital dönüşüm yetkinliğini ortaya koyabilmek adına 312 Alman, 315 Amerikan, 322 Fransız, 322 İngiliz ve 258 Çin firması ile gerçekleştirdiği anketin sonuçları Grafik 7'de yer almaktadır.

Grafik 7'ye bakıldığında verileri yer alan 5 ülkedeki şirketlerin, büyük oranda Endüstri 4.0'ın ilk konseptlerini, gerekli fizibilite çalışmalarını ve bu alandaki ilk uygulamalarını gerçekleştirdiği görülmektedir. Grafikten özellikle Çin firmalarının dijital dönüşüme oldukça hazırlıklı olduğu ve dönüşümü hayata geçirmede hayli başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Tersine ABD'deki sanayi firmalarının büyük çoğunluğunun ise kendilerini dönüşüme hazır hissetmedikleri ve sanayide Endüstri 4.0 konseptlerini yeterince geliştirelemedikleri anlaşılmaktadır. Almanya'nın fizibilite çalışmalarını ve ilk konsept uygulamalarını büyük oranda gerçekleştirdiği görülsede firmaların %18'i hâlâ dönüşüme kendilerini hazır hissetmediklerini ifade etmiştir. İngiliz ve Fransız sanayi firmaları da sırasıyla %22 ve %27 oranlarında

dönüşüme kendilerini hazırlıklı hissedemediklerini belirtmişlerdir. Kısacası Dördüncü sanayi devriminin öncüsü kabul edilen Almanya'nın bile dijital dönüşüm yetkinliği, Çin kadar göz dolduramadığı ve Çin'in sanayide dijitalleşmede hususunda tüm dünya ülkeleri arasında en ön sırada yer aldığı görülmektedir.

3.2.2. Ülkelerin Endüstri 4.0 Hamleleri

3.2.2.1. Almanya

Tıpkı diğer gelişmiş ülkeler gibi dünya üretiminin Doğu'ya kaymasıyla küresel değer zincirindeki eski güçlü konumunu kaybeden Almanya da küresel rekabet gücünü yeniden kazanabilmek ve çalışabilir yaştaki genç nüfusun oldukça sınırlı olması nedeniyle uzun zamandır karşı karşıya kaldığı yüksek işgücü maliyeti baskısından kurtulmak amacıyla bir arayış içerisindeydi. Sanayide devrim ateşinin Almanya'da çıkışı esasen bu ihtiyaçlar doğrultusunda olmuştur.

2011 yılında Almanya'da düzenlenen Hannover Fuarı'nda ilk kez dile getirilen “Industrie 4.0” adlı teknoloji projesi ile Dördüncü Sanayi Devrimi'nin ilk ayak sesleri duyulmuştu. Projeye ilk etapta 200 milyon Euro yatırım yapan Almanya, sanayide eski rekabetçi yapısına kavuşabilmek için büyük bir fırsat olarak gördüğü bu projeyi eyleme geçirmek adına ilk olarak “Endüstri 4.0 Platformu”nu kurmuştur.²⁶⁰ Asıl adı “*Plattform Industrie 4.0*” olan platforma; Almanya'nın ihtiyaçlarını göz önünde tutarak yeni sanayi devrimine önderlik edecek bir vizyon benimseme ve belirlenen stratejiler doğrultusunda paydaşları koordine etme misyonu yüklenmiştir. Çalışmalarını ekonomi, enerji, eğitim ve araştırma bakanlıklarının öncülüğünde yürüten platformda işbirliği içerisinde olması gereken birimleri bir araya getirmek amacıyla akademi, iş dünyası ve sendika yöneticileri de yer

²⁶⁰ Siemens (2014). “Endüstri 4.0 Yolunda”, 2014, (Çevrimiçi) , s. 9

<http://siemens.edergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/assets/common/downloads/publicatio.pdf>

almaktadır. Sonrasında pek çok enstitünün de dahil olduğu platformda standartlaşma, ağ güvenliği, eğitim, araştırma ve hukuki çerçeve gibi alanlarda çalışma grupları oluşturulmuştur. Platformun sanayicileri, ticaret odalarını ve teknoloji şirketlerini bir araya getirerek buluşturduğu multi-disipliner çalışma ortamı, Ar-ge ve inovasyon merkezli üretim modellerinin araştırıp geliştirilmesinde büyük rol oynamaktadır.²⁶¹

Halihazırdaki üretim sistemleri içerisinde Avrupa'nın en yüksek otomasyon düzeyine sahip olan Almanya²⁶², akıllı üretim sistemlerine sahip olmak ve içselleştirebilmek için Endüstri 4.0 teknolojilerine ciddi yatırımlarda bulunmaktadır. Söz konusu yatırımlara hâlâ kararlı bir şekilde devam eden Almanya'nın önümüzdeki on yıllık süreçte yaklaşık 250 milyar Euro daha yatırım yapması öngörülmektedir.²⁶³ Almanya ayrıca yeni sanayi devriminin gerektirdiği eğitim anlayışının yakalanabilmesi için, tıpkı eğitim sisteminin başarısıyla her zaman ön plana çıkan Finlandiya gibi 2020'ye kadar 140 milyar Euro'luk eğitim desteği vermeyi planlamaktadır.²⁶⁴

3.2.2.2. Çin

Endüstri 4.0'ın büyük maliyet avantajları sağlayan yenilikçi teknolojilerinin dünya üretimini, Çin başta olmak üzere ucuz işgücü nedeniyle tercih edilen Doğu ülkelerinden menşe ülkelere yeniden kaydırabileceğini robotik teknolojilerin farklı ülkelerdeki dağılımını ele alırken belirtmiştik.

Çin işgücünde sahip olduğu bu maliyet avantajına rağmen, dünya üretiminin büyük çoğunluğuna ev sahipliği yapmayı sürdürebilmek ve yeni endüstriyel

²⁶¹ Alper Duran, “Dünyada Endüstri 4.0’ Öncülük Eden 3 Ülke: Almanya, Abd ve Japonya”, 10 Nisan 2018, link gerekiyorsa: <https://magg4.com/dunyada-endustri-4-0a-onculuk-eden-3-ulke-almanya-abd-ve-japonya/> (Erişim Tarihi: 02.06.2018)

²⁶² Sabiha Kılıç, Reha Metin Alkan, “Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya Ve Türkiye Değerlendirmeleri”, Girişimcilik İnovasyon Ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, Cilt:2, Sayı:3, 2018, s. 38

²⁶³ Fatih Yılmaz, “Dünyada Endüstri 4.0”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu <https://www.endustri40.com/dunyada-endustri-4-0/>

²⁶⁴ Erdinç Yazıcı, Hıdır Düzkeya, a.g.e., s. 73

devrimde söz sahibi olmaktan da öte liderlik yarışını en önde götürebilmek için dijital dönüşüme büyük önem vermektedir. Bu doğrultuda Endüstri 4.0 teknolojilerine büyük yatırımlarda bulunan Çin, Grafik 7’den de anlaşılacağı üzere dijital dönüşüm yetkinliğini büyük oranda artırmıştır. Ayrıca Grafik 3’te verildiği üzere endüstriyel robot arzında dünyada ilk sırada yer alan Çin, robotik teknolojilerdeki gücünü tüm dünyaya göstermektedir. Çin’in dönüşüm sürecine yön vermeye çalışan bu gayretleri, öngörülü ve stratejik hamleleriyle yeni endüstriyel devrimin tehditlerini lehine çevirme, küresel pazar payını ve rekabet gücünü koruma hatta artırma çabasında ne kadar kararlı olduğunu göstermektedir.²⁶⁵

3.2.2.3. ABD

Amerika Birleşik Devletleri de yeni sanayi devriminde söz sahibi olabilmek için rakip sanayileşmiş ülkelerle kıyasıya bir yarış içinde olup yeni stratejiler geliştirmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde lider ülkelerden biri olan ABD, sahip olduğu bu avantajla yeni sanayi devrimine öncülük yapabilmek için büyük bir potansiyele sahiptir.

ABD ayrıca sahip olduğu büyük bir iç pazar, girişimcilerin yenilikçi- risk dostu kültürü, büyük teknoloji şirketlerine ev sahipliği yapan Silikon Vadisi, dünya çapında markalaşmış üniversiteleri ve girişim sermayesinin benzersiz altyapısı nedeni ile de dijital sanayide rakiplerine göre oldukça avantajlı bir konumdadır.²⁶⁶

Küresel rekabet gücünü koruyabilmek için Endüstri 4.0’ın hayati önemini kavramış olan ABD, imalat sanayiini dijitalleştirmeye yönelik faaliyetlerini NNMI (*National Network For Manufacturing Innovation*) yani “Ulusal İmalat İnovasyon Ağı” programı adı altında yürütmektedir. Federal hükümetin şimdiye kadar 120 milyon dolar, özel sektörün ise 481 milyon doları bulan yatırımlarla desteklediği NNMI programı, 300’den fazla firma, imalat inovasyon enstitüleri ve üniversitelerin

²⁶⁵TÜSİAD & BCG (2017), **a.g.e.**, s. 29, 30

²⁶⁶ Kevin Körner v.d., **a.g.e.**, s. 14

işbirliğiyle yürütülmektedir. Söz konusu programın paydaşları arasında enerji, savunma, eğitim, tarım bakanlıklarının ve Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi gibi çok sayıda kurumun yer alıyor olması, ABD'nin Endüstri 4.0'a öncülük edebilmek için ne denli kapsamlı çalışmalar içerisinde yer aldığını açıkça göstermektedir.

ABD ayrıca Endüstri 4.0'ın temellerinin atıldığı 2011 yılında “İleri İmalatta Amerika Liderliğinin Sağlanması” adlı bir rapor çalışması da yürütmüştür. Ele alınan raporda belli başlı sektörlerle odaklanan bir sanayi stratejisi yerine, ileri imalat sistemlerini benimseyebilmek için inovatif faaliyetleri merkeze alan bir üretim yapısına sahip olmanın ihtiyacı ve gerekliliği üzerinde durulmuştur. Raporda ele alınanların somut bir karşılığı olarak ise hükümet, sanayi, akademi ve özel sektörü bir araya getirmeyi amaçlayan AMP (Advanced Manufacturing Partnership) yani “İleri İmalat Ortaklığı” projesi başlatılmıştır. Bu proje doğrultusunda 3D yazıcı destekli eklemeli imalata geçebilmek için Ohio’da “*Ulusal Eklemeli İmalat İnovasyon Enstitüsü*”, Chicago’da DMDII yani “*Dijital İmalat Ve Tasarım İnovasyon Enstitüsü*”, North Carolina’da “*Yeni Nesil Güç Elektronik İmalat İnovasyon Enstitüsü*”, Detroit’te ise “*Hafif ve Modern Metaller İmalat Enstitüsü*” hayata geçirilmiştir.²⁶⁷ Ayrıca ABD önümüzdeki dönemde bu araştırma enstitülerinin desteklenmesi ve ulusal bir şirketler ağının oluşturulması için yaklaşık 1 milyar dolarlık bir bütçe harcaması da planlanmaktadır.²⁶⁸

3.2.2.4. Japonya

Japonya yeni endüstriyel devrimin tartışma yaratan teknolojilerini insanlık için bir tehdit değil, büyük fırsatlar sunan bir dönüşüm olarak benimseyebilmek için Endüstri 4.0'ı, insan faktörünü vurgulayan farklı bir anlayışla ele almaktadır. Japonya'nın “*Society 5.0*” yani “Toplum 5.0” olarak tanımladığı bu yeni dijital anlayış, teknolojik gelişmelerin toplumun ve iktisadi faaliyetlerin temel taşı olan

²⁶⁷ “IV. Sanayi Devrimi Ülke İncelemeleri Amerika Birleşik Devletleri”, Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, Sayı:341, Mayıs 2017, Ankara, s.y.

²⁶⁸ Erdiñ Yazıcı, Hıdır Düzkaya, a.g.e., s. 74

insanı işlevsiz bırakmaması ve toplumların teknolojiyle uyum içinde yaşayabilmesi için insanın merkezde olduğu bir teknoloji yaklaşımını hedeflemektedir.²⁶⁹

Kısaca “teknolojik gücü doğru yönetecek akıllı toplumun gelişimine katkı sağlamasını amaçlayan felsefe” olarak tanımlayabileceğimiz Toplum 5.0 insanları, içinde bulunduğumuz “*bilgi toplumu*”nun daha ileri bir safhasını temsil eden “*süper akıllı toplum*”a hazırlayabilmek için çeşitli fırsat ve çözüm önerileri getirmektedir. Yeni sanayi devrimini ve etkilerini bütüncül bir vizyonla ele almaya çalışan Japonya Toplum 5.0 ile; etik problemler ve insanlık için tehdit oluşturabilecek teknolojik gelişmeler, giderek yaşlanmakta olan dünya nüfusu, doğal afetler ve doğayı kullanırken sebebiyet verdiğimiz çevre kirliliğine karşı çeşitli çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır.²⁷⁰

Bu çözümler örneğin GÜ’ler başta olmak üzere hızla artan yaşlı nüfusun bakımı için Endüstri 4.0 teknolojileri bu kişilere uzaktan sağlık hizmetleri vermeyi mümkün kılması yer almaktadır. Bir başka çözüm örneği ise hastanelerin, hastalarının bilgilerini sistemleri üzerine daha az maliyetle kaydedebilmek için Endüstri 4.0’ın Büyük Veri, Bulut Bilişim gibi teknolojilerinden yararlanarak daha düşük bütçelerle sağlık hizmetleri sunabilmeleridir. Japonya teknolojik gelişmeleri Toplum 5.0 çerçevesinden bu gibi çözüm önerileri ve böyle bir vizyon ile toplum yararını gözeterek anlamlandırmayı hedeflemektedir.²⁷¹

Dördüncü Sanayi Devrimi’nde liderlik yarışını kovalayan ülkelerin yenilikçi teknolojilerdeki durumu ve hamleleri böyle olsa da McKinsey’nin 2015 yılında yürüttüğü bir çalışmadan elde ettiği sonuçlara göre; Endüstri 4.0’ın öncüsü kabul edilen Almanya’da Endüstri 4.0 teknolojileri için ayrılan Ar-ge harcamaları payı %15 iken, ABD’de bu oranın %29 olması oldukça şaşırtıcı bulunmuştur. Bununla birlikte Almanya’nın Endüstri 4.0 faaliyetlerinden elde ettiği kazançların, toplam

²⁶⁹ Alper Duran, a.g.e.,

²⁷⁰ Buğrahan İşbakan, “**Toplum 5.0 Japonya Endüstri Devrimi**”, Türkçe Yayın Platformu, Haziran 2017, (Çevrimiçi)

²⁷¹ Hasan Dalkılıç, “**Japonya Endüstri 4.0’ın Rol Modeli Olma Yolunda**”, Dünya Halleri, (Çevrimiçi), (erişim tarihi: 14/06/2018), <https://www.dunyahalleri.com/japonya-endustri-4-0in-rol-modeli-olma-yolunda/>

gelir kazançlarına oranı %19 iken, ABD’de bu oranın %30, Japonya’da ise %11 oluşu diğer dikkat çeken bir sonuçtur.²⁷²

3.3. Endüstri 4.0’ın Küresel Ekonomiye Potansiyel İktisadi Etkileri: Almanya Örneği

Endüstri 4.0’un dünya çapındaki potansiyel etkilerini açıklayabilmek için Dördüncü Sanayi Devrimi’nin öncüsü konumundaki Almanya’nın ekonomik görünümünü, yeni endüstriyel devrimin potansiyel etkileri bakımından incelemek faydalı olacaktır. Çünkü Almanya’nın Endüstri 4.0’dan elde edeceği tahmini faydalar, Dördüncü Sanayi Devrimi’nin küresel ekonomilere sağlayacağı potansiyel etkilerin bir göstergesi kabul edilebilir.

İstihdam

Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretimde uygulanmasıyla Almanya’da önümüzdeki on yıl içerisinde, ekonomik büyümenin uyardığı istihdamda %6 oranında bir artışın yaşanacağı öngörülmektedir. Üretimde akıllı otomasyon sistemlerinin giderek benimsenmesi eğilimi kısa vadede düşük vasıflı işgücüne olan talebi azaltacak olsa da artan yazılım, bağlantı ve analitik kullanımı; yazılım geliştirme becerilerine ve BİT alanındaki yetkinliklere sahip mekatronik uzmanlarına olan talebi artıracaktır. Özellikle makine mühendislerine yönelik talebin %10 kadar artması beklenmektedir.

Verimlilik

Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelecek 5 ila 10 yıl içinde daha fazla şirket tarafından benimsenerek Alman imalat sanayiinde, 90 ila 150 milyar Euroyu bulan verimlilik artışına yol açacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim sistemlerine başarılı bir şekilde uygulanması durumunda malzeme maliyetleri dahil

²⁷² Fatih Yılmaz,a.g.e., s.y.

%5 ila %8 oranında verimlilik artışı sağlanacağı beklenirken; malzeme maliyetlerinin yer almadığı, yalnızca dönüşüm maliyetlerinin dikkate alındığı durumda ise %15 ila % 25 dolaylarında bir verimlilik artışı yaşanması öngörülmektedir.

Yatırım

BCG'nin tahminine göre üretim süreçlerini Endüstri 4.0'ın gerektirdiği akıllı otomasyon sistemlerine uygun hale getirebilmek için Alman üreticilerinin, önümüzdeki 10 yıl içerisinde yenilikçi teknolojilere yaklaşık 250 milyar Euro kadar yatırım yapmaları gerekmektedir ki bu da üreticilerin gelirlerinin yaklaşık %1-1,5'una tekabül etmektedir.

Büyüme

Endüstri 4.0'ın ekonomilere sağlayacağı tüm bu katkılar büyüme artışlarını da beraberinde getirerek ve hasıla ve gelir artışlarına yol açacaktır. Üreticilerin yüksek ekipman ve yeni veri uygulamaları talepleri, tüketicilerin ise daha geniş çeşitlilikte ve daha fazla özelleştirilmiş ürünlere yönelik talepleri ekonomik büyümeyi destekleyecektir. Bu talep artışı sayesinde ise yıllık bazda yaklaşık 30 milyar Euroluk yani Almanya'nın GSYİH'sinin yaklaşık %1'i kadar ek gelir artışı sağlanacağı öngörülmektedir.²⁷³

3.4. ENDÜSTRİ 4.0 TÜRKİYE İNCELEMESİ

Türkiye'nin yeni endüstriyel devrimin hangi aşamasında olduğu ve dijital dönüşüm yarışındaki durum tespiti imalat sanayiinden hareketle ortaya konulmaya çalışacaktır. İmalat sanayiinin mevcut durumunu sağlıklı bir şekilde tespit edebilmek için öncesinde, Türkiye'nin geçmişten günümüze sanayileşme tecrübesi ve "Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi" doğrultusunda sanayi vizyonuna yer verilmesi yerinde görülmüştür. Akabinde Türk imalat sanayiinin üretim, katma değer ve dış ticaretinin

²⁷³ BCG, "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries", The Boston Consulting Group, Nisan 2015, s. 7-9

mevcut teknolojik yapısı veriler ışığında ortaya konulmaya çalışılacaktır. İlerleyen kısımlarda ise Endüstri 4.0'ı yakalamanın temel ön koşullarından olan dijital dönüşüm için Türk imalat sanayiinin yetkinliği etraflıca irdelenecektir. Son olarak Endüstri 4.0'ın Türkiye boyutu, dönüşüm için bir yol haritası çizilerek ve paydaşlara düşen görevlerle noktalandırılacaktır.

3.4.1. Türkiye'nin Sanayileşme Süreci ve Tarihsel Evrimi

Çalışmanın bu bölümünde yeni endüstriyel dönüşümün Türkiye ekonomisinde yaratacağı etkilere değinmeden evvel, bu etkileri daha iyi analiz edebilmek adına Türkiye'nin geçmişten günümüze sanayileşme sürecini ele almak suretiyle sanayileşme politika ve tecrübeleri üzerinde durmayı gerekli gördük.

Türkiye Cumhuriyeti, halefi olduğu Osmanlı Devleti'nden neredeyse sanaysiz denilebilecek durumda olan bir ekonomiyi devralmıştır. Osmanlı Devleti her ne kadar 1913'te "*Teşviki Sanayii Kanunu*"nu çıkarmış olsa da bir yıl sonrasında patlak veren I. Dünya Harbi nedeniyle bu hamlesi sekteye uğramıştır. Fakat sanayileşme arzusunda kararlı olan Türkiye, 1923'te düzenlenen *I. İktisat Kongresi*'nde ulusal kalkınmayı hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmek için özel teşebbüsün devlet eliyle desteklendiği bir sanayi stratejisini benimsemiştir.²⁷⁴ Ancak bu kez de 1929 Büyük Buhranı'nın tüm ülkelerde hissedilen küresel etkileri nedeniyle kongrede alınan kararlar başarıyla uygulanamamıştır. Bunun üzerine 1932'de açıklanan ancak 1934'te uygulanma imkanı bulunan "*I. Beş Yıllık Sanayi Planı*" ile ithal ikameci sanayileşme stratejisine geçilmiş ve sanayi yatırımlarına öncelik verilmiştir. Bu sanayi stratejisinin başarıya ulaşmasının hemen ardından 1938-1942 dönemini kapsayan "*II. Beş Yıllık Sanayi Planı*" da belirlenmiş ancak bu

²⁷⁴ Korkut Boratav, *Türkiye İktisat Tarihi*, 13. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara, 2009, s. 33-51

plan da II. Dünya Harbi'nin olumsuz iklimi nedeniyle uygulamaya konulamamıştır.²⁷⁵

1950'lerden itibaren ise Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye sanayiinde de liberal ekonomi girişimleri başlamış ve yabancı sermaye yatırımları üzerindeki kısıtlamalar tamamen kaldırılmasa da azaltılarak yabancı sermayenin ülke piyasasına çekilmesi amaçlanmıştır.²⁷⁶ Söz konusu yıllarda sanayi sektörünün milli gelirdeki payı, verilen teşvikler ve özel teşebbüsün desteklenmesi suretiyle büyük oranda devlet eliyle artırılmış olsa da 1980'de alınan *24 Ocak Kararları* ile minimal devlet anlayışı benimsenerek devletin ekonomideki rolü ve ağırlığı azaltılmıştır. Bu dönemde sanayi stratejimiz ihracata yönelik olarak belirlendiği için özellikle ihracata konu olan malların yatırımları ve çeşitli Ar-ge yatırımları gerçekleştirilerek sanayi sektörü için gerekli teşvikler sağlanmıştır.²⁷⁷

Alınan "*24 Ocak Kararları*" itibariyle 1980 yılı, Türkiye ekonomisinin her anlamda yapısal dönüşümlere imza attığı bir yıl olmuştur. Bu tarihten itibaren, küreselleşmenin de karşı konulamaz etkileri ile Türkiye, sermaye liberalizasyonunu gerçekleştirerek sermaye piyasaları üzerindeki kısıtlamaları tamamen kaldırmış ve Dünya ekonomileri ile entegre olma yolundaki gerekli adımları atmıştır. Dış ticarete de benzer adımlar atılarak gümrük vergileri azaltılmış, ihracat ise çeşitli teşvik ve sübvasyonlarla desteklenmiştir.²⁷⁸ Bu gelişmelerin etkisi ile 90'lı yıllarda finans kapitalin yükselişi ve finansal piyasaların önceliklenmesi dolayısıyla, söz konusu dönemde kalkınma planları ve sanayileşme olgusuna gereken önem verilememiştir.

Bu gelişmeler doğrultusunda 2000'li yıllara girerken sanayi sektörünün yapısında ciddi değişimler yaşanmış ve sanayi stratejilerimizde yeni bir dönemin

²⁷⁵ Uğur Salğar, Deniz Dilara Dereli, "**An Evaluation Of Turkey's Status In Industry 4.0 (Türkiye Ve Sanayi 4.0: Yapısal Bir Değerlendirme)**", *Current Debates In Economics*, Cilt:18, 2018, s. 117, 118

²⁷⁶ Boratav, a.g.e., s. 102

²⁷⁷ Yiğit Gümüş, "**Geçmişten Geleceğe Türkiye'nin Sanayileşmesi**", *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar Dergisi*, Sayı: 603, 2015

²⁷⁸ Salih Öztürk, Deniz Özyakışır, "**Türkiye Ekonomisinde 1980 Sonrası Yaşanan Yapısal Dönüşümlerin Gsmh, Dış Ticaret Ve Dış Borçlar Bağlamında Teorik Bir Değerlendirmesi**", *Mevzuat Dergisi*, Sayı: 94, 2005, s. 4

eşğine gelinmiştir. Hem 1999’da Avrupa Birliği’ne aday oluşumuzun gündeme gelişi ile birlikte birliğe uyum sürecini sağlayabilmek hem de uluslararası piyasalarda rekabet edebilmemizi sağlayacak bir sanayileşme stratejisi benimseyebilmek için, bilgi çağıının gerekliliklerine ve dolayısıyla Ar-ge yatırımlarına öncelik verecek bir sanayi stratejisi hedeflenmiştir.²⁷⁹

Ne var ki sanayileşebilmek için atılan tüm bu adımlara rağmen imalat sanayiinde katma değeri yüksek ürün imalatını gerçekleştirildiğini söylemek hâlâ mümkün değildir. Bu bağlamda imalat sanayiinde yüksek katma değer yaratma konusunda büyük fırsatlar sunan Endüstri 4.0’ı yakalayabilmek Türkiye için büyük önem taşımakta ve tercihten ziyade bir gerekliliktir.

3.4.2. Türk İmalat Sanayiinin Mevcut Durumu Ve Bazı Temel Göstergeleri

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 2015-2018 dönemleri arasını kapsayan “*Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi*”nde Türkiye’nin sanayi strateji vizyonu ortaya koyulmakta ve bu doğrultuda gerçekleşmesi arzulanan hedeflere yer verilmektedir.

En güncel sanayi stratejilerimizi ortaya koyması bakımından son derece önemli olan bu belgeye göre, 2015-2018 yılları arasındaki sanayi vizyonumuz “Orta-yüksek ve yüksek Teknolojili ürünlerde Afro-Avrasya’nın tasarım ve üretim üssü olmak” olarak ifade edilmiştir. Bu vizyon doğrultusunda şekillenen yeni dönem sanayi stratejisinin genel amacını ise “Türk sanayisinin rekabet edebilirliğinin ve verimliliğinin yükseltilerek, dünya ihracatından daha fazla pay alan, ağırlıklı olarak yüksek katma değerli ve ileri teknoloji ürünlerin üretildiği, nitelikli işgücüne sahip ve aynı zamanda çevreye ve topluma duyarlı bir sanayi yapısına dönüşümünü

²⁷⁹ Gümüş, a.g.e., s. 115

hızlandırmak” oluşturmaktadır.²⁸⁰ Ancak bu hedeflerin gerçekleştirilmesinin önünde en büyük engel olarak, yüksek katma değer yaratamayan ve dolayısıyla uluslararası piyasalarda yeterli rekabet gücüne erişemeyen bir imalat sanayiinin yapısal sorunları karşımıza çıkmaktadır. Bu yapısal sorunların altında yatan en temel neden ise Türkiye’nin sanayileşme sürecinde yeterli yol kaydetmeden hizmetler sektörüne ağırlık vermesidir.²⁸¹

Sanayi politikalarında başarılı olan ülkelerin bu başarısının ardında sadece belli sektörleri desteleyen bir sanayi stratejisi değil, bölgesel eşitsizlikleri azaltmayı ve tüm sektörleri dengeli bir şekilde desteklemeyi amaçlayan bir strateji yürütmeleri yatmaktadır. Politikalarını bu yönde dizayn etmiş gelişmiş sanayi ülkeleri, bu stratejileri ile ekonomideki tüm sektörleri daha rekabetçi bir yapıya kavuşturabilmişlerdir.²⁸² Bu tecrübelerden hareketle Türkiye’de de sanayi politikaları benzer yönde şekillendirilerek imalat sektörü yapısal olarak desteklemelidir.

3.4.2.1. İmalat Sanayiinin Teknolojik Yapısı

Türk imalat sanayiinin mevcut durumunu ortaya koyabilmek adına imalat sanayiinin mevcut teknolojik yapısı çeşitli göstergelerle incelenmeye çalışılacaktır. Bu bağlamda imalat sanayiinde gerçekleştirilen üretimin, katma değer ve dış ticaretin teknolojik yapısı sırasıyla ele alınacaktır. Bu amaçla yıllar itibarıyla üretim yapısında meydana gelen gelişmeler ve ihtiyaç duyulan yapısal dönüşümlerin ne oranda gerçekleştirildiği saptanmaya çalışılacaktır.

²⁸⁰ T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, “Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi (2015-2018)”, 2015, s. 33

²⁸¹ Gümü, a.g.e., s. 116

²⁸² T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, a.g.e., s. 11

3.4.2.1.1. İmalat Sanayiinde Üretimin Teknolojik Yapısı

Türk imalat sanayiinin teknolojik yapısı incelenirken kullanacağımız ilk gösterge, imalat sanayiinde gerçekleştirilen üretimin sergilediği teknolojik yapı olacaktır. Bu doğrultuda imalat sanayiinde üretimine yoğunlaşılan ürünlere ve bu ürünlerin hangi teknoloji düzeyinde üretildiğine yer verilecektir.²⁸³

Tablo 2: Türk İmalat Sanayiinde Gerçekleştirilen Üretimin Teknolojik Düzeylere Göre Değeri (Milyon TL) ve Dağılımı (%)

	Düşük Teknoloji		Orta-Düşük Teknoloji		Orta-Yüksek Teknoloji		Yüksek Teknoloji	
	Değer (Milyar TL)	Yüzde (%)	Değer (Milyar TL)	Yüzde (%)	Değer (Milyar TL)	Yüzde (%)	Değer (Milyar TL)	Yüzde (%)
2003	39,2	24,8	57,4	36,3	49,4	31,3	12,0	7,6
2004	121,9	43,0	78,2	27,6	68,2	24,1	14,9	5,3
2005	131,9	42,6	90,0	29,1	73,8	23,9	13,7	4,4
2006	148,6	39,5	121,4	32,2	91,1	24,2	15,3	4,1
2007	162,8	39,5	134,1	32,6	101,8	24,7	13,1	3,2
2008	175,6	37,1	170,0	35,9	113,9	24,1	13,9	3,0
2009	175,2	41,7	129,1	30,7	101,4	24,1	14,6	3,5
2010	213,3	40,7	170,0	32,5	124,8	23,8	15,9	3,0
2011	268,7	38,6	242,0	34,8	166,9	24,0	18,5	2,7
2012	297,0	39,6	262,7	35,0	172,6	23,0	17,9	2,4
2013	334,1	39,1	294,6	34,5	204,0	23,9	21,2	2,5
2014	380,7	39,8	322,8	33,8	228,3	23,8	25,3	2,6

Kaynak: TÜİK verilerinden derleyerek aktaran Mehmet Avcı v.d., **a.g.e.**, s. 56

İmalat sanayiinde düşük teknoloji düzeyinde gerçekleşen üretimin değeri yani milli gelire katkısı 2003 yılında 39 milyar TL iken, bu teknoloji düzeyinde 2004'ten itibaren keskin bir artış kaydedilmeye başlanmış ve bu yüksek artış trendi takip eden yıllarda da devam ederek 2014 yılında 380 milyar TL'ye ulaşmıştır. Ancak üretim

²⁸³ Hicri Aytaç Tatar, **Teknoloji Transferi Ve Uygulamaları: Türkiye Örneği**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul-2016, s. 158

değerindeki bu artışa döviz kuru hareketlilikleri de yol açabileceğinden düşük teknoloji düzeyindeki üretimi yüzdesel olarak yorumlamak daha sağlıklı olacaktır. *Düşük teknoloji düzeyindeki* üretimin, toplam sanayi üretimi içerisindeki payı 2003 yılında yaklaşık %25 seviyesinde iken, 2014'te bu oran %40 dolaylarında seyretmiştir. Sanayi üretiminin düşük teknoloji ürünlerde yoğunlaşıyor olması, Türkiye'nin yeni dönem sanayi strateji hedefleriyle çelişiyor olmakla birlikte, imalat sanayinin üretim değerini de dramatik bir şekilde düşürmektedir. Tablodaki veriler incelendiğinde *orta-düşük ve orta-ileri teknoloji yoğunluğunda* gerçekleştirilen üretimin ise söz konusu yıllar itibarıyla çok fazla değişkenlik göstermediği görülmektedir. Yarattığı yüksek katma değerle milli gelire çok daha fazla katkıda bulunan ve ihracatının gerçekleştirebilir bir konuma gelmesi durumunda dış ticaretten daha fazla pay alınmasını sağlayacak olan *yüksek teknoloji düzeyindeki* üretimde ise yıllar itibarıyla sert düşüşler kaydedilmiştir. 2014 yılına gelindiğinde ise ileri teknoloji üretimin, toplam imalat sanayiindeki payı yalnızca %2.6 olmuştur.

Özetle tablodaki veriler imalat sanayiinde düşük ve orta teknoloji düzeyinde yoğunlaştığımızı, ileri teknoloji yoğunluğundaki üretim payımızın ise arzulananın aksine son derece düşük düzeyde gerçekleştiğini açıkça göstermektedir. Sonuç olarak Türk imalat sanayii düşük ve orta düzey bir teknolojik yapı sergilemektedir. Dolayısıyla veriler üretim teknolojisi açısından imalat sanayinin, gerekli köklü ve yapısal dönüşümleri gerçekleştiremediğini kanıtlar niteliktedir.

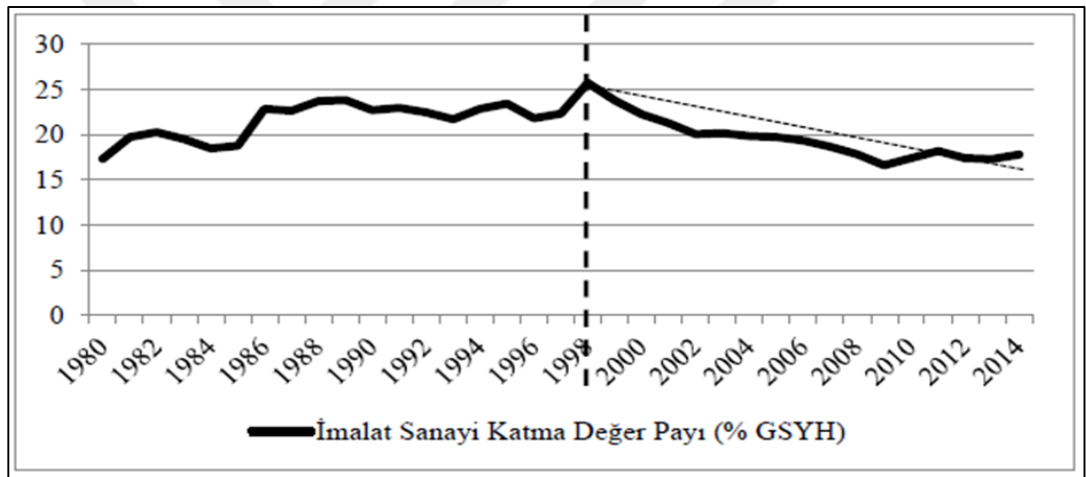
3.4.2.1.2. İmalat Sanayii Katma Değerinin Teknolojik Yapısı

İktisadi büyüme ve kalkınmanın lokomotif görevini üstelenen sanayi sektörü, yarattığı yüksek katma değer ile sürdürülebilir bir büyümenin sağlanabilmesinde hayati öneme sahiptir. Bu nedenle imalat sanayinin mevcut durumu hakkında değerlendirmede bulunabilmek için imalat sanayiinde yaratılan katma değer milli gelir içerisindeki payını incelemek önem arz etmektedir.

İmalat sanayiinin üretim yapısını ve teknolojik düzeye göre sanayi sektöründe yaratılan katma değerin dağılımını incelemekten önce, sanayi stratejilerinde önem arz eden ve pek çok yerde de değinmiş olduğumuz üzere katma değerin tanımını vererek analizlere devam etmek faydalı olacaktır. Katma değer; mal ve hizmetlerin üretiminde, üretimin birbirini takip eden safhaları boyunca her bir safhada meydana gelen artış sonucu, bu mal ve hizmetlerin piyasa değerinde elde edilen artıştır.²⁸⁴

İhracata yönelik sanayileşme stratejisinin benimsendiği 1980 yılından 2014'e kadar olan dönemi kapsayan süreç için bu pay Şekil 10'da verilmiştir.

Şekil 10: İmalat Sanayiinde Yaratılan Katma Değerinin GSYH İçindeki Payı (1980-2014)



Kaynak: Dünya Bankası Verilerinden Aktaran Mehmet Avcı v.d., “Türk İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı Üzerine Bir Değerlendirme”, Sosyal Ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi, Cilt: 17, Sayı: 36, 2016, s.54

Şekil 10'dan da anlaşıldığı üzere 1980'de milli gelir içerisindeki payı %17 seviyelerinde seyreden imalat sanayiinin katma değer payı, takip eden birkaç yıl içerisinde göreceli olarak artış gösterse de 1987 yılına kadar %22 düzeyini aşamamıştır. 1987 itibariyle bu pay, 1998 yılına kadar ortalama olarak %23 düzeyinde seyretmiş ve söz konusu dönem boyunca çok fazla değişkenlik göstermemiştir. İmalat sanayiinde yaratılan katma değerin GSYH içerisindeki payı

²⁸⁴ Erdal Ünsal, **Makro İktisat**, 10. Baskı, İmaj Yayıncılık, Ankara, 2013, s. 8

1998’de en yüksek seviyesine ulaşmış ve %25 düzeyi ile milli gelirin dörtte bir gibi ciddi bir paya sahip olmuştur. Ancak 1998’ten 2002’ye kadar olan dört yıllık kısa bir süreçte, bu katma değer payının keskin bir düşüş göstererek %20 dolaylarına gerilediği görülmektedir. Bu düşüşte 2001 krizinin etkisi şüphesiz fazla olmuştur.

Aşağıda yer alan Tablo 3’te 2003 ve 2014 arasındaki yıllar itibariyle imalat sanayiinde yaratılan katma değer ve bu değerın düşük, orta-düşük, orta-yüksek ve ileri teknoloji düzeylerindeki dağılımı verilmiştir.

Tablo 3: Türk İmalat Sanayii’nde Üretilen Katma Değerin Teknolojik Düzeylere Dağılımı (%)

	Düşük Teknoloji		Orta-Düşük Teknoloji		Orta-Yüksek Teknoloji		Yüksek Teknoloji	
	<i>Değer (Milyar TL)</i>	<i>Yüzde (%)</i>	<i>Değer (Milyar TL)</i>	<i>Yüzde (%)</i>	<i>Değer (Milyar TL)</i>	<i>Yüzde (%)</i>	<i>Değer (Milyar TL)</i>	<i>Yüzde (%)</i>
2003	25,6	45,8	13,6	24,5	13,3	23,8	3,3	6,0
2004	27,6	41,6	18,3	27,6	16,8	25,4	3,5	5,4
2005	24,6	41,2	17,6	29,6	14,7	24,7	2,6	4,5
2006	28,7	38,6	23,7	32,0	18,5	25,0	3,2	4,4
2007	30,4	38,9	24,9	31,9	19,9	25,5	2,9	3,8
2008	33,5	36,0	31,8	34,2	24,0	25,9	3,6	4,0
2009	34,0	40,2	23,9	28,3	22,3	26,4	4,3	5,2
2010	38,5	40,0	27,8	28,9	25,4	26,4	4,4	4,7
2011	47,7	37,1	42,7	33,1	33,6	26,1	4,7	3,7
2012	54,1	40,8	40,1	30,3	33,9	25,6	4,4	3,3
2013	63,4	39,1	49,7	30,7	42,8	26,4	6,2	3,8
2014	73,7	39,5	57,8	30,9	47,9	25,7	7,4	3,9

Kaynak: TÜİK verilerinden derleyerek aktaran Mehmet Avcı v.d., **a.g.e.**, s. 56

Tablodaki veriler incelendiğinde 2003 yılında yaratılan katma değerın neredeyse yarısının (%45), düşük teknolojiili üretim faaliyetlerinde elde edildiği görülmektedir. Düşük teknolojiili katma değer payını 2014 yılında %39,5 seviyesine indirmeyi başarsak da bu durum yine de sanayileşme stratejimizde yer alan “ağırlıklı olarak yüksek katma değerli ve ileri teknolojiili ürünlerin üretimi” hedefinden

oldukça uzakta olup sanayi vizyonumuzla örtüşmemektedir. Orta-düşük teknolojilerin üretimde kullanılmasıyla yaratılan katma değer 2003 yılında %25 seviyelerinde olan payı ise 2014'te ancak %31 dolaylarına yükselebilmiştir. Orta-yüksek teknoloji yoğunluğunda üretilen katma değer payı ise 2003'ten 2014'e kadar olan süreçte neredeyse bir ilerleme kaydedememiş ve genel olarak %24-25 seviyelerinde takılı kalmıştır. Yüksek teknoloji katma değer payı ise tablonun başlangıç yılı olan 2003'te %6 iken, takip eden yıllarda imalat sanayiinin yüksek teknoloji katma değer yaratma performansında sürekli düşüşler yaşanmış ve nihayet 2014 yılı itibarıyla bu pay %3.9 seviyesine gerilemiştir.

Dolayısıyla tablodaki değerler incelendiğinde Türk imalat sanayiinde üretilen katma değer benimsenen sanayi vizyonunun aksine, ağırlıklı olarak düşük ve orta-düşük teknoloji ürünlerin üretimine yoğunlaştığı, ileri teknoloji yoğunluklu sektörlerde yaratılan yüksek katma değer ise son derece düşük seviyelerde gerçekleştiği kanaatine rahatlıkla varılabilmektedir. Türkiye'nin uluslararası rekabet yarışında söz sahibi olabilmesi, sahip olduğu avantajlarını da koruyabilmesi ve imalat sanayiinde orta-yüksek ve yüksek teknoloji yoğunluğuna kavuşabilmesi için gerekli yapısal dönüşümleri bir an önce yapması gerekmektedir.

3.4.2.1.3. İmalat Sanayiinde Dış Ticaretin Teknolojik Yapısı

İmalat sanayiinin mevcut yapısını değerlendirebilmek açısından önemli olan diğer bir gösterge ise imalat sanayiinde gerçekleştirilen ithalat ve ihracatın teknoloji yoğunluk seviyesidir. Çalışmada öncelikle sanayi sektöründeki ihracatın teknolojik yapısı, ardından ise ithalat cephesi incelenecektir.

Ülkelerin yüksek teknoloji ürün ihracatında sahip oldukları kapasite, imalat sanayiilerinin teknolojik yetkinliği ve sanayi gelişmişlik düzeylerini göstermesi

bakımından önemli bir kıstastır.²⁸⁵ Tablo 4’te imalat sanayii için farklı teknoloji düzeylerinde gerçekleştirilen ihracatın miktar ve yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 4: Türk İmalat Sanayiinin Teknoloji Düzeylerine Göre İhracat Miktarı (Milyar \$) ve Dağılımı (%)

Yıl	Düşük Teknoloji		Orta Düşük Teknoloji		Orta Yüksek Teknoloji		Yüksek Teknoloji	
	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)
1996	11,9	58,02	4,3	20,99	3,7	18,19	0,5	2,8
2000	13,0	51,26	5,2	20,51	5,2	20,43	1,9	7,8
2005	26,5	38,6	18,5	26,9	19,5	28,5	4,1	5,0
2008	35,4	28,3	47,1	37,7	38,7	30,9	3,9	2,2
2009	30,2	31,7	32,8	34,4	28,9	30,4	3,3	2,5
2010	34,3	32,6	33,5	31,8	33,9	32,2	3,5	2,4
2011	40,7	32,3	40,9	32,5	40,3	32,0	3,9	2,2
2012	43,4	30,4	54,2	37,9	40,7	28,4	4,7	2,3
2013	48,6	34,5	43,3	30,7	44,5	31,5	4,7	2,1
2014	52,6	35,8	42,9	29,2	46,5	31,6	5,0	2,2
2015	47,0	35,0	39,7	29,5	42,7	31,8	4,9	3,7

Kaynak: TÜİK verilerinden derleyerek aktaran Hicri Aytaç Tatar, Teknoloji Transferi Ve Uygulamaları: Türkiye Örneği, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2016, s. 160, 161 (2008, 2009 ve 2015 yıllarına ait veriler TÜİK elektronik veri tabanından elde edilmiştir)

Tablodaki veri yıllar dikkate alındığında imalat sanayiinde gerçekleştirilen ihracatta, en büyük payın düşük teknoloji yoğunluğundaki ürünlere ait olduğu görülmektedir. Düşük teknoloji ürünü ihracatının 1996 yılında yaklaşık %60 olan

²⁸⁵ TÜSİAD, “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği”, Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği & The Boston Consulting Group, Yayın No: TÜSİAD-T/2017, 2017, s. 33

payı, 2013'te her ne kadar %35 seviyesine çekilebilmiş olsa da 2013'te yeniden bir artış trendine girdiği gözlenmektedir. 2000'li yılların başından itibaren ihracatta düşük teknoloji ürün payının azalışı önemli oranda sağlanmış, ancak bu kez de orta-düşük ve orta-ileri teknoloji düzeyindeki ihracatta yoğunlaşmıştır. Orta-düşük ve orta-ileri teknoloji ürün ihracatının toplam payı 1996 yılında %39 civarında iken, 2015'e gelindiğinde bu oran yaklaşık %61 düzeyine ulaşarak ciddi bir artış sergilenmiştir. Veri yıllar içerisinde ileri teknoloji düzeyindeki ihracatın %2.8 olan başlangıç düzeyi ise 2015 yılına gelindiğinde ancak %3.7 seviyesine çıkarılabilmektedir.

Dolayısıyla veriler, imalat sanayiinin gelişmişlik düzeyi hakkında önemli bir gösterge olan ve diğer teknoloji seviyeleriyle kıyaslandığında hasılaya en fazla katkısı olan yüksek teknoloji ürün ihracatında yıllar itibariyle kayda değer bir artış yakalanamadığını ortaya koymaktadır. Türkiye'de büyük oranda düşük ve orta düzey teknoloji ihracatına dayanan imalat sanayiinin teknolojik yapısını güçlendirerek düşük ve orta düzey teknoloji düzeyine hapsolmuş imalat yapısını, yüksek katma değer üreten ve ileri teknoloji ürün ihracatına yoğunlaşan bir yapıya kavuşturarak üretimde ihtiyaç duyulan köklü ve yapısal dönüşümleri bir an önce gerçekleştirilmelidir.

Tablo 5: Türk İmalat Sanayii'nin Teknoloji Düzeylerine Göre İthalat Miktarı (Milyar \$) ve Dağılımı (%)

Yıl	Düşük Teknoloji		Orta-Düşük Teknoloji		Orta-Yüksek Teknoloji		Yüksek Teknoloji	
	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)	Miktar (Milyar \$)	Yüzde (%)
1996	5,9	17,3	6,5	18,4	17,6	50,2	5,0	14,26
2000	5,8	13,2	8,6	19,5	20,1	45,6	9,5	21,6
2005	12,0	12,8	25,4	27,0	43,2	45,9	13,4	14,3
2008	19,3	12,9	49,6	33,0	62,3	41,5	18,8	12,5
2009	15,7	14,2	31,3	28,3	47,5	42,8	16,3	14,7
2010	20,4	14,1	41,5	28,6	62,2	42,8	21,1	14,5
2011	24,8	13,5	55,9	30,4	79,4	43,2	23,6	12,9
2012	23,2	13,2	56,5	32,1	73,7	41,9	22,5	12,8
2013	25,0	12,7	66,5	33,8	81,0	41,2	24,2	12,3
2014	25,3	13,5	56,9	30,3	79,1	42,1	26,3	14,0
2015	22,4	13,5	44,2	26,5	73,8	44,3	26,2	15,7

Kaynak: TÜİK verilerinden derleyerek aktaran Hicri Aytaç Tatar, **a.g.e.**, s. 162-163 (2008,2009 ve 2015 yıllarına ait veriler TÜİK elektronik veri tabanından elde edilmiştir)

İmalat sanayii dış ticaretinin teknolojik yapısını ortaya koyabilmek için ithalat cephesi de analiz edilmeli ve ithalatı gerçekleştirilen ürünlerin teknoloji düzeyine göre dağılımı da incelenmelidir.

Tablodaki verilerden açıkça anlaşılmaktadır ki Türk imalat sanayii ithalatı orta-ileri teknoloji ürünler başta olmak üzere genel olarak orta düzey teknoloji ürünlerde yoğunlaşmaktadır. Orta-ileri teknoloji ürünlerin ithalatı veri yıllar içerisinde ağırlığını her dönem korumakla birlikte, yıllar itibariyle bu payda gerçekleşen azalış, orta-düşük teknoloji ürünlerin ithalatına kaymıştır. Bu durum imalat sanayiinin ara malı ithalatına olan yüksek bağımlılığını kanıtlar niteliktedir. Yüksek teknoloji ürün ithalatının ise veri yıllar itibariyle neredeyse hiç değişkenlik göstermeyerek toplam ithalat içerisindeki payının ortalama olarak %14 düzeyinde

seyrettiği gözlenmektedir. Bu durum Türkiye'nin üretim ve dolayısıyla da ihracat performansı açısından son derece yetersiz olduğu ileri teknoloji ürünlerine ancak ithalat yoluyla sahip olabildiğinin göstergesidir.

İmalat sanayii dış ticareti ithalat cephesinden değerlendirildiğinde ortaya çıkan önemli bir sonuç; orta-düşük ve orta-ileri teknoloji ürün ithalatının yüksek payı dolayısıyla Türk imalat sanayiinde ara malı ithalatına olan bağımlılığının yıllar itibariyle artıyor olmasıdır. Ara malı ithalatına olan bu yüksek bağımlılık, cari açık problemini kronikleştirmekte, bu durum ise sürdürülebilir bir iktisadi büyüme için her zaman bir tehdit unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca tabloda yer alan yıllar için Tablo 4 ve Tablo 5'teki veriler teknoloji düzeylerine göre kıyaslandığında düşük teknoloji düzeyi hariç diğer tüm teknoloji yoğunluklarında gerçekleştirilen ihracat, ithalatı karşılayamadığı için dış ticaret açığı verilmekte ve bu da cari açık problemini beslemektedir.

Özetle ele alınan göstergeler ve incelenen veriler ışığında Türk imalat sanayiinin daha çok düşük ve orta-düşük teknoloji düzeyinde yoğunlaştığı açıkça görülmektedir. Üretim teknolojisi yapısında gerekli köklü dönüşümler gerçekleştirilmediği için ise yüksek teknoloji ürün imalatında arzulanan seviyelere henüz ulaşamamıştır. İmalat sanayiindeki mevcut teknoloji düzeyi ile yüksek katma değer yaratamaması dolayısıyla Türkiye, küresel pazar payından arzuladığı payı alamamaktadır. Türkiye ayrıca sanayideki mevcut üretim yapısı nedeniyle ihracata konu olan mallarda da düşük ve orta teknoloji düzeyine hapsolmaya mahkum olmaktadır.

İmalat sanayiinde sergilenen bu genel görünüm ve yapısal sorunlar, Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu köklü ve yapısal dönüşümü yıllar itibariyle gerçekleştiremediğini ve üretim teknolojisinde gerekli sıçramayı gerçekleştiremediğini gözler önüne sermektedir.

Tüm bunlardan hareketle imalat sanayiinde sergilediğimiz performans ve mevcut yapı -üretim ve ihracatımızı düşük ve orta teknolojiye yoğunlaştırmamız,

yüksek katma değerli üretim gerçekleştiremeyişimiz, yüksek ara malı ithalatımız ve üretim ve ihracatımızı büyük oranda ithal girdilere dayandırıyor olmamız-Türkiye'nin rekabetçiliğini tehdit önemli bir unsurdur. Mevcut teknolojik ilerlemeler imalat sanayiini geleneksel üretime dayandıran ekonomileri zorlamakta ve Türkiye gibi emek-yoğun üretimde avantajlı durumda olan ülkeler üzerinde maliyet baskısını artırmaktadır. Özellikle Dördüncü Sanayi Devrimi'nin büyük ses getiren yeni teknolojileri başta olmak üzere teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek akıllı üretim sistemiyle üretilen malların kalite ve verimliliğinde ciddi artışlar elde edilebilir. Üretim yapısında gerçekleştirilecek bu köklü dönüşümler sayesinde, verimlilik artışlarına ithal girdi bağımlılığımızda azalışlar eşlik ederek ihracatımızın ithalatı karşılama oranını artıracak ve böylelikle daha rekabetçi bir konuma geleceğizdir.

İmalat sanayiinde gerekli bu dönüşümlerin gerçekleştirilmesi ve teknoloji yoğun bir üretim tarzın benimsenebilmesi için öncelikle sanayi ve teknoloji politikalarında ciddi reformlar yapılmalıdır. Bu politikaları destekleyecek teşvik ve sübvansiyonların dağıtımını yapılırken ise özellikle yüksek teknolojili üretim ve ihracata yoğunlaşacak şekilde dizaynı gerçekleştirilmelidir.²⁸⁶

Teknolojik ilerlemeler üretim yapısını değiştirme potansiyeline sahip en temel faktör olduğu için Türkiye'nin imalat sanayiinde ihtiyaç duyduğu yapısal dönüşümleri gerçekleştirebilmesi, teknolojik gelişmeleri üretim sistemlerine entegre etmesindeki başarısına bağlı olacaktır. Çünkü küresel rekabet yarışında ancak teknolojik gelişmeler, inovasyon ve Ar-Ge faaliyetleri ile desteklenen, teknoloji yoğunluğu yüksek bir üretim sistemi ile önde olunabilecektir. Sürdürülebilir ve istikrarlı bir büyüme de ancak bu dinamiklerden beslenen bir yapıda gerçekleştirilebilecektir.²⁸⁷

²⁸⁶ Elif Nuroğlu, “Sanayide Dijital Dönüşüm Yarışında Türkiye'nin Dış Ticareti İçin Fırsatlar Ve Tehditler”, 14th International Conference On Knowledge, Economy & Management Proceedings, 2018, s. 1,7.

²⁸⁷ Trakya Kalkınma Ajansı , “İmalat Sanayiinde Dönüşüm: Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2014, s. 7

Yukarıda başlıklar halinde incelenilen Türk imalat sanayii mevcut yapısında, Türkiye aleyhine olan trendin değişmesi için yeni endüstri devriminin hayatımıza kazandırdığı teknolojiler ve bunların üretim süreç ve sistemlerine entegre edilmesi büyük fırsatlar sunmaktadır.²⁸⁸ Türkiye Endüstri 4.0 teknolojilerini, sanayi strateji hedefleri doğrultusunda optimum ve doğru bir planlamayla üretim sistemlerine dahil edebilmesi durumunda, muzdarip olduğu düşük katma değerli üretim yerine, bu teknolojilerin sağladığı verimlilik artışı ve maliyet avantajları ile yüksek katma değer yaratabilir bir hale gelebilecektir. Özellikle yeni endüstri devriminin öncü teknolojilerinden olan akıllı makine ve robotiklerle gerçekleştirilen yeni üretim sistemleri, imalat sanayiinde ihtiyaç duyulan teknoloji yoğunluğuna erişebilme fırsatı sunarak Türkiye'nin üretim ve ihracatta hapsoldüğü düşük-orta teknoloji tuzağından çıkmasına olanak tanıyacaktır.²⁸⁹ Nihayetinde tüm bu gelişmelerin arz cephesinde yaratacağı olumluluklarla üretim kapasitesi kalıcı bir şekilde artırabilecek ve bu sayede sürdürülebilir ve istikrarlı bir büyüme hedefi rahatlıkla gerçekleştirebilecektir.

3.4.3. Türkiye’de Sanayinin Dijital Dönüşüm Yetkinliği

Bilişim teknolojilerinde özellikle son yıllarda yaşanan hızlı gelişmeler sonucu dünya hızla dijital bir geleceğe evrilmektedir. Dijital dönüşümün ve etkilerinin en fazla hissedildiği alanlardan biri de şüphesiz ekonomi cephesinde cereyan etmektedir. Öyle ki bugün dijital ekonomi, küresel ekonominin dörtte birini oluşturan bir paya ulaşmıştır.

Dijitalleşme pek çok fırsatı olduğu gibi bazı sıkıntı ve zorlukları da beraberinde getirmektedir. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin yenilikçi teknolojileri bu zorlukları etkili bir şekilde çözüme kavuşturabilmek için büyük fırsatlar sunmaktadır. Dolayısıyla etkin ve doğru dijitalleşme stratejileriyle Endüstri 4.0 potansiyelini çok iyi bir şekilde değerlendirebilenler dijital dönüşüme ayak uydurabilecektir. Ancak

²⁸⁸ Uğur Salğar, Deniz Dilara Dereli, **a.g.e.**, s. 118

²⁸⁹ Halit Aydemir, **a.g.e.**, s. 259,260

bunu başaranlar yarışta söz sahibi olabilecek ve teknolojik üstünlük elde edebileceklerdir. Bu bağlamda dijital dönüşüme ayak uydurmanın da ötesinde dönüşüme yön vermek ve önderlik yapmak isteyen gerek firma, gerekse ülkelerin stratejilerinin merkezine dijitalleşme olgusunu oturttukları görülmektedir.

Ekonominin hem arz hem de talep cephesindeki sektörlerin mevcut yapısını hızla yıkıma uğratan dijitalleşme, bilgi toplumunda sürdürülebilir büyüme ve sosyal kalkınmanın anahtarı olacaktır. Bu yüzden Türkiye’de dijital dönüşüm sürecinde söz sahibi olabilmek için gerek kamu kurumları, gerekse özel sektörün iş birliği içinde dönüşüm için uygun altyapıyı sağlayarak gerekli adımları bir an önce sağlamak durumundadır.²⁹⁰

Bu noktada Türk imalat sanayiinin dijital dönüşüm yarışındaki durumu, TÜSİAD ve BCG’nin ortak yayımladığı “*Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği*” adlı rapordan hareketle tespit edilmeye çalışılacaktır.

Söz konusu raporda Türk imalat sanayiinin dijital dönüşüm yetkinliğini saptayabilmek için hem teknoloji tedarikçisi konumunda olan 110 şirket, hem de teknoloji kullanıcısı konumunda olan 108 şirket ile yürütülen kapsamlı bir anket çalışmasının sonuçları yer almaktadır. Bu kapsamlı çalışmada ayrıca şirketlerin dijitalleşme sürecinde karşılaştığı engel ve sıkıntılar da tespit edilmeye çalışılmış ve bu doğrultuda Türkiye’de sanayi sektöründe faaliyet gösteren şirketler için bir yol haritası çizilmiştir.

Raporda Türk sanayi şirketlerinin dijital dönüşümdeki olgunluk seviyesi, teknolojileri kullanma ve tedarik etme bakımından ikiye ayrılan şirket grupları için ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda öncelikle teknoloji kullanıcısı şirketlerin, ardından ise bu teknolojileri sağlayan ikinci grup şirketlerin mevcut durumu incelenecektir.

²⁹⁰ Accenture, “**Accenture Turkey Digitization Index**” Raporu, İstanbul, 2016 s. 3-20

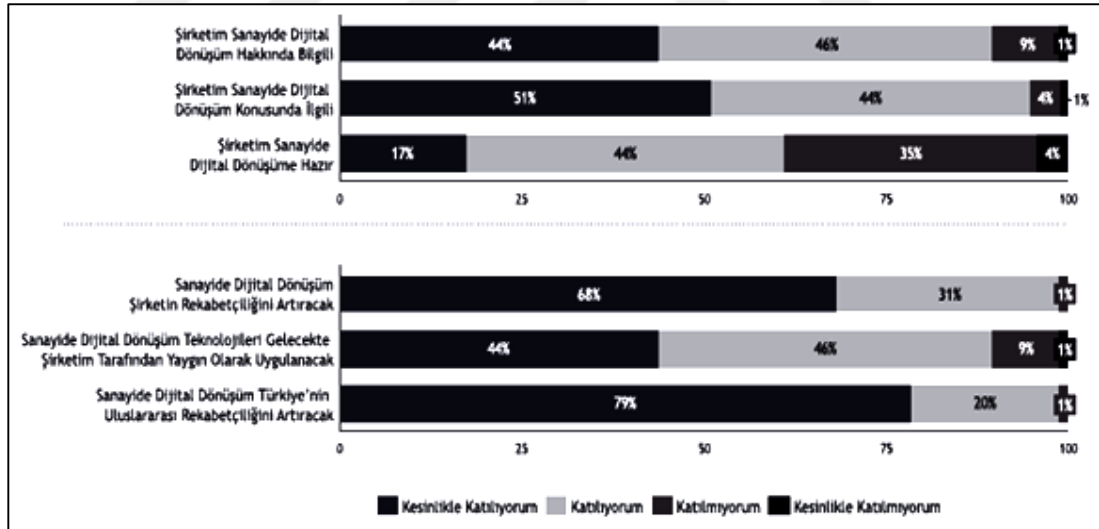
3.4.3.1. Teknoloji Kullanıcısı Şirketlerin Dijital Dönüşümdeki Durumu

TÜSİAD ve BCG, “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği” adlı raporda, dijital dönüşüm için gerekli teknolojilerin kullanıcıları durumunda olan bu birinci grup şirketlerin mevcut durumunu aşağıda maddeler halinde yer alan unsurlardan hareketle ortaya koymaktadır.²⁹¹

Farkındalık Seviyesi

Farkındalık Seviyesi; şirketlerin sanayide yeni süreci temsil eden dijital dönüşümden ne oranda haberdar ve farkında olduklarını ifade etmektedir.

Grafik 8: Sanayide Dijital Dönüşüm Farkındalık



Kaynak: BCG Anketinden aktaran TÜSİAD (2017), s.38

Grafik 8’de görülmektedir ki araştırmaya katılan şirketlerin %90’ı sanayideki dönüşüm sürecinden haberdar ve sürece dair bilgi sahibi olduğunu, %95’i ise bu

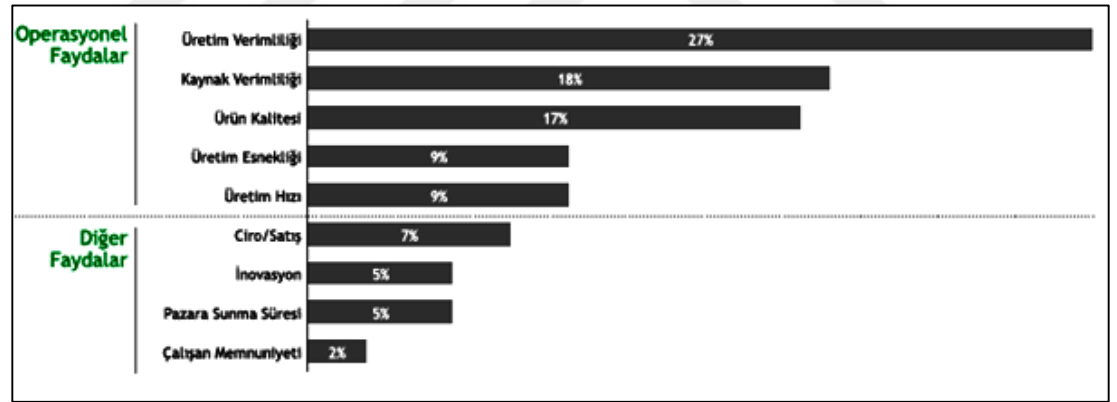
²⁹¹ TÜSİAD & BCG, “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği”, Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12 - 589, Aralık 2017, s. 36-49

dönüşüme ilgi duyduğunu ifade etmektedir. Teknoloji kullanıcısı şirketlerin büyük çoğunluğu sanayideki dijitalleşme süreci hakkında bilgili ve ilgili olduğunu belirtse de tablodan da görüleceği üzere bu şirketlerden yalnızca %61'i kendini dönüşüme hazır hissetmektedir. Dolayısıyla bu rakam, şirketlerin dijitalleşmeye ayak uydurarak kendilerini dönüşüme hazırlanmaları için daha alınacak çok yol olduğunu göstermektedir.

Fayda Beklentileri

Bu kavram, sanayi sektöründe faaliyet gösteren teknoloji kullanıcısı şirketlerin dönüşümün potansiyeli ve getireceği avantajlara ne oranda hakim olduklarını, kısacası dijital dönüşümden bekledikleri faydaları ifade etmektedir.

Grafik 9: Dijital Dönüşümün Fayda Sağlayacağı Alanlar



Kaynak: BCG, a.g.e., s.39

Grafikten de anlaşılacağı üzere sanayi sektöründeki teknoloji kullanıcısı şirketler, sanayide dijitalleşmenin, gerek kaynak gerekse üretim verimliliği başta olmak üzere, en çok verimlilik açısından fayda sağlayacağı beklentisi içindedirler. Bu beklentiyi üretim kapasitesi için diğer önemli unsurlar olan ürün kalitesi, üretim esnekliği ve üretim hızındaki artış beklentilerinin takip ettiği görülmektedir. Ancak şirketlerin operasyonel faydalar dışında, dijital dönüşümün sağlayacağı diğer fayda

beklentilerini düşük tutması, dijitalleşmenin getireceği faydaların tamamı hakkında yeterli bilgiye sahip olmamalarından kaynaklanmaktadır. Bu eksiklik, şirketlerin operasyonel olmayan alanlarda da farkındalık bilincini artırmayı hedefleyen adımlarla giderilerek dönüşüme adaptasyonları artırılabilir.

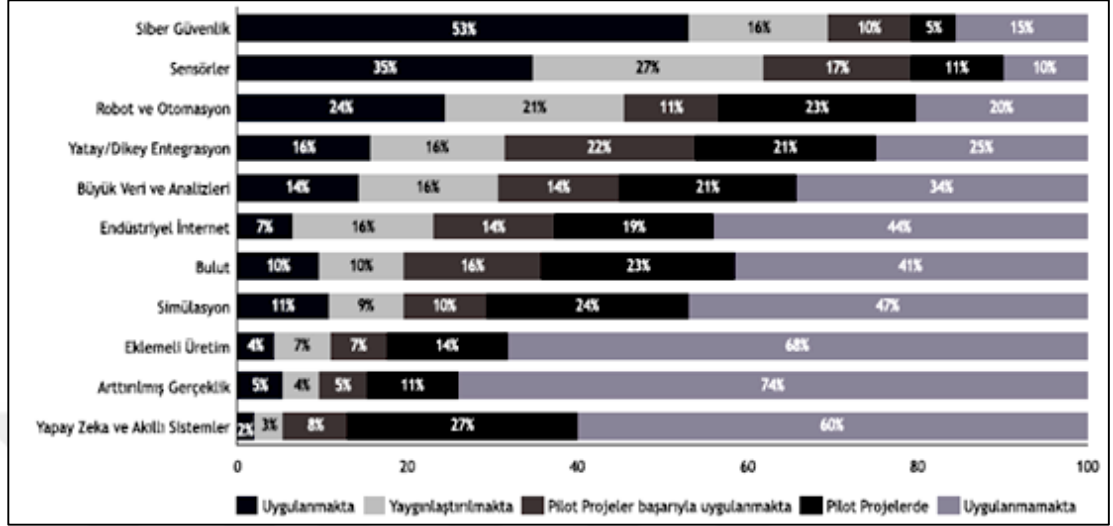
Dönüşümün Ön Koşulları

Dijital dönüşümün ön koşulları genel olarak, şirketlerin yüksek otomasyonlu üretim alt yapısını ne ölçüde sağladığını, üretimde mükemmelliği yani yalın üretim prensiplerini ne ölçüde içselleştirebildiğini ve üretim sistemlerinde Endüstri 4.0'ın teknolojilerini ne ölçüde benimseyebildiklerini kapsamaktadır.

Şirketlerle yapılan anket sonuçlarına göre teknoloji kullanıcısı şirketlerin Bulut Teknoloji, Büyük Veri gibi yenilikçi alt yapı teknolojilerini üretim süreçlerine entegre etme çaba ve uygulamasında olduğu görülmektedir. Ancak şirketlerin bu teknolojileri içselleştirme performansının, ölçeklerine de bağlı olduğu ve ölçek ekonomisinden etkilendikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Büyük ölçekli şirketlerde yenilikçi teknolojileri üretim sistemlerine entegre etme, dolayısıyla da dijital dönüşüm yetkinliklerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Şirketlerin dijital dönüşüm alt yapısı bu bağlamda umut vadeditici görünse de Grafik 10'den de anlaşılacağı üzere şirketlerin Endüstri 4.0'ın diğer teknolojik unsurları olan Eklemeli Üretim, Artırılmış Gerçeklik ve özellikle Yapay Zeka ve Akıllı Sistemler'den yararlanmalarının oldukça düşük düzeylerde seyrettiği ve bu teknoloji alanlarında henüz pilot projeleri uygulama aşamasında oldukları görülmektedir.

Grafik 10: Şirketlerin Dijital Teknoloji Kullanım Düzeyleri



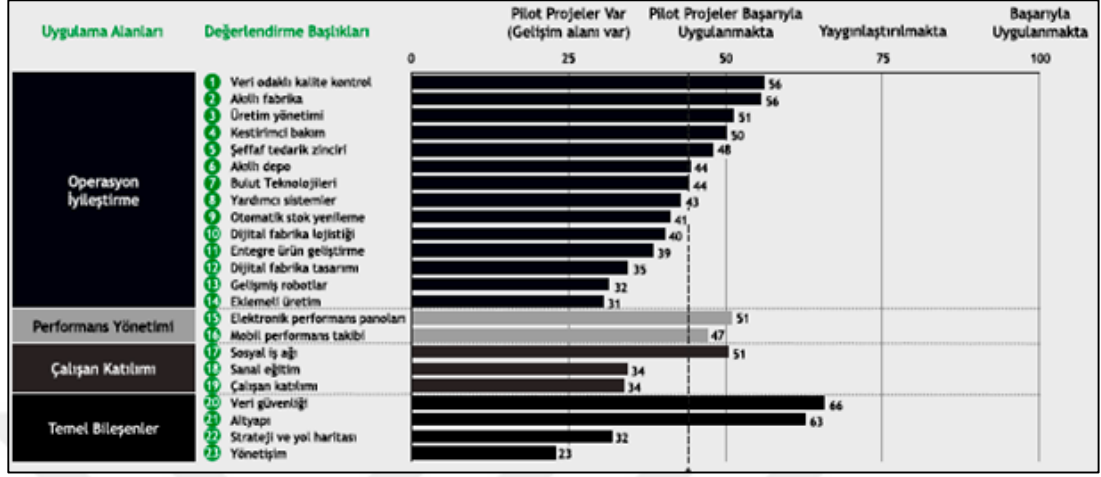
Kaynak: BCG , a.g.e., s. 43

Türkiye'nin dijital dönüşüm yetkinliğini ve dijital teknolojileri içselleştirerek bu teknolojilerden faydalanma düzeyini artırabilmesi için, dijital yatırım kararlarını alırken kullanımıyla en çok fayda ve verimlilik elde edebileceği teknolojileri saptayıp yatırımlarını daha çok bu alanlara kanallize etmesi doğru bir strateji olacaktır.

Değer Yaratmaya Yönelik Uygulama Alanlarını Hayata Geçirme Oranları

TÜSİAD şirketlerin bu alandaki dijital dönüşüm yetkinliklerini “operasyonel iyileştirme, performans yönetimi, çalışan katılımı ve temel bileşenler”den oluşan dört temel kategoride incelemektedir.

Grafik 11: Dijital Teknolojilerin Sanayi Sektöründe Uygulanma Yetkinliği



Kaynak: BCG, a.g.e., s. 45

Bu dört temelde kategorize edilen teknolojilerin, teknoloji kullanıcısı şirketler tarafından sanayide uygulanışı incelendiğinde Türkiye'nin bu alanlarda henüz pilot proje seviyesinde olması dolayısıyla yetkinlikten uzak olduğu görülmektedir.

Sanayide Dijital Dönüşüm Yolculuğunda Karşılaşılan Engeller

Teknoloji kullanıcısı konumunda olan 108 şirketle yapılan anket çalışmasının sonuçlarına göre şirketler, dijital dönüşüm sürecinde karşılaştıkları en büyük engeli, dönüşümün gerçekleşmesini mümkün kılacak Endüstri 4.0teknolojilerine yatırım yapma maliyetlerinin çok yüksek oluşu olarak görmektedirler. Ayrıca bu yatırımların geri dönüşlerini belirsizlik olarak görmeleri de kendileri için bir diğer engeli teşkil etmektedir. Daha sonra bu engelleri sırasıyla; bu teknolojileri kullanabilecek kapasitede kalifiye çalışanlara sahip olmayışları, beşeri sermayede çektikleri yetersizliklere ilaveten buna eşlik eden teknolojik alt yapı yetersizlikleri, dijital teknolojilere arzulanan düzeyde hakim olamayışları, şirket üst düzey yönetimlerinin

dijitalleşmeyi işletmelerinin merkezine oturtan bir vizyona sahip olmamaları dolayısıyla dijital dönüşümü önceliklendirmemeleri izlemektedir.²⁹²

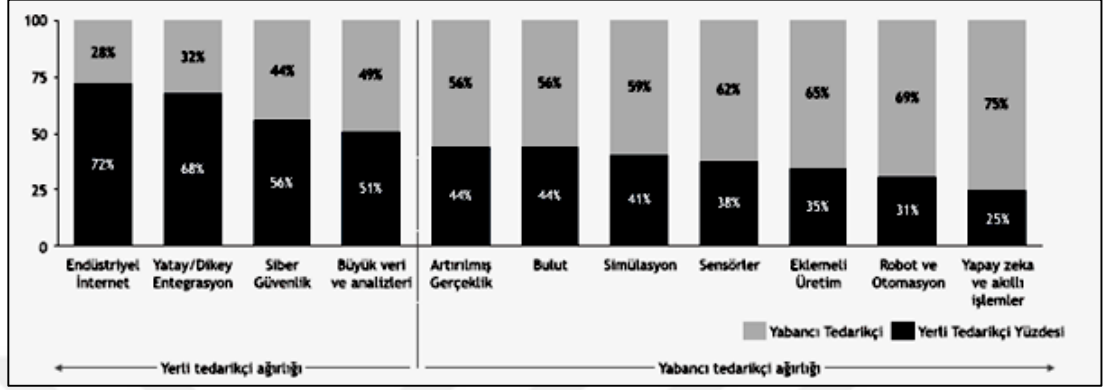
Teknoloji kullanıcısı konumundaki şirketler, dijitalleşme sürecindeki eksikliklerini ve bu doğrultuda önceliklendirmeleri gereken alanları doğru bir şekilde saptayıp gerekli adaptasyonları bir an önce gerçekleştirerek dijital dönüşümlerini tamamlamalı ve yarıştaki yerlerini almalıdırlar.

3.4.3.2. Teknoloji Tedarikçisi Şirketlerin Dijital Dönüşümdeki Durumu

“Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği” raporundan hareketle dijital teknolojilerin tedarikçisi konumunda olan 110 şirket ile yapılan anketlerden elde edilen bulgular ışığında, söz konusu şirketlerin mevcut durumları tespit edilmeye çalışılacaktır. Bu tespitler ise bu ikinci grup şirketlerin, Endüstri 4.0 teknolojilerini teknoloji kullanıcısı şirketlere sağlamaları bakımından; yabancı tedarikçilere göre mukayeseli durumları, ihracat performansları ve karşılaştıkları engellerden hareketle ortaya konulmaya çalışılacaktır.

²⁹² TÜSİAD & BCG, “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği”, Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12 - 589, Aralık 2017, s. 36-49

Grafik 12: Endüstri 4.0'ın Teknolojilerini Tedarikte Yerli Ve Yabancı Şirketlerin Görelî Durumu



Kaynak: BCG, a.g.e., s. 50

Grafik 12'ten yerli şirketlerin tedarik yetkinliğinin yüksek olduğu teknoloji alanlarının, Endüstri 4.0'ın yazılım teknolojileri olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca yerli tedarikçi şirketlerin özellikle yapay zeka ve robot teknolojilerinde tedarik üstünlüğünü yabancı şirketlere kaptırdığı da görülmektedir.

Teknoloji tedarikçisi konumundaki 110 şirketle yapılan bu anket çalışmasında yerli şirketlerin görelî durumu ve ihracat performansları bakımından elde edilen sonuçlar, bu şirketlerin karşılaştığı engeller ile ilgili önemli ipuçları da vermektedir.

Dijital teknoloji tedarikçisi olan yerli şirketler, teknoloji kullanıcısı yerli şirketlerin talep yetersizliğini karşılaştıkları en büyük engellerden biri olarak ifade etmektedir. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar da tedarikçi şirketlerin engel olarak gördükleri bu durumu doğrular niteliktedir. Çünkü yerel teknoloji kullanıcısı şirketler, Endüstri 4.0'ın yazılım teknolojileri hariç donanım ağırlıklı ve yapay zeka, simülasyon gibi gelişmiş teknolojilerinde daha çok yabancı şirketlerle çalıştıklarını belirtmektedir. Bunun temelinde yerli tedarikçilerin, yazılım teknolojileri haricindeki dijital teknolojilere hakimiyet ve yetkinliklerinin düşük kalması yatmaktadır. Bu durum ise yerli teknoloji kullanıcısı şirketler arasındaki iletişim kopukluğunu kısır bir döngü ile beslemektedir.

Yerli tedarikçi şirketlerin mevcut durumu ihracat performansları bakımından incelendiğindeyse bu şirketlerden yalnızca %30'unun ihracat gerçekleştirebilir durumda olduğu görülmektedir. Yine bu şirketlerin %69 gibi büyük bir kısmının da gerçekleştirdikleri ihracatın gelirlerine oranının %1 ile %20 aralığında olduğu, yani ihracat dolayısıyla sağladıkları kazançların çok düşük düzeylerde seyrettiği görülmektedir. Raporda bu durumun nedeni ise teknoloji üreticisi şirketlerin, elde ettikleri gelirlerinin daha çok yerli pazara bağımlı olmasına bağlanmaktadır.

Tedarikçi firmaların karşılaştıkları diğer engeller ise ağırlık derecesine göre şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Dijital dönüşüm ile ilgili farkındalıklarının düşük düzeyde oluşu,
- Finansman yetersizlikleri nedeniyle dönüşümü gerçekleştirebilmede kilit rol oynayan yenilikçi teknolojilere sahip olma düzeylerinin yetersiz kalışı,
- Yüksek donanımlı-kalifiye çalışan eksikliği,
- Dijital teknolojileri gerek tedarik gerekse ihraç etmede yeterli düzeyde teşvikle desteklenmemeleri,
- Dijital dönüşümü sağlayacak inovatif faaliyet ve teknolojik altyapılarının yetersiz oluşu,
- Ulusal standart kriterlerini sağlayamamaları.

Teknoloji tedarikçisi durumundaki yerli şirketlerin karşılaştığı bu engeller, yerel teknoloji kullanıcısı şirketlerle yaşadıkları iletişim kopukluğunu giderecek mekanizmaların hayata geçirilmesi suretiyle çözülebilecektir. Ayrıca yerli tedarikçi şirketlerin düşük yetkinlikte olduğu teknoloji alanlarında yetkinliklerinin artmasını sağlayacak yatırım ve alt yapı dönüşümleriyle bu teknolojileri içselleştirmeleri sağlanabilecektir. Böylece bu şirketler, elde edebilecekleri verimlilik artışlarıyla daha

rekabetçi bir yapıya kavuşarak hem yerel hem de uluslararası piyasalardan aldıkları pazar payını artıracaklardır.²⁹³

3.4.4. Endüstri 4.0'ın Türkiye Ekonomisine Potansiyel İktisadi Etkileri

Endüstri 4.0'ın Türkiye Ekonomisine potansiyel iktisadi etkileri dört başlık altında değerlendirilecektir;

i. İstihdam

Endüstri 4.0'ın istihdam üzerine etkileri her ne kadar tartışmalı olsa ve iktisatçılar bu konuda ikiye ayrılrsa da, yeni teknolojilere adaptasyon gücü yüksek, yazılım teknolojilerine ve kodlamaya hakim bireylere duyulan ihtiyacın artacağı açıktır. Bu nedenle vasıflı işgücüne olan talep artarken, vasıfsız işgücünün yerini yeni teknolojiler alacağından kısa vadede olmasa bile uzun vadede vasıfsız işgücünün bu durumdan %20-30 civarında etkileneceği öngörülmektedir.

ii. Verimlilik

Endüstri 4.0'ın teknolojik unsurlarına gerekli yatırımlar yapılarak bu unsurların içselleştirilmesi ve üretim süreci boyunca bu teknolojilerden başarılı bir şekilde faydalanılması halinde, imalat sanayiinde % 4 ila %7 arasında verimlilik artışları beklenmektedir. Tüm üretim maliyetlerinin dikkate alınarak verimlilik tahminlerinin yapıldığı bu oran, yalnızca dönüşüm maliyetleri dikkate alınarak hesaplandığındaysa % 5 ila %15'leri bulan verimlilik artışları mümkün görülmektedir.

iii. Yatırım

²⁹³ TÜSİAD & BCG, "Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği", Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12 - 589, Aralık 2017, s. 49-52

Yeni endüstriyel dönüşümden saymış olduğumuz kazançların elde edilebilmesi ve bu teknolojilerin üretim sistemlerine entegre edilebilmesi için, Türk üretici firmalarının önümüzdeki birkaç yıl içerisinde otomasyon teknolojilerine yıllık bazda yaklaşık olarak 10-15 milyar TL yatırım yapması gerektiği tahmin edilmektedir.

iv. Büyüme

Esasen Endüstri 4.0'ın ekonomi üzerine diğer tüm potansiyel etkileri iktisadi büyümeyi destekleyecek niteliktedir. Endüstri 4.0 teknolojilerine yapılan her yatırım, hem bu yenilikçi teknolojilere talep oluşturmaları açısından ekonominin talep cephesini hem de bu teknolojilerin üretim sistemlerine dahil edilerek verimliliği artırması durumunda üretimi, dolayısıyla da arz cephesini destekleyerek büyümeye katkıda bulunacaktır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin vaadettiği yüksek katma değerli üretim ve rekabet avantajı ile; imalat sanayiinde yıllık bazda %3'lük bir büyüme, milli gelirde ise %1 ve üzeri bir artış yani yaklaşık 200 milyar liralık bir ek gelir sağlaması öngörülmektedir.²⁹⁴

3.4.5. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Hamleleri

Coğrafi konumu nedeniyle özellikle lojistik alanda, görece ucuz işgücü yapısı ile de emek-yoğun üretimde büyük avantajlara sahip olan Türkiye, yeni sanayi devriminin getirdiği teknolojik gelişmeler ile bu avantajlarını kaybetmemek için dijital dönüşüm adaptasyonunu hiç vakit kaybetmeden güçlendirmek durumundadır. Bu amaçla Ar-ge ve inovasyon faaliyetlerine ağırlık verme gayretinde olan Türkiye, Endüstri 4.0'ı hayata geçirebilmek için altyapı çalışmalarına hız verirken bir yandan da dönüşüm için gerekli ilk adımları atmaktadır.

Türkiye yeni sanayi devrimine adaptasyonunu artırmak ve yol haritasını belirleyebilmek için “Endüstri 4.0 Platformu”nu hayata geçirmiştir bile. Bu amaçla

²⁹⁴ Uğur Salğar, Deniz Dilara Dereli, **a.g.e.**, s. 122

kurulan bir diğerk oluşuma örnek olarak da “Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Derneğı” vermek mümkündür. Türk firmalarının Endüstri 4.0 hamlelerine örnek olarak ise Avrupa’nın en büyük ticari araç üretim merkezi ve Türkiye’nin en büyük ihracatçı şirketi olan Ford Otosan’ın 40’tan fazla akıllı robotu, çok yakın bir gelecekte üretim sistemine dahil edeceğini ilan etmesi verilebilir. Türk firmalarının Endüstri 4.0 hamlelerine diğerk bir örnek ise; Türkiye’nin en büyük beyaz eşya üreticilerinden olan Arçelik’in akıllı otomasyonda kullanmak üzere kendi kendine öğrenme yeteneğı olan 20 adet robotu üreterek yapay zeka teknolojilerindeki ilk adımını atmasıdır.²⁹⁵ Arçelik’in Romanya’da akıllı üretim sistemlerini kullanarak faaliyete geçireceğı çamaşır makinesi fabrikası da bir diğerk Endüstri 4.0 yatırım örneğı olarak verilebilir.²⁹⁶

Yeni endüstriyel dönüşüm için Türkiye’nin gerçekleştirmekte olduğı en önemli hamlelerin başında ise bir diğerkini de üniversiteler ile sanayi bölge/firmaları arasında kurulan işbirlikleri gelmektedir. Akademi ve sanayi arasında kurulan köprüler, her iki tarafın da kalite ve verimliliğini artırmaktadır. Bu işbirliğı sonucu gerçekleştirilen Ar-Ge ve inovasyon faaliyetleri, ülkenin küresel rekabet gücüne önemli katkılar sağlayarak sürdürülebilir bir büyümenin belkemiğini oluşturmaktadır.

Üniversite-sanayi işbirliğine bir örnek olarak Başkent Üniversitesi ile Anadolu Organize Sanayi Bölgesi’nin yürüttüğü rol model verilebilir. Bu işbirliğı kapsamında Başkent Üniversitesi, Anadolu Organize Sanayi Bölgesi’nin gerek ar-ge ve inovasyon kapasitesini artırmak gerekse bölgenin teknoloji transferlerini doğru yönlendirmek amacıyla araştırmacıları, akademik personeli ve sahip olduğı teknik bilgi birikimiyle danışmanlık rolü üstlenmektedir. Anadolu Organize Sanayi Bölgesi ise, Başkent Üniversite’sinin yürüttüğü araştırma projelerine finansal destek

²⁹⁵ Tayfun Zaman, “Çin ‘Sür Rölans’ diyor (3)”, *Turkishtime Dergisi*, 8 Ocak 2018, (Çevrimiçi), <http://www.turkishtimedergi.com/sponsorlu/guler-dinamik/cin-sur-rolans-diyor-3/>

²⁹⁶ “Geleceğın Kavramı “Endüstri 4.0”, Türkiye’de Yerleşiyor”, *Değirmenci Dergisi*, Yıl:11, Sayı:88, Nisan 2017, s. 58

sağlayarak ve üniversitenin öğrencilerine yönelik düzenlediği staj programları ve iş imkanlarıyla işbirliğini desteklemektedir.²⁹⁷

Bu alanda başarılı örneklerden bir diğeri ise Bahçeşehir Üniversitesi ve bilişim teknolojileri alanında hizmet veren NETAŞ A.Ş ortaklığında hayata geçirilen “BAU - NETAŞ Techno Academy”dir. 2015 yılında hayata geçirilen ve hali hazırda ilk mezunlarını vermiş olan bu program, 2018 itibarıyla bilgi-iletişim sektöründe faaliyet gösteren tüm firmalara açık olacaktır. Müfredatı akademisyenler ve netaş mühendisleri ortaklığıyla hazırlanan bu program sayesinde Bahçeşehir Üniversitesi, teknolojik gelişmelerin mühendislik kısmı ile ilgili güncel teorik bilgilerini NETAŞ ile paylaşıırken, NETAŞ da Ar-Ge laboratuvarlarını derslikler için açarak öğrencilere uygulamalı bilgi imkanı sağlamaktadır.

Türkiye’nin Dördüncü Sanayi Devrimi’ne adapte olmasının önündeki en büyük engellerden olan yüksek donanımlı kalifiye işgücü yetersizliği sorununa bir çözüm olarak üniversiteler ve sanayi arasında kurulacak bu mekanizmalar büyük önem taşımaktadır.²⁹⁸

3.4.6. Türkiye İçin Endüstri 4.0 Yol Haritası

Endüstri 4.0’ı yakalayabilmenin en başta gelen koşullarından biri, ekonomik faaliyetler içerisinde yüksek katma değer yaratma potansiyeli ile pozitif ayrıştan sanayi sektöründe dijital dönüşümün gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu nedenle Türkiye dönüşüm yarışında yer almak istiyorsa, hiç vakit kaybetmeden dijital altyapısını güçlendirerek dönüşüm sürecini hızla tamamlamalı ve her alanda dijital yetkinliğini artırmalıdır.²⁹⁹ Bu noktada dijital dönüşüm yatırımları için finansman yetersizliği

²⁹⁷ “Üniversite – Organize Sanayi Bölgesi İşbirliği: Başkent Üniversitesi – Anadolu Organize Sanayi Bölgesi Modeli” http://proje.usimp.org.tr/Files/Documents/arzu_firlarler-nermin_ogul-03082015174100.pdf

²⁹⁸ “Üniversite – Sanayi İşbirliğine Güzel Bir Örnek”, (Çevrimiçi), <http://www.bthaber.com/bilisim-dunyasi/universite-%E2%80%93-sanayi-isbirligine-guzel-bir-ornek/1/25333>

²⁹⁹ Bebek Haber, “Dördüncü Sanayi Devrimi Ve Getirecekleri”, Yıl:4, Sayı:23, s. 19

nedeniyle zaten kısıtlı kaynak ayırabilen Türk sanayi firmalarının, yatırımlarını; fayda-maliyet analizi yaparak kritik gördükleri alanlarda, Endüstri 4.0'ın erişim ve uygulama kolaylığının olduğu ve en fazla getiri sağlayacak teknolojik alanlarda önceliklendirecek stratejik bir yol haritası izlemesi dijitalleşme süreçleri için büyük önem taşımaktadır.

Ancak yapılan araştırmalar, Türk sanayi firmalarının azınlık denilebilecek bir kısmı hariç çoğunun, dijital dönüşüm için net bir stratejik hedeflerinin olmadığını göstermektedir. Dijitalleşme hedefinde olan şirketler, öncelikle uzun soluklu bir sürecin eşiğinde olduklarının farkında olmalıdırlar. Ayrıca dönüşüm için gereksinim duydukları ihtiyaçları, yolculuk boyunca karşılaşılabilecekleri fırsat ve tehditleri bugünden tespit etmeye çalışarak sürecin sürdürülebilirliği için olası alternatif durumlara karşı şimdiden hazırlıklı olmalıdırlar.

Sanayide dijitalleşmenin tamamlanabilmesi için önemli olan bir diğer husus ise; teknoloji tedarikçisi yerli şirketlerin, yabancı tedarikçi rakipleri karşısında güçlenip pazar paylarını artırabilmeleri için inovasyon teşvikleriyle desteklenmeleri gerektiğidir. Ayrıca bu şirketlerin, şirket bazında inovasyon döngüsü oluşturmaları da son derece önemlidir. Bu sayede hem yaratılan değer in ülke içinde kalması sağlanacak hem de teknoloji ithalatı azalacağı için cari açık problemi de hafifleyecektir.³⁰⁰

Dördüncü sanayi devriminin hayatımıza giren ve mevcut teknolojileri hızla kullanılmaz hale getiren yenilikçi teknolojilerinin yol açacağı “yaratıcı yıkım” sürecini en az hasarla atlatabilmek için Türkiye, eski tarz üretim anlayışını terk ederek imalat sanayiini teknoloji yoğun bir yapıya bir an önce kavuşturmalıdır. Ayrıca dönüşüm dalgasını yakalayabilmede imalat sanayii için en fazla fırsatları sunan Endüstri 4.0 teknolojilerinin potansiyelinden yararlanarak önceki sanayi

³⁰⁰ TÜSİAD & BCG, a.g.e., s. 54-59

devrimlerinin aksine ileri teknoloji tüketen ülke durumundan, üreten ve ihraç edebilen bir konumuna yükselmelidir.³⁰¹

Türkiye teknoloji yoğunluğu düşük üretim yapısının kronik bir sorunu olan yüksek katma değer yaratamamasına çözüm olarak ise, katma değerli üretimi imalat sisteminin merkezine oturtma çabasında olan firmaları vergi indirimleriyle destekleyebilir.³⁰² Ayrıca düşük katma değerli üretim tuzağına hapsolunmasının ana nedeni olan son derece düşük inovasyon ve Ar-ge yatırımları, devlet eliyle desteklenerek Türkiye'nin rekabetçiliği üst sıralara taşınmalıdır. Türkiye, ekonomileri ve sanayide yeni dönemi şekillendireceğinin sinyallerini daha şimdiden veren Dördüncü Sanayi Devrimi'ni yakalamak istiyorsa sanayiini inovasyon ve teknoloji odaklı olarak yeniden dizayn etmelidir.³⁰³ Çünkü küresel ekonomiden daha fazla pay alabilmek artık ancak teknolojik üstünlük kurmakla mümkün olabilecektir.

Ancak Endüstri 4.0 için bir yol haritası çizerken, mevcut teknolojik gelişmelerin inovasyon kavramını yeniden şekillendireceğini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Çünkü yeni sanayi devriminin yenilikçi teknolojileriyle şekillenen dijital dönüşüm, inovatif süreçlerin daha verimli olabilmesi için yalnız teknik bilgideki ilerlemeleri değil, rakip dahi olsa paydaşların inovatif faaliyetlerini birbirleriyle paylaşıp iş birliği halinde olmalarını zorunlu kılmaktadır.³⁰⁴

Dijital dönüşümün gerektirdiği etkin inovasyon ve Ar-ge faaliyetlerini gerçekleştirebilmek ve yeni endüstri devrimiyle ihtiyaç duyulan nitelikli çalışan eksikliğini giderebilmek için, Türkiye'nin Endüstri 4.0 yol haritasını belirlerken üzerinde titizlikle durması gereken hususlardan biri hiç şüphesiz eğitimidir. Çünkü endüstriyel dönüşüm sadece üretim ilişkilerini değil, tüm toplumsal yapıyı etkileyen teknolojik gelişmeleri ve eğitimde yeni bir anlayışı gerekli kılmaktadır.

³⁰¹ Sıla Genç, **“Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye”**, Sosyoekonomi Dergisi, Cilt:26, Sayı:36, 2018, s. 240,241

³⁰² Trakya Kalkınma Ajansı, **a.g.e.**, s. 47

³⁰³ Celal Kızıldere, **“Dünya Ekonomik Forumu: Eleştirel Bir Bakış Ve 2016 Davos Zirvesi Değerlendirmesi”**, Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:13, 2016

³⁰⁴ Ceyda Ovacı, **a.g.e.**, s. 124

Türk eğitim sisteminin bilgi toplumunun ihtiyaç duyduğu insan tipini yetiştirme anlayışından uzak olup bireyin ihtiyaçlarına değil, kitlesel eğitim anlayışının getirdiği standartlaşmış kalıplara ağırlık verdiği söylenebilir. Bu mevcut durumu OECD tarafından üçer yıllık periyotlarla gerçekleştirilen ve açılımı “Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı” olan PISA Testi sonuçları da doğrulamaktadır. 15 yaş grubunda yer alan öğrencilerin okulda edindikleri bilgi ve becerileri ölçmeyi amaçlayan bu test, ülkelerin eğitimde sergilediği performans için önemli bir kıstastır. PISA testi raporu sonuçlarına göre Türkiye’nin 72 ülke arasındaki matematik okuryazarlığı, fen bilimleri okuryazarlığı ve okuma becerilerindeki yeterliliği 2012 yılı için sırasıyla 44, 43, 41 olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılına gelindiğindeyse bu sıralamalrda ortalama 6-7 puanlık düşüşler yaşanmış ve Türkiye’nin bu alanlardaki yeterliliği sırasıyla 49, 52, 50 düzeylerine gerilemiştir.³⁰⁵ Ülkelerin inovatif faaliyetlerini eğitim ve yükseköğretimdeki performanslarını da içerecek şekilde çok kapsamlı bir çerçevede ölçmeyi amaçlayan “Küresel İnovasyon Endeksi”nde ise Türkiye 128 ülke arasından 2016 yılında 42., 2017’de ise 43. sırada yer bulabilmiştir.³⁰⁶

Bu sonuçlar Türkiye’nin eğitim alanında yapısal sorunları olduğunu gözler önüne sermektedir. Oysa matematik ve fen bilimleri öncülüğünde hızla gelişen teknolojik gelişmeleri yakalayabilmek için, muhakeme edebilme yeteneğinden uzak bu eğitim anlayışının bir an önce terk edilmesi gerekmektedir. Bunun yerine şimdilerde entelektüel çevrenin “Eğitim 4.0” olarak adlandırmaya başladığı bir eğitim anlayışını benimseyerek eğitimde yapısal reformlar acilen yürürlüğe konulmalıdır. Dönüşümün gerekliliklerini karşılamaktan uzak ezberci eğitim anlayışı yerine, bireylerin sorgulama ve analiz yetenekleri geliştirilmeye çalışılmalıdır. Bu doğrultuda statik değil, dönüşümün etkilerini yansıtabilme kapasitesi yüksek olan dinamik eğitim modelleri tercih edilmelidir. Bu noktada yarı kamusal hizmetler

³⁰⁵ PISA Türkiye- resmi web sitesi- raporlar http://pisa.meb.gov.tr/?page_id=22

³⁰⁶ TİM (türkiye ihracatçılar merkezi), “Küresel İnovasyon Endeksi 2016 Verileri Açıklandı” <http://www.tim.org.tr/tr/basin-odasi-timden-haberler-kuresel-inovasyon-endeksi-2016-verileri-aciklandi.html>

Adana Sanayi Odası “Küresel İnovasyon Endeksi 2017”, s. 2

kategorisinde yer alan eğitim sisteminde hem kamu hem de özel eğitim kurumları, bu gereklilikleri sağlayan bir eğitim stratejisinde uzlaşmalı ve bilimsel projeleri destekleyerek Ar-ge ve inovatif faaliyetlere destekleyip teşvik edecek iş birlikleri içerisinde yer almalıdırlar. Ayrıca eğitim-öğretimi yalnızca belirli bir döneme sıkıştıran ve okulla sınırlı tutan bir eğitim anlayışı yerine ömür boyu öğrenmeyi kültür haline getiren bir vizyonun benimsenmesi elzemdir.

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin gerektirdiği teknolojik adaptasyon gücü yüksek kalifiye bireyler yetiştirebilmek içinse, bilimsel faaliyet ve entelektüel düşüncenin belkemiği olan üniversitelerin, eğitim programlarını yazılım ve kodlama başta olmak üzere bilişim teknolojilerinde dönüşümün gerektirdiği bir vizyonla güncellemeleri gerekmektedir. Ayrıca nano-teknolojiden gen bilimine kadar dönüşümden etkilenecek pek çok alanda, multi-disipliner programların geliştirilerek uluslararası standartların yakalanmaya çalışılması da elzemdir.³⁰⁷

Halihazırda otomotiv sektöründe kullanmakta olduğumuz Endüstri 4.0 unsurlarını, dijitalleşme sürecinin tamamında bir bütün olarak yakalayıp ekonominin diğer sektörlerinde de uygulayabilmek için tüm bu hamlelerin yanı sıra, veriye dayalı bir ekonominin güvenliğini sağlayabilmek adına gerekli hukuki alt yapıyı bugünden sağlamak büyük önem taşımaktadır. Çünkü Endüstri 4.0'ın gerektirdiği veri odaklı üretim süreçleri ve faaliyetleri, ekonomik fırsatlardan yararlanmak için siber güvenlik problemlerini aşmayı zorunlu kılmaktadır.³⁰⁸

3.4.7. Endüstri 4.0 İçin Paydaşlara Düşen Görevler

Yeni endüstriyel devrim için sunulan bu yol haritası, ancak ekonomideki tüm paydaşların desteği ve dönüşümün tüm alanlarda gerçekleşmesini mümkün kılacak bütüncül bir vizyonla hayata geçirilebilecektir. Çünkü yeni sanayi devriminin etkileri yalnızca ekonomik boyutla sınırlı kalmayıp yaşamın tüm alanlarını derinden

³⁰⁷ Erdinç Yazıcı, Hıdır Düzkaya, **a.g.e.**, s. 64,82

³⁰⁸ Ahmet Fazıl Özsoylu, **"Endüstri 4.0"**, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, Cilt:21, Sayı:1, 2017, s. 57

etkileyecek olan bu dönüşüm; iktisadi, hukuki ve eğitim altyapısında gerçekleştirilecek yapısal reformlarla ve etik değerlerin dikkate alınmasıyla başarıya ulaşabilecektir. Bu noktada kamu otoritesi ve diğer paydaşları oluşturan özel sektör ve akademiye büyük görevler düşmektedir.

Dijital dönüşümü gerçekleştirmede özellikle kamuya büyük görevler düşmektedir. Türkiye'nin dijitalleşme yetkinliğine dair yapılan araştırma sonuçları göstermektedir ki; Türk sanayi firmalarının büyük çoğunluğu dönüşümü gerçekleştirebilmek için net stratejik hedeflere sahip değildirler. Kamu kurumları bu doğrultuda, rehberlik ve danışmanlık misyonu yüklenerek sanayi firmalarının dijital olgunluk seviyesinin ve farkındalıklarının artabilmesi için, ihtiyaçları doğrultusunda gerekli eğitim programları ve teşvik mekanizmalarını sunmalıdır. Bu noktada örneğin Singapur'un teknoloji enstitüleri ve girişimcileri bir araya getiren modeli gibi projeler geliştirmek son derece faydalı olacaktır.

Yeni endüstri devrimiyle birlikte imalat sanayiinde giderek daha fazla ihtiyaç duyulan beşeri sermaye ihtiyacını karşılama hususunda da kamu kurumları, bu kalifiye işgücünü yetiştirebilmek için sanayide istihdam edilenlere ücretsiz eğitimler gerçekleştirerek ya da şirketlerin bu yöndeki çalışmaları için teşvikler vererek maliyet yüklerini azaltabilecektir. Ayrıca imalat sanayiinde, özellikle ileri teknoloji ürün üretim ve ihracatında faaliyet gösteren şirketler için çeşitli vergi indirimleri uygulanarak yatırım ve finansman darboğazları giderilebilecektir.

Sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmaların dijital dönüşümlerini hızlandırabilmeleri için organize sanayi bölgelerinde akıllı otomasyonun hızla içselleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda bu için bu bölgelerin internet altyapısının hem telekomünikasyon alanında hizmet veren özel şirketlerin hem de kamunun işbirliği ile güçlendirilip devamlı olarak güncellenmesi de önem arz eden diğer bir husustur.

Kamunun dönüşümü destekleyebileceği bir diğer alan ise tersine beyin göçü olgusu ile alakalıdır. Devletin, ülkenin kısıtlı imkanlarıyla bin bir zahmet ve

maliyetle yetiştirilen vasıflı işgücünü, uygun çalışma ortamı ve çeşitli teşviklerle ülkeye yeniden kazandırabilmesi durumunda teknolojik adaptasyon gücü yüksek bu kalifiye işgücü dönüşüm sürecini ivmelendirecektir.

Yeni sanayi devriminin gerektirdiği yüksek donanımlı bireyler yetiştirebilmek için üniversitelere düşen görevler arasında ise yazılım ve kodlama uygulamalarına yönelik derslerin yalnızca mühendislik fakültelerinde değil, ihtisas alanı ne olursa olsun bilişim teknolojileri çağında işgücü piyasasında yerini alacak tüm öğrencilerin müfredatına dahil edilmesi, yeni teknolojilerin istihdamda yol açacağı olumsuzlukları bertaraf edebilmede son derece önemlidir.

Tıpkı Almanya, Japonya gibi sanayi sektöründe dijitalleşmeyi büyük oranda tamamlamış, dijital olgunluk seviyesi yüksek ülkelerde olduğu gibi sanayi ve akademi arasındaki işbirliğini güçlendirebilmek için, kamu- özel sektör- akademi üçgeninin desteği ile yüksek teknoloji enstitülerinin kurulması sağlanabilir.³⁰⁹ Ayrıca yeni bilgi üretimi ve teknolojik ilerlemeler ekseninde Türkiye'nin rekabet gücünü artırabilmek için, bu üçgen arasında kurulacak bir koordinasyonla, Ar-ge ve inovasyon merkezleri oluşumlara zemin hazırlayan teknoparkların kurulması da paydaşlara düşen önemli görevler arasındadır.³¹⁰

³⁰⁹ TÜSİAD & BCG, **a.g.e.**, s. 65-67

³¹⁰ İTÜ ARI Teknokent, **"Teknopark Nedir?"**, <http://www.ariteknokent.com.tr/tr/nerede/teknopark-nedir>

SONUÇ

Büyük teknolojik gelişmeler sonrası gerçekleşen sanayi devrimleri toplumsal ve ekonomik dönüşümleri de beraberinde getirmektedir.

İlk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda teknoloji projelerinden biri olarak tanıtılan Endüstri 4.0, akabinde Alman hükümetinin yeni sanayi stratejisi olarak benimseyip desteklemesiyle kavramsallık sınırını aşarak resmi bir niteliğe bürünmüştür. Almanya'nın öncülüğünde ortaya çıkan bu son endüstriyel devrim, kısa zamanda tüm dünyanın ilgisini çekerek sosyal, ekonomik ve toplumsal açılardan ülkelerin öncelikli gündemine oturmayı başarmıştır.

“Endüstri 4.0”, “Nesnelerin İnterneti”, “Her Şeyin İnterneti”, “Endüstriyel İnternet” olarak da farklı tanımları bulunan Dördüncü Sanayi Devrimi, siber-fiziksel sistemlerin devreye girmesi ile üretimde fiziksel ve sanal dünyanın entegrasyonunu sağlayarak tüm dünyayı yepyeni bir çağın eşiğine getirmiştir. Üretim sistemleri ve iş modelleri üzerine doğrudan ve dolaylı pek çok etkide bulunan Endüstri 4.0'ın iktisadi etkileri asıl olarak; istihdam, verimlilik, yatırımlar ve ekonomik büyüme alanlarında kendini hissettirecektir.

Endüstri 4.0'ın istihdam üzerine etkileri tartışmalı bir konu olup bazı iktisatçılar teknolojik gelişmelerin meslek kayıplarına yol açabileceği görüşünü savunurken, bir kısmı da bu gelişmelerin emeği tamamlayıp verimliliğini artırdığı için uzun vadede yeni iş alanları yaratarak kısa vadede neden olduğu işsizliği bertaraf edeceği fikrindedir. Ancak vasıfsız emeğe olan talebin azalacağı gerçeği ise hemen herkes tarafından kabul görmektedir. Endüstri 4.0'ın iş kayıplarına yol açıp küresel işsizliği artıracığı endişeleri üzerinde duran iktisatçılar olsa da insan emeği için birçok yeni görevler ve yeni meslek ünvanlarının ortaya çıkmasına tanıklık etmekteyiz. Özellikle mühendislik ve yazılım alanları başta olmak üzere veri yöneticileri ve analistlerine, bilgisayar destek uzmanlarına kadar pek çok alanda yeni iş imkanları doğmaktadır.

Aynı şekilde Endüstri 4.0 teknolojilerinin büyük verimlilik artışı sağlayacağı konusu da her ne kadar iktisatçıların çoğu aynı görüşte içinde olsa da dijital teknolojilerin ekonomi ve özellikle de verimlilik üzerindeki etkisi iktisatçıların arasında tartışmalı bir konudur. BİT'te 1980 ve 90'ların başında kimselerin tahmin edemeyeceği verimlilik artışları kaydedilse de 2008 küresel kriziyle birlikte bu kazanımlar büyük oranda kayba uğramış ve verimlilik düşüşleri yaşanmıştır. Ancak teknolojik gelişmelerin verimlilik üzerine etkisinde karamsar bakış açısına sahip olanlar, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve özellikle bazı iktisatçıların yeni bir üretim faktörü olarak değerlendirdiği yapay zekanın gücünü ve ekonomik büyümeye katkısını ihmal etmektedirler. Yapay Zeka ayrıca işgücünün verimliliğini de önemli ölçüde artırmayı vaat etmektedir. Yapılan çalışmalar 2035 yılına gelindiğinde Yapay Zeka'nın işgücü verimliliğini %40'a kadar artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yıllık bazda yaklaşık %4 verimlilik getirisi sağlayacağı öngörülen Endüstri 4.0 teknolojilerinin, bu verimlilik artışı ile kendisine yapılan yatırımları 3 ila 5 yıl arasında amorti etmesi beklenmektedir.

Endüstri 4.0'ın yatırımlar üzerindeki etkisi ise dolaylı bir şekilde gerçekleşmektedir. Refah düzeyinde büyük artış sağlayacağı öngörülen Endüstri 4.0'ın, gelir artışlarıyla birlikte tasarruf imkan ve oranlarını artırması beklenmektedir. Tasarruf yetersizliği çeken ekonomiler bu sayede yatırım darboğazını aşabilecek ve yatırım oranlarını artıracaktır. Bu tasarruf miktarı artışı ile ülkeler ayrıca sıcak paraya olan bağımlılıklarına da çözüm bulabileceklerdir.

Endüstri 4.0'ın çığır açan yenilikçi teknolojileri özellikle sağladığı verimlilik artışı, yüksek kalite ve maliyet avantajı ile yeni dönemde iktisadi büyümenin itici gücü olacaktır. Yapılan çalışmalar Endüstri 4.0 teknolojileri ile akıllı fabrikalar ile otomasyona dayalı üretim sayesinde 2065 yılına kadar küresel ekonomik büyümenin yıllık 0,8 ila 1,4 puanlık artışlarla ivme kazanacağını tahmin etmektedir. Örneğin IoT'nin önümüzdeki 15 yıl içinde GÜ ve GOÜ'lerin kümülatif GSYİH'sına 10,6 trilyon dolarlık bir miktar ekleyebileceğini öngören çalışmalar, Endüstri 4.0 teknolojilerinin büyümeye katkısını göstermesi bakımından önemlidir. Yapılan

alışmalar yeni endüstriyel devrimin bir başka teknolojik unsuru olan yapay zekanın ise 2035 yılına kadar yıllık ekonomik büyümeyi iki katına çıkarma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Endüstri 4.0'ın teknolojik unsurlarına sahip olmada ülke örnekleri incelendiğinde ise endüstriyel robot arzında Çin, Güney Kore ve Japonya'nın önde gelen ülkeler olduğu görülmektedir. Çin'in 87 bin olan robot arzını sırasıyla 41 bin ile Güney Kore 38 bin ile Japonya, 31 bin ile ABD, 20 bin ile de Almanya takip etmektedir. İmalat sanayiinde 10.000 çalışan başına kurulu endüstriyel robot sayısında ise Güney Kore, Almanya ve Singapur'un öncü ülkeler olduğu görülmektedir.

Endüstri 4.0'ın yenilikçi unsurlarından özellikle yapay zeka teknolojileri ve robotiklerin dünya üzerindeki farklı dağılımının ekonomileri ve ülkelerin büyüme performanslarını farklı şekillerde etkileyeceği açıktır. Endüstri 4.0'ın maliyetleri önemli ölçüde düşüren yenilikçi teknolojileri, GÜ'lerin işgücü ucuzluğu nedeniyle üretimlerini Doğu'ya kaydırmalarının önüne geçebilecek ve bu ülkelere, üretimi yeniden menşe ülkeye çekme imkanı gibi büyük bir fırsat sağlayacaktır. Özellikle yapay zeka, robot teknolojisi ve 3D yazıcılardaki teknolojik ilerlemeler nedeniyle dünya üretiminin büyük kısmının Batı'ya çekilmesi durumunda, gelişmekte olan ülkeler finansman bulmada büyük zorluklar çekecektir. GOÜ'ler, finansman sıkıntısı yaşamaları durumunda ise ciddi anlamda yatırım darboğazına girecek ve GÜ'lerle aralarında bulunan fark daha da şiddetlenmesi riskiyle karşı karşıya kalacaklardır.

Dijital dönüşüm yetkinliğinde ülke örnekleri incelendiğindeyse özellikle Çin firmalarının dijital dönüşüme oldukça hazırlıklı olduğu ve dönüşümü hayata geçirmede hayli başarılı olduğu görülmektedir. ABD'deki sanayi firmalarının büyük çoğunluğunun ise dönüşüme kendilerini hazır hissetmedikleri ve sanayide Endüstri 4.0 konseptlerini yeterince geliştiremedikleri anlaşılmaktadır. Almanya'nın ise fizibilite çalışmalarını ve ilk konsept uygulamalarını büyük oranda gerçekleştirdiği ancak firmaların %18'inin hâlâ dönüşüme kendilerini hazır hissetmediklerini görülmektedir.

Türkiye'nin dijital dönüşüm yarışındaki yerini ve Türk imalat sanayiinin mevcut durumunu tespit edebilmek için ise; imalat sanayiinin teknolojik yapısı etraflıca incelenmiştir. Veriler ışığında Türk imalat sanayiinde gerçekleştirilen üretimin büyük çoğunluğunun düşük teknoloji ürünlerde yoğunlaştığı, ileri teknoloji üretim payının ise son derece düşük düzeyde seyrettiği görülmektedir. Bu durum, dijital dönüşüm yarışında geri kalmamak için üretim teknolojisi bakımından imalat sanayiinde köklü ve yapısal dönüşümlerin acilen gerçekleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Türk imalat sanayiinin mevcut durumunu değerlendirmede diğer önemli bir gösterge olan yaratılan katma değer teknolojik düzeylere göre dağılımı incelendiğindeyse; ağırlıklı olarak düşük ve orta-düşük teknoloji ürünlerin üretimine yoğunlaştığı, ileri teknoloji yoğunluklu sektörlerde yaratılan yüksek katma değer ise son derece düşük seviyelerde gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum Türkiye'nin sahip olduğu avantajlarını koruyabilmesi ve küresel rekabet yarışında söz sahibi olabilmesi için, imalat sanayiinde orta-yüksek ve yüksek teknoloji yoğunluğuna kavuşmasını sağlayacak dönüşümleri bir an önce yapması gerektiğini göstermektedir.

İmalat sanayiinde gerçekleştirilen dış ticaretin teknoloji düzeyi incelendiğindeyse ihracatta en büyük payın düşük teknoloji yoğunluğundaki ürünlere ait olduğu görülmektedir. İmalat sanayiinin gelişmişlik düzeyi hakkında önemli bir gösterge olan ve hasılaya en fazla katkı sağlayan yüksek teknoloji ürün ihracatında ise yıllar itibariyle kayda değer bir artış yakalanamadığı görülmektedir. İmalat sanayii dış ticaretinin teknolojik yapısı ithalat cephesinden değerlendirildiğinde ise, gerçekleştirilen ithalatın genel olarak orta düzey teknoloji ürünlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Orta-düşük ve orta-ileri teknoloji ürün ithalatının bu yüksek payı, Türkiye'nin ara malı ithalatına olan bağımlılığını artırmaktadır. Ara malı ithalatına olan yüksek bağımlılık cari açık problemini kronikleştirmekte, bu durum ise Türkiye'nin sürdürülebilir bir büyüme gerçekleştirmesinin önünde her zaman bir tehdit unsuru olarak durmaktadır. Veriler ayrıca düşük teknoloji düzeyi hariç diğer

tüm teknoloji yoğunluklarında gerçekleştirilen ihracatın ithalatı karşılayamadığını göstermektedir. Bu husus ise için dış ticaret açığını ve cari açığı beslemesi bakımından önem arz etmektedir.

Özetle Türk imalat sanayiinin sergilediğimiz bu mevcut yapı, teknolojik gelişmelerin, imalat sanayiini geleneksel üretime dayandıran ekonomileri zorlamasıyla birlikte Türkiye'nin küresel rekabet gücünü tehdit önemli bir unsurdur. Bu bağlamda imalat sanayiinde gerekli dönüşümleri gerçekleştirecek ve teknoloji yoğun bir üretim tarzına geçilmesini sağlayacak sanayi ve teknoloji politikalarını destekleyecek teşvik ve sübvansiyonların hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'nin imalat sanayiinde ihtiyaç duyduğu bu yapısal dönüşümleri gerçekleştirebilmesi, teknolojik gelişmeleri üretim sistemlerine ne ölçüde entegre edebildiğindeki başarısına bağlı olacaktır. Sürdürülebilir ve istikrarlı bir iktisadi büyüme de ancak bu dinamiklerden beslenen bir yapı ile mümkün olabilecektir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim süreç ve sistemlerine entegre edilmesi durumunda Türk imalat sanayiinin aleyhine olan mevcut trendin değişmesinde büyük fırsatlar elde edilebilecektir. Örneğin Endüstri 4.0'ın teknolojik unsurlarından başarılı bir şekilde faydalanılması halinde imalat sanayiinde %4 ila %7 arasında verimlilik artışları elde edilebilecektir. Tüm üretim maliyetlerinin dikkate alınarak verimlilik tahmininin yapıldığı bu oran, yalnızca dönüşüm maliyetleri dikkate alınarak hesaplandığıdaysa %5 ila %15'leri bulabilecektir. Endüstri 4.0 teknolojileri, vadettiği yüksek katma değerli üretim ve rekabet avantajıyla ise; imalat sanayiinde yıllık bazda %3'lük bir büyüme, milli gelirde ise %1 ve üzeri bir artış sağlayabilecektir.

Bu motivasyonla Türkiye coğrafi konumu nedeniyle özellikle lojistik alanda, görece ucuz işgücü yapısı ile de emek-yoğun üretimde sahip olduğu avantajları, yeni sanayi devriminin getirdiği teknolojik gelişmeler ile kaybetmemek için dijital dönüşüm adaptasyonunu hiç vakit kaybetmeden sağlamalıdır. Bu doğrultuda Ar-Ge,

inovasyon faaliyetlerine ve Endüstri 4.0'ı hayata geçirebilmek için altyapı çalışmalarına hız ve ağırlık verilmelidir. Ayrıca düşük katma değerli üretim tuzağına hapsolunmasının esas nedeni olan düşük düzey inovasyon ve Ar-Ge yatırımları, devlet eliyle desteklenerek Türkiye'nin rekabetçiliği üst sıralara taşınmalıdır.

Özetle Türkiye dijital dönüşüm yarışında yer alabilmek için hiç vakit kaybetmeden dijital altyapısını güçlendirerek dönüşüm sürecini hızla tamamlamalı ve her alanda dijital yetkinliğini artırmalıdır. Bu noktada dijital dönüşüm yatırımları için finansman yetersizliği nedeniyle zaten kısıtlı kaynak ayırabilen Türk sanayi firmalarının yatırımlarını fayda-maliyet analizi yaparak kritik gördükleri alanlarda ve özellikle Endüstri 4.0'ın erişim ve uygulama kolaylığının olduğu ve en fazla getiri sağlaması beklenen teknolojik alanlarda önceliklendirecek bir yol haritası izlemesi dijitalleşme süreçleri için büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Accenture (2016). “Accenture Turkey Digitization Index” Raporu, **Accenture Türkiye**, İstanbul, (Çevrimiçi), <https://www.accenture.com/tr-en/insight-accenture-digitization-index-report-2016>
- Adalı, Eşref (2017). “İnsanlaşan Makineler ve Yapay Zeka”, **İTÜ Vakfı Dergisi**, Sayı:75, s. 8-13.
- Akça, Fatma (2014). Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama, **Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, Sivas.
- Aksoy, Suat (2017). “Değişen Teknolojiler Ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0’ı Anlamaya Dair Bir Giriş”, **Sosyal Araştırmalar Vakfı - Katkı**, Sayı 4, s. 34-4, (Çevrimiçi), <http://katki.org/wp-content/uploads/2017/05/SAVKatki4.pdf>
- Alçın, Sinan (2016). “Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”, **Journal of Life Economics**, Cilt:3, Sayı:2, s.19-30.
- Alkan, Muhammed Ahmet. (2018). “**Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim**”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/>
- Altın, Onur ve A. Ayşen Kaya (2009). “Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi”, **Ege Akademik Bakış**, Sayı:9, Cilt:1, s. 251-259
- Andrew Berg, Edward F. Buffie ve Luis-Felipe Zanna. (2016). "Robots, Growth, and Inequality." IMF, Finance and Development, cilt:53, sayı: 3, s.10-13.
- Apaydın, Ethem, (2011). “Sanki Yapay Zeka Gerçek Oluyor”, **Bilişim Dergisi**, Sayı: 133, s. 73-77.

- Arısoy, İbrahim (2011). “Fiziksel Sermaye Yatırımları ve Büyüme İlişkisinin AK Modeliyle Sınanması: Türkiye Örneği (1968-2006)”, **Maliye Dergisi**, Sayı: 161, s.283-297.
- Ateş, Sanlı (1998). “Yeni İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Ekonomisinin Büyüme Dinamiklerinin Analizi”, **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Doktora Tezi**, Adana.
- Avcı, Mehmet v.d., (2016). “Türk İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı Üzerine Bir Değerlendirme”, **Sosyal Ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi**, Cilt: 17, Sayı: 36, s. 49-66.
- Aydemir, Halit (2018). “Sanayi 4.0 Ve Türkiye Ekonomisi Açısından Etkileri”, **Sosyoekonomi Dergisi**, Cilt: 26, Sayı:36, s. 253-261
- Aydın, Adil (2016). “Ar-Ge’ye Dayalı İçsel Büyüme Modelinin Türkiye Örneği”, **Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, Antalya.
- Baykal, Bilgehan (2007). “İnovasyon Ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi: Türkiye”, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.
- Bayraktar, Keriman Yıldırım (2009). “İçsel Büyüme Teorisi Açısından İnsan Sermayesinin Büyüme Üzerine Etkisinin Analizi: Türkiye Örneği”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Genel İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İzmir
- BCG (2015). “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, **The Boston Consulting Group**, (Çevrimiçi), https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx

- Bebka Haber, (2017), “Dördüncü Sanayi Devrimi Ve Getirecekleri”, **Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı**, Yıl:4, Sayı:23, (Çevrimiçi), https://www.bebka.org.tr/admin/datas/yayins/174/bebkasayi-23-web_1512050018.pdf
- Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2017), “IV. Sanayi Devrimi Ülke İncelemeleri Amerika Birleşik Devletleri”, **Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi**, Sayı:341, Ankara, (Çevrimiçi), <http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/iv-sanayi-devrimi-ulke-incelemeleri-amerika-birlesik-devletleri/9408>
- Birinci, Eda (2015). Ar-ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: İçsel Büyüme Modeli Zaman Serisi Analizi, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.
- Boratav, Korkut (2009). **Türkiye İktisat Tarihi**, 13. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara.
- Bozan, Mahmut (2012). “Lisansüstü Eğitimde Nitelik Arayışları”, **Sosyal Ve Beşeri Bilimler Dergisi**, Cilt: 4, No: 2, s. 177-187.
- Bozkurt, Kurtuluş (2007). “İçsel Büyüme Modelleri Bağlamında Türk İmalat Sanayinde Teknolojik Gelişme ve Ekonomik Büyüme”, **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar**, Cilt: 44, Sayı:513, s.71-81.
- Bulut, Canan, (2016) “Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/> (Erişim tarihi: 05.03.2018).
- Bulut, Ela ve Taner Akçacı (2017). “Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, **ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi**, Cilt:4, Sayı: 7, s. 55-77.

- Kesayak, Burak (2016) “4D Yazıcılar Ve Akıllı Malzemeler”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/4d-yazicilar-ve-akilli-malzemeler/> (Erişim Tarihi: 05.03.2018).
- Capital. (2013). “Akıllı Fabrikayla Verimlilik Devrimi”, **Capital Dergisi**, (Çevrimiçi), <https://www.capital.com.tr/yonetim/liderlik/akilli-fabrikayla-verimlilik-devrimi> (Erişim tarihi: 02.03.2018).
- Cengiz, Orhan (2013). Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Japonya Örneği, **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, Adana.
- Çelik, Buket (2003). “Yapay Zeka, Ömer Civalek’le Söyleşi”, **Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi**, Sayı:423, s. 40-50.
- Çelik, Ezgi Ece (2017). "İnsan ve Sonrası." **Felsefi Düşün Akademik Felsefe Dergisi**, Sayı: 9, s. 1-14.
- Çiftçi, Cemil ve Gökhan Aykaç (2011). “İçsel Büyüme Modelleri ve Küreselleşme Sürecinde Gelişmekte Olan Ülkelerin Konumları”, **Sosyoekonomi Dergisi**, Cilt:14, Sayı:14, s. 159-180.
- Çubukcu, Ahmet ve Şahin Bayzan (2013). “Türkiye’de Dijital Vatandaşlık Algısı ve Bu Algıyı İnternetin Bilinçli, Güvenli ve Etkin Kullanımı ile Artırma Yöntemleri”, **Middle Eastern & African Journal of Educational Research**, Cilt: 55, s. 148-174.
- Dalkılıç, Hasan (2018) “Japonya Endüstri 4.0’ın Rol Modeli Olma Yolunda”, (Çevrimiçi), <https://www.dunyahalleri.com/japonya-endustri-4-0in-rol-modeli-olma-yolunda/> (Erişim Tarihi: 14/06/2018).
- Davies, Ron, (2015) “ Industry 4.0 Digitalization For Productivity And Growth”, **European Parliamentary Research Service (EPRS)**, Briefing- Eylül 2015, s.1-10,

(Çevrimiçi),[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

Değirmenci Dergisi (2017). “Geleceğin Kavramı “Endüstri 4.0”, Türkiye’de Yerleşiyor”, **Değirmenci Dergisi**, Yıl:11, Sayı:88.

Dirican, Cüneyt (2015). “Teknolojik Gelişmelerin Ve Yapay Zeka Çalışmalarının Pazarlama Bilimine Etkileri”, **Journal of Management, Marketing and Logistics**, Cilt:2, Sayı:3, s. 178-190.

Duran, Alper (2018). “Dünyada Endüstri 4.0’ Öncülük Eden 3 Ülke: Almanya, ABD ve Japonya”, **Magg4 Endüstri Danışmanlık Şirketi** (Çevrimiçi), <https://magg4.com/dunyada-endustri-4-0a-onculuk-eden-3-ulke-almanya-abd-ve-japonya/> (erişim tarihi: 02.06.2018)

EBSO (2015). “Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek!”, **Ege Bölgesi Sanayi Odası**, Araştırma Raporu, İzmir. (Çevrimiçi) http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf

EBSO, (2015). "Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek.", **İzmir: Ege Bölgesi Sanayi Odası**, s. 1-52.

Ege, Börteçin (2014). “4. Endüstri Devrimi Kapıda Mı?”, **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**, Mayıs, s. 26-29.

Elçi, Şirin (2006). **İnovasyon Kalkınmanın ve Rekabetin Anahtarı**, 7. Baskı, Nova Yayınları, Ankara.

Ercan, Nihal Yener (2000).“İçsel Büyüme Teorisi: Genel Bir Bakış”, **Planlama Dergisi**, Özel Sayı- DPT’nin Kuruluşunun 42. Yılı, s. 129-138

Erdoğan, Seyfettin ve Şerif Canbay (2016). “İktisadi Büyüme ve Araştırma & Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme” , **Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 4, Sayı 2, s.29-43

- Fırat, Seniye Ümit (2016). “Sanayi 4.0 Dönüşümü Nedir? Belirlemeler ve Beklentiler”, **Global Sanayici Dergisi**, ÇOSB Yayın, Haziran 2016
- Fırat, Seniye Ümit, v Oktay Zihni Fırat (2017). “Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”, **Toprak İşveren Dergisi**, Sayı: 114, s.10-23.
- Fırlarer, Arzu, Nermin Özgülbaş ve M. Abdülkadir Varoğlu, (t.y) “Üniversite – Organize Sanayi Bölgesi İşbirliği: Başkent Üniversitesi – Anadolu Organize Sanayi Bölgesi Modeli” **ÜSMP**, (Çevrimiçi) http://proje.usimp.org.tr/Files/Documents/arzu_firlarer-nermin_ogul-03082015174100.pdf
- Gabaçlı, Nihal, ve Meral Uzunöz (2017). “IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 Ve Otomotiv Sektörü”, **International Congress on Politic, Economic and Social Studies Kongre Bildirisi**, Ankara, 9-11 Kasım.
- Genç, Sıla (2018). “Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye”, **Sosyoekonomi Dergisi**, Cilt:26, Sayı:36, 2018, s. 235-243
- Gerguri, Shqipe, ve Veland Ramadani (2019). “The Impact of Innovation into the Economic Growth”, **MPRA Dergisi**, Paper No: 22270.
- Gümüş, Yiğit (2015). “Geçmişten Geleceğe Türkiye’nin Sanayileşmesi”, **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar Dergisi**, Sayı: 603, s. 113-118.
- Günay, Durmuş (2002). “Sanayi Ve Sanayi Tarihi”, **Mimar ve Mühendis Dergisi**, Sayı:31, İstanbul, s. 8-14.
- Hobsbawm, Eric John (1998). **Sanayi ve İmparatorluk**, Dost Kitabevi Yayınları, Çev. Abdullah Ersoy, Ankara.
- IFR, (2017), “Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots” **IFR Press Releases**, (Çevrimiçi),

https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

IFR, (2017), “How Robots Conquer Industry Worldwide”, **IFR Press Conference**, 27 September 2017 (Çevrimiçi) https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf

IFR, (2018), “Robot Density Rises Globally”, **IFR Press Releases**, Frankfurt, 7 Şubat 2018, (Çevrimiçi), <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>.

İnci, Alp Gökhun (2009). İçsel Büyüme Modeli Çerçevesinde Türkiye’de Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeyle İlişkisi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, Ankara.

İşbakan, Buğrahan (2017). “Toplum 5.0 Japonya Endüstri Devrimi”, **Türkçe Yayın Platformu**, (Çevrimiçi) <https://medium.com/t%C3%BCrkiye/toplum-5-0-japonya-end%C3%BCstri-devrimi-83395fefda62>

İTO (2018). “ ‘Çip’ Savaşları”, **İstanbul Ticaret Odası**, İstanbul. (Çevrimiçi) https://www.itohaber.com/haber/guncel/208100/cip_savaslari.html

İTÜ ARI Teknokent, (2018) “Teknopark Nedir?”, (Çevrimiçi), <http://www.ariteknokent.com.tr/tr/nerede/teknopark-nedir>

Kahraman, Hakan (b), “Endüstri 4.0 İle Katmanlı Üretim”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/> (Erişim Tarihi: 01.03.2018).

Kahraman, Hakan (c), “Kendinden Organize Dijital Fabrikalar”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/kendinden-organize-dijital-fabrikalar/> (Erişim Tarihi: 05.03.2018).

- Kahraman, Hakan (2016). “Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> (Erişim Tarihi: 02.03.2018).
- Kalça, Adem ve Yeşim Atasoy (2008).“Ekonomik Büyüme Aracı Olarak Bilgi Yayılımları Ve İnovasyon”, **Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi**, Cilt:3, Sayı:2, s. 95-110.
- Karabulut, Alparslan, (2007). "Türkiye’deki İşsizliği Önlemede Aktif İstihdam Politikalarının Rolü ve Etkinliği." **Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**.
- Karagül, Mehmet (2002). **Beşeri Sermayenin İktisadi Gelişmedeki Rolü ve Türkiye Boyutu**, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Kavak, Çiğdem (2009).“Bilgi Ekonomisinde İnovasyon Kavramı ve Temel Göstergeleri”, **Akademik Bilişim Konferansları**, XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 11-13 Şubat 2009 Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, (Çevrimiçi), http://ab.org.tr/ab09/kitap/kavak_inovasyon_AB09.pdf
- Kaynak, Muhteşem (2011). **Büyüme Teorileri**, 2. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Keleşoğlu, Serkan ve Nurdan Kalaycı (2017). “Dördüncü Sanayi Devriminin Eşiğinde Yaratıcılık, İnovasyon ve Eğitim İlişkisi”, **Yaratıcı Drama Dergisi**, Cilt:12, Sayı:1, s.69-85.
- Kılıç, Sabiha ve Reha Metin Alkan (2018). “Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya Ve Türkiye Değerlendirmeleri”, **Girişimcilik İnovasyon Ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi**, Cilt:2, Sayı:3, s. 29-49
- Kıraçlar, Fatma Kaya (2005). Ekonomik Büyüme Modellerinde Beşeri Sermaye: İçsel Büyüme Modelinin Analizi, **Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, Kayseri.

- Kızıldere, Celal (2016). “Dünya Ekonomik Forumu: Eleştirel Bir Bakış Ve 2016 Davos Zirvesi Değerlendirmesi”, **Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı:13, s. 192-199.
- Kibritçiöğlu, Aykut(1998). İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri, **Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 53, Sayı: 1-4, s.208-230.
- Körner, Kevin v.d. (2018). “Digital Economics: How AI And Robotics Are Changing Our Work And Our Lives”, **Deutsche Bank Research**, (Çevrimiçi), <https://bit.ly/2n3vY04>
- Kuşçu, Ertan (2015). “Çeviride Yapay Zeka Uygulamaları”, **Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi**, Sayı:30, s. 45-58.
- Küçükcalay, A. Mesut (1997). “Endüstri Devrimi Ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı:2, s. 51-68
- Mankiw , N. Gregory (2010). **Makroekonomi**, Efil Yayınevi, Çev. Ömer Faruk Çolak, 6. Baskı, Ankara.
- Nuroğlu, Elif (2018). “Sanayide Dijital Dönüşüm Yarışında Türkiye’nin Dış Ticareti İçin Fırsatlar ve Tehditler”, **14th International Conference On Knowledge, Economy & Management Proceedings**.
- OECD, (2016). “Main Science and Technology Indicators”, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB
- Ovacı, Ceyda (2017). “Endüstri 4.0 Çağında Açık İnovasyon “, **Maliye Finans Yazıları Dergisi**, Özel Sayı, s. 113-132
- Özel, Hasan Alp (2012). “Ekonomik Büyümenin Teorik Temelleri”, **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 1, s. 63-72.

- Özer, Mustafa ve Necati Çiftçi (2009a). “Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri Ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi”, **SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Sayı:16, s. 219-240.
- Özer, Mustafa ve Necati Çiftçi (2009b). “Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt, Sayı:23, s.
- Özsağır, Arif (2008). “Dünden Bugüne Büyümenin Dinamiği”, **KMU İİBF Dergisi**, Yıl:10, Sayı:14, s.323-331.
- Özsoylu, Ahmet Fazıl (2017). “Endüstri 4.0”, **Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt:21, Sayı:1, 2017, s. 41-64
- Öztürk, Salih ve Deniz Özyakışır (2005). “Türkiye Ekonomisinde 1980 Sonrası Yaşanan Yapısal Dönüşümlerin Gsmh, Dış Ticaret Ve Dış Borçlar Bağlamında Teorik Bir Değerlendirmesi”, **Mevzuat Dergisi**, Sayı: 94, s.1-20
- PISA Türkiye, (2015), “Pisa 2015 Ulusal Raporu”, **PİSA Türkiye ve TCMEB**, (Çevrimiçi), http://pisa.meb.gov.tr/?page_id=22
- Pirim, Harun (2006). “Yapay Zeka”, **Journal Of Yaşar University**, Cilt:1, Sayı:1, s. 81-93.
- Purdy, Mark ve Paul Daugherty (2016). “Why Artificial Intelligence Is The Future of Growth?”, **Accenture Research Company**, (Çevrimiçi), <https://accntu.re/2v9HtaT>
- Purdy, Mark ve Ladan Davarzani (2015). “The Growth Game-Changer:How The Industrial Internet Of Things Can Drive Progress and Prosperity, **Accenture Research CompanyStrategy**, (Çevrimiçi), <https://accntu.re/2vsu517>

Salğar, Uğur, ve Deniz Dilara Dereli (2018). “An Evaluation Of Turkey’s Status In Industry 4.0 (Türkiye Ve Sanayi 4.0: Yapısal Bir Değerlendirme)”, **Current Debates In Economics** , Cilt:18, s. 113-124.

Taban, Sami (2014). **İktisadi Büyüme**, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2014.

Savaşçı, Devran, (2017), “Küresel İnovasyon Endeksi 2017”, **Adana Sanayi Odası**, s. 2

Savrul, Mesut (2014). İnovasyon Ve Teknoloji Taşmalarına Dayalı Ekonomik Büyüme, **İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Doktora Tezi**, İstanbul.

Schwab, Klaus (2017). **Dördüncü Sanayi Devrimi**, Optimist Yayınevi, Çev. Zülfü Dicleli, İstanbul.

Siemens (2014). “Endüstri 4.0 Yolunda”, 2014, (Çevrimiçi) <http://siemens.edergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/assets/common/downloads/publicatio.pdf>

Soyak, Alkan (2017). “Teknolojiye Dayalı Sanayileşme: Sanayi 4.0 Ve Türkiye Üzerine Düşünceler”, **Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Sayı:11, s. 68-83.

Şen, Fulya (2007a). Büyüme ve Dış Ticaret İlişkisi: Türkiye Örneği, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İzmir.

Şen, Fulya (2007b). İçsel Büyüme ve Türkiye’de Yatırım Harcamaları, **Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İzmir.

Şener, Semih, ve Birol Elevli (2017). “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”, **Mühendis Beyinler Dergisi**, Cilt:1, Sayı:2, s. 25-37

- Şimşek, Tolga (2017). “Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler” , **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/>
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2015). “Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi (2015-2018)” **Kalkınmada Anahtar Verimlilik**, Ağustos 2015 Sayı: 320
- Taş, Said (2017). “İnovasyon, Eğitim Ve Küresel İnovasyon Endeksi”, **Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Cilt:1, Sayı:1, s. 99 – 123.
- Taşar, İzzet (2016). **İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Uygulamaları**, Çizgi Kitabevi, Konya.
- Tatar, Hicri Aytaç (2016). Teknoloji Transferi Ve Uygulamaları: Türkiye Örneği, **İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.
- TİM, (2016), “Küresel İnovasyon Endeksi 2016 Verileri Açıklandı”, **Türkiye İhracatçılar Merkezi**, (Çevrimiçi), <http://www.tim.org.tr/tr/basin-odasi-timden-haberler-kuresel-inovasyon-endeksi-2016-verileri-aciklandi.html>
- Torun, Hasan ve Cumhur Çiçekçi (2007). “Innovation: Is The Engine for the Economic Growth?”, **Ege Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt 5.
- Trakya Kalkınma Ajansı (2014). “İmalat Sanayinde Dönüşüm: Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, **Trakya Kalkınma Ajansı**.
- TÜİK: “Ekonomik Faaliyetlere (ISIC, Rev.3) Göre Dış Ticaret İstatistikleri”, (Çevrimiçi) http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=632
- TÜSİAD & BCG (2017). “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği”, Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği ve The Boston Consulting Group, Yayın No: TÜSİAD-T/2017.

- TÜSİAD (2016). “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, **Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği & The Boston Consulting Group**, Yayın no; TÜSİAD-T/2016-03/576, (Çevrimiçi). <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>
- Ülgener, Sabri (1991). **Milli Gelir, İstihdam ve İktisadi Büyüme**, 7. Baskı, Der Yayınları, İstanbul.
- Ünsal, Erdal, **Makro İktisat**, 10. Baskı, İmaj Yayıncılık, Ankara, 2013
- Ünver, Mustafa ve Cafer Canbay (2010). “Ulusal Ve Uluslararası Boyutlarıyla Siber Güvenlik”, **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, Sayı: 438, s. 94-103.
- Üzümcü, Adem (2012). **İktisadi Büyüme**, Beta Yayınları, İstanbul.
- Wikipedia, (2018), “Feodalizm”, (Çevrimiçi), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Feodalizm> .
- World Bank, (2016). “World Development Indicators”, (Çevrimiçi), <https://data.worldbank.org/indicator/IP.PAT.RESD?end=2016&locations=FI-US-TR-JP-EU&start=1995&view=chart>
- World Economic Forum, (2017) “The Fourth Industrial Revolution is About Empowering People, Not the Rise of the Machines”, (Çevrimiçi), <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/the-fourth-industrial-revolution-is-about-people-not-just-machines>
- Yamaç, Kadri (2001). “Nedir Bu İnovasyon?”, **Bilim Eğitim ve Düşünce Dergisi**, Cilt:1, Sayı:3, (Çevrimiçi), <http://www.kadriyamac.com/tr/yazi/guncel/s/11>
- Yardımcı, Pınar (2006). “İçsel Büyüme Modelleri ve Türkiye Ekonomisinde İçsel Büyümenin Dinamikleri”, **Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi**, Sayı 10, Yıl 9, s. 96-115.

- Yazıcı, Erdinç ve Hıdır Düzkaya (2016). “Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?”, **Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama**, Cilt:7, Sayı: 13, s.49-88.
- Yeldan, Erinç (2011). **İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri**, 2. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara.
- Yelis, Burcu ve Volkan İtfaiye (2018). “Akıllı Fabrikalara İlk Adım”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, s.2, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/akilli-fabrikalara-ilk-adim-smartfactorykl/>
- Yıldırım, Faruk (2015). “Teknoloji Ve İnovasyonun İktisadi Arkeolojisi Ve Önemi”, **Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi**, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sayı:324, Ankara, s. 3-8.
- Yıldız Teknopark, (2017). “Geleceği Yapay Zeka Şekillendirecek”, **Yıldız Teknopark Dergisi**, Sayı:18, (Çevrimiçi), <https://www.yildizteknopark.com.tr/kataloglar/techstar-18.pdf>
- Yılmaz, Fatih, (2017). “Dünyada Endüstri 4.0”, **Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu**, (Çevrimiçi), <http://www.endustri40.com/dunyada-endustri-4-0/> (Erişim tarihi: 12.06.2018).
- Yılmaz, Özlem Göktaş (2005). “Türkiye Ekonomisinde Büyüme İle İşsizlik Oranları Arasındaki Nedensellik İlişkisi”, **İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi**, Sayı: 2, s. 63-76.
- Yülek, Murat A. (1997).“İçsel Büyüme Teorileri, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Kamu Politikaları Üzerine”, **Hazine Dergisi**, Sayı: 6.
- Zaman, Tayfun (2018). “Çin 'Sür Rölans' Diyor (3)”, **Turkishtime Dergisi**, (Çevrimiçi), <http://www.turkishtimedergi.com/sponsorlu/guler-dinamik/cin-sur-rolans-diyor-3/> (Erişim tarihi 8.01.2018)