

**TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE
BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:
ENDÜSTRİ 4.0'A YOLCULUKTA
AMPİRİK BİR İNCELEME**

Gizem NAZ
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bülent ALTAY
Şubat, 2023
Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜME
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:
ENDÜSTRİ 4.0'A YOLCULUKTA AMPİRİK BİR
İNCELEME

Hazırlayan
Gizem NAZ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Bülent ALTAY

AFYONKARAHİSAR 2023

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Teknolojik İlerlemenin İşsizlik Ve Büyüme Üzerindeki Etkileri: Endüstri 4.0’a Yolculukta Ampirik Bir İnceleme**” adlı çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde bilimsel etik kurallara ve atıf gösterme ilkelerine riayet ettiğimi belirterek aksi bir durumun tespiti hâlinde sorumluluğun tamamen bana ait olduğunu kabul, beyan ve taahhüt ederim.

16/02/2023

imza

Gizem NAZ

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENSTİTÜ ONAYI

Öğrencinin	Adı- Soyadı	Gizem Naz
	Numarası	190655102
	Anabilim Dalı	İktisat
	Programı	İktisat
	Program Düzeyi	<input checked="" type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/> Sanatta Yeterlik
Tezin Başlığı	Teknolojik İlerlemenin İşsizlik ve Büyüme Üzerindeki Etkileri: Endüstri 4.0'a Yolculukta Ampirik Bir İnceleme	
Tez Savunma Sınav Tarihi	16.02.2023	
Tez Savunma Sınav Saati	14:00	

Yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez, Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek oy birliği – oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Elbeyi PELİT
MÜDÜR

Bu tez, Enstitü Müdürlüğünce kontrol edilerek, elektronik imza kullanılarak onaylanmıştır.

ÖZET

TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: ENDÜSTRİ 4.0'A YOLCULUKTA AMPİRİK BİR İNCELEME

Gizem NAZ

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

Aralık, 2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bülent ALTAY

Bu tezin amacı, Türkiye’de teknolojik ilerlemenin işsizlik ve ekonomik büyümeye olan etkisini inceleyerek Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye’nin konumunu tespit edebilmektir. Bu amaçla çalışmada zaman serisi analizi kullanılmıştır. Çalışma, Türkiye için 1990-2021 dönemine ait yıllık verileri kapsamaktadır. Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini belirlemek amacıyla dört, büyümeye olan etkisini belirlemek amacıyla dört tane olmak üzere toplamda sekiz model tahmin edilmiştir. İlk dört model için bağımlı değişken işsizlik, kontrol değişkeni gayri safi yurtiçi hasıla, teknolojik ilerlemeyi temsilen bağımsız değişkenler ise Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden oluşmaktadır. Son dört modelde ise bağımlı değişken ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, kontrol değişkeni gayri safi sabit sermaye oluşumu olup, teknolojik ilerlemeyi temsil eden bağımsız değişkenler aynıdır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla Johansen Eşbütünleşme Testi kullanılmış ve eşbütünleşme ilişkisi çıkanlar uzun dönem tahmini DOLS yöntemiyle, eşbütünleşme ilişkisi çıkmayanlar ise kısa dönem tahmini EKK yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan ampirik analiz sonuçlarına göre, işsizlik ve patent arasında uzun dönemde anlamsız bir ilişki, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ile işsizlik arasında anlamlı ve negatif bir ilişki, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki, ekonomik büyüme ve patent üzerinde uzun dönemde anlamsız bir ilişki, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ile ekonomik büyüme arasında anlamlı ve negatif bir ilişki, araştırmacı sayısı ve işsizlik arasında kısa dönemde anlamsız bir ilişki, Ar-Ge harcamaları ile işsizlik arasında kısa dönemde anlamsız bir ilişki, araştırmacı sayısı ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde anlamsız bir ilişki tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teknolojik İlerleme, İşsizlik, Büyüme, Endüstri 4.0, Zaman Serisi Analizi.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF TECHNOLOGICAL PROGRESS ON UNEMPLOYMENT AND GROWTH: AN EMPIRIC REVIEW ON JOURNEY TO THE INDUSTRY 4.0

Gizem NAZ

**AFYON KOCATEPE UNIVERSITY
THE INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ECONOMICS**

December, 2022

Advisor: Asst. Prof. Dr. Bülent ALTAY

The aim of this thesis is to determine the position of Turkey in the context of Industry 4.0 by examining the effect of technological progress on unemployment and economic growth in Turkey. For this purpose, time series analysis was used in the study. The study includes annual data for Turkey for the period 1990-2021. In the study, a total of eight models were estimated, four to determine the effect of technological progress on unemployment and four to determine its effect on growth. For the first four models, the dependent variable is unemployment, the control variable is gross domestic product, and the independent variables representing technological progress are R&D expenditures, number of researchers, patents and communication computers, etc. (percentage of service exports). In the last four models, the dependent variable is gross domestic product per capita representing economic growth, the control variable is gross fixed capital formation, and the independent variables representing technological progress are the same. In order to determine the relationship between the variables, the Johansen Cointegration Test was used and those with a cointegration relationship were analyzed with the DOLS method, and those without a cointegration relationship were analyzed with the EKK method. According to the results of the empirical analysis, there is a meaningless relationship between unemployment and patent in the long run, communication, computer, etc. (percentage of service exports) and unemployment, a positive relationship between R&D expenditures and economic growth in the long run, a meaningless relationship on economic growth and patents in the long run, communication computer etc. (percentage of service exports) and economic growth, a meaningless relationship between the number of researchers and unemployment in the short run, a meaningless relationship between R&D expenditures and unemployment in the short run, a meaningless relationship between the number of researchers and economic growth in the short run detected.

Keywords: Technological Progress, Unemployment, Growth, Industry 4.0, Time Series Analysis.

ÖN SÖZ

Öncelikle hem lisans hem de yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda danışabildiğim, tezimin her aşamasında değerli görüş ve önerileri, akademik bilgi ve birikimleriyle her anlamda yol gösterici olan çok kıymetli tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bülent ALTAY'a, ampirik analiz süreci boyunca zamanını ayırarak bana çok büyük katkılar sağlayan ve engin bilgileriyle bu süreçte yardımını esirgemeyip sorularımı karşılıksız bırakmayan Sayın Doç. Dr. Mert TOPCU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bütün eğitim hayatım boyunca göstermiş oldukları destek ve fedakarlıklarıyla her zaman yanımda olan, bana her koşulda güvenen, sahip olduğum her şeyi onlara borçlu olduğum ve üzerimde ellerini hep hissettiğim canım babam Mehmet NAZ, sevgili annem Nurşen NAZ ve biricik kardeşim Oğuzhan Şevki NAZ'a teşekkürlerimi kelimelerle ifade edemeyeceğimi belirtmek isterim.

Son olarak tezimin her sayfasını okuyarak fikir, görüş ve önerilerini benimle paylaşan, yardımına ihtiyaç duyduğum her noktada bana yol gösteren, bu zorlu süreçte beni en çok anlayan, her daim beni motive ederek varlığıyla hayatıma renk katan Numan KIŞLACIK'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın bu konuyla ilgilenen herkese yararlı olmasını temenni ederim.

Gizem NAZ

2023, Afyonkarahisar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI.....	ii
ENSTİTÜ ONAYI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEKNOLOJİ, TEKNOLOJİK İLERLEME VE ENDÜSTRİ 4.0'A KAVRAMSAL ÇERÇEVEDEN BAKMAK

1. TEKNOLOJİ VE TEKNOLOJİK İLERLEME KAVRAMLARI	4
1.1. TEKNOLOJİ KAVRAMININ TANIMI, ÖNEMİ VE KAPSAMI	4
1.2. TEKNOLOJİK İLERLEME KAVRAMLARI	7
1.2.1. Teknolojik İlerleme	7
1.2.2. Teknokent ve Teknopark	7
1.2.3. Öğrenen Ekonomiler	8
1.2.4. Yenilik.....	9
1.3. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İKTİSADİ EKOLLERDEKİ YERİ	10
1.3.1. Klasik İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme.....	10
1.3.2. Marksist İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme.....	11
1.3.3. Neo Klasik İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme	12
1.3.4. Schumpeter'in Teknolojik İlerleme Yaklaşımı	13
1.3.5. Evrimci İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme	14
1.3.6. Gelişme İktisadı İçin Teknolojik İlerleme	14
1.3.7. İçsel (Endojen) Büyüme Modeli ve Teknoloji	15
1.4. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN GİRDİLERİ	17
1.4.1. Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) Kavramı.....	17
1.4.2. Araştırma Geliştirme Harcamaları	18
1.4.3. Araştırma Geliştirme Personeli	20
1.5. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN ÇIKTILARI	22
1.5.1. Patentler.....	22
1.5.2. Bilimsel Yayınlar	23
1.5.3. İhracat Performansı	25
2. SANAYİ DEVRİMLERİYLE ENDÜSTRİ 4.0'A YOLCULUK.....	26
2.1. SANAYİ DEVRİMLERİNİN ORTAYA ÇIKMASINDA ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER	26

2.2. BİRİNCİ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 1.0)	33
2.3. İKİNCİ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 2.0)	35
2.4. ÜÇÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 3.0)	38
2.5. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0).....	40
3. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL YAPI TAŞLARI	42
3.1. AKILLI FABRİKALAR	42
3.2. AKILLI (OTONOM) ROBOTLAR.....	43
3.3. BULUT BİLİŞİM	44
3.4. BÜYÜK VERİ.....	45
3.5. NESNELERİN İNTERNETİ.....	46
3.6. SİBER FİZİKSEL SİSTEMLER	47
3.7. SİBER GÜVENLİK.....	49
3.8. ÜÇ BOYUTLU (3D) YAZICILAR	50
3.9. YATAY VE DİKEY ENTEGRASYON.....	51
3.10. ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK.....	53
3.11. SİMÜLASYON	54
4. ENDÜSTRİ 4.0'IN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	55

İKİNCİ BÖLÜM

İŞSİZLİK, EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMLARI VE TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ

1. İŞSİZLİK KAVRAMI VE İŞSİZLİK TÜRLERİ.....	59
1.1. KAVRAMSAL OLARAK İŞSİZLİK.....	59
1.2. İŞSİZLİK TÜRLERİ.....	59
1.2.1. İradi (Gönüllü) İşsizlik.....	60
1.2.2. Gayri İradi (Açık) İşsizlik.....	60
1.2.2.1. Arızı (Geçici) İşsizlik	61
1.2.2.2. Yapısal (Bünyevi) İşsizlik	62
1.2.2.3. Doğal İşsizlik	63
1.2.2.4. Konjonktürel (Dönemsel) İşsizlik	64
1.2.2.5. Mevsimsel İşsizlik	65
1.2.2.6. Gizli İşsizlik	65
1.2.2.7. Sürekli Durgunluk İşsizliği.....	66
2. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLE TEKNOLOJİ İLİŞKİSİ	66
2.1. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI.....	66
2.2. EKONOMİK BÜYÜME TEORİLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	67
2.2.1. Geleneksel Büyüme Modelleri	68
2.2.1.1. Klasik Büyüme Teorileri (A. Smith, D. Ricardo ve R. Malthus).....	68
2.2.1.2. Sosyalist Büyüme Teorisi (K. Marx).....	70
2.2.1.3. Schumpeter Büyüme Modeli	71
2.2.1.4. Keynesyen Büyüme Modeli.....	72
2.2.1.5. Harrod-Domar Modeli.....	73
2.2.1.6. Neo klasik (Solow) Büyüme Modeli.....	74
2.2.2. Modern Büyüme Geçiş: İçsel Büyüme Modelleri	77
2.2.2.1. AK Modeli	77
2.2.2.2. Arrow-Romer: Bilgi Üretimi ve Taşmalar Modeli	79
2.2.2.3. Lucas: Beşeri Sermaye Modeli	80
2.2.2.4. Barro: Kamu Politikası Büyüme Modeli	81

2.2.2.5. Ar-Ge Modeli.....	82
3. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEME SÜRECİ VE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ	84
3.1. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEME SÜRECİ ENDÜSTRİ 4.0'DAKİ YERİ VE ÖNEMİ.....	84
3.2. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİĞE OLASI ETKİLERİ	89
3.3. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ	90
3.4. TÜRKİYE'DE İNOVASYON POLİTİKALARI.....	92
3.5. TÜRKİYE EKONOMİSİNDE İSTİHDAM VE BÜYÜME ALANLARINDA GELECEĞE YÖNELİK MAKROEKONOMİK POLİTİKALAR VE TEKNOLOJİK İLERLEME.....	93

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİLERİ ÜZERİNE AMPİRİK ANALİZ

1. LİTERATÜR TARAMASI.....	96
1.1. TÜRKİYE'DE YAPILAN ÇALIŞMALAR	96
1.2. DÜNYA'DA YAPILAN ÇALIŞMALAR	104
2. VERİ SETİ VE YÖNTEM.....	107
2.1. DEĞİŞKENLERE AİT GRAFİKLER.....	108
2.2. ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞAN OLMA DURUMU	110
3. MODEL.....	110
4. AMPİRİK SONUÇLAR	111
4.1. AUGMENTED DICKEY-FULLER (ADF) TESTİ VE SONUÇLARI	111
4.2. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ VE SONUÇLARI.....	114
4.3. UZUN DÖNEM ANALİZİ: DOLS YÖNTEMİ VE SONUÇLARI	121
4.4. KISA DÖNEM ANALİZİ: EN KÜÇÜK KARELER (EKK) YÖNTEMİ VE SONUÇLARI	126
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	130
KAYNAKÇA.....	133

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Türkiye’de Patent Başvuruları ve Patent Tescilleri (2000-2021).....	22
Tablo 2. Ardışık Teknolojik Değişim Dalgaları	58
Tablo 3. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi Sonuçları	113
Tablo 4. Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi	116
Tablo 5. Otokorelasyon ve Değişen Varyans Test Sonuçları	119
Tablo 6. Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları	120
Tablo 7. Model 3 için DOLS Tahmin Sonuçları.....	123
Tablo 8. Model 4 için DOLS Tahmin Sonuçları.....	123
Tablo 9. Model 6 için DOLS Tahmin Sonuçları.....	124
Tablo 10. Model 7 için DOLS Tahmin Sonuçları.....	125
Tablo 11. Model 8 için DOLS Tahmin Sonuçları.....	125
Tablo 12. Model 1 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları.....	127
Tablo 13. Model 2 En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları	128
Tablo 14. Model 5 En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları	128

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Ar-Ge Harcamalarının GSYH'ya Oranı (%).....	18
Şekil 2. Ar-Ge Harcamalarının GSYH'ya Oranı (Türkiye-OECD-Avrupa Birliği Karşılaştırması) (%)	19
Şekil 3. Toplam TZE Ar-Ge Personeli ve Araştırmacı Sayısı	21
Şekil 4. WOS Türkiye Adresli Yayın Verileri	24
Şekil 5. SCOPUS Türkiye Adresli Yayın Verileri	24
Şekil 6. Türkiye'de Yüksek Teknoloji İhracatı (Üretilen İhracatın Yüzdesi).....	25
Şekil 7. Türkiye'de Sektörlere Göre İstihdam (2004-2021) (%).....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADF	: Augmented Dickey Fuller Testi
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ARBİS	: Araştırmacı Bilgi Sistemi
ARPANET	: Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı
BTYK	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CAD	: Üç Boyutlu Tasarım Programları
CPS	: Siber Fiziksel Sistemler
DOLS	: Dynamic Ordinary Least Squares
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EBA	: Eğitim Bilişim Ağı
EBSO	: Ege Bölgesi Sanayi Odası
EKK	: En Küçük Kareler
ENIAC	: Electronic Numerical Integrator And Computer
GPS	: Global Positioning System
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IoS	: Sistemlerin İnterneti
IoT	: Nesnelerin İnterneti
KBGSYH	: Kişi Başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
MÜSİAD	: Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği
NAIRU	: Enflasyonu Hızlandırmayan İşsizlik Oranı
NIST	: Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
SC	: Schwarz Bilgi Kriteri
TARABİS	: Ulusal Araştırma Altyapı Bilgi Sistemi
TGB	: Teknoloji Geliştirme Bölgeleri
TPE	: Türk Patent Enstitüsü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TZE	: Tam Zaman Eşdeğer
ULAKBİM	: Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi
WEF	: World Economic Forum
WOS	: Web Of Science

GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca yaşamını idame ettirebilmek için hep bir arayış içerisinde olmuş ve bu sayede meydana gelen değişim, dönüşüm, yenilik ve buluşlar birbirini tetikleyerek sanayi devrimlerinin önünü açmıştır. Bu bağlamda 18. yüzyılın sonlarına doğru kas gücü yerine su ve buhar gücü ile çalışan makinelerin üretimde kullanılmasıyla Birinci Sanayi Devrimi olarak adlandırılan sanayileşme yolculuğu başlamıştır. 20. yüzyılın başında ise iş bölümü yaygınlaşarak elektrik enerjisinin kullanılmaya başlandığı ve kitle üretiminin devreye girdiği İkinci Sanayi Devrimi ortaya çıkmış, böylece üretim artışı sağlanmıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısı itibariyle telefon, bilgisayar, internet gibi bilgi ve iletişim araçlarının üretime dahil olmasıyla dijital sistemli bir dönüşümü ifade eden Üçüncü Sanayi Devrimi'ne geçilmiştir. 2011 yılında ilk kez Alman hükümeti tarafından tanıtılan Endüstri 4.0, Üçüncü Sanayi Devrimi'nden hareketle dijital sistemli dönüşümün otomasyon sistemleriyle entegre olmuş halidir ve daha düşük maliyetle daha yüksek kalitede ürünler elde ederek rekabet üstünlüğü sağlayabilme asıl hedeftir. Dördüncü Sanayi Devrimi'yle artık dünyada yapay zeka ve robotik gibi kavramlardan bahsedilmekte olup siber fiziksel sistemlere dayalı olan üretim sürecine girilmiştir.

Her bir sanayi devrimi aslında yeni teknolojik ilerlemelerin ortaya çıkardığı bir dönüşüm demektir. Teknolojik ilerlemeler geçmişten bugüne kadar varlığını hep hissettirmiş, bundan sonra da hissettirmeye devam edecektir. Gelişmiş ülke kategorisinde yer alabilmek ve küresel dünyada rekabet edebilmek için toplumlar bu ilerlemelere ayak uydurmak zorundadır. İnsan emeğinin yerini makinelerin almasıyla söz konusu bu durum işsizlik yaratıp yaratmama hususunda ikileme neden olmaktadır. Teknolojik ilerlemeler bir yandan emek talebini azaltarak niteliksiz işgücünün işsiz kalmasına yol açmakta diğer yandan ise yeni iş kolları yaratarak istihdamın artmasına olanak sağlamaktadır.

Diğer yandan teknolojik ilerlemeler uluslararası rekabet gücünü etkileyerek ülkelerin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Teknoloji sayesinde daha az girdi ile daha çok çıktı elde edebilmek mümkün olmakta ve böylece verimlilik artışı yaşanmaktadır. Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar gibi teknolojik ilerlemeleri temsil eden unsurlara daha fazla kaynak ayırarak teknolojik ilerlemelere uyum sağlayabilen ülkeler daha çok gelişme göstererek ekonomik büyümesine ivme kazandırmaktadır. Türkiye'nin teknolojik ilerlemelere ne kadar kaynak ayırdığı, ne

denli önem verdiği, gelişmiş ülke olabilmek adına Endüstri 4.0 açısından konumunu belirleyebilmek açısından önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, teknolojik ilerlemelerin işsizlik ve ekonomik büyümeye olan etkisini zaman serisi analiziyle incelemektir. Çalışma, Türkiye için 1990-2021 dönemine ait yıllık verileri kapsamaktadır. Toplamda sekiz farklı modeli içeren çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini belirlemek için dört farklı model kullanılmıştır ve bu modellerde bağımlı değişken işsizlik oranından oluşmaktadır. Teknolojik ilerlemeyi temsil eden bağımsız değişkenler ise Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden oluşmakta olup her model için bir teknoloji değişkeni ele alınmıştır. Ayrıca kontrol değişkeni olarak gayri safi yurtiçi hasıla bu dört modele dahil edilmiştir. Benzer şekilde teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümeye olan etkisini belirlemek için dört farklı model kullanılmıştır ve bu modellerde bağımlı değişken olarak ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla değişkeni baz alınmıştır. Teknolojik ilerlemeyi temsil eden değişkenler ise aynı olup her modelde farklı bir teknoloji değişkeni yer almaktadır. Kontrol değişkeni olarak ise gayri safi sabit sermaye oluşumu bu dört modele dahil edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sadece Türkiye'deki teknolojik ilerlemelerin işsizliğe olan etkisi ya da sadece ekonomik büyümeye olan etkisinin göz önüne alındığı tespit edilmiş, hem işsizliğe hem de ekonomik büyümeye olan etkisine odaklanan ampirik bir incelemeye rastlanmamıştır. Ayrıca analizde kullanılan değişkenlerden iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) teknolojik ilerlemeyi temsil eden bir değişken olarak literatürde yer almamıştır. Dolayısıyla çalışmanın konusunun genişletilmesi ve farklı bir teknoloji değişkeninin de analize dahil olması çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde teknoloji ve teknolojik ilerleme kavramlarına değinilerek teknolojik ilerlemenin iktisadi ekollerdeki yeri üzerinde durulmuştur. Daha sonra teknolojik ilerlemenin girdileri ve çıktılarından bahsedilerek sanayi devrimleri anlatılmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0'ın temel yapı taşlarıyla beraber avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde öncelikle işsizlik kavramı ve türleri ele alınmış, daha sonra ekonomik büyüme kavramı açıklanarak büyüme teorilerinin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Türkiye'de teknolojik ilerleme süreci ile birlikte teknolojik ilerlemenin işsizlik ve büyümeye olası etkileri

teorik olarak yine bu bölümde anlatılmıştır. Çalışmanın son bölümü olan üçüncü bölümde ise öncelikle ampirik literatür taraması yapılmıştır. Ardından veri seti, yöntem ve modellerin yer aldığı uygulama kısmı verilmiş olup tartışma, sonuç ve önerilerle çalışma tamamlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEKNOLOJİ, TEKNOLOJİK İLERLEME VE ENDÜSTRİ 4.0'A KAVRAMSAL ÇERÇEVEDEN BAKMAK

Teknolojik ilerlemenin işsizlik ve büyüme üzerindeki etkilerinin incelenerek Endüstri 4.0'ı vurguladığımız çalışmanın bu bölümünde çalışmanın temel yapı taşlarını oluşturan teknoloji ve teknolojik ilerleme kavramları açıklanacaktır. Bu kapsamda Endüstri 4.0'ı içeren gerekli tanımlar verilerek kavramsal çerçeve tamamlanacaktır.

1. TEKNOLOJİ VE TEKNOLOJİK İLERLEME KAVRAMLARI

1.1. TEKNOLOJİ KAVRAMININ TANIMI, ÖNEMİ VE KAPSAMI

Günümüz itibariyle teknoloji hayatımızın temeline yerleşmiştir ve üretimde rekabeti arttıran girdi konumundadır. Küreselleşmenin artması da ülkeler arasındaki sınırları ortadan kaldırarak ülkelerin birbirine bağımlı olmasına neden olmuştur. Bu bağımlılıkta teknoloji kavramı önemli bir yer edinmiştir. Öncelikle teknolojinin kökenine ve sözlük anlamına baktığımızda teknoloji, Yunanca kökenli bir kelime olup akli kullanarak bilgiye erişmek anlamında kullanılan “logos” ve beceri, yetenek ortaya çıkartan “techne” sözlüklerinden oluşan bir kelimedir (Tezel, 1989:219).

Türk Dil Kurumu'na göre teknoloji tanımı iki farklı şekilde ifade edilmiştir. İlk tanıma göre teknoloji “bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri, bunların kullanım biçimlerini kapsayan uygulama bilgisi, uygulayım bilimi” olarak ifade edilirken ikinci tanıma göre ise “insanın maddi çevresini denetlemek ve değiştirmek amacıyla geliştirdiği araç gereçlerle bunlara ilişkin bilgilerin tümü” olarak tanımlanmıştır (TDK, 2020).

Sözcük anlamları dışında meslek ve sektör bazında yapılan teknoloji tanımlarına baktığımızda birçok tanım karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan bazıları ise şunlardır;

Bir tanıma göre teknoloji, ortaya yeni bir mal çıkartarak ya da elimizde bulunan malların kalitesini arttırarak daha ucuz üretimi sağlayan bilgi, beceri ve süreçler olup, mal ve hizmet üretimiyle beraber pazarlama, yönetim ve buna benzer bilgi ve hizmet konularıdır (Seyidoğlu, 2007:781).

Bir başka tanıma göre teknoloji, belirlenen hedeflere ulaşabilmek için, tarih boyunca gelişim gösteren bilgi birikimiyle beraber sistematik bilgilerinde bu amaçlar için üretim sürecine girmesidir (Yücel, 1997:7).

Kullanılan diğer bir tanım ise, teknoloji ortaya yeni bir mal çıkmasını sağlayan ya da hali hazırda bulunan malların daha düşük maliyetle ve daha fazla kaliteyle üretilmesine olanak tanıyan bilgi-beceri ve süreçlerdir (Kafadar, 2002:26).

Teknoloji, toplumlar arasında farklılaşmayı sağlayan insanların ve toplumun ekonomik, siyasal ve kültürel değişimine yol açan temel faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Bal, 2010:2).

Başka bir ifadeyle teknoloji, çevreyi değiştirerek kontrol altına alan bilgiden oluşur ve bu bağlamda teknoloji toplumun ihtiyaçlarını karşılayabilmek için hizmet sağlayarak bilginin verimli olmasını kapsar (Grak, 2004:42).

Teknoloji iktisatçılar için ulusların refahını arttırarak yaşam standardını yükselten bir araken, mühendisler için malı üretirken kullanılmakta olan yöntemleri içerir (Sarıhan, 1998:12).

Teknoloji girdiyi çıktıya dönüştürerek hem fiziksel bir süreç olmuştur hem de üretime bilginin işlendiği toplumsal bir süreç olmuştur. Teknoloji aletleri ve makineleri kullanan toplumun ilişkilerini de kapsar (Dickson, 1992:46).

Bir başka deyişle teknoloji üretim faktörleri olan emek, sermaye ve doğanın bir araya gelerek üretim sürecine katılmasını sağlayan teknik bilgidir ve teknolojiyi de üretim faktörü olarak ele alabiliriz (Erkök, 1978:3).

Görüldüğü gibi teknoloji kavramsal olarak birçok tanımla ele alınmış olsa da hepsinde ortak bir çıkarım vardır. Bu ortak çıkarım ise teknolojinin bilgi ve beceriyle birlikte ortaya yeni ürünler sunmasıdır. Teknoloji artık yaşamımızın kendisi haline gelmiştir nk insanoğunun olduğu her yerde teknoloji de olmaktadır. Bu bağlamda teknoloji insanların yetenek ve becerilerini geliştirmeye yardımcı olur.

Teknolojinin önemine ithafen eğer ellerimizi kor yakmasa maşaya ihtiyaç duymazdık ya da çiviye elimizle akabilseydik ekice gerek kalmazdı. Kuşlar gibi uçarak, mesafeleri hızla açarak çok yol kat edebilsek ulaşım araçlarını aramazdık. İnsan vücudunun i yapısını çıplak gözle görebilsek tomografi ve MR cihazlarına ihtiyacımız olmazdı. Zihnimizle matematiksel işlemlerin tümünü yapabilseydik hesap makinelerine gerek kalmazdı. Yapay zeka ve robotlar kullanan teknolojik yenilikler çıkmazdı (Günay, 2017:164).

Teknolojinin insan hayatındaki önemini anlatan bir Ezop masalında ise şöyle söylenmiştir;

“Evvel zaman içinde susuzluktan ölmek üzere olan bir karga, dibinde biraz su bulunan bir ibriğe rastlamış. Öne doğru eğilerek, boynunu zorla ibriğin ağzından içeri sokan karga, defalarca ibriğin dibinde kalan suyu içmeyi denemiş. Ama karganın gagası, öylesine kısaymış ki suya bir türlü ulaşamıyormuş. Bunun üzerine karga, ibriği devirip suyu dökmeye çalışmış. İbrik ağır olduğu için bunu da başaramayan karga, sonunda umudunu yitirmiş. Derken, aklına parlak bir fikir gelmiş ve etrafta bulduğu küçük çakıl taşlarını ibriğin içine atmaya başlamış. İbrinin dibinde biriken çakıl taşları suyun seviyesinin artmasını sağlamış. Böylece karga da suyu içerek ölmekten kurtulmuş” (Basalla, 1998:17-18). İhtiyaçlar çabayı doğurur bu durum teknolojinin ortaya çıkışına zemin hazırlar ve böylece teknoloji insan hayatında önemli bir konuma gelir.

İnsanlık tarihinde bir dönüm noktası haline gelen teknolojinin tarihi teknik ve aletlerin icadıyla başlayıp günümüze kadar gelmiştir. Yapılan ilk teknolojik icat Eski Taş Devri ürünü yontma taş aletleri olmuştur. Daha sonra Cilalı Taş Devrinde tarım ve hayvancılık gelişerek insanlar göçebe yaşamdan yerleşik hayata doğru göç etmişlerdir. İnsanlar avladığı hayvanları evlerine götürebilmek için tekerleği icat etmişlerdir. Ayrıca toprağı işleyip ateşten yararlandığı ilk günden bugüne insanlar için telefon, televizyon, internet, radyo, uçak, tren gibi araçlar vazgeçilmez bir konuma gelmiştir. Teknoloji tüm toplumun yaşam kalitesini etkilemektir ve günümüzde yazının icadından yapay zekaya kadar birçok ilerleme kat etmiştir. Özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrası ihtiyaçlar doğrultusunda teknolojik icatlarda artış ortaya çıkmıştır.

Teknolojik icatların hem iyi hem de kötü yanları olmakla birlikte onu yok sayamayacağımız bir gerçektir. “Mikroelektronığın ve genetik mühendisliğinin dünyasında, bilim ve teknolojinin iktisadi açıdan önemini anlatmaya çalışmak gerçekten gereksizdir. Teknolojiyi, ister sosyolog Marcuse ya da romancı Simone de Beauvoir gibi, insanoğlunun esaretinin ve yıkılışının aracı, istersek Adam Smith ya da Marx gibi öncelikle özgürlüğü sağlayacak bir güç olarak görelim, hepimiz onun gelişimi ile yakından ilgiliz. Ne kadar istersek isteyelim, onun günlük hayatımız üzerindeki etkisinden, önümüze çıkardığı ahlaki, toplumsal ve ekonomik ikilemlerden kaçamayız. Onu lanetleyebilir, ya da yüceltebiliriz ama yok sayamayız.” (Freeman ve Soete, 2003:2).

1.2. TEKNOLOJİK İLERLEME KAVRAMLARI

1.2.1. Teknolojik İlerleme

Teknolojik ilerleme yeni tekniklerin ve bilimsel bilginin uygulanarak sermaye veya işgücünde yarattığı verimlilik artışına denir (Cengiz ve Afşin, 2020:162).

Küreselleşme Birinci Sanayi Devrimi'nden beri gündeme damgasını vuran bir konudur. Küreselleşmeyle beraber mal ve hizmetlerin, uluslararası ticaretin, üretim faktörleri ve inovasyon çalışmalarının bütün dünyaya sunulması karşılıklı etkileşimi arttırmaya çalışılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda sanayi devrimlerinin temelini oluşturan teknolojik ilerleme küreselleşmeyle beraber gelişerek büyüme sağlamıştır (Aydın, 2018-462).

Teknolojik ilerleme kavramı Basalla'ya göre uzun yıllardır insanların düşünce tarzlarına şekil veren varsayımdan hareketle oluşmuştur. Bu varsayımlardan ilkinin Basalla şu şekilde ifade eder. Teknolojik icat gelişimi sağlanan üründe gözle görülebilir bir ilerlemeye yol açarak oluşan bu ilerleme uygarlık alanına da etki eder. Basalla'ya göre bu ilerleme hız ve verim gibi nicel ölçümler ile kesin olarak ölçülebilmektedir. Teknolojiyi belirleyip etkileyen ise insanın kendisidir. Teknoloji en üst seviyesine Batı ülkelerinde ulaşmış olup, teknolojik alandaki bu ilerlemeler toplumsal, kültürel ve maddi hayatlarımızda iyileşme sağlayarak hayatımıza doğrudan etki ederler (Basalla, 1998:25-27).

1.2.2. Teknokent ve Teknopark

Teknokentler genel anlamda Üniversite Sanayi İşbirliği'nin somutlaşarak uygulamaya konulduğu yerlerdir. Teknokent; Amerika Birleşik Devletleri'ndeki girişimci olan akademisyenlerin araştırma geliştirme birikimleri elde ederek bunları ürüne dönüştürme istekleri ile ortaya çıkan bir kavramdır. Standford Research Park bir diğer adıyla Silikon Vadisi teknokent örneği olarak verilebilir. Bu vadi dünyada teknoloji bölgesi niteliğindedir. Türkiye'de ise 1992'de TÜBİTAK-MAM teknokenti olarak bilinen Marmara Araştırma Merkezi kurulmuştur. Bu teknokentin amacı sanayi ve girişimcilere az miktarda yatırım karşılığında teknolojik destek vermektir ve bu bağlamda küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşlarının gelişimine yardımcı olmaktır. Ayrıca yine 1992 yılında KOSGEB ile ODTÜ arasında imzalanmış olan ODTÜ teknokenti kurulmuştur. Amaç teknolojiyi geliştirmek adına sanayimize katkı sağlamaktır. 2001 tarihinde yürürlüğe giren 4691 sayılı yeni yasadın sonra ise

teknokent yerine Teknoloji Geliştirme Bölgeleri kısaca (TGB) kavramı kullanılmaya başlanmıştır (Yılmaz, 2017:30).

Bir diğer kavram olan teknopark ‘technology’ ve ‘park’ sözcüklerinin birleşiminden oluşur. Teknopark, devlet öncülüğünde ekonomik aktör desteğiyle kurulmuş bölgelerdir, bilim ve teknoloji parklarıdır. Teknopark 1988 yılında ilk olarak Ege Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Ege Sanayi Odası’nda içeren birden fazla özel ve kamu sektöründen oluşmuş bir anonim şirket niteliğinde kurulmuştur. Burada da yine amaç teknolojik sorunlara karşı sanayiciye her türlü yardım ve desteği sağlamak olmuştur (Yılmaz, 2017:30).

1.2.3. Öğrenen Ekonomiler

Öğrenen ekonomilerin en önemli kaynağı bilgidir. Mevcut olan bilgiyi kullanabilme yeteneği ise öğrenme ekonomisinin önemli bir yönünü oluşturur. Devlet politikaları ise genellikle bilginin kullanımı yerine Ar-Ge vb. yollarla bilgi üretimini desteklemeyi hedefler. Öğrenme ve inovasyon arasında bir bağlantı vardır. Aslında tüm ekonomiler bilgiye dayalıdır çünkü ilkel ekonomiler bile zorlu koşullarda yaşayabilmek için karmaşık bilgi yapılarına bağımlı olmaktadır. Bir öğrenme ekonomisinde bilgi ciro oranı fazladır, bilginin difüzyonu hızlıdır ve toplam bilgi stoğunun önemli bir kısmı her yıl değişime uğramaktadır. Buna ek olarak öğrenme gittikçe endojen yani içsel bir hale dönüşmüştür. Ekonominin hem üretim hem de tüketimle bir bütün olarak etkileşim halinde öğrenmesi adına yaparak öğrenme ve kullanarak öğrenme süreçleri kurumsallaşarak bilgi birikimi için geri döngüler inşa edilmiştir. Ekonomiler nasıl öğreneceklerini öğrendiği zaman süreç hızlanır (Gregersen ve Johnson, 1996:3-4).

Öğrenme yeteneklerini geliştirebilmek adına öğrenme ekonomisinde firmaların organizasyon biçimleri gittikçe daha çok seçilmektedir. İnsanların departmanlar arasındaki hareketleri, diğer firmalarla olan iletişim, yatay iletişim kalıpları zamanla daha önemli hale gelmiştir. Peki öğrenme ekonomisindeki firmalar büyük bazda öğrenme organizasyonları mı? Öğrenme ekonomilerinde ülkelerle firmaların uzmanlaşması ekonomik performans açısından da giderek önem teşkil etmiştir. Öğrenme ekonomisi dinamik bir kavram olup, öğrenme ve bilgi tabanında genişletme becerisi içermektedir (Lundvall ve Johnson, 1994:110-111).

Öğrenen ekonomiler kavramından sonra bu kavramla bağlantılı kullanılmış olan diğer bir kavram ise öğrenen bölgedir. Öğrenen bölgeler adından da anlaşılacağı üzere bilgi ve fikirleri depolama ve toplama işlevini yerine getirir. Aynı zamanda bilgi, fikir

ve öğrenme akışında kolaylık sağlayarak temel bir altyapıya zemin hazırlar. Öğrenme bölgeleri giderek önemi artan ekonomik büyüme ve inovasyon kaynağı olmakla birlikte, küreselleşme aracıdır. Kapitalizmde yeni çağ beraberinde yeni bölge gerektirmektedir. Bölgeler gittikçe bilgi yoğunluklu firmalarla sürekli iyileştirme, yeni düşünceler, örgütsel öğrenme ve bilgi oluşturma unsurlarıyla tanımlanabilir. Bölgeler sürekli öğrenmeyle bilgi oluşturmayı benimseyerek aslında öğrenme bölgeleri halini almalıdırlar. Öğrenme bölgeleri fikir, bilgi ve öğrenme akışlarını kolaylaştıran altyapıyı sağlarlar. Bir öğrenme bölgesi insanların, bilgilerin ve malların zamanında dolaşımını da kolaylaştıran iletişim altyapısı gerektirmektedir. Öğrenme bölgesinde sermaye tahsisi ise bilgi içeren ekonomik örgütlenmeler için teşvik sağlamalıdır (Florida, 1995:528-534).

1.2.4. Yenilik

Oslo Kılavuzu'na göre yenilik bir diğer adıyla inovasyon, işletme içindeki uygulamalarda, işyerinin organize edilmesinde ya da dış ilişkilerde önemli boyutlarda iyileştirilen veya yeni ürün, yeni süreç, yeni pazarlama veya organizasyon yönteminin oluşması olarak tanımlanabilir (OECD ve Eurostat, 2005:50).

Yenilikler dörde ayrılarak incelenmektedir. Bunlar ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel yeniliklerdir. Bu dört ayrımı incelemek gerekirse ilk olarak ürün yeniliğinden bahsedilecektir. Ürün yeniliğinden kasıt mevcut mal ya da hizmetin önemli ölçüde iyileştirilerek sunulmasıdır. Burada sözü geçen iyileştirme ise teknik özellikten kullanılan malzeme ve yazılıma kadar her türlü iyileştirmeyi kapsamaktadır. Yeni ürünlere örnek olarak dijital kamera ve mp3 oynatıcı verilebilir. Bir diğer yenilik olan süreç yeniliği ise teknik teçhizat ya da yazılımda meydana gelen değişiklikler olup iyileştirilmiş teslimat veya üretim gibi yöntemleri kapsar. Süreç yeniliklerine örnek olarak bir seyahat firmasında rezervasyon işleminin gerçekleşmesi verilebilir. Diğer yenilik türü olan pazarlama yeniliği ürünün tasarımı ya da ambalajlanmasından promosyon ve fiyatlanmasına kadar olan yeniliklerdir. Pazarlama yeniliğinde amaç satışlarda artış sağlayabilmektir. Son olarak organizasyonel yenilik, adından da anlaşılacağı üzere firmanın işyerinde ya da dış ilişkilerinde yeni organizasyonel yöntemler uygulamaktır (OECD ve Eurostat, 2005:52-55).

Yenilik birey ya da diğer birimler tarafından yeni olarak düşünülen nesne, fikir ve uygulamalardır. Fikir birey için yeni görünüyor ise bu yeniliktir. Yenilik tek başına yeni bilgiden ibaret değildir. Bu bağlamda yenilik ikna, bilgi ya da benimseme kararıyla

ifade edilir (Rogers, 1962:11). Çağımız sürekli kendini değişimler içinde bulmaktadır. Firmalar, işletmeler ve insanlar bu değişimlerden etkilenmektedir. Bu nedenle de değişimlere yani yeniliklere ayak uydurmak zorundadır ve bu şekilde gelişmektedir.

Higgins ise yenilik kavramından iki farklı biçimde bahsetmektedir. Ona göre yeniliklerin sonucu yeniliktir. Yenilik bir süreçtir ve hali hazırda bulunan ürün ya da hizmetlerin yenilenmesi, gelişime uğramasıdır. Aynı zamanda yenilik birey, toplum ve kuruluşlar içinde önemli organizasyonel süreçlerin oluşumunu içermektedir (Higgins, 1996:370).

Yenilik deyince akla gelen önemli bir isim Schumpeter olduğundan, onun yenilik hakkındaki görüşlerinden bahsetmekte yerinde olacaktır. Schumpeter'e göre yenilik bir yaratıcı yıkım sürecidir. Yaratıcı yıkım süreci ise kapitalizmin temelinden gelmektedir ve istese de istemese de bütün kapitalistler bu sürece ayak uydurmalıdır (Schumpeter, 1974:140-141). Burada anlatılmak istenen ise yeni ürünler ortaya koyamayan eski ürün temelli firmalar yıkılacaktır, teknoloji her yere hakim olacaktır.

Sonuç olarak teknolojik ilerleme kavramlarından biri olan yeniliğin teknolojiyle olan yakın ilişkisi kaçınılmazdır. Yenilikler sayesinde teknoloji şekil alır ve verimlilik artışı sağlanır.

1.3. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İKTİSADİ EKOLLERDEKİ YERİ

Teknolojinin her iktisadi ekolde farklı bir yeri vardır. Şimdi kısaca teknolojik ilerlemenin iktisadi ekollerdeki görüşlerine yer verilecektir.

1.3.1. Klasik İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme

Klasik iktisatçıların teknolojiye dair görüşlerinde Adam Smith ve David Ricardo'nun görüşleri dikkat çekmektedir. Teknolojinin ekonomideki yeri ve önemi Smith'in Ulusların Zenginliği (1776) eserinden bugüne kadar tartışma konusu olmuştur. Adam Smith emeğin kullanılmasında ve yönetilmesindeki ilerlemenin en büyük kaynağının iş bölümünden ileri sürüldüğü üzerine dikkat çekerken, iş bölümü sayesinde yapılan iş miktarında artış olacağını ileri sürmüştür. Söz konusu bu artışı ise işçilerdeki el yatkınlığının gelişmesi, bir işten diğerine geçerken kaybedilen zamanın tasarrufa dönüşmesi ve işin yapılma sürecini kolaylaştırıp daha kısa hale getirerek tek bir kişiye birden fazla kişinin işini yapabilme fırsatı sunan makinelerin icat edilmesi gibi üç farklı nedene bağlamıştır (Smith, 2006:5-9).

Klasiklerde bir diğerk önemli iktisatçı olan Ricardo' da teknolojiyi ve teknolojik yenilikleri birincil olarak görmemiştir. Ricardo'ya göre makineleşme teknolojik işsizliğe sebep olmaktadır. Bunun nedeni ise nüfus artışı ile beraber ekonomi büyürken toprak rantını toplam gelirden artan bir pay almaya götüren azalan verimler kanunu olmaktadır. İşçi ücretlerinde değişim olmasa da nüfustaki artış işçi sayısında da artışa neden olduğundan işçi payı doğrusal olarak artmaktadır. Bu durum karı giderek azaltarak, yatırım ve büyümenin duraklamasına yol açmaktadır (Ricardo, 2008:21-22).

Ricardo teknolojik ilerlemeyi makine kullanabilmekle ele alarak bölüşüme olan etkisini gözlemlemiştir. Ricardo'ya göre teknolojik ilerlemeler mevcut üründe artışı sağlar ancak gayri safi üründe azalmaya yol açar. Bu nedenle de ücret payı ve ödemelerinde azalışa neden olur çünkü kapitalistler sadece kar artışı sağlayabileceklerini düşündüklerinde makineyi kullanırlar ve teknolojik ilerleme net üründe artış yaratır. Ancak makine kullanımından dolayı teknolojik işsizlik ortaya çıkarak işgücü talebini karşılayamaz. Ricardo bu yüzden makine kullanımını doğru bulmamış ve eleştirmiştir (Akyüz, 1980:64). Özetle klasik iktisadi düşüncede teknolojinin yeri iş bölümüyle uzmanlaşmanın, verimliliğin yerini tutmamış dışsal bir değişken olarak kalmıştır.

1.3.2. Marksist İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme

Karl Marx teknolojik ilerlemeyi iktisadi büyüme açısından değerlendirmeyip, üretimde artı değeri, işçinin sömürülmesini ele alarak değerlendirmiştir. Emeğin sürecinin insan ile doğa arasında bir ilişki olduğunu savunmuştur. Marx emeğin amaç değil de araç olarak kullanılmasını kapitalizme eleştiri olarak yönetmiştir. Kapitalizmde üretimdeki asıl amaç emeğin kullanım değeri üretmesi yerine sermayenin kar etme amacıyla mübadele değeri üretmesidir. Üretim yaparak karlılığı arttırma ve sermayeyi büyütme hırsı başlamıştır. Bu aşama da teknolojik ilerlemeler ortaya çıkmıştır (Ansal, 2004:43-44). Karl Marx kapitalizmde dinamik süreci etkileyen temel kavramın teknolojik ilerleme olduğunu ve işgücüne olan talepte, kar oranlarında, istihdam düzeyinde teknolojik ilerlemenin etkileri olduğunu belirtmiştir. Teknolojik ilerlemeler uzun dönemde bölüşüm sorununa çözüm oluştururken, kapitalist birikimde ise çelişkiye neden olmaktadır. Marx'ta Ricordo gibi üretimde makineleşmenin artacağını ve bunun işgücünü azaltacağını düşünmektedir. Bu durum ise kapitalistlerin verimliliğin daha fazla olduğu yerlere doğru giderek o teknikler üzerinde yatırım yapmayı teşvik eder. Marx'a göre işgücü yerine makinelerin kullanılması da teknolojik işsizliğe sebebiyet

vermektedir ve bu açıdan Ricordo ile istihdam konusunda hem fikirdir. Ancak ücret teorisi kısmında Ricordo ile görüş farklılıkları ortaya çıkmıştır. Marx teknolojik ilerlemelerin yedek işsizler ordusu yarattığını, işgücü arzının işgücü talebini karşılamadığını belirterek ücretlerin asgari seviyeye indiğini belirtmiştir. Ücretlerin asgari seviyeye inmesinin arkasındaki neden ise işgücü talebinde teknolojik ilerleme yüzünden azalma yaşanmasıdır. Marx'ın teknolojik ilerleme hakkındaki diğer bir görüşü ise teknolojik ilerlemenin sermayenin organik bileşimi artınca kar oranlarını azaltmasıdır (Akyüz, 1980:77-78).

1.3.3. Neo Klasik İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme

Neo klasiklerde üretim girdilerin çıktıya dönüşme süreci olarak anlatılmakta ve söz konusu değişimin de teknoloji aracılığı ile olduğu varsayılmaktadır (Ansal, 2004:39). Neo klasikler teknolojiyi emek ve sermaye gibi üretim faktörü olarak ele alırlar. Teknolojik ilerleme ise üretim fonksiyonu üzerinde sürekli yukarı yönlü kayma ile açıklanarak bu kaymanın nedenini ekonomi dışı kabul etmişlerdir. Bu bağlamda üretim fonksiyonunda görülen hareket girdiden kaynaklanan artışa bağlanarak girdi artışına yöneltilmeyen kısım teknolojik ilerleme ile tefsir edilmiştir (Soyak, 1995:94). Neo klasiklerde üretim fonksiyonu üretim teknolojisini tanımlar ve üretim fonksiyonundaki değişkenlerin bu sebeple de girdilerle çıktılar arasındaki ilişkinin değişmesi teknolojik ilerleme demektir. Neo klasiklerde bu görüş içerilmiş ve içerilmemiş teknolojik ilerleme olarak ikiye ayrılarak incelenir. İçerilmiş teknolojik ilerlemenin gerçekleşebilmesi için yatırım gereklidir. İçerilmemiş teknolojik gelişme ise yatırım ile birikim olaylarından bağımsız hali hazırda bulunan sermaye stoğu ve işgücü etkinliği ile belli bir girdiden elde edilmiş çıktı miktarının sürekli artış göstermesidir. İçerilmemiş teknolojik ilerleme bu açıdan gökten inme ya da tanrı armağanı olarak görülmüştür (Akyüz, 1980:433-434). Neo klasik iktisat ekolünde teknoloji kavramına ilişkin Solow'un görüşleri önem taşımaktadır. Solow ekonomik büyümenin teknolojik yenilikler neticesinde ortaya çıktığını savunmuştur ancak teknolojik yenilikler dışsal olarak ele alınmıştır.

Solow'un modelinde dört değişken bulunmaktadır ve bunlar emek (L), sermaye (K), çıktı (Y) ve bilgi veya işgücü etkinliği (A) 'nden oluşur. Solow üretimdeki artışın kullanılan emek ve sermaye artışından daha fazla olduğunu öngörmüştür. Büyümenin ise sekizde yedi gibi büyük bir oranla teknolojik ilerlemeden kaynaklandığını, kalan kısmın ise sermaye yoğunluğundan kaynaklanan artış olduğunu kabul etmektedir

(Solow, 1988:313). Özetle neo klasik iktisat ekolüne göre teknolojik ilerlemeler ekonomiye yalnızca verimlilik artışı olarak etki etmiştir.

1.3.4. Schumpeter'in Teknolojik İlerleme Yaklaşımı

Schumpeter teknolojik yeniliklerin ekonomik büyüme için önemli olduğuna değinmiştir ve yeni ürünlere dayalı olan rekabetin mevcut ürünlerin fiyatlarında meydana gelen marjinal değişimlere göre daha fazla önem içerdiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda teknolojik yenilikler ekonomilerdeki dalgalanmalarda ve ekonomik gelişmede temel unsur sayılmıştır. Schumpeter'e göre teknolojik ilerlemenin kaynağı yenilik (inovasyon) olmuştur. Schumpeter eskileri yok ederek iktisadi yapıda değişime yol açan ve sürekli yeniyi yaratan girişimcilerin yaratıcı yıkım sürecini ortaya çıkarttığını öngörmüştür. Girişimciler yenilik yaparak iktisadi büyümeye katkı sağlarlar. Bu yaratıcı yıkım ise kapitalizmin devam etmesi için önemlidir (Ansal, 2004:40).

Yaratıcı yıkım (creative destruction) zayıflamış sektörlerin yıkılarak ekonomide yeni teknoloji ve endüstrileri ortaya çıkaran evrimsel bir süreçtir (Justman ve Teubal, 1991:1168). Burada zayıflamış sektörlerden kasıt eski ve verimsiz olan, yeni teknolojik ilerlemelere ayak uyduramayan firmaların yok olmaya mahkum olması yaratıcı yıkım olarak ifade edilmiştir.

Schumpeter yaratıcı yıkımın tanımını yaparken yenilikler sonucunda eski düzenin tamamen yok olduğunu ve eski düzenin yerini yeni düzenin aldığını savunmaktadır. Ortaya çıkmış olan yeni düzen ise başka bir teknolojik ilerleme ile son bulur ve başka bir iktisadi düzen oluşur. Görüldüğü gibi teknolojik ilerlemeler kesiklidir yani süresizdir (Fikirli ve Çetin, 2017:31).

Schumpeter'e göre kökten yenilik yıkıcı değişiklikleri de beraberinde getirirken, adımsal olarak yapılan yenilikler değişimi sürekli ileri boyutlara taşımaktadır (Oslo Kılavuzu, 2005:33). Özetlemek gerekirse teknolojik yenilikler sürekli değildir, radikal ve nitel bir değişimdir. Yeni hammadde kaynağı, yeni pazarlar, yeni üretim metodlarını kapsar ve böylece monopol yaratırlar. Girişimciler teknolojik yenilikler sayesinde aşırı kar elde etmeye başlar ancak zamanla diğer firmalarda bu yeniliğe alışır ve elde edilen kar normal seviyesine iner. Yeni girişimcinin yeni bir teknolojik yenilik ortaya çıkarmasına kadar da bu durum böyle devam eder. Böylece iş çevrimleri oluşur ve girişimcilerin ortaya çıkartmış olduğu teknolojik yenilik ekonomik gelişmeye yardımcı içsel bir unsur haline gelir (Ansal, 2004:41).

1.3.5. Evrimci İktisat Ekolü İçin Teknolojik İlerleme

Evrimci yaklaşım Schumpeter'in 1911 ve 1942 yıllarındaki çalışmalarından esinlenerek, teknolojik yenilikleri uzun dönemde ekonomik gelişmenin itici gücü olarak değerlendirir. Bu açıdan evrimci kuram için teknolojik yeniliklerin rolü önem taşımaktadır. Schumpeter'den esinlendiği için bu yaklaşım Schumpeterci yaklaşım olarak da isimlendirilir (Taymaz, 2001:12).

Evrimci yaklaşım neo klasiklerin yanıtlamadığı firmalar arasındaki teknolojik farklılıkları yanıtlamak için ortaya çıkan bir kuramdır. Evrimci yaklaşımın temeli teknolojik ilerleme sürecinin mikroekonomik doğasına özgü çalışmaları içerir ve içsel nitelikli teknolojik ilerleme yaklaşımı ortaya koyar (Soyak, 1995:93).

Evrimci yaklaşımı neo klasik yaklaşımdan ayıran en önemli fark ekonomik gelişim boyunca öğrenme ve teknolojik yenilik süreçlerinde kendini göstermesidir. Bu bağlamda neo klasik yaklaşım hali hazırda kaynak tahsisi sürecini inceliyor iken, evrimci yaklaşım ise yeni teknolojilerin firmalar tarafından nasıl geliştirildiği ve teknolojik yeniliklere uyum sağlamanın nasıl olduğunu incelemektedir. Evrimci yaklaşımın analizinde farklı yetenekler ve teknolojiler, farklı örgütlenme yapısı, farklı davranış kuralları içeren firmalarla diğer ekonomik aktörlerden oluşan sistemler vardır. Bu durum teknolojik ilerlemenin nedeni ve sonucu olmaktadır (Taymaz, 2001:12).

Evrimci yaklaşımda teknoloji sadece girdilerin çıktıya dönüştüğü bir süreç değildir, teknolojik bilgidir ve bahsedilir ve bilginin nasıl kullanıldığını da içerir. Yenilik sınırlı değildir, ekonomi sosyoloji gibi birçok sosyal bilim ile ilgilidir ve firma ve sanayilerde uygulanır. Evrimci kuramda teknolojik yenilik sürecinde belirsizlik vardır bu nedenle de çok önemlidir. Teknolojik yenilik adına yapılan araştırma geliştirme çalışmalarının sonuçları için tahmin yürütülemez, bu nedenle yatırımların başarı getirip getiremeyeceği belli değildir. Araştırma geliştirme çalışmalarına yapılan yatırımlar arasındaki fark bu durumla açıklanır. Sonuç olarak bilgi ve teknolojik değişim evrimsel teoride dışsal olarak görülmez. Aynı koşullar içinde olsalar bile firmalar farklı kararlar verir ve araştırma geliştirme faaliyetleri yerine yaparak öğrenme kullanılabilir (Ansal, 2004:42).

1.3.6. Gelişme İktisadı İçin Teknolojik İlerleme

İkinci Dünya Savaşı sonrası gelişmiş ülkelerin kalkınmasının temeli teknolojik ilerlemelere dayanmaktadır. Az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler teknolojik yenilikleri gelişmiş olan ülkelere temin etmeye çalışmışlardır. Bu durum ise gelişmiş

ülkelere olan bağımlılığı beraberinde getirmiştir. Gelişme iktisadı ise bağımlılık ve benzeri sorunlara çözüm bulmak adına ortaya çıkmıştır.

Teknolojiyi geliştirerek monopol konumda olan çok uluslu şirketlerin teknolojisi çok maliyet gerektirir ve bu durum gelişmekte olan ülkelerde mali gücü zayıflatarak teknoloji transferini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler teknolojiyi seçip satın alırken dikkatli olmalıdır. Yabancı nitelikteki teknolojinin ise ülke koşullarına uyum sağlayabilecek hale gelmesi yani yerel olan teknolojik yeteneklerde gelişim zorunluluk sayılmaktadır (Ansal, 2004:46).

Az gelişmiş ülkeler sanayileşmede çeşitli sorunlar ile karşı karşıyadır ve uygun teknoloji yaklaşımı bu sorunları analiz etmek için teknolojiyi merkezi konumda tutmaktadır. Bu bağlamda teknoloji sadece alet ve makinelerden ibaret değildir, bunların ortaya çıkmasında yer alan bilgiyi, beceriyi ve süreçleri de kapsamaktadır (Ansal, 2004:46-47). Uygun teknoloji için yapılan tartışmalarda çözüm olarak iki nokta önem taşımaktadır. Bunlardan ilki teknoloji transferi olurken Üçüncü Dünya Ülkeleri içinde bulunduğu toplumun bütün koşullarını göz önünde tutarak uygun teknoloji seçimi yapmaya gayret etmelidirler. Bu teknoloji tercihi ise çokça ve ucuz olan emeğin istihdamını sağlayabilecek emek yoğun, eğitim seviyesine uygun basit teknoloji ve sınırlı pazar büyüklüğüne uygun olabilecek küçük ölçekli teknolojiler kullanılmalıdır. Bir diğer nokta ise Üçüncü Dünya Ülkeleri'nin kendi teknik ve bilimsel yeteneklerini geliştirip, içinde bulunduğu ekonomik ve sosyal koşullara göre kendi teknolojilerini ortaya çıkarmaya çalışmalıdırlar (Herrera, 1977'den akt. Ansal, 2004:48).

Gelişme (kalkınma) iktisadı için teknoloji üretmek, teknolojiyi üretmeye yönelik transfer sürecidir zira ülkelerin gelişimi için anahtar olan ister üretim ister transfer edelim teknolojiye egemen olmaktır. Teknolojiye egemen olamayan ülkelerin gelişebilmesi için yegane yol ülkenin şartlarına uyan teknolojinin seçilmiş olduğu transfer aşamasından geçmektir (Tiryakioğlu, 2006:35-36).

1.3.7. İçsel (Endojen) Büyüme Modeli ve Teknoloji

R. Solow (1956) ve Swan (1956) öncülüğünde neo klasik teoride teknoloji dışsal (eksojen) olarak görülüyordu. Neo klasik teorinin eksiklerini gidererek P. Romer (1986) içsel (endojen) büyüme modelinde önemli bir isim olmuştur.

Büyüme bir kavram olarak ekonomik analizde başlangıçtan beri ilgi odağı haline gelmiştir. Neo klasik büyüme teorisinde ekonomik büyüme üretim faktörlerinden emek

ve sermayenin artışıyla teknolojik ilerleme veya üretkenlik artışı olarak açıkladığı artık bir terim olarak ifade edilmiştir. Bu durum büyüme süreci içerisine katkı sağlamakla birlikte büyüme analizi için bilgi yetersiz kalmıştır (Ercan, 2000:129).

İçsel (endojen) büyüme modeli 1980’li yıllarda ortaya çıkmış ve ekonomik büyümenin dışarıdan gelen güçler sonucunda değil de, ekonomik sistemde içsel bir sonuç olduğunu vurgulamış ve böylece neo klasik büyüme modelinden ayrılmıştır (Romer, 1994:3). Romer’e göre büyümenin itici gücü araştırma ve geliştirme sektöründe beşeri sermayenin içerilmemiş teknolojik buluşlarıdır. Romer kendi çalışmalarında büyüme süreci içerisinde teknolojik ilerlemeyi içselleştirmek adına Arrow (1962)’dan esinlenmiştir. Arrow ise bilgi üretiminde gerçekleşen artışın dağılma etkisi (spillover) ile ve yaparak öğrenme (learning by doing) aracılığıyla bütün ekonomiye kazandıracığı katkının firmanın kendisinin kazanımlarına göre daha çok olduğu sonucuna varmıştır. Bu yaklaşıma göre bilgi tüketimden dışlanamayan ve rekabet edilemeyen bir kamu malı niteliğindedir (Romer, 1990:76-77). Ekonomide resmi model üç sektöre sahiptir. Bunlar araştırma sektörü, ara mal sektörü ve son mal sektörü olmaktadır. Araştırma geliştirme sektörü, yeni bilgiyi üretmek amacıyla hali hazırda bulunan bilgi stoğu ile insan sermayesini kullanır. Ara mal sektörü, nihai ürün üretiminde kullanılacak birçok dayanıklı üreticiyi üretebilmek için araştırma geliştirme sektöründen gelmiş olan tasarımları vazgeçilen çıktı ile birlikte kullanmaktadır. Son mal sektörü ise nihai çıktı üretebilmek amacıyla kullanılmaktadır (Romer, 1990:79). Bu netice itibariyle bilgi iki kanal aracılığıyla üretim sürecine katkı sağlar. Yeni bir tasarım, daha modern olan bir ara girdi yani makinenin üretilmesine olanak sağlar. Buna ek olarak yeni tasarımlar ekonomide toplam bilgi stoğunu artırır ve bu durum da araştırma geliştirme sektöründe beşeri sermaye verimliliğinde artış yaratır. Bilginin sağladığı bu katkılar nihai ürün üretmek için kullanılmış olan makinelerin üretim fonksiyonunda ölçüğe göre artan getiri sağlar ve ekonomik büyüme gerçekleşmiş olur. Burada önemli olan bilginin sadece araştırma için kullanılabilmesidir. Kamuya kısmen açık olduğu için kar etme amacı doğrultusunda ekonomik birimleri buluş yapmaya ve bu getiriden yararlanmaya itecektir. Bu olgu bilgi üretimini sürekli arttırarak, içselleşmiş teknolojik ilerlemeyi sürdürecektir (Ercan, 2000:132). Romer’in ortaya koyduğu büyüme modeline göre teknolojik değişim, sermaye birikiminin devamlılığı açısından teşvik edicidir. Sermaye birikimi ile teknolojik değişimin birlikte

gerçekleşmesi bir saatlik çalışmayla oluşan üretimdeki artışın büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır (Romer, 1989:1).

Özetlemek gerekirse içsel (endojen) büyüme modelinde teknoloji, neo klasiklerde dışsal bir faktör olarak ele alınan teknolojinin aksine içsel bir hale getirilmiştir. Teknolojiyi içselleştirmek adına Romer'in çalışmaları önem taşımaktadır ve büyümenin itici gücü teknolojik yenilikler olmaktadır, büyüme ise araştırma geliştirmeye yapılan harcamalar ile sağlanmıştır yani araştırma geliştirme faaliyetlerinin bir sonucu olmaktadır. Teknolojik ilerlemeler kısmen dışlanabilir ancak içsel büyümenin kaynağı olduğu da bir gerçektir.

1.4. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN GİRDİLERİ

Teknolojik ilerlemenin girdileri olarak araştırma geliştirme harcamaları ve Ar-Ge personeli kavramlarına bu kısımda değinilecektir. Bu kavramları açıklamadan önce ise araştırma geliştirme kavramından bahsetmek yerinde olacaktır.

1.4.1. Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) Kavramı

OECD'nin Frascati Kılavuzu'na göre araştırma ve deneysel geliştirme insanın, kültürün ve toplumun bilgisinden oluşmuş bilgi repertuarının arttırılması ile bu repertuarın yeni uygulama tasarlamak amacıyla kullanılması için sistematik temel içinde yürütülmekte olan yaratıcı çalışmalara denir (OECD, 2002:30). Daha kısa bir tabir ile araştırma geliştirme işletmelerin yeni ürün ortaya çıkarması amacıyla yürüttüğü çalışmalar olarak tanımlanabilir.

Araştırma geliştirme kavramı üç faaliyeti kapsar. Bunlardan ilki temel araştırma, ikincisi uygulamalı araştırma üçüncüsü ise deneysel geliştirmedir. Temel araştırmada özel bir uygulama görünürde yoktur ve gözlemlenebilen gerçek ve olguların temelinde yeni bilgiye sahip olmak için teorik ya da deneysel çalışmalardan oluşur. Uygulamalı araştırma özgündür ve yeni bilgi elde etmek için yürütülür. Öncelik olarak ise belli bir amaç ya da hedef uğruna yapılan çalışmadır. Son olarak deneysel geliştirme, araştırma ya da pratik deneyim sonucunda elde edilmiş olan hali hazırdaki bilgiden yarar sağlayarak yeni ürün, malzeme veya cihazları üretmeye bu bağlamda da yeni hizmetler sistemler ve süreçler kurmaya, üretilmiş olanları ise önemli boyutta geliştirmeye yönelmiş olan çalışmalardır (OECD, 2002:30).

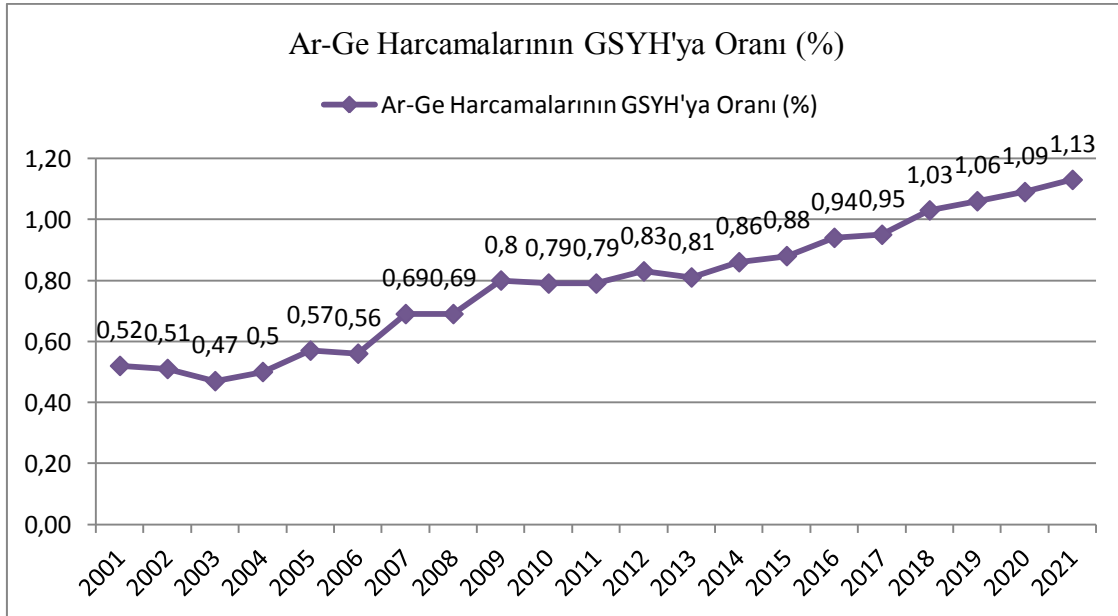
Tüketicilerin isteklerine ve ihtiyaçlarına karşılık verebilmek için yeni teknolojiler geliştirmek ve uygulamak teknolojiyle yakından ilişkili araştırma ve geliştirmenin görevidir (Zerenler vd.,2007:657).

1.4.2. Araştırma Geliştirme Harcamaları

Araştırma ve geliştirme harcamaları bilim ve teknoloji için rekabet avantajı sağlama gayretinin önemli bir göstergesidir ve araştırma enstitüleri, yerleşik şirketler, üniversiteler ve devlet laboratuvarları gibi yerlerde yapılan araştırma geliştirme harcamaları toplamından oluşur (OECD, 2010:150).

Bir ülkenin bilim ve teknoloji seviyesini yansıtan işaretlerden biri o ülkenin dünyada yaşanan bilimsel ve teknolojik ilerlemeyi algılama biçimi ve bu doğrultuda araştırma geliştirme faaliyetlerine gösterdiği önemdir (Yıldız, 2005:214). Bu önemi gösteren göstergelerden birisi de bu konuda yapılan harcamalardır. Harcamalar gayri safi yurt içi hasılda araştırma geliştirme harcamalarına ayrılan pay ile ölçülmektedir. Araştırma geliştirme harcamalarının gayri safi yurt içi hasılaya oranı %2'den daha fazla olan ülkeler gelişmiş ülke kategorisindedir (Yaylalı vd.,2010:19). Bu nedenle Türkiye'nin GSYH içinde araştırma geliştirme harcamalarına ayırmış olduğu pay incelenecektir.

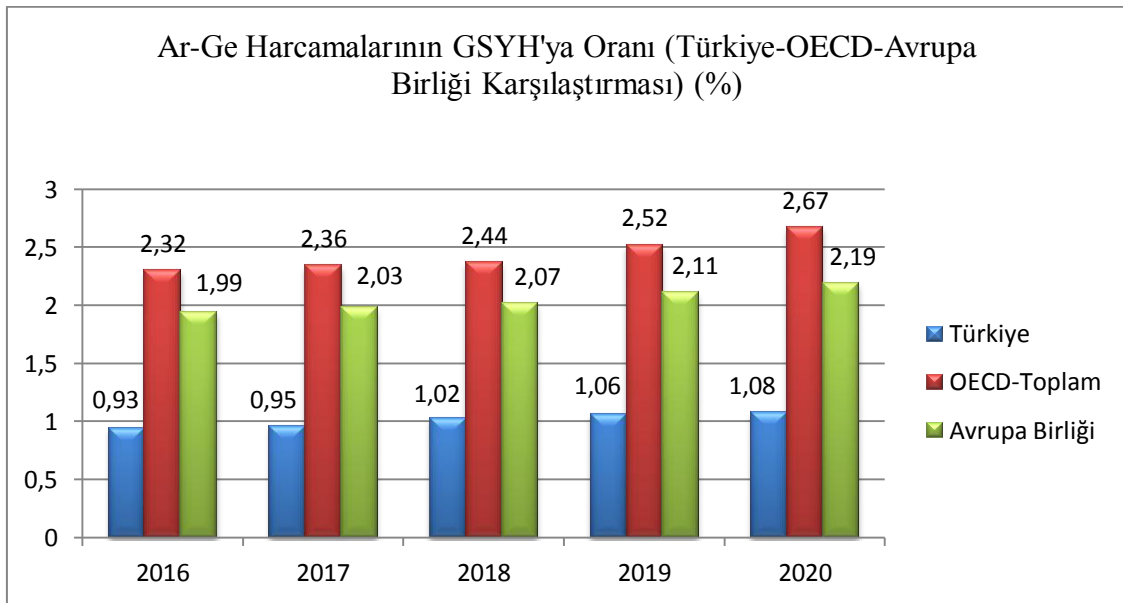
Şekil 1. Ar-Ge Harcamalarının GSYH'ya Oranı (%)



Kaynak: TÜİK, (2021), Temel İstatistikler, Araştırma Geliştirme Faaliyetleri İstatistiklerinden yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 1’de 2001-2021 yılları arasındaki araştırma geliştirme harcamalarının GSYH’ya oranları verilmiştir. 2001 yılında %0,53 (1 Milyar 291 Milyon TL) olup bu oran 2003 yılında ise %0,47 (2 Milyar 197 Milyon TL)’ye gerilemiştir. Bu yıllarda araştırma geliştirme harcamalarının düşüş göstermesinin nedeni 2001 krizinin yaşanmış olmasıdır. Kriz yıllarında Türkiye değişim yaşamış, kamu borçları artmış ve etkisi araştırma geliştirme harcamalarına ayrılan bütçeye de yansımıştır. 2003 yılından itibaren ise bazı yıllarda bir önceki yıla göre aynı oranlar görülse de genel itibariyle artış trendi içine girmiştir. Özellikle 2013 yılı itibariyle %0,81 (14 Milyar 807 Milyon TL) iken 2021 yılına kadar sürekli artış göstererek 2021 yılında %1,13 (81 Milyar 922 Milyon TL) olmuştur. Ülkemiz %1 kritik düzeyi geçmiş bulunmaktadır. Görüldüğü gibi TL cinsinden 3 kattan fazla artış gerçekleşmiştir. Bu artışta şüphesiz ki araştırma geliştirme faaliyetlerini desteklemek için yapılan teşviklerin etkisi göz ardı edilemez. Tüm bunlara rağmen henüz %2’lik kısma ulaşamadığımız aşıkardır ve gelişmiş ülke kategorisinde yer alabilmek için araştırma geliştirme harcamalarına daha fazla önem verilmesi gerektiği ortadadır. Aşağıda OECD ve Avrupa Birliği karşısında Türkiye’nin durumunu daha net verebilmek adına karşılaştırma grafiği verilmiştir.

Şekil 2. Ar-Ge Harcamalarının GSYH’ya Oranı (Türkiye-OECD-Avrupa Birliği Karşılaştırması) (%)



Kaynak: OECD, (2021), Temel Bilim ve Teknoloji göstergelerinden yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 2’de 2016-2020 yılları arasında Türkiye, OECD ortalaması ve Avrupa Birliği’nin GSYH içinde araştırma geliştirme harcamalarına ayırmış olduğu paylar yer

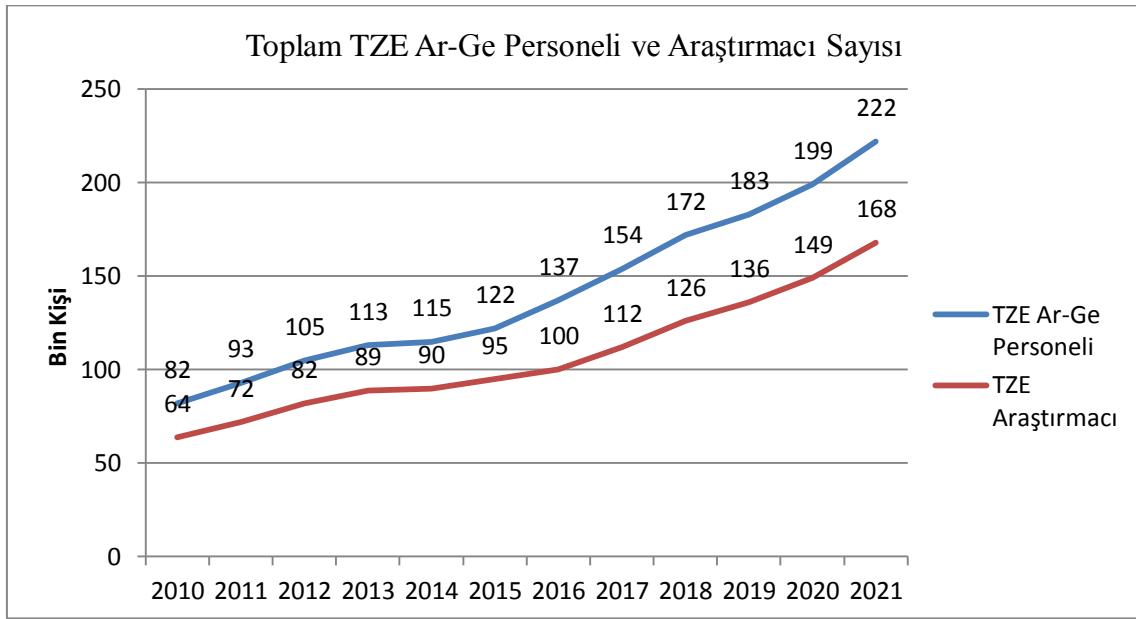
almaktadır. Genel itibariyle hem Türkiye'nin hem OECD ülkelerinin hem de Avrupa Birliği'nin araştırma geliştirme harcamalarının gayri safi yurt içi hasılaya oranı yıllar içerisinde artış göstermiştir. Ar-Ge harcamaları için en fazla ayrılan pay OECD ülkelerinde görülmektedir ve bu oran 2016 yılında 2,32 iken 2020 yılında 2,67'ye yükselmiştir. OECD ülkelerinin de ortalamasına bakılırsa 2020 yılı itibariyle %2,67'lik ayrılan bütçenin yanında Türkiye'nin %1.08 oranında ayırdığı bütçe birçok ülkeden geride kaldığını da gözler önüne sermektedir. Avrupa Birliği'nde ise 2016 yılında %1,99 iken 2017 yılı itibariyle %2'nin üstüne çıkarak %2,03'lik payın Ar-Ge harcamaları için ayrıldığını görmekteyiz. Türkiye ise 2016 yılında %0,93 oranında bir payı Ar-Ge harcamalarına ayırırken 2017 yılında %0,95, 2018 yılında %1,02'lik pay ayırarak %1 seviyesinin üstüne çıkabilmiştir. 1987 yılında Türkiye, Avrupa Birliği için tam üyelik başvurusunda bulunduğundan bu yana bazı kriterleri yerine getirmekle sorumlu olmuştur. Birden çok kriterin olduğu bu süreçte Türkiye bazılarını tamamen, bazılarını kısmen yerine getirmiş olup bazılarını ise yerine getirmemiştir. Avrupa Birliği kriterlerinden fasıl 25 bu konu ile ilgilidir. Bu fasılda araştırma geliştirme faaliyetlerine önem verilmesi gerektiğinden ve Avrupa topluluğunun hedef ve aktivitelerine yönelik uygulama kapasitesinden bahsedilmektedir. (AB, 2020) Türkiye ise Şekil 2'de görüldüğü gibi gelişme göstermiş ve özel sektör, devlet vb. kurumlarla araştırma geliştirme harcamalarının GSYH'ya oranı da %1.08'e yükselmiştir. Buradan hareketle Türkiye'nin Avrupa Birliği ortalamasının gerisinde olduğu ancak zamanla bu ortalamaya yaklaştığı görülse de bu oran yeterli düzeye ulaşamamıştır. Türkiye'nin Avrupa Birliği sürecinde siyasal ve ekonomik genel kriterlerin yanında araştırma geliştirme gibi ülke içinde de faaliyetlerin ve gelirlerin artacağı alana yönelik daha fazla kaynak ayırması büyük önem arz etmektedir.

1.4.3. Araştırma Geliştirme Personeli

Teknolojik ilerlemenin girdileri olarak araştırma geliştirme personeli ve personel sayısı da önem taşımaktadır. Araştırma geliştirme personeli kapsam olarak araştırma geliştirme yöneticileri ve idarecileri, büro personeli ve buna benzer doğrudan hizmet sağlayanlara ek olarak araştırma geliştirmede istihdam edilen bütün kişileri dikkate almalıdır. Söz konusu bu kişiler araştırma geliştirme personeli, araştırmacılar, teknisyenler ve dengi personeller, diğer yardımcı personeller olabilir. Araştırmacılar (RSE), yeni bilginin ortaya çıkışında süreç, sistem, yöntem ve ürünlerle ilgili ya da projelerin yönetim aşamasında çalışmakta olan uzman kişilerdir. Teknisyen ve dengi

personellerin temel görevi sosyal ve beşeri bilimlerde, mühendislikte, yaşam ve fiziki bilimlerde teknik bilgi ile deneyimi gerektiren kişilerden oluşur. Diğer yardımcı personel ise araştırma geliştirme projelerine katılım sağlayan ya da projelerle doğrudan ilişki içinde olan vasıflı ya da vasıfsız sekreter, zanaatkar ve yazı işleri personelini kapsamaktadır (OECD, 1995:76-78). Genel istihdam içerisinde çalışan araştırma geliştirme personeli sayısı o ülkenin bilimsel çalışmalara verdiği önemi göstermektedir (Adaçay, 2007:190). Bu bağlamda ülkemizdeki durumu görebilmek adına Türkiye’deki araştırma geliştirme personel sayısı incelenecektir.

Şekil 3. Toplam TZE Ar-Ge Personeli ve Araştırmacı Sayısı



Kaynak: TÜİK, (2021), Ar-Ge İstatistiklerinden yararlanarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 3’te Tam Zaman Eşdeğer (TZE) araştırma geliştirme personeli ve araştırmacı sayısının 2010-2021 yılları arasındaki dağılımı verilmiştir. Görüldüğü üzere yıllar itibariyle TZE araştırma geliştirme personeli ve araştırmacı sayısı sürekli artan bir trend içerisinde. 2010 yılından 2021 yılına gelindiğinde TZE araştırma geliştirme personeli %170 oranında artış gösterirken, TZE araştırmacı sayısı ise %162,5 artış göstermiştir. TZE araştırma geliştirme personeli sayısı 222 bin kişiye, TZE araştırmacı ise 168 bine ulaşmıştır. Yıllar içindeki değişim göz önüne alındığında TZE araştırma geliştirme personel sayısının TZE araştırmacı sayısından daha fazla olduğu görülmektedir.

1.5. TEKNOLOJİK İLERLEMENİN ÇIKTILARI

Teknolojik ilerlemenin çıktıları olarak patentler, bilimsel yayınlar, ihracat performansı, verimlilik ve yeni pazar kavramları bu kısımda açıklanacaktır.

1.5.1. Patentler

Fikri ve sınai mülkiyet haklarından birisi olan patentler, kişiler ve firmalar aracılığı ile geliştirilmiş olan buluşlar için yasal olarak bireysel ya da kurumsal koruma sağlayan araçlardır (Gökovalı ve Bozkurt, 2006:136). Bir ülkenin ya da firmanın patent sayısı o ülke ya da firmanın yenilikçilik ruhunu göstererek yeni buluş sayısını ortaya koymaktadır (Ünal ve Seçilmiş, 2013:18). Bu açıdan patentler teknolojik ilerleme ve ekonomik büyüme içinde önemli bir yere sahiptir ve rekabet gücünü artırır.

En çok kullanılan patent istatistikleri patent başvuruları ile patent kabullerinden, bir başka ifadeyle kabul edilip kayıt ile koruma altına alınmış patent sayılarından oluşur, yani iki türü vardır (Karaöz ve Albeni, 2004:3).

Tablo 1. Türkiye’de Patent Başvuruları ve Patent Tescilleri (2000-2021)

YILLAR	PATENT BAŞVURULARI			PATENT TESCİLLERİ		
	YERLİ	YABANCI	TOPLAM	YERLİ	YABANCI	TOPLAM
2000	277	3156	3433	23	1113	1136
2001	337	2877	3214	58	2051	2109
2002	414	1460	1874	73	1711	1784
2003	490	662	1152	93	1087	1180
2004	685	1577	2262	68	1868	1936
2005	935	2526	3461	95	3077	3172
2006	1090	4075	5165	122	4183	4305
2007	1838	4351	6189	318	4472	4790
2008	2268	4869	7137	338	4531	4869
2009	2588	4653	7241	456	5154	5610
2010	3250	5093	8343	642	4868	5510
2011	4087	6154	10241	847	5692	6539
2012	4543	7056	11599	1025	6791	7816
2013	4528	7527	12055	1244	7681	8925
2014	4861	7514	12375	1251	7279	8530
2015	5512	8446	13958	1730	8370	10100
2016	6445	10333	16778	1794	9280	11074
2017	8625	10658	19283	1964	10460	12424
2018	7349	11155	18504	2805	11077	13882
2019	8126	11790	19916	2003	11717	13720
2020	8200	10505	18705	2214	10803	13017
2021	8439	9127	17566	3342	9224	12566
TOPLAM	84887	135564	220451	22505	132489	154994
Yüzde Dağılımı	38,50	61,50	100	14,52	85,48	100

Kaynak: Türk Patent Enstitüsü (TPE), Patent İstatistikleri’nden yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Tablo 1’de Türkiye’nin 2000-2021 yılları arasındaki patent başvuruları ve patent tescil sayıları verilmiştir. Yerli patent başvurularında istisnalar olsa da genel olarak yıllar itibariyle artış söz konusudur. Yabancı patent başvuruları ise 2000 yılından 2003 yılına gelindiğinde büyük bir düşüş yaşasa da sonraki yıllarda artış göstermiştir. 2020 ve 2021 yıllarına gelindiğinde ise 2019 yılına göre üst üste düşüş yaşanmıştır. Yabancı patent başvurularında görülen artış dünyada teknolojik anlamda ilerlemenin bir göstergesidir. 2000 yılında 277 yerli, 3156 yabancı patent başvurusu yapılmış, 2021 yılı itibariyle ise bu sayılar 8439 yerli, 9127 yabancı patent başvurularına ulaşmıştır. 2000-2021 yılları arasındaki patent başvurularının toplamına baktığımızda yerli patent başvurularının toplam başvurular içindeki payı %38.50 iken yabancı patent başvurularının toplam başvurular içindeki payı %61.50 olarak gerçekleşmiştir. Burada yabancı patent başvurularının toplam içindeki payının daha fazla olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan diğer bir kısım ise patent tescilleri olup, patent tescillerinin istatistiklerine bakarsak 2004 yılı hariç genel itibariyle yerli patent tescilleri artmıştır. Yabancı patent tescilleri ise istikrarsız bir gidiş içerisindedir. 2000-2021 yılları arasındaki toplam patent tescillerinin dağılımına baktığımızda yerli patent tescillerinin toplam tescil içindeki payı %14.52 iken, yabancı tescil payının ise %85.48 olduğu görülmektedir. Yüzdesel olarak yabancı tescillerin toplam tescil içindeki payı çok daha fazladır. Genel bir değerlendirme yapacak olursak Türkiye’nin teknolojiyi tüketme eğilimi üretmenin çok daha ötesindedir. Bu durum Türkiye’de patentlerin büyük bir çoğunluğunun yabancı kaynaklı olduğunu ortaya koymaktadır ve yerli firmalar açısından olumsuz olmaktadır.

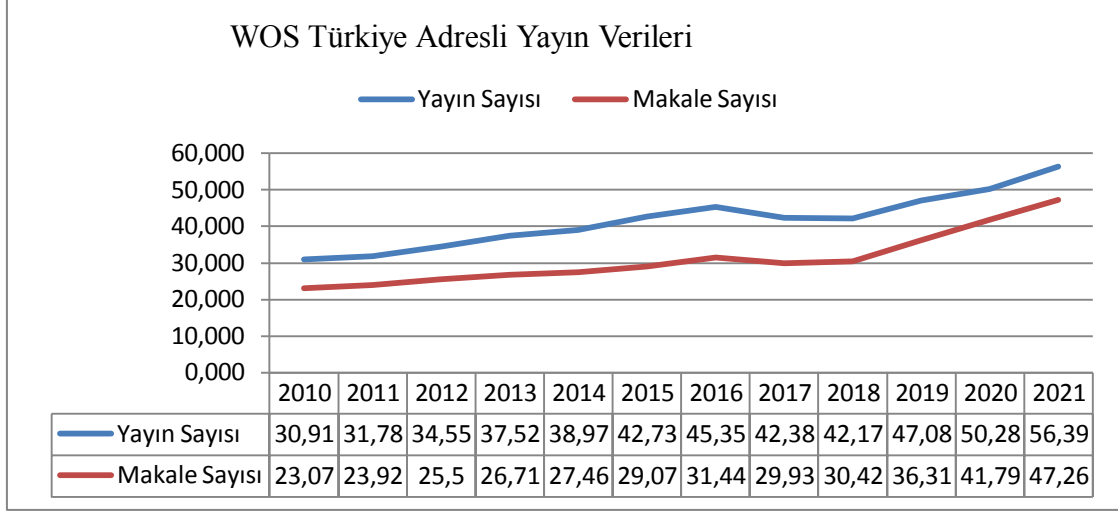
1.5.2. Bilimsel Yayınlar

Son yıllar itibariyle ülkelerin bilim alanında dünyadaki yerini belirleyebilmek, ülkelerin veya üniversitelerin bilimsel niteliklerini karşılaştırabilmek ve bilim adamlarının akademik başarılarını değerlendirebilmek için uluslararası yayın etkinliklerini öne çıkaran genel kabul gören üç ölçüt bulunmaktadır. Bunlar uluslararası bilimsel dergilerde yayınlanan yayın sayıları, yayınların bilim endeksleriyle taranarak bilimsel dergilerde yayınlanması ve yayınlara yapılmış olan atıf sayılarını içerir (Ak ve Gülmez, 2006:22).

Dünyada bilimsel araştırmaları yayın haline getirmek ulusal ya da uluslararası karşılaştırmalar yapabilmeyi gerektirmiştir. Yayınların yurt içinde ve yurt dışındaki değerlerini ölçebilmek adına Web Of Science (Thomson Reuters) ve Scopus (Elsevier)

olmak üzere iki veri kaynağı bulunmaktadır. Bu bağlamda TÜBİTAK Thomson Reuters veri tabanından almış olduğu verilerle Türkiye'nin bilimsel yayın kalitesini ortaya koymaktadır (Ünal ve Seçilmiş, 2013:19).

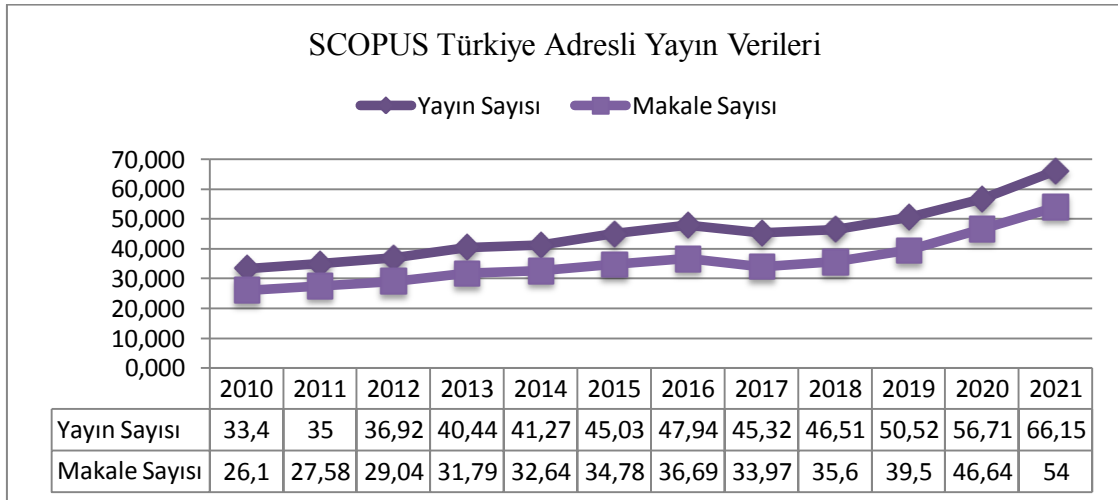
Şekil 4. WOS Türkiye Adresli Yayın Verileri



Kaynak: TÜBİTAK, ULAKBİM (2022) istatistiklerinden yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 4'te 2010-2021 yılları arasında Web Of Science (WOS) Türkiye adresli yayın verileri bulunmaktadır. Yayın sayısı 2017 yılı hariç sürekli artmış, makale sayısı ise yine 2017 yılı hariç istikrarsız bir şekilde artmış yani artış miktarları yıllar itibariyle düşük oranlarda gerçekleşmiştir. 2021 yılında yayın sayısı 56,390, makale sayısı ise 47,261 olmuştur. 2010 yılından 2021 yılına gelindiğinde yayın sayısında 25.485 artış olmakla birlikte makale sayısında bu artış 24.195 olarak görülmektedir.

Şekil 5. SCOPUS Türkiye Adresli Yayın Verileri



Kaynak: TÜBİTAK, ULAKBİM (2022) istatistiklerinden yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

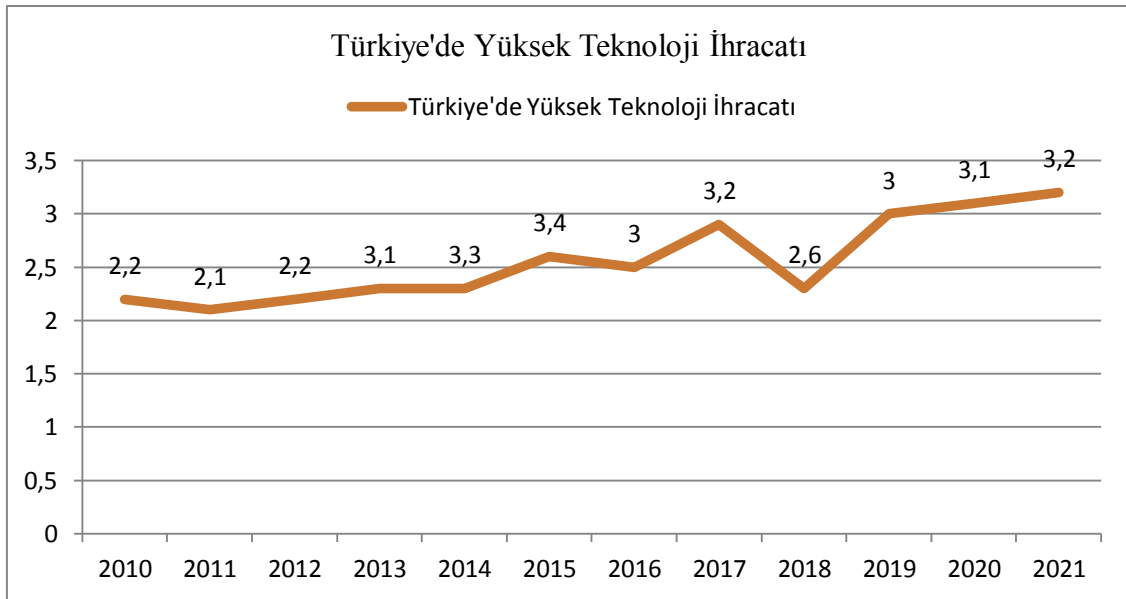
Şekil 5'te 2010-2022 yılları arasında SCOPUS Türkiye adresli yayın verileri bulunmaktadır. Yayın ve makale sayılarında 2017 yılı hariç yıllar içerisinde sürekli artış olmuştur. 2010 yılında 33,397 olan yayın sayısı 2021 yılında 66,149'a, 2010 yılında 26,101 olan makale sayısı ise 2021 yılında 54,002'ye yükselmiştir.

Şekil 4 ve 5'i baz alarak genel bir değerlendirme yapacak olursak Türkiye'de yayın ve makale sayılarında önemli gelişmeler kaydetmiştir ve ciddi oranlarda artış görülmektedir. Bu durum teknolojik ilerleme açısından da önem taşımaktadır.

1.5.3. İhracat Performansı

Teknolojik ilerlemeler sağlayabilmek adına ülkenin ihracat performansı ve bu bağlamda yüksek teknoloji ihracatı da önem taşımaktadır. Yüksek teknoloji ihracatı yüksek katma değer sağlayarak ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemede etkin rol oynamaktadır. Teknolojik ilerleme çıktılarında biri olarak bu bölümde ihracat performansı Türkiye'deki yüksek teknoloji ihracatı verilerine bakarak yorumlanacaktır.

Şekil 6. Türkiye'de Yüksek Teknoloji İhracatı (Üretilen İhracatın Yüzdesi)



Kaynak: Dünya Bankası (World Development Indicators) veri tabanından yararlanılarak tarafımızca hazırlanmıştır.

Şekil 6'da 2010-2021 yılları arasında Türkiye'nin yüksek teknoloji ihracatı verileri bulunmaktadır. Bu verilere baktığımızda genel olarak yıllar içinde istikrarsız bir şekilde ilerlediği görülmektedir. Buna rağmen 2010 yılında %2,2'lik pay 2021 yılı itibarıyla %3,2'ye yükselmiştir. Yine de bu çok düşük bir orandır ve teknolojik ilerlemelere ayak uydurabilmek, verimlilik sağlayabilmek ve uluslararası rekabet

gücünü arttırabilmek için ihracat performansını arttırması gerekmektedir. Böylece ihracatı teknoloji yoğun ürünlere dönüştürerek yeni teknolojilerin yayılabilmesi sağlanmalıdır.

Teknolojik ilerlemenin çıktıları olarak buraya kadar ki kısımda patentler, bilimsel yayınlar ve ihracat performansından bahsedilmiştir. Bu kavramlar dışında teknolojik ilerlemenin çıktıları olarak maliyet, verimlilik ve yeni pazar kavramları hakkında da kısaca bilgi verilecektir. Teknolojik ilerlemeler insan gücü yerine makineleşme ihtiyacını doğurarak üretim ortamlarının değişmesi maliyet yapısında değişime neden olmuştur. Verimlilik ise teknolojik ilerlemenin bir sonucu ve devamlılığı niteliğindedir. Ayrıca teknolojik ilerlemeler tüketici ihtiyaçlarını karşılayabilmek için daha düşük maliyetle daha fazla mal üreterek verimlilik artışı sağlamanın yanında yeni pazar ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak Türkiye’de teknolojik ilerlemeler adına gelişme görülse de alınması gereken uzun bir yol vardır ve teknolojiye daha çok yatırım yaparak daha çok kaynak ayırması gerekmektedir.

2. SANAYİ DEVRİMLERİYLE ENDÜSTRİ 4.0’A YOLCULUK

2.1. SANAYİ DEVRİMLERİNİN ORTAYA ÇIKMASINDA ETKİLİ

OLAN FAKTÖRLER

İnsanoğlu tarihsel ve ekonomik açıdan bakıldığında sürekli bir değişim içerisinde olmuştur ve ekonomik büyümeye olanak veren bu değişimlerden en önemlileri tarım ve sanayi devrimi olarak bilinmektedir.

Tarım devrimi göçebe hayattan yerleşik hayata geçişi ifade etmektedir. Burada sermayenin temel unsuru topraktır. Toprak ile beraber kas gücünün kullanılması ise başlıca üretim araçlarıdır (Günay, 2002:8). Tarımdaki gelişmeler insanlık tarihi ve evrim adına önemli bir kilit taşıdır. Bilgi ile hayvan evcilleştirmenin bağımlılık haline gelmesi sulama, ormansızlaşmak ve belirli ürün yetiştiriciliği için, arazi tahsis dahil birçok çevresel uyarlamayı beraberinde getirmiştir. Buna ek olarak ticarete, yeni araç teknolojilerinde, mimari alanda ve bahçecilik uygulamalarının geliştirilmesinde çeşitli yenilikleri devrinime geçirmiştir. Sonuç olarak tarım, nüfusu daha istikrarlı bir hale getirmiş, göçebeliği azaltmış, iş bölümünü yoğunlaştırmış, sosyoekonomik açıdan rollerin tanımlanmasını sağlamış ve mülkiyetle beraber kademeli siyasal sistemleri doğurmuştur (Herrera ve Garcia-Bertrand, 2018:475). Tüm bu gelişmeler bize şunu

gösteriyor ki tarım devrimiyle beraber tüketici toplumlar, üretici toplumlar haline gelmiştir (Özkan vd., 2018:129).

Tarım devriminde yaşanan hem sosyolojik hem ekonomik hem de siyasi birçok yenilikler ve ilerlemelerin sanayi devriminin oluşumundaki payı yadsınamaz bir gerçektir. İkinci bir devrim niteliğinde olan sanayi devrimi on sekizinci yüzyılda başlamıştır. İki dünyanın arasında kopuş noktası olan sanayi devrimi öncesinde ekonomik büyüme az iken, nüfus ve reel gelirden hiç ya da yok denecek kadar az artış olmuştur. Sanayi devriminden sonra ise hızlı ekonomik büyüme yaşanmış, nüfus ve reel gelir yüksek oranda artmıştır. Sanayi devrimi tarım ile uğraşan nüfusu önemli boyutta azaltarak çiftçilik yerine mal ve hizmet üretebilen insanlara zemin hazırlamıştır (Hartwell, 2005:1-2).

Sanayi devriminin ortaya çıkışı konusunda üç farklı tartışma söz konusudur. Bu tartışmalar sanayi devriminde dönüm noktasının hangi tarihte gerçekleştiği, sanayileşme adımının temel başlangıcı ve sanayileşmeyi doğuran büyüme aşamalarından oluşmaktadır. Evrimcilerle devrimciler arasında olan ilk tartışmaya göre evrimciler, sanayi devrimini ekonomik büyümenin az olduğu uzun süreli dönemin bir sonucu olarak evrimsel sürecin en üst noktası olarak görmektedir. Devrimciler ise sanayi devriminin İngiliz iktisat tarihi için kopuş ya da dönüm noktası olduğu görüşünü desteklemektedir (Hartwell, 2005:6-7). Gibbins'a göre sanayi devrimi yerli sanayiden makine ve buhar gücü ile modern üretime geçiş aniden gelişen şiddetli bir devrimdir. Kısa süre içerisinde büyük icatlar yapılmıştır ve yirmi yıldan biraz daha çok olan bir zaman zarfı içinde Watt, Boulton ve Arkwright bütün büyük icatları bitirmişlerdir. Böylece modern fabrika sistemine geçiş başlamıştır (Gibbins, 1920:158). Nef'e göre İngiltere'de endüstriyel evrim 1750 ya da 1760 yıllarında değil, 1780 yılında yaşanmıştır (Nef, 1943:5). Görüldüğü üzere sanayi devriminin ne zaman ortaya çıktığı tartışma konusu olmakla birlikte çeşitli görüşler mevcuttur.

Diğer bir tartışma olan sanayileşme adımının temel başlangıç konusu büyümenin mekaniği ile ilişkilidir. Burada sanayileşmenin endüstride mi yoksa bölge de mi başladığı, önder sektörün olup olmadığı soru işareti olmuştur. Önder sektör tezi Rostow'un geliştirdiği bir sektördür. Lancashire pamuk sanayinin büyüyen ekonominin bütününe yayılması sanayi devrimi olarak açıklandığında sektörel bazda büyüme tartışmaları çıkmıştır. Buna karşılık sosyal davranışların değişmesi ile açıklandığına ise sanayi devrimi ekonominin bütününe etkileyerek genel değişme

tartışmasını yaratmıştır. Bunlara önder sektör ve toplam büyüme teorisi denmektedir (Hartwell, 2005:8).

Son tartışma konusu olan sanayileşmeyi doğuran büyüme aşamalarında yine Rostow'un katkısı olmuştur. Kalkış (take-off) makalesinde kalkış için koşullar koyarak İktisadi Büyümenin Aşamaları kitabında aşamalardan biri Kalkış Aşaması olmuştur. Aşamalı teoriyi izah etmek gerekirse; dördüncü aşama olan sanayi devrimi öncesinde üç aşama daha bulunmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla ticaret devrimi, tarım devrimi ve ulaşım devriminden oluşmaktadır. Teoriye göre bir devrimin ortaya çıkabilmesi kendisinden önceki devrim ya da devrimlerin ortaya çıkmasına bağlıdır. Bu üç devrimin biriken etkisiyle sanayi devrimi ortaya çıkar. Aşamalı analizlerde her aşamayı tanımlayabilmek ve diğer aşamaya geçişte tarih belirlemek önemli zorluklardandır. Sanayi devriminde büyüme mekanizması bu nedenle tartışmalı konu haline gelmiştir (Hartwell, 2005:8-9).

Sanayi devrimine sebep olan şey her ne ise tartışma konusu olmuştur çünkü çeşitli görüşler bulunmaktadır. Kimilerine göre talep kaynaklıdır, nüfusun artması ve dış ticaret ekonomide talebi arttırarak fiyatları yukarı yönlü kaydırır, bu durum ise üreticileri üretim yapmaya türlü makinalar kurabilmeye teşvik etmektedir. Kimilerine göre endüstriyel mallara yönelik tüketim kaymasını öne sürmektedir. Kimilerine göre ise arz yanlı faktörler etkilidir, üretim maliyetleri ucuzlayarak piyasa genişlemektedir. Üretim maliyetini düşüren şey ise emeğin, sermayenin ve teknolojinin ilerlemesiyle girişimcinin risk alabilme iradesidir. 18. yy sonları ile 19. yy başlarında söz konusu faktörler gerçekleşerek imalat sanayinin hızlı bir şekilde büyümesine yol açmış, o döneme sanayi devrimi denmiştir (Agarwal ve Agarwal, 2017:1062-1063). Sonuç olarak sanayi devrimlerinin ortaya çıkışında farklı görüşler olmakla birlikte bu görüşlerin bazılarına yer verilmiştir. Bu bağlamda sanayi devrimlerinin oluşmasına zemin hazırlayan bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar tarımsal (zirai) değişim, nüfus artışının beraberinde getirdiği demografik değişim, ulaşım ve ticarete görülen değişimler, sermaye birikimi, endüstriyel teknolojide görülen ilerlemelerin etkileri olarak sayılabilir.

Sanayi devriminin ortaya çıkmasında etkili olan tarımsal (zirai) değişimi şöyle özetlemek mümkündür. Sanayi devriminden önce toprak, dönemin en önemli unsuruydu. İnsanlar tarım yaparak ve hayvancılıkla uğraşarak köy ve kasabalarda geçimlerini sağlıyordu. Fransız İhtilali'nden sonra malikane sistemi çözümlenince açık tarla

sisteminin yerini çitleme almıştır. Bu süreç içerisinde senyörlerin bir bölümü iflas etmiş ve şatolarına çekilmiştir. İflas eden kesimin büyük çoğunluğu Fransa'da görülmüştür. Diğer bölüm ise köylülerin çayır, mera ve tarlalarını da ekleyerek rezerv toprakların çevresini çitlerle kaplatarak yeni düzene uyum sağlamışlardır. Bu kesim İngiltere ve Hollanda'da görülmüştür. Ortama uyum sağlayabilen senyörler böylece girişimci konumuna gelmişlerdir. Böylece ekonomik gelişme ve sanayileşme sürecine ciddi katkı sağlamışlardır. Tarımda görülen diğer bir değişme ise, burjuva kesiminin toprak satın almış olmasıdır. Buna ek olarak bataklıkları kurutmuşlar ve yeni toprak açmışlardır. Böylece besihane ve ticarete uzmanlaşmış, tarımsal ilerlemede öncü olmuşlardır (Torun, 2003:187-188). 18. yy'ın başlarında tohumlama makinesi kullanılmaya başlanmış böylece tarımsal faaliyetlerde makineleşme görülmüştür. Bu gelişmelerin sonucu olarak toprak sahibiyle kiracılar yüksek gelir elde etmişler ve tarımsal ilerlemede itici gücü oluşturarak finansman imkanı sağlamışlardır. İşte tarım, endüstrileşme sürecinin başarılı olması için gereken sermaye birikiminin çoğunluğunu oluşturmuştur (Deane, 1988:49). Tarımdaki verimlilik, sanayi kadar olmasa da 18. yy içerisinde artış göstermeye devam etmiştir ve tarımsal sektörde görülen ekonomik ve sosyal değişiklikler sanayileşmede temel faktör olan emek ve sermayenin hareketini kolaylaştırmıştır (Freeman ve Soete, 2003:41-42). İngiltere'de başlayan tarımsal ilerlemeler sanayi devrimine dört açıdan katkı sağlamıştır (Deane, 1988:37-38).

- Bilhassa sanayi merkezlerinde olmak üzere artmakta olan nüfusu besler,
- Sanayi ürünlerinde satın alma gücünü arttırır,
- Sanayileşmeyi finanse ederek sermaye birikiminin oluşmasını sağlar,
- Sanayide çalışabilecek işgücü fazlalığını serbest bırakır.

Tarımın sanayileşme üzerindeki katkısı değerlendirildiğinde, kentlerde yaşamını sürdüren insanların besin ihtiyaçlarını karşılar, gıda ürünlerinde ithalatın yolunu keser, endüstri ürünlerine piyasa katkısı sağlar ve yatırımları tarımsal sektörden endüstri sektörüne kaydırır (Bilgili, 1998:38).

Sanayi devriminin ortaya çıkmasında etkili olan diğer bir faktör ise nüfus artışının beraberinde getirdiği demografik değişimdir. 18. yy öncesi salgın hastalıklar, kıtlık ve savaşlar ölümlere yol açarak nüfusun büyümesinin önünde engel teşkil etmiştir. Ürünler ciddi boyutta yetersiz olduğundan bu durum ölüm oranlarının iki üç kat artmasına sebep olmuştur (Hobsbawm, 2000:296).

İngiltere’de yaşanan tarım devriminin sanayi devrimine katkısı büyüktür. İngiltere’nin tarım sektörü daima artış içinde olan ve kentlerde yığılma gösteren nüfusu beslemeye yetmiştir. Tıp alanında görülen ilerlemeler ve tarım devriminin yarattığı beslenme standardı yükselince ölüm oranlarında düşüş, doğurganlık oranlarında ise artış gözlenmiştir. Böylece hızlı nüfus artışı ortaya çıkmıştır. Ayrıca savaşların azalması da nüfus artışını sağlayan diğer bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Nüfus artışı sanayileşmeyi olumlu etkilemiştir ve sanayileşme de nüfus artışı sağlamıştır yani karşılıklı etkileşim söz konusudur. Bu karşılıklı etkileşim ise ilerlemelerde süreklilik sağlamıştır (Başer, 2011:282-283). Bir başka görüş ise nüfus artışı ekonomik gelişme ve sanayileşmeye olumlu ve olumsuz olarak iki türlü etki eder. Gerekli ve ucuz işgücünün sağlanması nüfus artışının sanayileşmeye olumlu etkisidir. Öte yandan milli gelir artışından daha fazla nüfus artışı söz konusuysa sanayileşmeye etkisi olumsuz olmaktadır (Torun, 2003:183). Nüfus artışı talepte artışa yol açmış ve fiyatları yükseltmiş bu durum da üreticilerin yenilik isteklerini arttırmış ve ekonomiye canlılık vererek endüstrileşmeyi hızlandırmıştır (Deane, 1988:46).

Sanayi devriminin ortaya çıkmasında ulaşım ve ticarete görülen değişimlerde etkili olmuştur. Batı Avrupa’da görülen sanayileşme süreci içerisinde ilk olarak nehir taşımacılığı ikinci olarak demiryolu taşımacılığı ve en son olarak da deniz taşımacılığında ilerleme sağlanmıştır. Kara yollarıyla ulaşım ise elverişli olana kadar pahalı ve güç olmuştur. Bu nedenle ulaşım için nehirleri kullanmak zorunluluk unsuru haline gelmiştir. Nehirler ulaşım için elverişlidir ve tüccarlar hammadde tedarik etme ve ürün pazarlama da daha kolay ekonomik koşullar içinde olmuştur. Ulaşımdan en çok yarar sağlayan ülke ise İngiltere’dir (Torun, 2003:191). İngiltere’de 1700 ve 1870 yılları arasında ulaşım alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Nehir taşımacılığı maliyet açısından avantajlı olmuştur çünkü nehir taşımacılığında navlun bedeli kara yolu taşımacılığının beşte biri ya da dörtte biri kadardır. Ancak nehirler her yerde olmadığı için kara yolu taşımacılığına da ihtiyaç duyulmuştur. Kara yolu taşımacılığı ise at ve vagonlar ile sağlanmış ve 1700’lü yıllarda vagonlar gittikçe büyük hale gelmiştir. Kıyı taşımacılığı da 1700’lü yıllarda önemli bir ulaşım aracı olarak görülmüştür çünkü burada da taşıma ücretleri diğer ulaşımlara nazaran daha düşük oranda kalmıştır. Teknolojik yenilikler ve altyapıdaki ilerlemeler sayesinde ulaşım biçimleri iyileştirilmiştir. 1700-1830 yılları arasında görülen gelişmeler kanallar ve demiryollarının kullanımına bile müsaade etmiştir. Bu açıdan buharlı gemiler de ulaşım

için odak haline gelmiştir (Bogart, 2013:2-8). Buhar makinası gemilerde kullanılmaya kadar deniz ulaşımında yelkenli gemiler kullanılmıştır. Gemiler 15. yy'a kadar sadece kıyıları takip ederek limanlara aksetmektedir. Pusula ile sekstan aletleri bulununca limanlara daha hızlı ulaşabilmek ve büyük denizlere açılabilme mümkün hale gelmiştir. Deniz ulaşımı da bu durum sayesinde aniden önem kazanmıştır. Gemiler sayesinde karayolu ve nehirlerden çok daha fazla mal taşınması mümkün olmuş ve bu mallar daha ucuza taşınabilmiştir. Böylece ulaşılamayacağı düşünülen topraklara da ulaşım sağlanmıştır (Torun, 2003:191).

Son olarak demiryolu ulaşım adına mühim bir teknolojik başarı olmuştur. Malların nakliye edilmesi ve yolcu seyahatinde konfor ve hız sunmuşlardır. Ayrıca pazar segmentinde de başarılı olmuşlardır (Bogart, 2013:12). Demiryolu sanayileşmenin önünü açarak güvenli, hızlı ve ucuz ulaşımı mümkün kılmıştır.

Bir ekonominin sanayileşmiş yapıya dönüşebilmek için izlediği yollardan biri de uluslararası ticaretin sunmuş olduğu fırsatları değerlendirebilmek olmalıdır (Deane, 1988:53). Avrupa'nın batısında ticaretin öne çıkması ve gelişmesi merkantilizm olarak adlandırılır. Merkantilizm diğer bir deyişle ticari kapitalizm, piyasa ekonomisi koşullarını oluşturduğu gibi, sermaye birikimi yolu ile sanayi kapitalizminin doğmasına da öncülük etmiştir (Kazgan, 1993:43).

Sanayi devriminin ticari devrim ile ortaya çıktığını savunan Marx ve diğerlerine göre ticaretten sanayiye doğru kayarak sanayi devriminin başlamasına neden olan girişimcileri yaratan olgu, on yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda ticaretin büyük oranda genişlemiş olmasıdır. Ticaretin genişlemesi ise kent nüfusunda ve büyüklüğünde artış sağlayarak yeni teknolojik yayılımları etkilemiştir (Rostow, 1970:259).

Sanayi devrimini ortaya çıkaran özelliklerden birisi de sermaye birikiminde görülen kalıcı ve sürekli bir büyümedir. Büyüme sonucunda ise sermaye malları üretilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda sanayi devrimini ortaya çıkaran diğer bir unsur ise fabrika sisteminin ortaya çıkması olmuştur (Başer, 2011:245).

Sermayenin oluşması yüksek oranda Avrupa'ya transferi gerçekleştirilen Amerikan altınları ve gümüşleri olmuştur. Avrupa'da para stoğundaki genişleme ise mal ve hizmetlere olan talebin ivme kazanmasına, bu ivme de fiyat ihtilaline sebebiyet vermiştir. Oluşan fiyat ihtilalinin iki sonucu vardır. Bunlardan ilki ürün arzının para arzında görülen genişleme kadar artış göstermemesi enflasyon çevresindeki ülkelerin

nakdi reel akım dengelerini bozmuştur. Batıda yaşanan bu parasal şok Osmanlı’ında dengesini olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer sonuç ise malların fiyatlarında artış olmasına rağmen bu artış işçi ücretlerine yansımayınca ortaya çıkan fark yani artık değer işveren hesabında birikmiştir. Bu durum yani burjuvadaki iç sömürü ise sermayenin hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur (Torun, 2003:192).

Sanayi devriminin oluşmasında buluş ve icatların, teknolojik ilerlemelerin etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Dolayısıyla sanayileşme ve teknolojik ilerlemeler birbirinden ayrı düşünülemez ve aralarında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur.

Öncelikle 1712’de Thomas Newcomen’in geliştirmiş olduğu buhar makinesi ile 1733’te John Kay’in geliştirdiği dokumacılık sektöründe kullanılan uçan mekik (flying shuttle) olarak bilinen icat ve diğer icatlar endüstrilerde kullanılınca bu gelişmeler sanayi devriminin başlamasında büyük önem taşımıştır. Devrim süreci içerisinde üretimi gerçekleştiren yeni makineler, üretimde kullanılan eski makineden daha etkin bir şekilde tasarlanmıştır. Görülmektedir ki sanayi devriminin bu başarısı, teknolojik ilerlemelerin hızını önemli boyuta arttırarak bu ilerlemelerin süreklilik taşımasını sağlamak olmuştur (Deane, 1988:136).

Sanayi devriminin oluşmasına öncülük eden teknolojik ilerleme Hobsbawm’a göre, pamuk endüstrisinde görülen teknolojik ilerlemeyi mekanik bir sorunun tetiklemesi olmuştur. Çıkrık ile dokuma tezgahı arasında eşitsiz bir verimlilik hızı vardır ve bu durum yeni gelişmelere zemin hazırlamıştır. Çıkrık teknolojik anlamda geri kalmış bir araçtır bu nedenle de dokuma tezgahlarının ihtiyacını karşılayabilecek kadar hızlı çalışmamaktadır. Bu dengeyi bozan üç yeni buluş olmuştur. Bu buluşlardan ilki 1760’lı yıllarda keşfedilmiş olan ve evlerde bulunan çıkrık ile birkaç ipliği eğirebilen Jenny makinesi, ikincisi 1768’de keşfedilmiş olan gerek normal çıkrığın yaptığı gibi kendi ekseninde dönebilen gerekse de eğirmeyi birleştirebilen su çıkrığı, üçüncü ve son olarak da 1780’li yıllar itibariyle buharla çalışan ve iki çıkrığı birleştiren araba çıkrık makinesidir. Son iki buluş ise esas itibariyle fabrika üretiminde kullanılmıştır (Fülbert, 2014:93).

İşte tüm bu oluşan gelişmeler sanayi devrimini ortaya çıkarmıştır ve gelişmelerin hiçbiri tek başına olmamıştır, hepsi birbirini etkileyerek yeni buluşların icatların dolayısıyla da devrimlerin önünü açmıştır. Yeni bir buluş yeni bir ilerleme demektir bu

ilerlemeler ise sanayileşmeye yardımcı olarak endüstri toplumu haline gelmemizde önem taşımaktadır.

2.2. BİRİNCİ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 1.0)

Birinci Sanayi Devrimi veya Endüstri 1.0 devrimlerin ilkidir, devrimin başlangıcı ile ilgili ise çeşitli görüşler bulunmaktadır. Bu nedenle de tam tarih saptayabilmek mümkün değildir. Ancak genel kabul gören bir görüşe göre 18. yy'ın sonları itibariyle İngiltere'de su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin keşfedilmesiyle ortaya çıkan sanayileşme süreci olduğu bilinmektedir. Bu sanayileşme süreci ise 1760'tan 1840'lı yıllara kadar uzanan insanlık tarihinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Makineleşmiş üretime önderlik eden endüstriyel dönüşüm, zaman içerisinde Batı Avrupa'da, Kuzey Amerika'da ve Japonya'da da etkisini göstererek tüm dünyaya yayılmıştır (Gür vd., 2017:54).

Birinci Sanayi Devrimi olarak da bilinen Endüstri 1.0'ın ortaya çıkışında ve gelişiminde etkili olan faktörler buhar makinesinin icat edilmesi, dokumacılık sektöründe görülen değişiklikler ve demirin işlenmesi olarak sayılabilir. Dolayısıyla da buhar, pamuk, kömür ve demir bu devrimde önem taşıyan unsurlar olmuştur.

1712 yılında Thomas Newcomen'in geliştirmiş olduğu işleyen buhar makinesinin ardından James Watt 1775 yılında kendi buhar makinesi geliştirmiştir (Basalla, 2013:61-62). 18. yy sonunda buhar gücünün makinelerde kullanılmaya başlamasıyla insanoğlu Birinci Sanayi Devrimi'yle tanışmıştır. Böylece buhar gücüyle çalışan bu makineler kas kuvvetinin erişemeyeceği üretim kapasitesine erişebilmeyi sağlamıştır (Görçün, 2017:16). Bu süreçte odun ile bio yakıt yerine kömür kullanılmaya başlanmış, böylece makinelerin yaygınlaşması hız kazanmıştır. Üretim yapısında görülen bu köklü değişim ile hem ekonomide hem de toplumsal yapıda büyük bir değişim gözlemlenmiş, ortalama yaşam süresinde uzamayla beraber nüfus artışı ortaya çıkmıştır. Ayrıca üretim makineler sayesinde pratik hale gelince ürün sayısında ve yaşam kalitesinde artış olmuştur (EBSO, 2015:4). Buhar gücünün kullanılması sonucunda gaz lambası icat edilmiş ve bu sayede geç saatlerde çalışabilme imkanı doğmuştur. Bu durum ise üretim miktarındaki artışı tetiklemiştir (Görçün, 2017:22).

J. Kay'ın 1733 yılındaki uçan mekik adlı buluşu kumaşın dokuma hızını arttırmış, J. Hargreaves'in 1764 yılındaki çıkırığı keşfetmesi ile aynı anda sekiz makarada iplik eğirmesi yapılabilmiş ve daha sonraları bir çıkırık ile yüz yirmi makarada iplik eğirebilme olanağı doğmuştur. İlk dokuma fabrikalarında çıkırık ve mekik akar su

gücü ile çalışırken, James Watt'ın buharlı makine icadıyla buharla çalışan dokuma fabrikaları İngiltere'de kurulmuştur. Böylece İngiltere kaliteli ve ucuz olan dokumaları bütün dünyaya satmıştır. Buhar makinesi kömür ocaklarında da kullanılmaya başlayınca verimlilik artmıştır. Demirden metal elde edebilmek için Abraham Darby'in odun kömürünün yerine kok kömürü kullanması İngiltere'de keşfedilmiştir. Buharlı gemiler sayesinde İngiliz malları deniz aşırı ülkelere hızlıca ulaştırılmış, buharlı trenler de sanayi ürünleri ile hammaddenin limanlara taşınmasını hızlandırmıştır. Yaşanan bu gelişmeler ile İngiltere'de sanayi devrimi başlamıştır (Akbulut, 2011:1-2). Kömür buhar makinelerinde kullanılmaya başlayınca metalin işlenmesi açısından önemli bir unsur olmuştur. Ayrıca buhar gücü demiryolu araçlarında da kullanılınca kömür, tedarikten pazar aşamasına kadar ki süreç boyunca gerek enerji gerekse de hammadde olarak kullanılabilmiştir (Görçün, 2017:16).

Birinci Sanayi Devrimi'nde önemli bir diğer nokta da 1750 ile 1769 yılları arasında pamuk ihracatının İngilizlerde on kattan daha fazla artış göstermesidir (Hobsbawm, 2000:67). Sanayi devriminin başlangıcında yani 18. yy'da dokumacılık sektöründe görülen ilk yenilik yünlü dokumada olmuştur. İlk defa 1730'lu yıllarda kullanılıp daha sonra 1950'li ve 1960'lı yıllarda yaygınlık gösteren pamuklu dokumacılardan J.Kay'ın uçan mekiği ile 1748 yılında patenti alınıp 1760 yıllarında Lacashire'de kullanılan Paul'un tarama makinesi ilk teknolojik ilerlemelerden sayılabilir (Deane, 1988:77). Pamuklu dokuma sektöründe görülen en önemli icat uçan mekiğdir ve dokumacıların verimi en az ikiye katlanarak daha geniş kumaşlara olanak sağlamıştır (Türkcan, 1981:71). Bu durum iplik yetersizliğini de beraberinde getirecektir. Richard Arkwright'in 1768 yılında icat edip 1769 yılında da patentini almış olduğu iplik makinesi pamuklu dokuma sektöründe devrim niteliğinde olmuştur. Arkwright bu iplik tezgahını su gücüne uyarlayarak, değirmen modelinden hareketle su tezgahına dönüştürmüştür. Daha sonra ise bu makine buhar gücüne uyarlanarak fabrika tipi makine haline gelmiştir böylece ev içi üretimden de kopuş sayılmıştır (Deane, 1988:78).

Rostow'a göre ilk başta sanayi devrimini oluşturan temel sektör pamuklu dokuma sektörü olmuştur, Schumpeter'e göre ise İngilizlerin sanayileşmesinin tek bir nedeni vardır ve o neden de pamuklu dokuma sektörüdür (Güran, 2009:142). Bu bağlamda bazı iktisatçılar pamuklu dokuma sanayisinde yaşanan gelişmeler ile bütün sektörlerin önüne geçtiğini ve devrimin asıl nedenini oluşturduğunu söylemektedir.

Sanayi devriminin oluşmasının arkasında önceki dönemlerinde teknik birikimi yatmaktadır. Bu açıdan ortaçağda su gücünü kullanmış olan mühendisler yardımıyla metalurji alanında yeni bir yol başlatarak yükseğe ulaşılması sağlanmıştır. Su gücü diğer orta çağdaki endüstrilerde de görüldüğü gibi metal araç ve gereçlerin üretiminde de devrim etkisi yaratmıştır. Su gücüyle işleyen ve mekanik olan sanayi çekici, demir dövmede zamanla demircinin yerini alarak daha düzenli vuruşları ortaya çıkarmış ve daha verimli olmuştur. Burada gerçekleşen en önemli su gerektiren buluş demir cevherinde eritme sağlayabilmek için fırınlardaki sıcaklığın 1500 °C'a kadar çıkmasına izin verecek boyutta hava üfleme kapasitesi olan ve su gücü ile işleyen körükler olmuştur. Tarih boyunca ilk defa fırınlarda demir eritilebilmiştir (Gimpel, 2004:63-64).

James Watt adlı mucit buhar makinesini geliştirerek, Richard Trevithick adlı mucit ilk buharlı lokomotifini inşa ederek, Richard Arkwright adlı mucit iplik eğirme makinesini icat ederek ve son olarak Edmund Cartwright adlı mucit dokuma tezgahını üreterek İngiltere'de Birinci Sanayi Devrimi'nin aşamalarını oluşturmuşlardır (Acemoğlu ve Robinson, 2012:101).

Özetle, Birinci Sanayi Devrimi'nde odunun yerine maden kömürü ve buhar kullanılmış, dokuma sektöründe özellikle pamuklu dokuma da verimlilik artışı gerçekleşmiş, buhar makinesi icat edilmiş, insan gücü yerine makineler devreye girince teknolojik açıdan ilerleme yaşansa da işsizliğe sebebiyet vermiş, yaşanan gelişmeler nüfus artışıyla bütün dünyayı etkisi altına almış, yeni bir devrim olan İkinci Sanayi Devrimi'nin oluşmasına da zemin hazırlamıştır.

2.3. İKİNCİ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 2.0)

İkinci Sanayi Devrimi veya Endüstri 2.0, Birinci Sanayi Devrimi sonrasında radyo ve telgraf gibi çeşitli teknolojik buluşları içeren, içten patlamalı motorlar, seri üretim, kimya sektöründe ilerleme, çelik üretiminde gelişme süreçlerinin yaşandığı 1870 ile 1914 yılları arasında yaşanan bir devrim niteliğindedir. Ancak 1950'li yıllarda başladığını savunan görüşlerde mevcuttur. Ayrıca Birinci Sanayi Devrimi'nde İngiltere öncü konumda iken, İkinci Sanayi Devrimi'nde Amerika Birleşik Devletleri öncü konuma geçmiştir. Bunun altında yatan neden ise seri üretimdeki başarısı olmuştur.

Birinci Sanayi Devrimi ve öncesinde teknolojik ilerlemelerin bilimsel dayanağı neredeyse hiç yoktur. Kimya olmadan kimya endüstrisi, termodinamiği olmayan güç makineleri ve metalurji olmadan demir endüstrisi yaratmıştır. 1870'ten yani İkinci Sanayi Devrimi'nden itibaren icatlar farklılaşmıştır. İkinci Sanayi Devrimi bilim ve

teknoloji arasındaki geri bildirimleri hızlandırmıştır. Sınırlı ve yerel olan başarıları genişleterek yaşam standardını iyileştirmiş ve paranın satın alma gücü artış göstermiştir (Mokyr, 2003:1). Birinci Sanayi Devrimi'nde kullanılan makineler dişli, pistonla, kayışla ve kasnakla çalışan basit aletlerden oluşurken, İkinci Sanayi Devrimi'nde bilim adamlarının kimya ve fizik alanlarındaki buluşları teknolojiye aktarılmıştır (Akbulut, 2011:3).

Birinci Sanayi Devrimi'nde üretim makineleştikten bir müddet sonra teknolojiye de daha çok ilerleme yaşanınca İkinci Sanayi Devrimi'nin temelleri atılmıştır. İkinci Sanayi Devrimi, teknoloji devrimi adıyla da bilinir. Bu devrimin ortaya çıkışında ilk olarak demiryollarının daha sonra ulaşım alanında görülen ilerlemelerin büyük etkisi olmuştur. Ulaşım kolay hale gelince hammadde temini daha basit ve zahmetsiz yapılabilmiş, üretim aşaması biten ürünlerin uzak ve yeni pazarlara ulaşımı mümkün olmuştur (EBSO, 2015:5). 20. yy'ın başında İkinci Sanayi Devrimi talep eğilimine destek veren kitlesel üretime olanak tanımıştır. 1950'li yıllar itibariyle kitlesel pazarlarda dünyaca gelişme yaşanınca doğal kaynak ve emisyon salınımları kullanım açısından artışa geçmiştir (Janicke ve Jacob, 2009:10). İkinci Sanayi Devrimi elektriğin, bilimi içeren kimyasalların, içten yanmalı motorun, verimli çelik dökümünün, telgrafın yayılmasıyla beraber telefonun keşfedilmesi ile iletişim alanında ilerlemeye neden olmuştur ve ilk sanayi devriminden farklı olarak bu teknolojik ilerlemenin yerleşmesinde bilimsel bilginin rolü önem taşımaktadır (Castells, 2008:43).

Seri üretim tekniğini sağlayabilmek için Frederick Winslow, Taylor'un geliştirmiş olduğu Taylorizm sistemi yönetime bilimsel boyut kazandırmış, çalışanlardan maksimum düzeyde verim almayı hedeflemiştir. Taylorizm sistemi üretim sürecinde sistematik analizin yapılmasından sonra, küçük parçalar halinde işleri ayırarak çalışanların her birinin o alanda uzmanlaşması amacını taşımaktadır. Böylece işçiler ve yaptıkları iş denetim çerçevesi içerisinde olacak ve iş kaybının düzeyi asgari boyuta indirgenmiştir (Gür vd., 2017:60-61). İkinci Sanayi Devrimi'nde elektrik teknolojisi gelişerek üretimde kullanımı başlamıştır. Bu teknoloji buhar gücüne kıyasla daha üstün ve güçlüdür, bu yönüyle de üretimde yüksek oranlarda artışın olmasına öncülük etmiştir. Bu durum sayesinde seri üretim kavramı dünyaca tanınır hale gelmiştir. Seri üretimdeki en önemli örnek ise Henry Ford'a ait Ford motor şirkettir (EBSO, 2015:5). Henry Ford'un geliştirmiş olduğu Fordizm, Taylorizm'e benzemektedir ancak fordist

Üretim sürecinde işler küçük parçalara ayrıldıktan sonra yapılış sırasına bakılarak üretim hattına diziliş gerçekleşmektedir (Gr vd., 2017:61).

Bu dönemde ortaya çıkmış olan en çarpıcı gelişme üretim bantlarıyla makineleri çalıştırabilen fosil yakıtlı enerji kaynaklarının yerine elektriğin kullanılmaya başlamasıdır. Yüzyıllardır bilinmekte olan elektrik enerjisi bu döneme kadar genel olarak aydınlatma üzerine olmasına karşın, enerji kaynağı olarak makineleri çalıştırmak için kullanılmamıştır. Elektrik enerjisi endüstrilerde çekimser davranışlardan dolayı fosil yakıtların yerini alamamıştır. Elektrik enerjisine güven duyulmamış ancak elektrik teknolojisinde ilerleme sağlanınca endüstrilerin fikri de bu doğrultuda değişiklik göstermiştir. Böylece retim bantlarında ve makinelerde elektrik enerjisi kullanılarak, üretim süreçleri sistematikleştirilmiştir. rnek olarak üretim bantları yarı otomatik hale gelmiş ve ihtiyaa göre hızlanıp yavaşlatılmıştır (Görçün, 2017:76).

İkinci Sanayi Devrimi'nde üretim organizasyonu da vurgulanmaya değer bir nitelik taşımaktadır. Devrim büyük endüstrilerde büyümeye olanak vermiştir. 1850'li yıllarda demir ağı tam anlamıyla oturmuştur. Ferforje makine parçaları ve raylarında görülen aşınma ile yıpranma kullanım açısından onları pahallılaştırmıştır. İnaşat, makineler ve birçok kullanım için ferforje yeterince dayanıklı değildir ve inelastiktir. elik yapabilmek sorun değildir, asıl sorun ucuza yapabilmektir. 1856 yılında Henry Bessemer sayesinde bu sorun çözüme kavuşmuştur. elik endüstrisi büyümeye başlamış ve İkinci Sanayi Devrimi'nde elik teknolojinin sembolü haline gelmiştir. Kimya endüstrisinde ise Almanlar önde gelen isimdir. Justus Lon Liebig, gübrenin önemini, tarımda kimyasalların uygulanmasını savunarak organik kimyayı kitabında yayınlamıştır. Daha sonra ise Alman kimyagerler modern organik kimyayı ortaya çıkarılmışlardır. Bu durum bilimsel bilginin üretim tekniklerine olan etkisini göstermektedir. Bir diğer önemli gelişme olan elektrik, kimya gibi yeni bilginin uygulamalara geçildiği bir alandır. 1808 yılına dayanan eski bir tarihte Humphrey Davy aydınlatma yeteneklerini göstermiştir. 1821 yılında Michael Faraday elektrik motorunu, 1831 yılında da dinamoyu icat etmiştir. Elektrikte yaşanan ilk etkin uygulama g aktarımında olmamıştır, bu uygulama iletişimde gerçekleşmiştir. Demiryollarıyla beraber telgraf teknolojik sisteme erken bir örnektir. 1870'li yıllara gelindiğinde ise elektrik kullanımı yaygınlaşmıştır. Ulaşımda ise İkinci Sanayi Devrimi'yle beraber demiryolları daha güvenli, konforlu ve hızlı olmuştur. Bu durum daha çok mikro icatlarla ortaya çıkmıştır. 1897 yılında Rudolf Diesel dizel motor icat etmiş ve elektrikli

lokomotifler kullanılmıştır. 1914 yılında ise Henry Ford yıl içinde yaklaşık çeyrek milyon T model otomobil satışı yapmıştır (Mokyr, 2003:2-6).

İkinci Sanayi Devrimi birçok açıdan Birinci Sanayi Devrimi'nin devamıdır ancak bir o kadar da Birinci Sanayi Devrimi'nden ayrılır. Ücret ve yaşam standartları üzerinde doğrudan etkisi vardır ve teknolojik açıdan üstünlüğü İngiltere'den alıp dağınık bir konuma kaydırmıştır (Mokyr, 2003:12).

Hammadde açısından ise demir ile çelikte yaygın kullanımın başladığı ve ağır sanayide gelişme yaşandığı İkinci Sanayi Devrimi'nin yürütücüleri ise İngiltere, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'dır (EBSO, 2015:5).

Sonuç olarak İkinci Sanayi Devrimi'nde yaşanan gelişmeler özellikle Batı Avrupa'da refahı arttırmış, iletişim hızlı bir boyuta ulaşmış, modern teknolojinin temelleri atılmış, enerji ve ulaşımda ilerleme sağlanmış, çalışma saatleri azalarak gelirleri yükseltmiş, seri üretim ticaret ağlarını geliştirmiş, sermaye eskiye nazaran daha fazla artmış, ancak toplumsal sınıflarda sanayileşmeyle birlikte yabancılaşmaya da neden olmuş, emek ucuzlamış, ayrıca devrimin yaşandığı dönem nedeniyle Birinci Dünya Savaşı'nın etkileri görülmüş, sosyoekonomik sorunlara neden olmuş, iyi ya da kötü yaşanan tüm bu gelişmeler Üçüncü Sanayi Devrimi'ne zemin hazırlamıştır.

2.4. ÜÇÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 3.0)

Üçüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 3.0'a geçiş Birinci ve İkinci Dünya Savaşları'nın yaşanması nedeniyle ancak İkinci Dünya Savaşı sona erdikten sonra mümkün olmuştur. Savaşların etkisiyle ve 1929 Bunalımı'yla teknolojik ilerlemelerde durgunluk yaşansa da nihayet 1950'li yıllara gelindiğinde yeni bir devrimin kapıları açılmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi dijital teknolojide görülen ilerlemelerle ortaya çıkmıştır ve dijital devrim olarak da bilinmektedir.

Üçüncü Sanayi Devrimi'nde, üretimde elektronik ve mekanik teknolojiye dayalı olan makineler yerini dijital teknolojiye dayalı olan makinelere bırakmıştır. Makineler sadece emeğin büyük bir kısmını ele geçirmekle kalmamış, zihinsel işlerinde bir bölümünü üstlenmiştir (Kagermann vd., 2013:14). Bu devrim, fiziksel bir motor aracılığıyla değil de internet, yenilenebilir enerji ve 3D baskı aracılığıyla yönlendirilmiştir (Roberts, 2015:1).

Rifkin, Üçüncü Sanayi Devrimi adlı kitabında devrimi beş süreç içerisinde temellendirmiştir. Bu süreçler; (Rifkin, 2014:57-58)

- Yenilenebilir olan enerji kaynaklarına geçiş,
- Bütün dünyadaki binaların mikro bazda enerji santrallerine dönüştürülmesiyle kendi buldukları yerlerde yenilenebilir olan enerjiyi toplayabilmesi,
- Kesintili olan enerjileri depolayabilmek adına binalarda ve altyapılarında hidrojen ile beraber diğer depolama teknolojilerinin uygulanması,
- Bütün dünyadaki enerji kaynaklarının internet teknolojileri kullanıp internet gibi işlenmesi sağlanarak enerji paylaşabilen şebeke ağını oluşturmak,
- Ulaşım araçlarını elektrikli ve yakıt hücreli araçlar ile değiştirerek kıtasal, akıllı ve etkileşim sağlayan araçları kullanmaktır.

Rifkin'a göre bu süreçlerin işleyebilmesi için birbiriyle ilişkisi olması bu nedenle de aynı süre zarfında ortaklaşa hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde gerçekleşmediği takdirde ise temeller oturmamış olacaktır.

Üçüncü Sanayi Devrimi'nde üretimde iletişim, bilgisayar ve ulaşım teknolojilerinden yararlanılması günlük hayatta nanoteknoloji, daha küçük ve pratik ürünlerin yer almasına sebep olmuştur. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra elektronikte ve bilgi ve iletişim teknolojilerinde görülen ilerlemenin etkisiyle birlikte üretimde otomasyon sağlanmıştır. Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) gelişince üretimdeki otomasyon da ileri mertebelere ulaşmıştır. İkinci Sanayi Devrimi üretimde serileşmenin meydana gelmesiyle oluşan hızlanma olarak tarif edilirken, Üçüncü Sanayi devrimi ise üretimdeki otomasyon, iletişimle bilişim ve bu bağlamda sayısallaşma olarak tarif edilmiştir. Bu dönem içinde üretimin yönünü bir dizi bilimin gelişmesi etkilemiştir. Bunlar bilgisayarın, mikro elektroniğin, fiber optiğin, lazer ve bilişim benzeri teknolojilerin, telekomünikasyonun ve nükleer, biyogenetik gibi bilimlerin gelişmesidir (Taş, 2018:1822).

Üçüncü Sanayi Devrimi'ndeki en önemli özelliklerinden biri de üretimde otomasyonun artmasıyla üretim süreçlerinde bedensel gücün eksilmesidir. Birinci ve İkinci Sanayi Devrimleri'nden farklı olarak Üçüncü Sanayi Devrimi'nde neredeyse her zaman yeni teknoloji denemelerinin ve üretiminin yaşandığı üretim süreci içerisinde en önemli faktör araştırma geliştirme çalışmaları olmuştur (MÜSİAD, 2017:34). Bilhassa Z1 olarak isimlendirilen ve mekanik elektrik ile çalışan hesap makinesi üretimi, hemen arkasından da bilgisayarlara kadar giden dijital ilerlemeler üretim süreçlerine yeni bir kapsam kazandırmıştır (EBSO, 2015:6). Electronic Numerical Integrator and Computer

(ENIAC) 1946'da dizayn edilmiş, gelişmiş bilgisayar teknolojisinde tarihte görülen ilk yansıma olmuştur. İnternet ise ilk defa 1969 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde askeri nitelikteki bir programda Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı (ARPANET) kuruluşuyla başlamıştır (MÜSİAD, 2017:36-37).

Üçüncü Sanayi Devrimi'nde Moore Kanunu'da dönemin önemli olaylarından biridir. Intel'in kurucusu Moore, bilgisayarları inceleyerek sene içerisinde maliyetlerde yaklaşık olarak dörtte bir oranında tasarruf olduğunu gözlemlemiştir. Teknolojik aletler önceki dönem ile kıyaslandığında daha kaliteli ve süratli bir hale gelmiştir. Bilgisayar parçalarındaki küçülme tüketilen kuvveti azaltarak, gelişen tekniklerle sağladığı etki büyüme göstermiştir. Böylece imal durumu ucuzlamış, ekipmanların çalışması ise kolaylaşmıştır (Kabaklarlı, 2018:28).

Son olarak, Üçüncü Sanayi Devrimi'nde görülen değişimin önemli itici güçlerinden birisi de yenilenebilir enerjiye geçiş ile iklim değişikliği yöntemi olmuştur. Fosil yakıtların yerini artık yenilenebilir enerjiler alacaktır. Fosil yakıtlar küresel boyutta gelir artışı yaşandıkça talebin önemli boyutta artması düşünülen tarım, ev içi ısınma, ilaç, mamul ürünler gibi temel hammaddeleri sürmeye devam edecektir. Dünyada kestirilen deniz seviyesinin yükselmesi tersine döndürülemezse nehir sistemleri ve kıyı şeridi boyunca alçak bölgelerden milyonlarca insan tekrar yerleşim zaruriyetiyle karşı karşıya kalacağı için Üçüncü Sanayi Devrimi iklim adaptasyonu ile azaltma girişimlerini yönlendiren önemli bir devrim olarak karşımıza çıkmaktadır (Roberts, 2015:13).

Üçüncü Sanayi Devrimi hakkında genel bir değerlendirme yapacak olursak, teknolojik açıdan bilgisayarın keşfedilmesi, akıllı makinelerin robotların ve bilginin üretim sürecinde yerini almasıyla sanayi toplumundan bilgi toplumuna doğru bir geçişin olduğu aşikardır. Artık dünya küresel bir pazar haline gelmiş, e-ticaret kavramı ortaya çıkmış ve toplumun refahı artmıştır. Yenilenebilir enerji sayesinde çevre kirliliği ve maliyetler azalmıştır. Kalifiye işgücü ihtiyacı artmış, beden gücüne duyulan ihtiyaç ise azalmış, bu durum istihdam açısından önemli bir tehdit unsuru oluşturmuştur. Yaşanan tüm bu gelişmeler yeni bir devrimin önünü açmış ve Endüstri 4.0'a geçilmiştir.

2.5. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0)

En nihayetinde bugünü yaşadığımız Dördüncü Sanayi Devrimi'ne gelinmiştir. Her yönüyle zaman içerisinde değişiklik gösteren dünyada teknolojik ilerlemenin

meyvelerinin toplanarak ve bir öncekinden etkilenecek daha iyisini, daha verimlisini ortaya koyduğu yeni icat ve buluşlarla yeni bir devrim ortaya çıkmıştır.

Endüstri 4.0, üretimin ileri bir teknoloji ile yapılabilmesini araştıran bir proje neticesinde Alman hükümeti tarafından ortaya çıkan bir kavramdır. Temeli Üçüncü Sanayi Devrimi'ne dayanan Endüstri 4.0'ın oluşumunda bilgisayarın, internetin ve başka dijital teknolojilerin gelişmesi yatmaktadır. Bu kavramın 2011 yılında Hannover Fuarı'nda tanıtımı yapılmıştır (Banger, 2016:48). Fuar katılım gerçekleştiren uzmanlar bilişim çağındaki modern yüzün, üretim süreçlerine yeni bir boyut kazandırarak yeni bir endüstri devriminin yaşanıyor olduğunu belirtmiştir (EBSO, 2015:7). Küresel bir boyut kazanan dünyada teknolojiye hızlı ilerlemeler ve artan tüketici talepleri doğrultusunda bu duruma ayak uydurabilen üretim sistemlerine olan ihtiyaç Endüstri 4.0 kavramını gündeme getiren kilit bir unsurdur.

Küreselleşmenin son dalgası olan Endüstri 4.0 kavramının üretim ile tüketim süreçlerinde köklü değişikliğe sebebiyet vereceğini düşünen World Economic Forum (WEF) başkan ve kurucusu Klaus Schwab'a göre Endüstri 4.0 önceki devrimlerden üç nedenle farklılaşmaktadır (Schwab, 2017:11-12). Bu nedenler;

- **Hız:** Önceki üç devrimden farklı olarak Dördüncü Sanayi Devrimi doğrusal olmayan üstün bir hızla ilerlemektedir. Yenilikler ise kısa bir zaman zarfı içerisinde bir başka yenilikle desteklenmekte yani yeni bir teknolojik ilerleme, daha yeni bir teknolojik ilerlemenin daha önünü açmaktadır.

- **Genişlik ve Derinlik:** Bu dönemde dijital devrim üzerine ilerlemeler görülmekte ve dijitalleşme Dördüncü Sanayi Devrimi'nin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Bu gelişme sadece üretim yapısını değiştirmekle kalmamış, bireyselliğe, iş hayatına ve toplum yapısına da etki etmiştir.

- **Sistem Etkisi:** Endüstri 4.0'ın ülkelerde, şirketlerde, bireylerde ve toplumlarda bütünsel bir değişikliğe neden olacağı düşünülmektedir. Bilimsel alanların tümü Endüstri 4.0 olgusundan etkilenecek ve eş zamanlı bir şekilde ilerlemeler ortaya çıkacaktır.

2016 yılında Davos Konferansı'nda Dördüncü Sanayi Devrimi'nin temeli atılmış, yeni bir sanayi devrimi resmîyet kazanmıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi insanlığın evrimi içerisinde önemli bir zamanı işaret etmektedir çünkü dijitalleşmenin teknolojik fenomenine yeni bir enerji türüne göre daha çok kök salan ilk devrimdir. Bu

dijitalleşmeyle fiziksel dünyamızı yönlendirebilmek mümkündür ve bu bağlamda yeni sanal dünyalar inşa etmeye yardımcıdır. Dijital teknolojileri destekleyen Dördüncü Sanayi Devrimi fiziksel boyuttaki dünyayı biyolojik dünyaya ve dijital dünyaya yakınlaştıran teknolojilerin birleşimini içeren dijital bir devrimdir. Karşılıklı koşullandırma ve etkileşim içindeki bu teknolojiler yapay zeka, genetik, robotik, 3D baskı, biyoteknoloji ve nanoteknoloji alanlarını kapsamaktadır. Endüstri 4.0 bu açıdan dijital teknolojinin, ağların ve platformların bir endüstrisi olarak kabul edilmektedir. Dördüncü Sanayi Devrimi ya da Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT) ve sistemlerin interneti (IoS)'nin bir kombinasyonudur. Günümüzde yapay zeka, yeni teknolojiler, otonom araçlar, sanal asistanlar ve insansız hava araçları (drone) gibi birçok alanda etrafımızı sarmaktadır (Dogaru, 2020: 398-399).

3. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL YAPI TAŞLARI

Bu kısımda Endüstri 4.0 deyince akla gelen ve Endüstri 4.0'ın ayrılmaz parçalarını oluşturan temel yapı taşlarından bahsedilecektir. Bu yapı taşları akıllı fabrikalar, akıllı (otonom) robotlar, bulut bilişim sistemi, büyük veri, nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, siber güvenlik, üç boyutlu (3D) yazıcılar, yatay ve dikey entegrasyon ve arttırılmış gerçeklik olarak sayılabilir. Yeni devrimin amaçlarına ulaşabilmesi, başarıyı yakalayabilmesi adına bu yapı taşları büyük önem arz etmektedir. Endüstri 4.0'ı bir tren, yapı taşlarının hepsini de trenin bir vagonu olarak düşünürsek bu kavramların Endüstri 4.0 için ayrılmaz bir parça olduğunu söyleyebiliriz.

3.1. AKILLI FABRİKALAR

Akıllı fabrikalar (smart factory) üretimin her aşamasında teknolojiyi kullanan Endüstri 4.0'ın önemli yapı taşlarından biridir. Bu açıdan insan faktörüne gereksinim duymayan, internet ve robotlarla üretim süreci gerçekleşmekte bu durum ise akıllı fabrikaların rolünü ortaya koymaktadır. İnsan faktörünü devre dışı bırakmasıyla geleneksel fabrika kavramından farklılaşmaktadır. Akıllı fabrikalar sayesinde daha ekonomik ve kaliteli ürünlere ulaşabilmek kolaylaşmaktadır.

Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da bilinen Endüstri 4.0 sürecinde akıllı fabrikaların ortaya çıkmasıyla fiziksel ve sanal üretim sistemlerinde etkileşim sağlanabilmekte ve bu neticede ürünlerin müşteriye özel olması daha kolay bir şekilde sağlanabilmektedir (Schwab, 2017:17).

Akıllı fabrikalar geniş bir ağ üzerinde performansını kendi başına en iyi şekilde kullanabilen, gerçek ya da neredeyse gerçek zamanlı bir şekilde yeni koşullara kendi

başına uyum gösterebilen ve bunları öğrenerek bütün üretim süreçlerini bağımsız çalıştırabilen esnek bir sistemdir. Ayrıca akıllı fabrikalar, fabrikada dört duvar içerisinde çalışabilir fakat aynı zamanda da benzer biçimdeki üretim sistemlerinden oluşmuş küresel hatta dijital olan tedarik ağına geniş olarak bağlanabilir (Burke vd., 2017:5). Akıllı fabrikalar sonucunda ortaya çıkan akıllı ürün iş dünyasında yerini almıştır. Bu bağlamda akıllı üretim, makinelerle entegre edilen gelişmiş bilgisayar ve yazılım programlarıyla ortaya çıkan bir kavramdır (EBSO, 2015:16).

Akıllı fabrikalar insan gücüne yer verilmeyen, üretimin robotlar ile gerçekleştiği bir sistem olduğu için üretimde ışıkların açık olması gerekmez bu nedenle de karanlık fabrikalar olarak da bilinmektedir. Akıllı fabrikalar sayesinde daha düşük maliyetli ve kaliteli ürünlere ulaşabilmek mümkün olmakla birlikte, robotlaşmanın işsizliğe yol açacağı da bir gerçektir.

3.2. AKILLI (OTONOM) ROBOTLAR

Dördüncü Sanayi Devrimi'yle birlikte otomasyona ve robotlara olan ilgi artmış ve Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri olarak akıllı robotlar yerini almıştır. Akıllı robotlar gömülü olarak içermiş olduğu donanım ile yazılım olanakları sayesinde yapay zeka fonksiyonlarını belli düzeyde üretebilen, diğer akıllı nesnelere ile iletişime geçebilen ve karar verme mekanizmasını eyleme dönüştürebilen makinelerdir (Banger, 2017:45). Otonom olan bir robot, daha hassas otonom üretim yöntemi gerçekleştirebilmek ve insan işçilerinin çalışmadığı yerlerde çalışabilmek adına kullanılır. Bu bağlamda kendisine verilen görevi de verilmiş olan süre içerisinde akıllıca ve kesin bir biçimde tamamlama fonksiyonuna sahiptir. Buna ek olarak güvenlik, çok yönlülük, esneklik ve iş birliği üzerine de odaklanabilir (Vaidya vd., 2018:235).

Akıllı (otonom) robotlar, endüstriyel robotlar olarak da bilinen insan gücünün yerine akıllı fabrikalarda kullanılan yeni işçilerdir. Robotlar daha esnek, daha işbirlikçi ve daha özerk bir hale gelmektedir (Rüßmann vd., 2015:5). Tüketici taleplerinde meydana gelen değişikliklere ait veriler, otomatik olarak siber fiziksel sistemler aracılığı ile akıllı robotlara iletilmekte olup akıllı robotlar da operatörlerin müdahalesine gerek duymadan ilgili olan veriler ile üretimi gerçekleştirmektedir (Görçün, 2017:189). Dördüncü Sanayi Devrimi'nde sensörlerde görülen ilerlemeler ile akıllı robotlar çevreyi algılama da daha iyi boyuta ulaşarak başka robotlarla bağlantıya geçebilecek ve bunun etkisi insan ile makinenin arasındaki iş birliğinin ortaya çıkışı yönünde olacaktır (Schwab, 2017:26).

Akıllı robotlar imalat sürecinde büyük önem arz etmekte, geçmiş dönemlerde yüksek katma değer sağlamayan insan gücü ile yapılmakta olan işler artık robotlarla yapılmaktadır (Görçün, 2017:187) Ayrıca günümüzde otomotiv endüstrisi alanında da birçok robot kullanılmaktadır (EBSO, 2015:20). Robotlar böylece insan faktörüne nazaran üretim sürecindeki hataları minimum boyuta indirebilecek, esnek çalışma ve daha yüksek kalite ile beraberinde verimlilik artışı sağlayabilecek ve insan gücüyle yapılması mümkün olmayan farklı ürünlerin ortaya çıkışına hizmet edecektir. Ancak emek piyasasına olumsuz etkisi yine istihdam üzerinedir ve bu bağlamda teknolojik işsizlik ortaya çıkacaktır.

3.3. BULUT BİLİŞİM

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST), bulut bilişimi düşük yönetim çabası ya da servis sağlayıcısı etkileşimiyle tedarik edilebilmesi ve serbest bırakılabilmesi hızlı olarak sağlanabilen, sunucular, ağlar, servisler, uygulamalar ve depolama sistemleri gibi yapılandırılabilir ve paylaşılabilir bilişim kaynaklarının ortak bir havuzda toplanması ile istenildiği her an ve her yerden ağ erişimi sağlayabilen hizmet modeli olarak tanımlamaktadır (Sokol ve Hogan, 2013:8). Bulut bilişimin işlevsel anlamı çevrim içi bilgi dağıtım olup, bilişim aygıtlarında ortak bilgiyi paylaşma imkanı sağlayan hizmetlere denilmektedir (EBSO, 2015:22). Bulut bilişim internet tabanlı olan bilgi işlem yaklaşımını işaret eder ve bilgisayar özelliğine sahip cihazlarda ortak bilgi paylaşımı sunar (Banger, 2017:60).

Endüstri 4.0'da yer almakta olan büyük veri kümelerinde veri paylaşımı yalnızca istenilen değil, bunun yanında değer zincirindeki bütün olasılıklardan yararlanabilmek için de zorunludur. Ancak büyük miktardaki verileri depolayıp analiz edebilmek için gerekli depolama kapasitesine az miktarda üretim tesisi sahiptir. Neyse ki bulut hizmeti bu gerekli kapasiteyi içerir. Ayrıca veri depolamayla birlikte işletme üretimine uygun özel bulut oluşturabilir (Gilchrist, 2016:210).

Bulut bilişimin sunmuş olduğu temel avantajları sayacak olursak; küçük firmaların giriş maliyetlerini önemli boyutta azaltır, işletmelerin müşteri taleplerine göre gittikçe daha doğru bilgilere bağımlı hale gelen hizmetlerin ölçeklendirilmesini kolaylaştırır, bu anlamda bulut bilişim aslında bir ölçeklendirmedir, peşin sermaye yatırımı olmaksızın kullanıcılar için donanım kaynaklarına anında erişim sağlayabilir, inovasyonun önündeki BT engellerini azaltabilir, ayrıca önceden mümkün olmayan yeni uygulama sınıflarını mümkün kılmaktadır (Marston vd., 2011:178).

Günümüzde insanlar gittikçe artan miktarda veriyi depolayabilmek istemektedir. Bu talep doğrultusunda telefon, bilgisayar vb. cihazların hafızaları güçlendirilmektedir. Bu bağlamda yüksek işlem kapasitesine sahip bulut teknolojisi sayesinde hafızası düşük bir cihazda bile istenilen zamanda istenilen verilerin saklanabilmesi mümkün olmaktadır.

3.4. BÜYÜK VERİ

Günümüz dünyasında teknolojinin hızla ilerlemesi verilerde üstel olarak büyümeye yol açmış ve bilgi yoğunluğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda Big Data olarak da adlandırılan büyük veri geçerli ve güvenilir bilginin saklanması, dijital ortamdaki bütün paylaşımları kullanılabilir formata dönüştürmesi ile Endüstri 4.0'da önemli yapı taşlarından biri haline gelmiştir.

Büyük veri farklı kaynaklardan bilgileri toplayarak sürekli büyüme gösteren veri tabanını verimli ve hızlı bir şekilde yönetebilmeyi ve kullanabilmeyi sağlar (Witkowski, 2017:767). Büyük veri, internet ya da diğer faktörlerle bir araya toplanan ve dijital bir forma çevrilen büyük veri tabanıdır (Görçün, 2017:167). Büyük veri aynı zamanda geleneksel veri tabanlarının baş edemeyeceği kadar çok büyük verinin türlü analizler doğrultusunda kullanıma hazır bir hale getirilmesi olarak bilinmektedir (Gür vd., 2017:87-88). Büyük veri, sosyal medya yayınları, internet istatistikleri, web sunucu logoları, mikrobloglar, bloglar, iklim algılayıcıları vb. sensörlerden gelmiş olan bilgiler ile GSM operatöründen elde edilmiş arama kayıtları gibi birçok bilgiyi içerir (Davutoğlu vd., 2017:552).

Büyük veri ilk olarak Gartner'in bir parçası Meta Group tarafından geliştirilmiştir. Meta Group büyük veriyi "3V" kısaltması olarak bilinen hacim (volume) hız (velocity) ve çeşitlilik (variety) kavramlarıyla açıklamıştır. Daha sonra ise veri kalitesine dayanarak IBM doğruluk (veracity), Oracle şirketi ise değer (value) kavramlarını da ekleyerek "5V" halini almaktadır (Baaziz ve Quoniam, 2014:2). Bu kavramları kısaca açıklamak gerekirse hacim veri miktarını, çeşitlilik veri çeşitliliğini, hız yeni veriyi ve analizi üretme hızını, doğruluk bilginin doğru olmasını, değer bilgi kütlelerinde önemli olanı ayırmayı sağlayan değer verilerini göstermektedir (Witkowski, 2017:768).

Büyük veri doğru analiz metotlarıyla yorumlandığı zaman şirketlerin doğru bir şekilde stratejik boyuttaki kararlarını alabilmelerine, risk yönetimini daha iyi sağlamalarına ve yenilik yapmalarına olanak verir ve bu anlamda firmalar adına büyük

önem arz etmektedir (EBSO, 2015:19). Büyük veri firmalar açısından üretim pazarlama ve dağıtım süreçleri içerisinde firmaların ihtiyaç duyduğu verilere ulaşabilmeyi kolaylaştırır böylece üretim sistemlerinde etkin ve hızlı çalışma sağlanmaktadır.

Büyük verinin temel amacı veri analizi olmakla birlikte kamu sağlık hizmetlerine, kamu sektörlerine, eğitime ve bankacılık gibi birçok kuruma katkı sağlamaktadır. Sağlık hizmetlerinde hastaların geçmişi hakkında takipte bulunarak doktorların vadesi uzun deneysel projeler yapabilmesine yardım eder ayrıca büyük veri depolama teknoloji sayesinde hastanın tedavisinden sonra veri merkezinde verileri güvenli olarak saklar, kamu sektöründe ise çeşitli tesis ve borularla elektrik şebekesinin bakımı, ekolojik tahkimat ve mali teşvik araştırması gibi geniş alanlarda veri toplayabilir, eğitimde veriye dayalı olan sınıflarda öğrenciler ve öğretmenler için çevrim içi kaynak ve akıllı öneri hizmetleri toplayarak uyarlanabilir öğrenme çözümleri sağlar, son olarak bankacılıkta banka veya kredi kartlarının kötüye kullanımını tespit eder, arşivleri inceler (Yu ve Zhou, 2019:51-52). Görüldüğü gibi büyük veri birçok sektörde avantaj sağlamaktadır. Endüstri 4.0 açısından da yüksek rekabetin olduğu ortamlarda firmalar bir adım öne geçebilmek adına fark yaratmak durumundadır bu nedenle de çok küçük bir bilgi bile büyük önem teşkil etmekte ve büyük veri aracılığı ile doğru bilgiye erişebilmenin gerekliliği ortaya koyulmaktadır (EBSO, 2015:19). Ayrıca enerjiden tasarruf sağlayarak üretimde kalite ve produktivite artışı yaratmaktadır (TÜSİAD, 2016:25).

3.5. NESNELERİN İNTERNETİ

Küresel pazar içerisinde müşteri taleplerini daha çabuk karşılayabilmek için üreticiler esnekliği arttırmaya ve pazara çıkma sürelerini azaltmaya çalışmaktadır. Bu bağlamda rekabet giderek artmakta ve en önemli faktör verimliliği yükseltebilmek olmaktadır. İşte tam da bu noktada Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri olan nesnelere interneti kavramı önem kazanmaktadır.

Nesnelerin interneti (IoT), modern kablosuz iletişim senaryosu içerisinde hızla yer edinmiş olan yeni bir dizidir. Bunun temel düşüncesi ise çevremizde nesnelere veya şeylerin radyo frekansı tanımlama (RFID) gibi sensörler, cep telefonları, etiketler vb. yaygın varlığıdır ve böylece benzersiz olan adresleme şemaları ile ortak hedeflere ulaşmada etkileşim ve iş birliği içinde olabilirler (Atzori vd., 2010:2787).

Nesnelerin interneti dört katmandan oluşmaktadır. Bunlardan ilki algılama katmanıdır. Bu katman algılarla, algılayıcılarla ve aktüatör türleriyle ilgilenmektedir.

Böylece fiziksel nesnelere algılamaya yardım etmektedir. İkinci katman iletim katmanıdır. Algılama adımından sonra bilginin üst katmanlara iletimi sağlanır. İletim ise depolama kapasitesi, güç ve menzil gibi kavramlarla sınırlanmıştır. Üçüncü katman hesaplama katmanıdır. Bu katman ise verileri alıp işleme, karar verme ve uygulama katmanına teslim edilecek araçları açıklamaktadır. Hesaplama katmanı yazılım, donanım, bulut bilgi işlem, algoritmalar, büyük veri ve güvenlikten oluşmaktadır. Son olarak uygulama katmanı alttaki katmanlardan toplanıp algılanan bilgileri kullanıp taktiksel anlayışı sağlar (Trappey vd.,2017:210).

Nesnelerin interneti birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Ev otomasyonu, e-sağlık, lojistik, alışveriş, akıllı çevre, akıllı tarım, akıllı su, akıllı enerji, akıllı hayvancılık, akıllı ölçüm, acil durum ve güvenlik, endüstriyel kontrol bu uygulama alanlarındandır. Bu alanlarda kaliteyi, üretkenliği ve verimliliği arttırmak adına sensörlerden veri toplanarak ilgili iyileştirmeler sağlanmaktadır (Gökrem ve Bozuklu, 2016:49).

Nesnelerin internetinin hem olumlu hem de olumsuz yönleri bulunmaktadır. Olumlu gelişmeler işgücü üretkenliğinin artması, enerjiye olan ihtiyacı azaltarak ulaşımı daha verimli hale getirmesi, iklim değişikliği ile daha etkin bir biçimde baş edebilmesi (Prisecaru, 2016:58), işgücü piyasalarında görülen dönüşüm hareketleri, yaşam kalitesindeki yükselme, yeni meslek gruplarının ortaya çıkışı, kaynak kullanımındaki prodüktivite artışı, hizmet üretiminde maliyetlerin düşüşü ve dijital olarak bağlanabilen ürün tasarımı olarak sayılabilir. Nesnelerin interneti sayesinde dijital ortamda her şeyin birbirine bağlanabilmesi karmaşık yapısından dolayı dezavantaj yaratmakta, gelecekte mahremiyet ve güvenlik açısından sorun oluşturarak ekosistemde kontrol sistemini zorlaştırabilecektir (Schwab, 2017:149-150). Bu açıdan sistemdeki veriler şifrelerle korunmalı ve kişisel bilgilerde koruma içerisine alınmalıdır.

3.6. SİBER FİZİKSEL SİSTEMLER

Günümüz itibariyle organizasyonlar birbirleriyle bağlantılı hale gelmekte bu doğrultuda da sanal ve fiziksel dünya birbirinden ayrı düşünülememektedir. Sanal dünya ve fiziksel dünya etkileşim içinde olmakta ve bilgi alışverişi gerçekleşmektedir. Bu bağlamda Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri olan siber fiziksel sistemler (CPS) bilgi alışverişine yardımcı bir konum üstlenmiştir.

Siber fiziksel sistemler, enformasyon teknolojilerinden faydalanarak fiziksel süreçleri, iletişimi ve bilişsel olan mekanizmaları izleyip yöneten sistemler olarak

bilinir. Robotik cihazlarda, otonom taşıt hizmetlerinde ve medikal izleme gibi birçok alanda kullanımı bulunmaktadır (Banger, 2017:46). Siber fiziksel sistemler, çevredeki fiziksel dünyada devam etmekte olan süreçlerle yoğun olarak bağlantılı olan ve aynı zamanda internette hali hazırda bulunan veri erişim ile veri işleme hizmetleri sağlayan ve bunları kullanan iş birliği sistemidir (Monostori vd., 2016:621).

Siber fiziksel sistemlerin nihai hedeflerini akıllı izleme ve akıllı kontrolü gerçekleştirme olarak söyleyebiliriz. Bu süreç ise veri analizi, veri transferi, karar verme ve tam zamanlı bilgi çıkarımının oluşabilmesine bağlıdır (Yue vd., 2015:1262). Siber fiziksel sistemler gömülü halde mekatronik bileşenlere yani veri toplayabilmek amacıyla uygulanmakta olan sensör sistemleriyle fiziksel süreçleri etkileyebilmek için aktüatör sistemlerine dayanmaktadır. Siber fiziksel sistemler akıllı bir şekilde birbirlerine bağlı olup gerçek zamanlı bir şekilde buluta benzer sanal ağlardan sürekli veri alışverişinde bulunur. Siber fiziksel sistemler sosyoteknik sistemin bir parçası olarak operatörler ile etkileşimi gerçekleştirebilmek için insan-makine arayüzü kullanır (Stock ve Seliger, 2016:537).

Genel anlamda siber fiziksel sistemlerin işlevsel olarak iki ana bileşeni mevcuttur. Birincisi fiziksel dünyadaki gerçek zamanlı veri alımı ve sanal alandan bilginin geri bildirimini sağlamakta olan gelişmiş bir bağlantının olmasıdır. İkincisi ise siber yani sanal alanı yapılandırmayı sağlayan akıllı veri yönetimiyle beraber analitik, hesaplama yeteneğidir. Bu iki bileşen uygulamanın amacı için yetersiz kalmaktadır bu nedenle sıralı bir halde veri toplamadan nihai değeri yaratmaya kadar siber fiziksel sistemlerin oluşumunu beş şekilde özetlenebilir. Bu kapsamda ilk adım akıllı bağlantı olup, bu ilk adım makinelerden güvenilir ve doğru veriler elde ederek bileşenleri geliştirmenin ilk aşamasıdır. İkinci adım verinin bilgiye dönüşümü olup, verilerden anlamlı olarak bilgiyi çıkarma amacı taşımaktadır. Üçüncü adım siber olmaktadır ve makinelerin diğer bir makineye bilgi aktarımını gerçekleştirebildiği bilginin merkezi konumundadır. Dördüncü adım biliş aşamasıdır, burada sistem adına kapsamlı boyutta bilgi üretimi gerçekleşir ve doğru kararlar verebilmek için bilgiler uzman kullanıcılara aktarılır. Son olarak beşinci adım ise siber uzaydan fiziksel alana geri bildirim içeren konfigürasyon olmaktadır. Makinelerin kendi başına uyarlanabilir ve yapılandırılabilir olmasını sağlayabilmek için denetleme görevi vardır. Bu adımlar tamamlandığı zaman siber fiziksel sistemler de oluşmaktadır (Lee vd., 2015:19-20).

Siber fiziksel sistemler üretim süreci boyunca gerek veri toplama gerek bu verileri analitiğe dönüştürme ve bilgi çıkarımı yapma gerekse de bu bilgiler ile fiziksel ve siber dünyada etkileşimi sağlayabilmek için önem taşımakta ve böylece nanoteknoloji de ön plana çıkmaktadır.

3.7. SİBER GÜVENLİK

Endüstri 4.0 ile günümüz artık internet ile iç içe yaşayan, çoğu işi internet üzerinden gören, her alanda ve sektörde interneti kullanan ve buna ayak uydurmaya çalışan toplum yapısı içerisinde bulunmaktadır. Buluşlar, icatlar, teknolojik ilerlemeler ve yaşanan devrimler çağımızı internet odaklı hale dönüştürmüştür. İnterneti kullanmak insanlar ve şirketler açısından güvenlik kavramında bizlere hatırlatmakta ve internet üzerinden yürütülen işlerin ne derece güvenilir olduğu sorgulanmaktadır. Böylece siber güvenlik konusu da küresel açıdan önemli bir konu haline gelmiş ve Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri olarak yer edinmiştir.

Siber güvenlik bilgisayar, bilgisayar donanımları, yazılım ağ ve verileri yetkili olmayan erişimlerden, siber suçlulardan, terörist gruplarından ve bilgisayar korsanlarından, internet aracılığı ile sağlanmakta olan güvenlik açıklarından koruyabilmek için oluşturulmuş teknoloji ve süreçleri tanımlar. Siber güvenlik internete erişilen cihazları ve bilgileri yetkili olmayan erişimlerden ve değişikliklerden korur. Günümüz itibariyle internet artık sadece bilgi kaynağı olmakla sınırlı kalmamış, iş yapılabilen, aynı zamanda ürün tanıtımı ve satışını yaptığımız, müşteri ve perakendecilerle iletişim kurarak finansal işlem gerçekleştirdiğimiz bir araç haline gelmiştir. Bu açıdan internet bize her alanda fayda sağlamakta ancak bilgisayar korsanları ve siber teröristler açısından da tehdit unsuru olmuşturmaktadır. İşte tam da bunu önleyebilmek adına siber güvenlik kavramı karşımıza çıkmaktadır (Goutam, 2015:14). Siber güvenlik sanal ortam içerisinde kullanıcı varlıklarını ve organizasyonu koruyabilmek adına kullanılacak güvenlik kavramı ve önlemleri, araç ve politikalar, eylemler, yönergeler, eğitim, güvence, risk yönetimi yaklaşımı, en iyi uygulamalar ve teknolojilerin toplamı olmaktadır (Solms ve Niekerk, 2013:97).

Yaygın olarak görülen siber saldırı türleri fiziksel saldırılar, keşif saldırıları, hizmet reddi, erişim saldırıları ve mahremiyete yönelik saldırılar olmaktadır. Fiziksel saldırılar donanım bileşenlerini bozar. Keşif saldırıları hizmetlerin, sistemlerin ya da güvenlik açıklarının yetki olmadan keşfedilmesini ve haritalanmasını içerir. Hizmet reddi bir ağ kaynağını ya da makineyi kullanılamaz hale getirmektir. Erişim saldırıları

yetkisi olmayan kişilerin ağ ya da cihazlara erişim kazanmasıdır. Mahremiyete yönelik saldırılar ise veri madenciliği, siber casusluk, gizli olarak dinleme ve izleme, parola tabanlı saldırılar, siber suçlar ve yıkıcı saldırılar olarak sayılabilir (Abomhara ve Kœien, 2015:73-74). Bu bağlamda güvenlik hedefleri oluşturulmak zorundadır. Siber güvenlikte genel güvenlik hedefleri üçe ayrılır. Bunlar kullanılabilirlik, doğruluk ile beraber inkar edilmemeyi içeren bütünlük ve gizlilik (Solms ve Niekerk, 2013:98). Şüphesiz güvenliğin olmadığı bir sanal ortamda herkes çeşitli saldırılara maruz kalabilmektedir. Siber güvenlik, güvenlik hedefleriyle beraber sanal ortamı koruma altına almayı amaçlamaktadır.

3.8. ÜÇ BOYUTLU (3D) YAZICILAR

Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri de üç boyutlu (3D) yazıcılardır. Endüstri 4.0'da amaç emek faktörünü azaltarak hatasız ürün ortaya koyabilmek olmuştur. Bu açıdan bu amaca ulaşabilmek için üç boyutlu yazıcılar önemli bir araç haline gelmiştir. Üç boyutlu yazıcılar sayesinde üretimde kolaylık sağlanacak ve çeşitlilik artacaktır böylece tüketici talepleri daha iyi bir şekilde karşılanacaktır.

Üç boyutlu yazıcılar eklemeli üretim olarak da bilinmektedir ve dijital bir tasarımdan fiziksel nesne oluşturabilmek için birkaç ince malzeme katmanlarını (organik malzeme, metal, polimer gibi) eriterek üst üste koymakta ve bu şekilde çalışmaktadır. Baskı işlemi ise hangi malzeme ve teknolojinin kullanıldığına, nesnenin boyutuna şekline ve karmaşıklığına bağlı olarak birkaç saat sürebilmektedir (Montess, 2016:2). Günümüzde bu teknoloji medikal, otomobil ve havacılık sektörlerinde sınırlı kapasitededir, ancak maliyetlerin azalmasıyla farklı sektörlerde de kullanılabilir. Üstelik insanların hücreleriyle organlarının da buna dahil olacağı sanılmaktadır (Schwab, 2017:24).

Endüstri 4.0 ile üç boyutlu yazıcıların karmaşık ve hafif tasarımlar gibi avantajlar sunan özelleştirilmiş ve küçük ölçekli ürünler üretebilmek için kullanımı yaygınlaşacaktır. Yüksek performans içeren ve merkezi olmayan üç boyutlu yazıcılar elde bulunan stoklar ile taşımacılık mesafelerini azaltacaktır (Vaidya vd., 2018:236). Üretimle ilgili bütün bilgiler bilgisayara yükleneceğinden, istenilen her an istenildiği kadar ürün üretimi daha az bir sürede mümkün olabilecektir. Kullanılmayıp stoklanmış yedek parçalar ve stoklamanın maliyeti artık sorun teşkil etmeyecek, israf önlenecek, prodüktivite artışı sağlanacaktır (EBSO, 2015:10).

3D baskı ürünlerin enine kesit dilimleri ile katman bazında oluşturmuş olduğu eklemeli üretim sürecini kullanmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar çok renk içeren mürekkepler yerine geleneksel lazer ya da mürekkep püskürten yazıcılar gibi çalışmaktadır. Üç boyutlu yazıcı katmanlar halinde yavaşça görüntü içine yerleştirilmiş tozu kullanır. Ayrıca bütün 3D yazıcılar her bir katmanın kesin olarak nasıl inşa edilebileceğini belirleyebilmek adına bütün ürünlerin binlerce kesitini ölçen 3D CAD yazılımını kullanır. Dişliye benzer basit nesnelere üç boyutlu yazıcılarla bir saatten daha kısa bir sürede üretilir. Buna ek olarak montaj gerektirmeyen serbest hareket edebilen parçaları içeren ürünler geliştirilebilir (Berman, 2012:155-156). Üç boyutlu yazıcılar modelleme, 3D baskı ve yüzey iyileştirme ile çalışır. Modellemede üretimi gerçekleştirilecek olan ürünün üç boyutlu tasarım programları (CAD) veya üç boyutlu tarama sistemleriyle bilgisayar verisi oluşur daha sonra oluşmuş olan model genel olarak STL dosyasına çevrilir ve 3D baskı sürecine geçilir. 3D baskıda katmanların üst üste serilmesiyle obje oluşmaktadır. Objelerle geleneksel teknolojiler kıyaslandığında objeler boyutsal anlamda hatalı olabilmekte bu yüzden de yüzey iyileştirme uygulanabilmektedir (EBSO, 2015:10).

Üç boyutlu yazıcılar model geliştirme ve ilk örnekte ürünleri çoğaltabilme kolaylığı, ürün güvenliği, düşük maliyet ve gizlilik konuları da dahil birçok önemli boyutta avantaja sahiptir (Berman, 2012:158-159). Sağladığı avantajlarla iş kapasitesinde de artışa yol açacaktır. Bilimdeki hızlı ilerlemeler yakında dört boyutlu yazıcı kavramını da gündeme getirecektir. Dört boyutlu yazıcılarla yapılan ürünler üç boyutluya ek olarak içinde bulunduğu çevre şartlarına göre kendi kendine şekil değiştirebilecektir. Bu bağlamda dört boyutlu yazıcılara örnek olarak düz metal parçasının suyun altına yerleştirilmesiyle boru haline gelmesi ya da hava durumunu algılayarak kendi kendine bot veya sandalete dönüşen ayakkabı verilebilir (EBSO, 2015:12).

3.9. YATAY VE DİKEY ENTEGRASYON

Endüstri 4.0'da diğer bir yapı taşı yatay ve dikey entegrasyon olmaktadır. Yatay ve dikey entegrasyon sistem entegrasyonu olarak da bilinmektedir. Endüstri 4.0 ile beraber şirketler büyüyerek gelişmektedir ve büyüme sonucunda bütünleşme ortaya çıkmaktadır. Bütünleşme, entegrasyon anlamına gelmektedir. İşletmeler büyümeyi ve pazar fırsatlarını arttırabilmek, riskleri dengeleyebilmek için diğer işletmelerle yatay ya da dikey olarak birleşmektedir.

Şirketler arasındaki iş birliğini kolaylaştırabilmek adına değer ağları ile yatay entegrasyon, yeniden yapılandırılabilir ve esnek üretim sistemi oluşturabilmek için fabrika içerisinde bulunan hiyerarşik alt sistemlerde ise dikey entegrasyon olmaktadır. Yatay entegrasyonda bir şirket diğer birçok şirketle hem iş birliği içinde olmalı hem de rekabet edebilmelidir. Kurumlar arası gerçekleşen yatay entegrasyon yardımıyla ilgili kurumlarda verimli ekosistem oluşabilmektedir. Ayrıca malzeme, finans ve bilgi şirketlerin arasında hızlıca akabilmektedir. Sonuç olarak yeni değer ağlarıyla birlikte iş modelleri de ortaya çıkabilmektedir. Dikey entegrasyonda ise bir fabrika sensör, aktüatör, kurumsal planlama, üretim, üretim yöntemi ve kontrol gibi çeşitli fiziksel ve bilgi alt sistemleri içermektedir. Yeniden yapılandırılabilir ve esnek bir üretim sistemi sağlayabilmek için aktüatörle sensör sinyallerinin aynı olmayan düzeylerde kurumsal kaynak planlama düzeyine kadar dikey entegrasyonu gerekmektedir. Dikey entegrasyon ile akıllı makineler farklı türdeki ürünlere ayak uydurabilmek için canlı olarak tekrar yapılandırılabilen kendi başına düzenlenmiş sistem oluşturmaktadırlar. Burada üretim süreçlerini şeffaf hale getirebilmek için büyük bilgiler toplanıp işlenmektedir (Wang vd., 2016:2).

Dikey entegrasyon ve ağa bağlı olan üretim sistemleri ise fabrikalar, hatlar ve üretim hücreleri aracılığıyla değer yaratabilme modülünün apayrı birleştirme ve hiyerarşik düzeylerinde akıllı çapraz bağlanabilmeye beraber dijitalleştirmeyi açıklamaktadır. Ayrıca satış ve pazarlama, teknoloji geliştirme gibi faaliyetleri de entegre etmektedir (Stock ve Seliger, 2016:537). Yatay entegrasyon değer zinciri içerisinde yer alan işletmelerin paydaşlarıyla arasında oluşan eş zamanlı etkileşimdir (Banger, 2017:55). Bu bağlamda yatay entegrasyon iki farklı kazanç sağlamaktadır. Bunlardan birincisi talep üzerinde çapraz fiyat etkisinin içsel bir hale gelmesiyle pazar gücünün artması, ikincisi dikey entegrasyon sonrası entegre olmayan kayıpların önüne geçmesidir (Colangelo, 1995:324).

Endüstri 4.0 sayesinde şirket, departman, işlev ve yetenekler daha uyumlu olacaktır çünkü şirketler arasında evrensel boyuttaki veri entegrasyon ağları gelişerek otomatikleştirilen değer zincirini olanaklı kılacaktır (Rüßmann, 2015:5-6). Endüstri 4.0 için yatay ve dikey entegrasyonun avantajları, üretimdeki farklılıklara anında yanıt verebilmesi, kaynağın verimliliğe katkı sağlaması, müşteri odaklı ürün üretilebilmesi, yüksek pazar payı elde edebilme, işletmelerin sorunlarla daha kolay başa çıkabilmesi ve böylece büyüyerek esnek bir hale gelmesi olarak sayılabilir.

3.10. ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK

Endüstri 4.0'da yer alan yapı taşlarından biri de arttırılmış gerçeklik olmaktadır. Teknoloji hayatımızda önemli bir yer edinmiş, insanların bilgi, düşünce ve uygulama şekillerini değiştirmiştir. Arttırılmış gerçeklik bilgisayar, tablet ve telefonlara uygulanabilmektedir.

Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünyamızdaki çevreyle içerisindeki insanların bilgisayar aracılığıyla grafik, görüntü, ses ve GPS (Global Positioning System) verileri ile zenginleşerek ortaya çıkarılan doğrudan ya da dolaylı, canlı fiziksel görünümüne denmektedir (EBSO, 2015:21). Yani gerçek dünyaya entegre edilen dijital nesnelere arttırılmış gerçekliği oluşturur (Banger, 2017:158). Arttırılmış gerçeklik sanal dünyanın bir varyasyonu olarak üst üste bindirilen ya da birleştirilen sanal nesnelere ile gerçek dünyayı görebilmeyi sağlamaktadır bu yüzden de gerçekliği komple değiştirmek yerine onu tamamlamaktadır (Azuma, 1997:2). Arttırılmış gerçeklik tabanlı olan sistemler, depoda bulunan parçaların seçilmesi ve mobil cihazlarla onarım talimatının gönderilmesine benzer hizmetleri desteklemektedir. Buna örnek olarak, çalışanların onarıma ihtiyacı olan sistemlere baktığında belli bir parçanın ne şekilde değiştirilebileceğine dair talimatlar alması verilebilir (Rüßmann, 2015:7).

Arttırılmış gerçeklik teknolojisi endüstriyel robotlar ile olan etkileşim ve iş birliğini geliştirebilmek adına kullanılmış ve yenilikçi kullanıcı arayüzlerine dayanan yeni etkileşim paradigmaları yaratılmıştır (Pace vd., 2020:2). Arttırılmış gerçeklik teknolojileri makinelerin montajında, sökülmesinde, kritik sistemlerde, karışık endüstriyel ürünlerde karmaşıklığı gidermeye çalışmakta böylece çalışanlara yardımcı olmaktadır. Ayrıca makine ve çalışanları uygulama sırasında izleyerek oluşabilecek hataları minimum boyuta indirmeyi sağlamaktadır (Khan vd., 2020:9).

Günümüzde birçok mobil arttırılmış gerçeklik uygulaması konum tabanlı olmaktadır. Arttırılmış gerçeklik uygulamalarını akıllı telefonlarda ya da mobil cihazda kullanabilmek için telefonun bazı donanımlara ihtiyacı vardır. Bunlar GPS teknolojisi, ivmeölçer ve dijital pusuladan oluşmaktadır. Kullanıcılar mobil arttırılmış gerçeklik uygulaması kullanarak gerçek ortam ile karmaşık olan dijital içeriği görebilmek için akıllı telefon kameraları sayesinde dünyayı görebilmektedirler. Arttırılmış gerçeklik modern toplumda sosyal ve teknolojik ilerlemenin en yüksek seviyesinin sembolü olmaktadır. Bu bağlamda arttırılmış gerçeklik uygulamaları değişik alanlarda kullanılmak üzere dünyanın her yerinde bağımsız grup ve kuruluşlar aracılığıyla

oluşturulmaktadır (Yuen vd., 2011:122-123). Arttırılmış gerçeklik mühendislik, mimarlık ve inşaat sektörlerine araştırma aşamasında görselleştirme ile avantaj sağlayacaktır. Buna ek olarak eğitim, sağlık, savunma, havacılık, pazarlama, reklam, seyahat, müzecilik, otomotiv, eğlence, yayıncılık ve dijital oyun alanlarında arttırılmış gerçeklik teknolojide yaşanan değişime paralel olarak kullanılabilir (Bingöl, 2018:48).

3.11. SİMÜLASYON

Son olarak Endüstri 4.0'ın yapı taşlarından biri de simülasyondur. Simülasyon karmaşık ve akıllı üretim sistemlerinin işlem ve tasarımlarının yanında karar verebilmeyi optimize edebilmek adına planlama ile keşif modelleri geliştirebilmek için kilit bir unsurdur. Buna ek olarak şirketlerin maliyetlerini, risklerini, operasyonel performanstaki etkiyi, uygulamadaki engellerini ve Endüstri 4.0 için yol haritasını değerlendirmeye yardımcı olabilmektedir (Ferreira vd., 2020:1).

Gerçek dünyanın içindeki bir sistemin ya da sürecin bilgisayarla sanal olarak taklit edilmesi bize simülasyon kavramını tarif etmektedir (Banger, 2017:132). Simülasyon, sistem davranışlarını tanımlayabilmek ve onu analiz edebilmek için gerçek ya da varsayım üzerine kurulu sistem modelini tasarlayabilme sürecidir. Simülasyonun kullanılmasının nedenlerinden biri deneyleri gerçek sistemle geliştirebilme, gerçek dünyadaki davranışları gözlemleyebilme ya da fiziksel model oluşturmakla ilgili yüksek maliyet olarak sayılabilmektedir (Ferreira vd., 2020:5-6). Simülasyon teknolojileri karar verme aşamalarında ve mühendislikte iyi bir şekilde tanımlanan ve kabul edilen önlemlerdir. Geleneksel açıdan simülasyon teknolojileri esas olarak mühendislik ve tasarım aşamalarına konsantre olurken, multidisipliner yani çok alanlı simülasyon kısa vadeli karar verme, gerçek üretim ve hızlanma aşamalarında gittikçe daha belirgin bir role sahip olacaktır (Weyer vd., 2016:97). Simülasyonlar fabrikadaki operasyonlarda daha fazla yaygınlık gösterecek ve gerçek zamanlı verilerden fayda sağlayarak hazırlanmakta olan bu sanal modellerde ürünler, insanlar ve makinelerle birlikte fiziksel dünyanın sanal gerçekliği oluşmaktadır. Böylece operatörler ürün için makineyle ilgili ayarları yapmadan sanal dünyada test edebilecek, makinenin kurulum süresi azalacak ve kalite artışı gerçekleşecektir. Örnek vermek gerekirse Siemens ile bir Alman ekipman üreticisi ortaklaşa çalışıp fiziksel makineler aracılığıyla toplanan verilerden faydalanarak parçaların işlenebilmesini simüle eden sanal bir makine geliştirmiştir. Bu

makine sayesinde işleme sürecinde gereken hazırlık süresinde %80 oranında azalış gözlemlenmiştir (TÜSİAD, 2016:26-27).

Simülasyonun bazı avantajlarına değinmek gerekirse; risksiz ortamda yani gerçek sistemde kesinti olmadan ilgili testlerin daha ucuz ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi, belli bir gözlem için sürenin genişletilmesi ya da sıkıştırılması, dinamik sistemleri görselleştirme yani iletişim ve modelleri doğrulamayı kolaylaştırmak adına animasyon kullanılmasıdır (Ferreira vd., 2020:6). Ürünlerin gittikçe karmaşık bir yapıya dönüşmesi ve ürün yaşam döngüsündeki azalma hesaplandığında üretim yaşam döngüsündeki bütün aşamaların optimize edilmesi ve hızlanması için önemi artan bir araç simülasyon olmaktadır (Weyer vd., 2016:97). Simülasyonun avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Dezavantajlarını ise profesyonel eksikliği, yazılım lisans maliyetinin ve simülasyon mühendis maaşlarının yüksek olması ve modeli geliştirme süresi olarak söylenebilir (Ferreira vd., 2020:6).

4. ENDÜSTRİ 4.0'IN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Tarih boyunca yaşanan devrimler neticesinde sürekli olarak icatlar, buluşlar ve yeniliklerle dolu günümüz dünyası bu gelişmeler ile sürekli değişim içerisinde olmuştur. İnsanoğlu ise bu gelişmelere ayak uydurmak zorunda kalmıştır. Önceleri tarım ve hayvancılık ile geçinen, göçebe yaşam tarzı günümüz dünyasına hakimken, Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da bilinen Endüstri 4.0 ile dünyamız artık bilgi yoğunluğunun yaşandığı, kol ve kas gücü yerine makinelerin yer aldığı ve bu durumun iş hayatında bütün sektörleri iyi ya da kötü etkilediği, üretim tarzının değiştiği, otomasyonun görüldüğü, mobil ağlar ve internet dolayısıyla da sanal dünyanın yaygınlaştığı bir ortama dönüşmüştür. Yaşanan tüm bu gelişmelerin avantajları olduğu gibi dezavantajları da olmaktadır.

Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu avantajlardan birisi üreticilere sağlamış olduğu kolaylıklardır. Otomasyonun yaşanmasıyla işgücü maliyetleri azalacaktır ve daha çok ürün satışa sunulabilecektir. Ayrıca akıllı fabrikalar üretim sürecinin esnekleşmesine imkan verecek, ürünler seri üretim yerine kişiye özel yapılabilir böylece müşteri memnuniyeti artacak bu durum ise talepleri arttıracak ve işletmelerin karı da bu oranda artmış olacaktır. Robot ve makineler sayesinde insan gücünün yapamayacağı çeşitlikte ürünler ortaya sunulabilecektir. Hatta otomasyonla beraber insan gücü yerine makinelerin kullanılmasıyla makineler yapılan üretimdeki hata payını da minimum

seviyeye indirebilecek, çok daha kısa sürede çok daha fazla ürün üretimi mümkün hale gelecektir. Şüphesiz bu gelişmeler kalite, etkinlik ve verimlilikte artış sağlayacaktır.

Endüstri 4.0 ile gelen teknolojik yenilikler sayesinde gündelik yaşam kolaylaşmış, her bilgiye ve kaynağa internet üzerinden erişilebilme imkanı doğmuş, internet üzerinden iş yapılabilmiştir. İnternet sayesinde firmaların pazarlama imkanları da artmış tüketiciler çeşitli markalarla etkileşim içinde olabilmektedir. Üretimde maliyetlerin düşmesiyle satış daha ucuza yapılabilmekte, kalitesi artan ürün buna rağmen aynı fiyatla satışa sunulabilmekte, tüketiciler de daha uygun fiyata kaliteli ürün ile bu durumdan olumlu bir şekilde etkilenmiş olmaktadır.

Endüstri 4.0 kaynakların sürdürülebilir olmasını da sağlamakta, yenilebilir enerji kaynağı kullanımı yaygınlaşmakta, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 ile rekabet edebilmek için akıllı fabrikalarda enerjinin önemi artmıştır. Ayrıca nesnelerin interneti ve bulut gibi yapı taşları da enerji konusuna olan ilgi ve alakayı arttırmış olup bu konu en çok imalat sektöründe görülmektedir.

Son olarak 31 Aralık 2019 tarihinde Çin'deki Wuhan kentinde ortaya çıkarak bütün dünyayı etkisi altına alıp kasıp kavuran ve pandemi ilan edilen Covid-19 (koronavirüs) salgınının etkilerini azaltabilmek ve bu süreçle mücadele edebilmek adına Endüstri 4.0'ında önemi her alanda görülmektedir. Bu içerisinde halen bulunmakta olduğumuz pandemi sürecinden bütün sektörler etkilenmiştir. Katmanlı üretim sayesinde maske, siperlik ve solunum cihazları üretilmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle sağlık sektöründe kullanılan cihazların etkisi de büyük ölçüde önemli olmaktadır. İnternet sayesinde eğitim uzaktan eğitim aracılığıyla yürütülebilmektedir. Bu süreçte Milli Eğitim Bakanlığı Türkiye'de Eğitim Bilişim Ağı (EBA) ile uzaktan olarak dersleri yürütmüş, üniversiteler ise kendi eğitim öğretim sistemleriyle uzaktan eğitimi gerçekleştirmiştir. Ayrıca dijital teknolojiyi kullanan bazı sektörlerde iş hayatıda internet üzerinden devam edebilmektedir. Bu sayede sosyal mesafesiz salgının etkileri hafifletilmeye çalışılmış, pandemi nedeniyle günlük yaşantıya devam edebilmek için Endüstri 4.0'ın sağladığı faydalar yadsınamaz bir gerçek olmuştur.

Endüstri 4.0 beraberinde bazı zararları da getirmiştir. Öncelikle istihdam konusunda önemli bir dezavantaja sahiptir. Teknolojik yenilikler nitelikli işgücüne olan ihtiyacı arttırmıştır. Çünkü kol ve kas gücü yani insan emeği olmadan işler makineler sayesinde yürütülmektedir ve bu durumda bilgi ekonomisine sahip bir toplum yapısı

içerisinde olmayı gerektirmektedir. Bilgi yoğunluğunun olduğu bir toplum nitelikli işgücü demektir bu anlamda beşeri sermaye olgusu da oluşmaktadır. İnsan emeği gerektiren işlerde çalışan kesim için teknolojik yenilikler özellikle makine ve otomasyon sistemindeki yaygınlık tam bir yıkım olmakta, teknolojik işsizlik ortaya çıkmaktadır. Artık vasıfsız işçilerin yerini vasıflı işçiler almıştır. Bu durumdan en çok etkilenen kesim ise alt sınıf ve orta sınıf olmaktadır. Esas itibariyle alt sınıf işsiz kalmakta, orta sınıf ise eğer teknolojik yeniliklere uyum sağlayamazsa alt sınıfa doğru düşmekte ve işsiz kalmaktadır. Ancak teknolojik yeniliklere uyum sağlayarak Endüstri 4.0'dan istihdam adına olumlu etkilenen orta sınıflarda olmaktadır. Böylece dezavantajı avantaja çevirebilenler olabilmektedir. Endüstri 4.0'da istihdam konusunda bazı kesimler işsiz kalırken bazı kesimlerde de bu sanayileşme sürecinin yeni iş olanaklarını doğurduğu unutulmamalıdır. Beşeri sermayeye sahip olan toplum yapısı bu iş olanaklarından faydalanabilmektedir. Nitelikli ve niteliksiz işgücünün yarattığı istihdam sonucunda ülkeler arasında gelir farklılıkları meydana gelmekte hatta bu farklılık giderek uçuruma dönüşebilmektedir. Doğal olarak bu durum ülkelerin ekonomik büyümelerinin de farklılaşmasına yol açmaktadır. Covid-19 salgın sürecinde öngörülen kısıtlamalar neticesinde teknolojik yeniliklere uyum sağlayıp dijital teknolojiyi kullanabilen işlerde işe gitmeden ev ortamında çalışma olanağı sürdürülebilmiştir. Dijital teknolojiyi kullanamayan bazı iş yerleri ise mevcut işyerlerini kapatmak zorunda kalmış, işçiler çıkarılmış, ücretler ödenememiştir.

Endüstri 4.0'da bir diğer dezavantaj ise gizlilik ve mahremiyet konusunda yaşanmaktadır. İnternet ve mobil iletişim ağları sadece bilgiye erişim için kullanılmamakta, bahsedildiği üzere iş içinde kullanılmaktadır. Sektörler işlerini internet üzerinden yürütmekte ve kişisel bilgi, kredi kartı bilgisi ya da işle alakalı veriler bu ortamlarda paylaşılabilir. Paylaşılan bilgi ve veriler kaybolabilir, başka bir amaç için kullanılabilir veya çalınabilir. Bu nedenle siber terörist, bilgisayar korsanlığı vb. üçüncü kişiler nedeniyle büyük risk oluşturmaktadır. Şirketler, kurumlar ve insanlar bu riskler karşısında büyük miktarlarda zarara uğrayabilir.

Son olarak Endüstri 4.0'ın yapı taşları pahalı teknolojilerdir bu nedenle de bu teknolojileri kullanabilmek için yüksek yatırımlar yapılmalıdır. Ancak her şirketin sermayesi buna yeterli değildir. Özellikle küçük işletmeler için bu durum dezavantaj yaratmaktadır.

Sanayi devrimlerini tablo halinde kısaca özetlemek gerekirse;

Tablo 2. Ardışık Teknolojik Değişim Dalgaları

Uzun Dalgalar Ya da Döngüler			Temel Altyapı İçerisinde Anahtar Özellikler		
Yaklaşık Zaman	Kondratieff Dalgaları	Teknoloji, Bilim, Eğitim ve Öğretim	Ulaştırma ve Haberleşme	Enerji Sistemleri	Evrensel ve Ucuz Temel Faktörler
Birinci Sanayi Devrimi (1780-1840)	Tekstilde fabrika üretimi	Çıraklık, yaparak öğrenmek, resmi din dışı akademiler, bilimsel dernekler	Kanallar, at arabası yolları	Su gücü	Pamuk
İkinci Sanayi Devrimi (1840-1890)	Buhar gücü ile demir yolları çağı	Profesyonel makine ve inşaat mühendisleri, teknoloji enstitüleri, kitlesel ilköğretim	Demir yolları ve telgraf	Buhar gücü	Kömür, demir
Üçüncü Sanayi Devrimi (1890-1940)	Elektrik ile çelik çağı	Sanayi Ar-Ge laboratuvarları, kimyasallar ve elektrik makineleri, ulusal Ar-Ge laboratuvarları, standartları belirleyen laboratuvarlar	Demir yolları ve telefon	Elektrik	Çelik
Dördüncü Sanayi Devrimi (1940-1990)	Otomobil ve sentetik maddelerde kitle üretimi çağı (Fordism)	Büyük kamu ve özel sektör Ar-Ge'si, kitlesel yüksek öğretim	Motorlu araç yolları, radyo ve tv, hava yolları	Petrol	Petrol, plastik maddeler
Beşinci (1990-?)	Mikroelektronik ve bilgisayar ağları çağı	Veri ağları, Ar-Ge'de küresel ağlar, hayat boyu eğitim ve öğretim	Enformasyon otoyolları, dijital ağlar	Gaz/petrol	Mikroelektronik

Kaynak: Chris Freeman ve Luc Soete, 2003 Tablo 1.3 s.27 özetlenerek oluşturulmuştur.

Buraya kadar olan kısımda teknoloji ve teknolojik ilerleme kavramlarından bahsedilerek sanayi devrimlerinde yaşanan teknolojik ilerlemeler ve etkileri görülmüştür.

İKİNCİ BÖLÜM

İŞSİZLİK, EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMLARI VE TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ

1. İŞSİZLİK KAVRAMI VE İŞSİZLİK TÜRLERİ

İşsizlik olgusu tüm dünya için büyük bir problem yaratmakta, işsizliğin ortaya çıkmasındaki etkiler göz önüne alındığında özellikle teknolojik açıdan yaşanan ilerlemeler neticesinde Endüstri 4.0'ın etkileri ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda küresel bir sorun haline gelen işsizlik çalışmanın ikinci bölümüne ışık tutacaktır. Öncelikle işsizlik kavramının tanımı yapılacak daha sonra işsizlik türlerine değinilecektir.

1.1. KAVRAMSAL OLARAK İŞSİZLİK

Bir ülke içerisinde çalışabilecek durumda bulunan ve çalışmayı isteyen kişilerin bir kısmının işinin olmaması durumuna işsizlik, bu durumu yaşayan kişilere de işsiz denilmektedir. Tanımdan anlaşılacağı üzere işsizlik, çalışabilecek durumda bulunan kişilerin bir kısmının çalışmamış olmayı tercih etmesinden dolayısıyla da iradi işsizlikten kaynaklanmaz, aksine çalışabilecek durumdaki kişilerin bir bölümünün çalışmak istemelerine rağmen iş bulamaması yani gayri iradi olarak işsiz olmasından kaynaklanmaktadır (Ünsal, 2011:20). İşsizlik, çalışma çağı ve arzusunda olup çalışmaya engel bir durumu olmamasına rağmen kişilerin iş bulamamasıdır (Seyidoğlu, 1999:294).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'e göre, referans dönemi içerisinde istihdam halinde olmayıp (kar karşılığı, yevmiyeli, ücretli ya da ücretsiz olarak herhangi bir işte çalışmamış olan ve de böyle işle bağlantısı bulunmayan) iş arama amacıyla son 4 hafta içerisinde iş arama kanallarının en az birini kullanarak 15 gün içerisinde işbaşı yapabilecek duruma sahip olan kurumsal olmayan çalışma çağındaki bütün kişiler işsiz nüfus içinde yer almaktadır (TÜİK, 2019:11). Bir ekonomide cari ücret düzeyinde çalışmak istemesine rağmen iş bulamayan yetişkinlerin olduğu bir ekonomide işsizlik vardır, cari ücret düzeyinde çalışmak istemesine rağmen iş bulamayan bu yetişkinler ise işsiz olarak adlandırılmaktadır (Dinler, 2014:500).

1.2. İŞSİZLİK TÜRLERİ

İşsizlik farklı şekillerde ortaya çıkmakta ve her anlamda etkisini göstermektedir. Bu bağlamda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde odak noktası haline gelen

bir kavram olarak işsizlik olgusunun beraberinde getirdiği çeşitli işsizlik türleri mevcuttur. Şimdi literatürde yer alan bu işsizlik türleri açıklanacaktır.

1.2.1. İradi (Gönüllü) İşsizlik

Kendi istekleriyle işsiz durumda olanlar iradi işsizlerdir. İradi işsizlik, yetişkinlerin cari ücret seviyesinde çalışabilme olanağına sahip olduğu halde çeşitli nedenler ile çalışmak istememeleri ve bu nedenle de işsiz durumunda olmalarıdır. İradi işsizlik insanların yaşamlarını devam ettirebilmek için güvenceye sahip olmaları nedeni ile, iş yerini ya da işi ve ücret düzeyi gibi faktörleri bahane edip çalışmak istememeleri ile ortaya çıkar. İradi olarak işsiz olanlar hali hazırda bulunan iş olanaklarını beğenmeyerek çalışmadıklarından, zaman içerisinde tembelleşerek çalışma isteklerini de yitirirler (Dinler, 2014:503). İradi işsizlik liberal ekonominin işlediği ekonomilere özgüdür (Kanca, 2012:3).

Neoklasik iktisatçılara göre iradi işsizlik işgücü arz fazlası olmasına rağmen reel ücretin azalmamasıdır. İşsizlik oranı yüksek olduğu halde ücretler azalmıyorsa, bunun nedeni ya sendikaların grev tehdidi ile firmaların çalıştırmakta olduğu sendikalı işçilerin yerine işsiz olan kişileri daha az ücretle istihdam etmenin önüne geçmesidir, ya asgari ücret mevzuatının ücret için firmalara taban dayatmasıdır ya da işsizlik yardımı alan işsizlerin iş tekliflerini beğenmeyerek reddetmesidir. İşçi sendikada örgütlenerek, asgari ücret uygulamasını talep edip destekleyerek ve işsizlik yardımını alıp işleri beğenmeyerek işsizliğe kendisi neden olmaktadır. Bu yüzden neoklasik iktisatçılara göre bu işsizlik iradi yani gönüllü işsizliktir (Somel, 2014:183:184).

1.2.2. Gayri İradi (Açık) İşsizlik

Gayri iradi işsizlik bir ekonomideki yetişkin kişilerin bir bölümünün cari ücret seviyesinde ve mevcut çalışma koşullarında çalışmayı kabul etmelerine rağmen iş bulamaması durumudur. Bu işsiz kişiler eğer cari ücret seviyesinin altında çalışmayı kabul ederlerse iş bulabilir ancak buldukları iş zaten o işte çalışmakta olan kişilerin işlerini sona erdirdiğinden ekonomide işsizlik ortadan kalkmaz. Bu durumda yalnızca işsiz olan kişilerde değişiklik olmaktadır. Klasik ve neo klasik iktisatçılara göre cari ücret seviyesinde işsiz kişiler hiçbir zaman olmaz. Buna karşılık John Maynard Keynes'e göre ekonomide eksik talep yetersizliği olduğunda gayri iradi işsizlik söz konusudur (Dinler, 2014:503).

Görüldüğü üzere gayri iradi işsizlik, iradi işsizliğin tam tersi bir durumu yansıtmaktadır. İradi işsizlikte kişi isteyerek işsiz kalmaktayken burada ise istem dışı bir işsizlik söz konusudur ve cari ücret seviyesinde bile iş bulamamaktadır.

1.2.2.1. Arızı (Geçici) İşsizlik

Diğer bir işsizlik çeşidi arızı (geçici) işsizlik olup bu işsizlik aynı zamanda friksiyonel işsizlik olarak da bilinmektedir. Ekonomi içerisinde birdenbire işgücüne yeni katılım sağlayanlar olduğu gibi, çalışmakta olduğu işin kendi niteliklerine uymaması nedeniyle işten ayrılanlar da olmaktadır. Hem işgücüne yeni katılanların hem de işinden ayrılanların nitelikleri ile çalışma için kabul etmeyi düşünmüş oldukları ücretler, boş işlerin büyük bir kısmının sağladığı nitelik ve ücretlerden farklı durumdadır. Bu sebeple kişilerin kendilerine uygun olan bir işi bulmaları zaman almaktadır, dolayısıyla da söz konusu bu kişiler iş bulana kadar ki sürede işsiz sayılmaktadır. İş bulmanın zaman alması yani emek piyasasında iş arayanlar kendilerine uygun olan boş işlere direkt yerleştirilemez ve sistem bu şekilde işlediğinden arızı (geçici) işsizlik ortaya çıkar (Ünsal, 2011:108-109). İşgücüne yeni katılım sağlayan gençler ve çeşitli nedenler ile hali hazırda bulunan işlerini terk ederek yeni iş arayışına geçen kişiler arızı (geçici) yani friksiyonel işsiz olmaktadır. Geçici işsizlerin bir bölümü kendilerine önerilmiş olan yeni işi, eskiden çalışmakta olduğu iş ve ücreti göz önünde bulundurarak istemezler. Bu açıdan bakıldığında geçici işsizleri iradi işsizler grubunda değerlendirmek mümkün olmaktadır. Ayrıca iş arama süresi boyunca işsiz kaldıklarından bu işsizlik aynı zamanda arama işsizliğidir (Dinler, 2014:504).

Arızı (geçici) işsizlik, emek piyasasında yetecek kadar saydamlığın olmaması ile ilişkili olduğundan, emek arz ve talep edenlerin bir araya gelmesinde gecikme yaşanabilir. Geçici işsizlik adından da anlaşılacağı üzere geçici nitelikte bir işsizlik türüdür ancak ekonomi her zaman geçici işsizliği bünyesinde barındırmaktadır (Paya, 2013:40). Geçici işsizlik işgücündeki verimliliği arttırmaktadır çünkü bir işçi bilgi ve becerilerine uymayan bir işte çalışmak yerine, kendi niteliklerine uygun olan bir iş arayıp daha sonra bu işte çalışırsa üretime katkısı daha fazla olur. Bu nedenle de zaten ortadan kaldırılamayan geçici işsizlik, makul seviyede olma şartıyla bir ekonomi adına iyi bir şey sayılmaktadır (Ünsal, 2011:109).

1.2.2.2. Yapısal (Bünyevi) İşsizlik

Bir ekonomi içerisinde yer alan tüketicilerin tercihleri ile teknoloji sürekli değişim halindedir. Bu durum belli kanallardan işsizliğe sebep olur. İktisatçılara göre tercih ve teknolojideki değişimlerin neden olduğu işsizlik, yapısal (bünyevi) işsizliktir. Ayrıca tüketici tercihleri ile teknoloji yaşamın bir gerçeği olduğu için yapısal işsizliğin ortadan kaldırılması mümkün değildir. Tüketici tercihlerinin zaman içerisinde değişime uğraması bazı bölge ve sektörlerde üretilmekte olan mallara talebi arttırırken, bazı bölge ve sektörlerde ise tam tersi durum söz konusudur yani ürüne olan talep azalmaktadır. Talebin azaldığı bölge ve sektörlerde buna karşılık üretimde de azalma meydana gelir ve çalışanların bir bölümü işten çıkarılır. İşsiz kalan bu kişiler yaşadıkları yerden yeni iş olanaklarının olduğu yere gidip iş buluncaya kadar işsiz olmaktadır. Benzer bir biçimde bu işsizler açık işlerin bulunduğu sektörlerin gerektirdiği bilgi ve donanımına sahip olana kadar işsiz kalmaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmeler sonucu bu sürece ayak uyduramayan nitelikteki kişiler de işten çıkarılmaktadır. İşgücünün gerek coğrafik gerek sektörel gerekse de niteliksel bileşiminin tüketici taleplerine ve teknolojideki değişimlere hemen uyum sağlayamaması durumunda çalışanların bir bölümünün işlerini kaybetmesi yapısal işsizliktir (Ünsal, 2011:109-110). Diğer bir ifadeyle yapısal işsizlik az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde nüfus karşısında üretim kapasitesinin sınırlı kalması nedeniyle oluşmaktadır (Serter, 1993:13).

Teknolojideki gelişmeler neticesinde iş verimliliğinde artış görülmekte ancak büyüme oranları sabit kalmaktadır. Bu durumda teknolojik işsizlik söz konusudur (Paya, 2013:41). Teknolojik işsizlik 18. ve 19. yüzyıllarda sanayileşmeyle beraber kapitalizmin merkezindeki ülkelerde ortaya çıkmıştır. Fabrika ve sektörlerde makine kullanımının bir sonucu olarak işgücünde ve üretimde yaşanan artışın yol açtığı işsizlik, teknolojik işsizliktir. Nitekim üretim araçlarındaki teknolojik ilerlemeler işsizliğe sebebiyet vermektedir. Bu yeni üretim teknolojisindeki araştırmalar her zaman işgücü maliyetini azaltabilmeyi hedeflemektedir ve bu durumda istihdamda azalma meydana gelmektedir (Somel, 2014:185). Teknolojik ilerlemeler ile birlikte makinelerin gelişmesi insan gücüne olan ihtiyacı azaltarak nitelikli işgücünde artışa neden olsa da niteliksiz işgücü bu durumdan olumsuz etkilenmekte ve işsiz kalmaktadır. Teknolojik işsizlik bu anlamda yapısal işsizliği ortaya çıkarmaktadır.

Tarım sektöründeki modernleşmenin artması üretimde emek yerine makinenin ikame edilmesini sağlamakta ve el emeği gerektiren birtakım işler makinelere

devredilince teknolojik işsizlik baş göstermektedir (Uluatam, 1998:329). Üretimde otomasyon sisteminin yaygınlaşmasıyla kol ve kas gücüne dayanan işlerde çalışan işçiler işsiz kalmaktadır ve bu süreçten en fazla etkilenen kesim tarım sektörü olmaktadır.

Teknolojik ilerlemeler sonucu işsizlik olgusu her zaman tartışılan bir konu olmuştur. Bu konu hakkında olumlu ya da olumsuz görüşler literatürde yer almaktadır. Bazıları teknolojinin yeni iş alanları yarattığını ve vasıflı emek talebi yönünde artış sağlayarak verimliliği arttırdığını, işgücü maliyetlerinin ise düştüğünü savunurken, bazılarına göre ise insan gücüyle çalışan işlerde işsizliğe yol açması ve bu mesleklerin önemini kaybederek ortadan kalkacağını bir diğer ifadeyle silip süpüreceğini yani teknolojik ilerlemelerin işsizlik adına dezavantaj olduğunu vurgulamaktadır. Tüm bu görüşlere rağmen teknolojik ilerlemelerin artık tüm dünyada vazgeçilmez olduğu ve her alanda teknolojiden yararlandığımız ortadadır. Bu nedenle teknolojik işsizliği azaltabilmek adına şirketlerin ve kurumların teknolojik yeniliklere uyum sağlaması ve bu açıdan kendilerini geliştirmesi, bu alanda eğitimler verilmesi büyük önem taşımaktadır.

İktisadi büyüme, teknolojik ve endüstriyel gelişmelerle hükümetlerin izlemekte olduğu sektörel, bölgesel ve endüstriyel politikalar yapısal işsizliğin nedenlerindedir (Parasız, 1998:36). Yapısal işsizlik ekonomide içsel ya da dışsal nedenlerden dolayı ortaya çıkabilmektedir. Emek yerine makinenin kullanılması veya talepte görülen kayma sonucu işsizlik ekonomide içsel nedenlerdendir. Bazı durumlarda politik, doğal öğeler vb. dışsal nedenlerle ekonominin kapasitesinde oluşan daralmalar veya işgücü arzında meydana gelen ani artışlar da işsizliğe sebep olabilir (Kanca, 2012:3). Yapısal işsizlikteki sorun iş arayanlarla boş işler arasındaki dengesizlik değildir, iş arayan kişilerin sahip oldukları nitelikler ile boş işlerin niteliği arasında yaşanan uyumsuzluk yüzündendir (Seymen, 2004:79).

1.2.2.3. Doğal İşsizlik

Bir ekonomide görülen geçici ve yapısal işsizliğin toplamına doğal işsizlik denmektedir. Doğal işsizlik, doğal işsizlik haddiyle ölçülmektedir. Doğal işsizlik haddi ise geçici ve yapısal işsizlerin toplamının işgücüne bölünmesiyle bulunmaktadır. Ekonomideki işsizlik haddi doğal işsizlik haddine yani tam istihdam işsizlik haddine eşit olduğu zaman fiyat düzeyinde değişme yaşanmaz. Buradan hareketle doğal işsizlik haddi yani tam istihdam işsizlik haddi enflasyonu hızlandırmayan işsizlik haddi olarak

da nitelendirilmektedir. Ekonomide yaşanan işsizliğin ortadan kaldırılması mümkün olmayan doğal işsizliğe eşit olması işgücünün tam kullanımına neden olur, öz olarak tam istihdam sağlanır. Bu nedenle de doğal işsizlik haddi aynı zamanda tam istihdam işsizlik haddi olmaktadır (Ünsal, 2011:110-111). Ekonomi tam istihdamda olsa bile bir miktar işsizlik görülecektir. Neo klasik iktisatçılara göre olağan tam istihdam durumunda görülen bu işsizlik doğal işsizlik oranını ortaya çıkarır (Somel, 2014:155).

Doğal işsizlik oranı 1990'lı yıllardan itibaren NAIRU (Enflasyonu Arttırmayan İşsizlik Oranı) terimiyle ifade edilmektedir. Bu şekilde ifade edilmesinin nedeni ise bir ekonomi doğal işsizlik oranına razı olursa ve söz konusu bu oranı düşürmek için gayret göstermezse enflasyonu belli bir düzeyde tutmanın mümkün hale gelmesidir (Dinler, 2014:504). İstihdamın yüksek olduğu ekonomiler olsa bile geçici ve yapısal işsizlerin olması nedeniyle doğal işsizlik oranı her zaman olmaktadır.

1.2.2.4. Konjonktürel (Dönemsel) İşsizlik

Konjonktürel işsizlik, keynesçi işsizlik olarak da bilinen bir işsizlik türü olarak mal piyasalarında görülen talep yetersizliğinin emek piyasasına yansıyan şeklidir. Mal ve emek piyasalarında arz fazlası olduğundan bu durum talep açığı yaratmakta, gayri iradi işsizliği ortaya çıkarmaktadır. Konjonktürel işsizliğin olduğu bir ekonomide işverenler cari ücret ve fiyatlarda üretimi arttırmaya hazırdır ancak talep yetersizliğinin yaşanması üretim artışını engellemektedir (Paya, 2013:40). Toplam harcamalarda görülen devri azalışın bir sonucu olarak konjonktürel işsizlik meydana gelmektedir. İşsizliğe sebebiyet veren konjonktür olduğunda işsizlerin istihdamı sağlayabileceği iş yerleri ve üretim araçları bulunmaktadır ancak toplam harcama düzeyi nedeniyle işçilerin bir bölümü istihdam edilememektedir. Bu durum ülkedeki üretim kapasitesinin bir bölümünün de atıl kalmasına neden olmaktadır (Somel, 2014:184).

Konjonktürel işsizlik, kapitalist üretim tarzının doğal bir sonucu olarak değerlendirilir (Zaim, 1997:190). Geçici ve yapısal işsizliğe nazaran her yıl farklı dalgalanmalar gösterir ve genel olarak ekonomide belli bir bölümü değil, aksine bütün sektörleri etkilemektedir. Konjonktürel işsizlik geçici işsizliğe göre daha uzundur, yapısal işsizliğe göre ise daha kısadır (Biçerli, 2009:462).

Özellikle 1929 Dünya Ekonomik Bunalımı'nın yaşandığı zamanlar konjonktürel işsizlik önemli boyutta görülmüştür. Kriz dönemlerinde ortaya çıkan bir işsizlik türü olarak eksik talep sonucu istihdam hacmi daralmaktadır. Bu işsizliği önleyebilmek adına toplam talepte artışa yönelik para ve maliye politikaları kullanılmalıdır.

1.2.2.5. Mevsimsel İşsizlik

En temel haliyle mevsimsel işsizlik, bazı mevsimlerde yaşanan doğal koşullar nedeniyle veya bazı sosyal nedenlerle ekonomik faaliyetlerde görülen yavaşlamayla beraber üretimin azalmasıdır (Unay, 2000:350). Mevsimsel işsizlik mevsimsel dalgalanmalara bağlı olarak ortaya çıkar. Kış mevsiminde inşaat sektöründeki azalma ya da pamuk toplamanın hiç olmaması mevsimsel işsizliğe verilebilecek örneklerdendir (Biçerli, 2009:463).

Ekonominin bütününe yansımadan sadece belirli sektörlerde ortaya çıkan kısmi nitelikte olan işsizliğin bir örneği mevsimsel işsizlik olmaktadır. Bu bağlamda mevsimsel işsizlik yapılmakta olan işin sadece belli mevsimlerde uygulanabilmesiyle ilişkilidir (Paya, 2013:42). Kimi üretim faaliyetlerinde görülen mevsimlik yavaşlamalar mevsimlik işsizliğe neden olur. Bu işsizlik türü turizm, tarım ve inşaat sektörlerinde görülmektedir (Somel, 2014:184).

Mevsim koşulları bazı mal ve hizmetlerin üretimini engeller ayrıca bazı mal ve hizmetlerin talebini de düşürür yani emek talebinde dalgalanmalar meydana gelir. Ancak bu dalgalanmalar sistematik bir şekil arz etmektedir bu açıdan mevsimsel işsizliğin konjonktürel işsizlikten farkı da bu noktada karşımıza çıkmaktadır. Kış turizminde çalışan kesim yaz mevsiminde işsiz kaldığı gibi, yaz mevsiminde çalışanlar ise kışın işsiz kalabilmektedir. Türkiye’de Aralık ve Şubat ayları arasında mevsimsel işsizlik en fazla, Temmuz ve Ağustos aylarında ise en az seviyede seyretmektedir.

1.2.2.6. Gizli İşsizlik

Gizli işsizlik diğer işsizlik türlerine nazaran farklı bir işsizlik türü olarak karşımıza çıkar çünkü işsizlikte özel bir durumu açıklamaktadır. Gizli işsizlikte toplam çıktı miktarı değişmez, işletmeyi ya da sektörü terk etmiş olan işçilerin toplam sayısı gizli işsizler olur. Yani toplam çıktı miktarının aynı kalması, işgücünün marjinal verimliliğinin ise sıfır olması bize gizli işsizliği tanımlamaktadır (Lordoğlu ve Özkaplan, 2003:401). Marjinal verimliliği sıfır olan, diğer bir ifadeyle çalışıyor görünmesine rağmen toplam üretim için hiçbir katkı sağlamayan işgücü, gizli işsizlerdir (Dinler, 2014:502). Çalışan işçilerin bir bölümü işten ayrıldığında geriye kalan işçiler aynı üretimi gerçekleştirebiliyorsa orada gizli işsizliğin varlığından söz edilmektedir (Zaim, 1997:176).

Genel olarak gizli işsizlik az gelişmiş ülkelerde görülmektedir. Bunun nedeni ise nüfus artışının yüksek olmasına karşın, yeterli sermaye birikiminin olmaması yüzünden

istihdam olanaklarının sınırlı kalmasıdır. Artan nüfus ile beraber iş bulma olanakları da sınırlı kalınca tarım ve tarım dışı olan küçük işletmelerde haddinden fazla kişi birikir. Dolayısıyla da dört kişinin çalışabileceği bir işletmede yedi-sekiz kişi çalışmaya başlar. Söz konusu bu kişilerin hepsi çalışıyor gibi görünse de aralarındaki gizli işsizler belirlenemez ancak dört kişi işten ayrılrsa bile üretim aynı kalması mümkündür. Ayrıca kırsal kesimdeki gizli işsizlerin sayısı çok fazla artınca kimileri bu sektörü terk ederek kentlere göç ederler. Meslekleri olmadığından kente göç ettiğinde kendi işlerini kurarak geçimlerini devam ettirmeye çalışan bu kesim de verimliliğin çok düşük hatta sıfır olması nedeniyle gizli işsizler ordusuna dahil olurlar (Dinler, 2014:502).

1.2.2.7. Sürekli Durgunluk İşsizliği

Ekonomideki belli bir büyüme sonucunda karşı karşıya kalması beklenen bir iktisadi durgunluk hali ve bu durumun doğurduğu kronik işsizlik sürekli durgunluk işsizliği olarak bilinir (Zaim, 1997:170). Ekonomide durgunluk yaşanmakta ve bunun sonucunda işsizlik ortaya çıkmaktadır.

Sürekli durgunluk işsizliğinin çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Rakip ülkelerdeki daha bol, ucuz ve karlı üretim ya da ticaret yollarındaki değişimler geçmiş zamanda ekonomilerin durgunluğa girmesine ve büyük bir bölümün işsiz kalmasına sebep olabilir. Ayrıca bazı dönemlerde ekonomide yaşanan durgunluklar üretim hacminde daralmaya neden olur bu durum da işsizliğe yol açabilir. Stoklarda, araç ve gereçlerde tıkanıklığın yaşanması, dış ödemelerdeki daralma ile beraber ithalat tıkanıklığı, kredi arzı ve finansman kaynaklarındaki öngörülemez daralmalar sonucu firmalar üretimlerine ara verebilir ya da firmalar tamamen kapanabilir (Serter, 1993:13). Özellikle 1929 Büyük Buhran ile ekonomik yapıda görülen sürekli durgunluk işsizliği uzun zamanlı işsizliğe neden olmuştur.

2. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLE TEKNOLOJİ İLİŞKİSİ

Bu kısımda ekonomik büyüme kavramı ve ekonomik büyüme teorilerinin tarihsel gelişimi açıklanarak ekonomik büyümeyle teknoloji arasındaki ilişki anlatılacaktır.

2.1. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI

Ulusal ekonomide toplam üretim hacmindeki artış büyümeyi ifade etmektedir. Başka bir deyişle bir ülkenin GSYH'sında yıllar itibari ile meydana gelen artış, büyümedir. Ekonomik büyüme ekonomide uzun dönem trendi ile ilgili olup,

ekonominin değişik dönemler içerisinde gösterdiği değişimin bir ifadesi olmaktadır. Dolayısıyla büyüme kavramı durağan ve statik durumun aksine, dinamik ve devamlılık gösteren bir kavramdır (Tunç, 2018:81). Ekonomik büyüme, mal ve hizmet üretim kapasitesinin genişlemesidir ve reel GSYH'daki artışla ölçülmektedir (Parasız, 2008:10).

İnsanların yaşam standartlarını sürekli olarak yükseltebilmek için ekonomik büyüme tek yoldur. Bu sebeple tüm ülkeler için hızlı bir ekonomik büyümeyi gerçekleştirmek temel makroekonomik hedeflerden biridir (Ünsal, 2011:14). Bir ülkedeki kişi başına reel gelirden bir yıldan diğerine artış sağlanıyorsa, bu ülkenin ekonomisinin büyüdüğü kabul edilmektedir (Dinler, 2014:617).

Ekonomik büyümenin kaynakları üretim faktörlerinin arzındaki artış, teknolojik ilerleme, sermaye birikiminin doğurduğu artış, tasarrufların artışı ve çözülmesi, reel yatırım hacminde görülen artış ile genişleme ve son olarak faiz ve kur oranları olarak sayılabilir (Tunç, 2018:82). Büyüme faktör artışlarına dayansa da, teknolojik ilerlemeye dayansa da yani büyümenin nedeni hangisi olursa olsun ülkedeki toplam üretimi genişleterek ekonomik refahı yükseltir. Ekonomik büyümeden beklenen sonuç, zaten budur (Seyidoğlu, 2003:106).

2.2. EKONOMİK BÜYÜME TEORİLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Ekonomik büyüme hakkında tarihsel perspektiften bakıldığında birçok görüş bulunmaktadır. İktisatçılar ekonomik büyümenin nedenlerini farklı nedenlere bağlamaktadır ve bu nedenle de farklı teoriler geliştirilmiştir. Ekonomik büyüme teorilerindeki temel amaç, bir ülkenin ekonomisinde büyümeyi belirleyen faktörlerin, o ülke ekonomisinin diğer ülkeler ile büyüme hızları arasında oluşan farklılıkların ve kişi başına düşen gelirlerdeki değişikliklerin nedenlerini ortaya koymaktır (Bocutoğlu, 2015:569).

Ekonomik büyüme teorilerini tarihsel açıdan iki bölüme ayırarak incelenmektedir. Bunlardan ilki geleneksel büyüme modelleri, ikinci ise modern büyüme teorilerini oluşturmaktadır. Geleneksel büyüme modellerinden kastedilen içsel büyüme modellerine kadar olan kısım, modern büyüme teorileri ise içsel büyüme modellerini içermektedir.

2.2.1. Geleneksel Büyüme Modelleri

Bu kısımda geleneksel büyüme modelleri ele alınacaktır. Geleneksel büyüme modelleri klasik iktisat ile başlamaktadır. Klasik iktisat içerisinde ise Adam Smith, David Ricardo ve Robert Malthus'un büyüme hakkındaki görüşleri önem taşımaktadır.

2.2.1.1. Klasik Büyüme Teorileri (A. Smith, D. Ricardo ve R. Malthus)

Klasik iktisatçılardan Adam Smith, 1776 yılında yazmış olduğu *Ulusların Zenginliği* kitabı ile iktisat literatürüne ve liberal doktrinin başlangıcına önemli katkılar sağlamış, klasik büyüme teorisinin başlangıç noktasını oluşturmuştur.

Adam Smith'e göre kapitalizm beşeri sermayenin verimliliğini artırır. Ona göre kapitalist sisteme en çok katkı sağlayan unsurlar ise iş bölümü ve uzmanlaşma olmaktadır. Bu nedenle iş bölümü ve uzmanlaşma ulusların zenginliğinin kaynağıdır. Smith, modelinde ulusal servetin kaynakları olarak ise uzmanlaşmayı, teknolojiyi ve fiziksel sermaye birikimini ele almaktadır. Sermayenin artması ve üretimde teknolojilerin kullanılması ekonomik büyümeyi uyarmakta, dış ticaretin serbest olması ve rekabet ise ekonomik büyümenin kümülatif olarak artmasına olanak sağlamaktadır (Parasız, 2005:6).

Smith'e göre iş bölümünün işçilerin üretkenliğine üç olumlu etkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki işçilerin uzmanlaştıkları zaman el becerilerini arttırması, ikincisi değişik aktiviteler arasında geçiş yapabilmek için gereken zamanı kazandırması ve son olarak ise işleri kolay hale getirebilmek için makine icat etme olanağına sahip olmasıdır (Lavezzi, 2003:83).

Özetle, klasik iktisat öncülerinden Adam Smith'e göre büyümenin itici gücünü iş bölümü oluşturmaktadır. İş bölümü hem firma içi hem de firmalar arası iş bölümünü kapsamaktadır. Smith'e göre iş bölümü artınca sermaye birikimi sağlanır ve emeğin verimliliği artar. Verimliliğin artması ise hasılayı arttırarak işçi ücretlerinin de artmasına katkı sağlar. Burada karşılıklı etkileşim söz konusudur çünkü işçi ücretlerindeki artışta verimliliği pozitif yönde etkilemektedir. Ayrıca hasılanın artışıyla beraber pazar büyür, pazarın büyümesi de iş bölümünü arttırır. Bu döngü iş bölümünde sürekli artışa yol açar ve böylece büyüme gerçekleşir. Ancak büyüme sınırsız değildir, bir başka deyişle süresizdir. Büyüme belli bir sınıra ulaştığında durgunluk başlamaktadır.

Klasik iktisatçılardan bir diğeri isim olan David Ricardo'nun da ekonomik büyüme hakkında çeşitli görüşleri bulunmaktadır hatta klasik büyüme teorileri içinde Ricardo'nun modeli büyük önem taşımaktadır ve Ricardo modeli olarak bilinmektedir.

Ricardo'nun modeli Sanayi Devrimi'nin başlarına denk gelmekte olup, tasarruf artışıyla sermaye birikimi bu dönemde oldukça ileri düzeydedir. Sanayi sektöründeki teknik ilerlemelerle verimlilik artarken, tarım sektöründeki verimlilik oranı düşük oranda seyretmektedir. Ricardo'ya göre sanayi sektöründeki verimlilik artışı sürekli değildir, bir gün tarım sektöründeki maliyet artışı boy gösterecek ve bu nedenle de ücret seviyesi artacak, kar oranları ise düşecektir. Bu durumda kaçınılmaz olarak ekonomik büyüme sona erecektir (Taban, 2008:30).

Ricardo temel olarak büyüme konusuyla değil, uzun dönem içerisinde üretim faktörlerinin paylarıyla yani gelir bölüşümüyle ilgilenmiştir. Ona göre büyüme ile bölüşüm iç içe olmaktadır (Gökce, 2007:8). Ricardo çalışmalarında üretim ve üretim faktörlerinin alacağı paylar üzerine yoğunlaşmıştır. Diğeri bir ifadeyle gelirin paylaşımı asıl inceleme konusu olmaktadır. Ricardo'ya göre üretim emek, sermayedar ve toprak sahipleri olarak üç gelir grubunda paylaşılmaktadır ancak her grubun aldığı pay zaman içerisinde değişime uğrayabilir. Söz konusu bu değişim ile zamanla karlar azalmakta, rantın payı artmaktadır. Ücretlerin payının ise zamanla kişi başına sabit kalacağı fakat kümülatif biçimde toplam hasıla içinde artacağını savunmuştur. Bunun sebebi de nüfusun zaman içerisinde artmasıdır (Özsağır, 2008:335).

Ricardo rant kavramı üzerinde durarak nüfus artışının rant artışını da beraberinde getireceğini ve ekonominin durgunluğa gireceğini öngörmüştür (Acar, 2002:11). Sonuç olarak Ricardo'ya göre kar haddi düşünce birikim sona erecek, büyüme duracak ve ekonomide uzun dönem durgunluk aşamasına girilecektir.

Klasik büyüme teorilerinde bir diğeri isim Robert Malthus olmuştur. Sanayileşmenin ve teknolojik ilerlemenin etkilerine bağlı olarak o dönemde nüfus artışı çok yüksek olmaktadır. Malthus'un en büyük eleştirisi ise bu noktada karşımıza çıkmaktadır çünkü katlanarak artan nüfus artışı ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir.

Malthus'a göre nüfusun gücü geçim üretim gücünden daha fazla olmaktadır yani nüfus geometrik (1,2,4,8,16,32) olarak artarken, gıda maddeleri ise aritmetik (1,2,3,4,5,6) olarak artma eğilimindedir (Henderson, 1992:140). Malthus'un nüfus

hakkındaki bu düşüncesi insan davranışlarının doğa tarafından yönlendirildiği ve doğanın insanlara yaşatma olanağı verdiği kadar çok sayıda çocuğa sahip olacağı varsayımına dayanmaktadır (Brezis ve Young, 2003:27). Gıda maddelerindeki artış nüfus artışına oranla daha düşük miktarda kaldığından nüfusu beslemeye yetmeyecektir ve sefalet başlayacaktır. Ayrıca Malthus bu durumu tarım sektöründe azalan verimler kanununa bağlamaktadır.

Malthus'un büyüme modelinde bazı politika önermeleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki sağlık alanındaki ilerlemelerin ölüm oranlarını azaltarak kişi başına düşen hasıla miktarını da azaltacağıdır. Bu nedenle sağlık hizmetlerini yaygınlaştırmak ya da yaygın hastalıkların tedavisi için ilaç üretmek anlamsızdır. Bir diğer önerme gelir dağılımını iyileştirmeyi amaçlayan hükümetin buna yönelik politikalar izlemesinin hiçbir anlamı olmadığıdır. Aksine daha çok insan daha çok fakirleşmektedir. Son olarak teknolojik ilerlemelerin fert başına çıktı düzeyinde yani ortalama yaşam standardı üzerinde herhangi bir olumlu etkisi bulunmamaktadır (Ünsal, 2016:57-59).

Malthus'un büyüme modeli gündelik hayatın işleyişinden uzaktır ve sermaye birikimi ile teknolojik ilerlemenin büyümeye olan etkisini analiz etmede yetersiz kalmıştır.

2.2.1.2. Sosyalist Büyüme Teorisi (K. Marx)

Sosyalist büyüme teorisinin öncüsü Karl Marx olup, bu büyüme modeli Marksist büyüme modeli olarak da bilinmektedir. Marksist büyüme teorisinin özünde Ricardo'nun ekonomik artık terimi yatmaktadır. Marx'a göre kapitalizm kaotik bir biçimde genişleyen sistemdir ve kapitalistler daha fazla sermaye biriktirebilmek adına devamlı yarış içinde olmaktadır. İngiliz sermayesinin 19. yüzyılda giderek genişlemesini gözlemleyerek ve buna dayanarak Marx, üretim ölçeği ne kadar fazlaysa kapitalist girişimin de o denli etkin olacağını ve böylelikle kapitalist işletmelerin sermaye stoğunu genişleyen yatırım döngüsüyle arttırmaya zorlandığını ileri sürmüştür. Marksist modelde diğer bir kilit nokta doğrudan emek değer teorisine dayalı olarak belirlenen artık değer ve sömürüdür. Burada kastedilen şey ise bir toplumdaki işçilerin toplam ürünlerinin geçinebilmeyi sağlayacak tüketim seviyesini ve çalışmak için gerekli olan araçları aştığı zaman artığı meydana getirmesidir. Kapitalizm emeği sömürmektedir ve daha büyük miktarda artık yaratabilmek için artığı tekrar yatırmak amacı ile artık ortaya çıkararak tek ve ilk üretim tarzı olmaktadır. Artık değer marksist bakış açısına göre doğrudan büyüme oranını tayin eden kar oranının arkasındaki itici

gücü temsil etmektedir. Bir diğer ifadeyle büyümeden önce bölüşüm gelmektedir (Yeldan, 2010:181-185).

Marx'a göre ekonomik büyümeyi belirleyen üç değişken bulunmaktadır. Bunlar artı değer oranı (a), kar oranı (k) ve sermayenin organik bileşimi (b)'den oluşmaktadır (Alkin, 1992:47). Kar oranı artı değerlerin toplam maliyetlere olan oranı, sermayenin organik bileşimi ise sabit maliyetlerin değişken maliyetlere oranıdır. Marx, sermayenin organik bileşimi ile kar oranının ters orantılı olduğunu ve sermayenin organik bileşimi arttıkça kar oranlarının düştüğünü öne sürmektedir (Taban, 2008:38). Sermayenin organik bileşimi ve dolayısı ile kişi başına üretimde artış oldukça toplam hasıla içerisinde emeğin payı azalmaktadır. Bu durum ise uzun dönemde efektif talep yetersizliğine sebep olarak sistemi bunalıma sürüklemektedir (Alkin, 1992:50).

Özetlemek gerekirse, Marx'ın büyüme modelinde kapitalizm iç çelişki halindedir ve sistem o kadar çok büyümektedir ki bu durum sistemin kendi sonunu getirmesine zemin hazırlamıştır. Sermaye stoğu büyüdükçe ve kapitalizm geliştikçe emek sömürülmekte ve uzun dönemde talep yetersizliğinden dolayı sistem çöküntüye uğramaktadır.

2.2.1.3. Schumpeter Büyüme Modeli

Schumpeter'in ekonomik büyüme konusu iki anahtar kavram etrafında şekillenmiştir. Bunlardan ilki yenilikler, ikincisi ise girişimci olmaktadır. Schumpeter'e göre yenilik, üretim faktörlerinin miktarlarıyla üretim miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren üretim fonksiyonunun değiştirilmesi olarak tanımlanır. Bir endüstri içerisinde girişimcinin yeniliği başarıyla uygulaması diğer girişimciler için söz konusu yeniliğin taklit edilmesine ve endüstri için yatırım yapılmasına yol açmaktadır. Böylece yenilikler büyük artış gösterecektir ve bu durum Schumpeter'e göre yeniliklerin kümelenmesi olarak ifade edilir. Ayrıca kapitalizm sürekli değişim halindedir, bunu sağlayan şey ise yeniliklerdir. İktisadi büyümenin yenilikleri teknolojik ilerlemeyi hesaba katarak incelenmelidir. İkinci anahtar kavram olan girişimci ise yenilikleri uygulayan ve kapitalist sistemin mutasyonunu sağlayan kişidir (Ünsal, 2016:71-73).

Schumpeter'e göre kapitalist ekonomi Marx'ın görüşünün aksine asla durgun bir dengede değildir. Ona göre kapitalist ekonomi, yenilikçi faaliyetlerin sürekli yeni şeyler yaratarak eskilerini yok ettiği bir yaratıcı yıkım sürecidir. Ekonomik büyüme sermaye birikimi değildir, mistik teknolojik değişme sonucu üretim fonksiyonundaki kayma da değildir, ekonomik büyüme yapısal bir değişimdir (Yeldan, 2010:253). Schumpeter'e

göre ekonomik büyümeyi etkileyen faktörlerden birisi üretim faktörlerinin miktarındaki değişme, diğeri ise yenilikler olmaktadır. Büyümenin asıl nedeni nüfus ve sermaye artışı değildir, asıl neden yeniliklerdir (Ünsal, 2010:74).

Schumpeter'in büyüme modelinde girişimci ile teknolojik gelişme birbirinden farklı olmayıp, aynı unsurları içermektedir. Girişimci sayesinde teknolojik gelişme ortaya çıkmaktadır. Teknolojik gelişme büyümenin motorudur ve kapitalist bir ekonomi içerisinde dışsal yerine içsel bir değişken konumundadır (Taban, 2008:45).

Özetle, Schumpeter teknolojik yeniliklerin ekonomik büyümeyi arttıracığını, her yeniliğin başka bir yeniliği doğuracağını ve yenilikleri ortaya çıkaran kişilerin girişimci olduğunu vurgulamaktadır. Bu süreç içerisinde yenilikler ve girişimci birbiriyle etkileşim halinde olmaktadır.

2.2.1.4. Keynesyen Büyüme Modeli

Keynesyen iktisat 1929 Dünya Ekonomik Bunalımı'nın yaratmış olduğu işsizlik ve talep yetersizliğine çözüm geliştirebilmek amacıyla ortaya çıkmış ve 1936 yılında Keynes'in yayınladığı İstihdam, Faiz ve Paranın Genel Teorisi ile iktisada yeni bir boyut kazandırmıştır.

Keynesyen teoride büyüme statik analiz çerçevesinde yorumlanmakta yani zaman faktörü göz ardı edilmektedir. Ekonomide durgunluk sürecinin sona ermesi ekonomik büyümeye bağlıdır. Ekonominin büyümeye başlaması ise toplam talep ve yatırımlara bağlı olmaktadır. Toplam talep genişletilmelidir ve böylece ekonomideki stoklar eriyerek yeni yatırımların önünü açacaktır. Yeni yatırımlar ise ekonomide reel büyümeyi sağlayacak ve ekonomi eksik istihdamdan tam istihdama doğru yönelecektir. Keynesyen teoride büyümenin gerçekleşmesinde uyarılmış yatırımlar gibi otonom yatırımlarında büyük önemi bulunmaktadır. Otonom yatırımlarda meydana gelen bir artış çarpan etkisi yaratır ve toplam talep ile uyarılmış yatırımları artırır. Bu artışla ekonomik büyüme sağlanmaktadır ancak çarpan etkisi bazı durumlarda genişlemenin aksine ekonominin daralmasına da neden olabilmektedir (Yılmaz, 2016:87-88).

Keynes tam anlamıyla büyüme ile ilgilenmemiş, 1929 Dünya Ekonomik Bunalımı'nın etkileri nedeniyle sadece ekonomiyi durgunluktan çıkarabilmenin yollarını aramıştır. Ayrıca analizlerini kısa dönemli olarak gerçekleştirmiştir. İktisadi büyümeyi ihmal ederek statik bir analiz sunması sonucunda bu teoriden esinlenerek ve

teoriyi geliştirerek dinamik hale getiren model Harrod-Domar modeli olarak bilinmektedir.

2.2.1.5. Harrod-Domar Modeli

Harrod-Domar modeli Roy F. Harrod tarafından Bay Keynes ve Genel Teori adlı makalesinde Keynes'in statik analizini eleştirmesiyle ortaya çıkmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrası ise Evsey D. Domar adlı iktisatçı Harrod'un modeline çok benzeyen bir model geliştirince söz konusu model Harrod-Domar büyüme modeli olarak anılmıştır.

Harrod-Domar modeli uyarılmış yatırımlar kullanılarak yapılan bir model olup, bu modelde büyüme modelleri içerisine yatırımların kapasite arttırıcı etkisi dahil edilmiştir. Bu büyüme modeli marjinal tasarruf eğilimiyle sermayenin verimliliğinin tersini ifade eden sermaye hasıla oranı kavramlarına dayanır. Modelde büyüme hızı ve sermaye hasıla oranı arasında negatif yönlü, büyüme hızı ve marjinal tasarruf oranı arasında ise pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ancak bu ilişkilerde dengeyi sağlayabilmek için yatırım tasarruf eşitliği şartı söz konusudur. Harrod-Domar büyüme modelinde büyüme hızı milli gelirden meydana gelen artışlar ile ölçülmektedir ve büyüme hızının formülü $GR = \Delta Y / Y$ olarak ifade edilmektedir. Modelde amaç, enflasyon ve işsizlik gibi iktisadi sorunlara neden olmadan büyümeyi gerçekleştirebilmektir ve gelişmiş ekonomilerde kullanılmaktadır (Yılmaz, 2016:110-111).

Harrod-Domar modelinde iki temel özellik bulunmaktadır. Bunlardan ilki, mal ve hizmetler piyasasıyla sermaye piyasasını beraber ele aldığımız zaman ekonomi içerisinde tam kapasite kullanımını sağlayacak olan büyüme hızı, gerekli büyüme hızıdır. Eğer bir ekonominin büyüme sürecinde herhangi bir neden ile büyüme hızı gerekli büyüme hızının altında ya da üstünde olursa ekonominin büyümesi giderek istikrarsız bir hale gelir. Başka bir deyişle, Harrod-Domar modelinde ekonomi içerisinde gerekli büyüme hızından daha fazla ekonomik büyüme gerçekleşirse toplam arza göre daha hızlı toplam talep artışı görülür. Bu nedenle üretim kapasitesi yetersiz olur ve enflasyonist baskılar ortaya çıkar. Tersine bir durumda ise yani ekonomik büyüme gerekli büyüme hızından daha küçükse toplam arza göre daha yavaş artan toplam talep söz konusu olmaktadır. Böyle bir durumda ekonomide üretim kapasitesi fazlalığı anlamına gelen deflasyonist baskılar oluşmaktadır. Dolayısıyla büyümenin istikrarlı bir şekilde gerçekleşmesi gerekli büyüme hızına bağlıdır. Harrod-Domar modelinde ikinci önemli özellik emek piyasasında ekonomi içerisinde tam istihdamı sağlayacak doğal büyüme hızının belirlenmesi hususudur. Ancak burada kilit nokta ekonomide doğal

büyüme hızı ve gerekli büyüme hızını birbirine eşitleyecek otomatik bir mekanizmanın bulunmamasıdır. Bu sebeple gerekli büyüme hızını gerçekleştirip üretim kapasitesini tam kullanmak, ekonomide işsizliğin önlenmesi ve tam istihdamın temin edildiği anlamına gelmemektedir (Morgil, 1988:121-122). Kısaca ekonomide dengeli büyüme oranı bir taraftan enflasyonun diğer taraftan depresyon uçurumunun olduğu bir bıçak sırtı denge meydana getirmektedir (Akyüz, 1980:255).

Sonuç olarak Harrod-Domar büyüme modeli dışsal bir büyüme modeli olup, uzun dönemde ekonominin tam istihdama ulaşip ulaşmayacağı konusunda yetersiz olmaktadır. Bu modele tam kapasite kullanım ile tam istihdamı aynı anda kullanmak mümkün değildir. Tam istihdamı sağlayabilecek doğal büyüme hızı belirlenemediği için ekonomide ya enflasyonist ya da deflasyonist sonuçlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle devlet vergi ya da gelir bölüşümü politikasıyla ekonomiye müdahale etmelidir.

2.2.1.6. Neo klasik (Solow) Büyüme Modeli

Uzun dönemli dengede büyümeyi açıklayabilmek için neo klasik büyüme modeli önem taşımaktadır. Neo klasik büyüme modelinde özellikle Robert Solow'un büyüme modeli ön plana çıktığından bu model literatürde Solow büyüme modeli olarak da anılmaktadır. 1987 yılında Nobel iktisat ödülü alan Robert Solow 1957 yılında yayınlanmış olan bir makalede Solow modelini geliştirmiştir. Solow modelinde fert başına hasılda ortaya çıkan sürekli artışın bir diğer ifadeyle iktisadi büyümenin nedeni teknolojik gelişmedir (Ünsal, 2011:40). Bu nedenle Solow büyüme modelinde temel amaç, uzun dönemde büyümeyi belirleyen faktörün teknolojik gelişmeler olduğudur (Yeldan, 2010:111). Ancak teknoloji Solow'un modelinde cennetten düşen bir meyveye benzetilerek dışsal bir unsur olarak ele alınmıştır ve teknoloji ekonomiye hızlı bir şekilde entegre olabilen bağımsız etken konumundadır (Jones, 2001:33).

Solow'un modeli dört değişken etrafında analiz edilmiştir. Bu değişkenler çıktı (Y), sermaye (K), emek (L) ve emeğin etkinliği ya da bilgi (A) olmaktadır. Solow'un büyüme modelinde böylece sermaye stoğu ile emek gücündeki büyümenin ve teknolojik ilerlemelerin birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduğu ortaya koyulmuştur. Mal arzı ve talebi Solow modelinde temel öğeler olup, mal arzı $Y=F(K,AL)$ üretim fonksiyonu ile gösterilmektedir. Yani Solow modelinde çıktı sermaye stoğuna (K), emek girdisine (L) ve emeğin etkinliğine ya da bilgiye (A) bağlı olmaktadır. Bu büyüme modelinde üretim fonksiyonunda ölçeğe göre sabit getiri varsayımı vardır. Modelde sermaye ve emekte iki kat artış yaşanır ise yeni kullanılan girdilerin üretiminde iki kat arttırılacağı görüşü

bulunmaktadır. Ayrıca emek, sermaye ve bilgi haricindeki girdiler önemsizdir yani toprak ve diğer kaynaklar göz ardı edilmektedir (Parasız, 2008:144-145).

Solow büyüme modelinde diğer bir önemli nokta üretim fonksiyonunda azalan verimler kanununun geçerli olduğudur yani sermayenin ve emeğin marjinal ürününün giderek azaldığı varsayılmaktadır. Üretim fonksiyonunda işçi başına sermayenin artması işçi başına çıktının da artmasına neden olur ancak azalan verimlerin işlemeyle sermayedeki artış çıktıda giderek daha az artışa yol açmaktadır. Solow büyüme modeli tasarruf, sermaye birikimi ve büyüme arasındaki ilişkiyi incelerken sermayenin çıktı üzerindeki etkileriyle beraber çıktının sermaye birikim üzerine olan etkilerini de hesaba katmaktadır. Bu açıdan Solow modelinde hareket noktası devletin olmadığı kapalı bir ekonomi içerisinde çıktının tüketim ile yatırım amacıyla kullanılmasıdır (Ünsal, 2011:622-623).

Solow modelinde sermaye stoğundaki artışın ekonomik büyümeye etkisini incelendiğinde sermaye stoğu iki sebeple değişime uğramaktadır. Bunlardan ilki yatırımın sermaye stoğuna eklenmesi, ikincisi ise eski sermayenin bir bölümünün yıpranarak sermaye stoğunun azalmasıdır. Sermaye stoğu ne kadar yüksek olursa çıktı ve yatırım miktarıda o denli büyük olacaktır. Ancak sermaye stoğu ne kadar büyükse yıpranma miktarı da o kadar büyük olacaktır. Yatırım miktarının yıpranma miktarına eşit olduğu tek sermaye stoğu bulunmaktadır. Bu durumda sermaye stoğunda zaman içerisinde değişme yaşanmaz. Başka bir ifadeyle bu sermaye stok düzeyi $\Delta K=0$ olmaktadır (Parasız, 2008:146-148). İşçi başına yatırım ile yıpranma doğrularının kesiştiği bu düzeye Solow büyüme modelinde durağan durum denilmektedir ve ekonomi başlangıçta sahip olduğu sermaye düzeyi ne olursa olsun bir süre sonra durağan duruma ulaşacağından, bu durumun ekonomideki uzun dönemli dengeyi temsil ettiği anlaşılmaktadır (Ünsal, 2011:625-626). Durağan durumda büyüme sadece teknolojik değişimle olabilir ve sermaye birikimi uzun dönemde büyümenin kaynağı değildir (Yeldan, 2010:116).

Solow'a göre büyüme de emek ve sermaye artışının dışında açıklanamayan bir kısım vardır ve bu kısım teknolojik ilerlemelerdir. Solow'un teknolojik gelişme diye nitelendirdiği ancak büyümede açıklanamayan bu kısım Solow artığı olarak literatüre geçmiştir (Taban, 2008:83). Diğer bir deyişle, teknolojik ilerlemenin büyüme oranı artık olarak ifade edilir. Bu oran genel itibarıyla toplam faktör verimliliği olarak

adlandırılmaktadır ve geride kalmış olan artığı bularak hesaplandığından, Solow artığı denmektedir (Yeldan, 2010:136).

Solow modelinde tasarruf oranlarıyla büyüme arasındaki ilişki de önem taşımaktadır. Teoriye göre tasarruf oranları sermaye yoğunluğunun düzeyini belirlemede anahtar rol oynamaktadır. Tasarruf oranının daha yüksek olması, sermaye stoğunun daha çok büyümesine yani yatırımların büyümesine yol açmakta ve üretim seviyesinin daha yüksek olmasını sağlamaktadır (Sharipov, 2015:768). Ancak Solow modelinde tasarruf oranlarındaki artış çıktı düzeyini sürekli olumlu bir şekilde etkilemez. Olumlu etkilediği tek husus yeni bir durağan duruma geçiş sürecidir. Dolayısıyla Solow modelinde tasarrufların artmasının iktisadi büyümede geçici olarak olumlu etkisi bulunmaktadır yani iktisadi büyümenin nedeni tasarruf artışı değildir (Ünsal, 2011:626-627).

Kamu otoritelerinin amacı durağan durumda toplumdaki insanların ekonomik refahını arttırabilmektir. İnsanlar ekonomide sermaye ya da çıktı miktarıyla değil, tüketebilecekleri mal ve hizmet miktarıyla ilgilenirler. Böylece kamu otoriteleri tüketimin en yüksek olduğu durağan durumu seçmek isterler. Söz konusu durağan durum ise sermaye birikiminin altın kural düzeyidir. Eğer sermaye stoğu altın kural sermaye stoğunu aşarsa tasarrufların azaltılması iyidir çünkü tüketim artar, tersi bir durumda ise yani sermaye stoğu altın kural sermaye stoğundan az olursa tasarruflar arttırılmalıdır böylece yine daha yüksek tüketim gerçekleşecektir (Parasız, 2008:152-157). Dengelenen bir ekonomik büyüme çeşitli tasarruf normlarıyla uyumludur ancak buna en uygun olan, tüketim seviyesinin en yüksek olduğu ekonomik büyümeyi sağlayan normdur (Sharipov, 2015:768).

Solow'un teorisinde ekonomide istikrarlı koşullarda devam eden ekonomik büyümenin nedenlerinden biri de nüfus artışı olmaktadır. Bununla beraber eğer nüfustaki artışa yatırımlardaki bir artış eşlik edemiyorsa bu durum işçi başına sermaye stoğunun azalmasına sebep olur. Solow'un teorisi bu nedenle nüfus artış oranının daha fazla olduğu ülkelerde sermaye emek oranının daha az olduğunu ve dolayısı ile gelirlerin daha düşük olacağını açıklamaktadır (Sharipov, 2015:768).

Son olarak neo klasik modellerde ekonominin uzun vadede dengeye ulaşılacağı varsayımı altında fakir ülkelerin zengin ülkelerle kıyaslandığında daha hızlı kalkınma sağlayacağı anlamına gelen yakınsama kavramına değinmek gerekmektedir. Yakınsama

hipotezine göre ülkeler birbirlerinden sadece sermaye/emek oranlarında farklılık göstermekte ve aynı sabit duruma sahip olmaktadır. Bu nedenle kişi başına düşen geliri daha az olan ekonominin büyüme oranı daha yüksek olacaktır (Pietak, 2014:53).

Solow modeli ekonomide büyümenin gerçekleşmesini teknolojik ilerlemelere bağlamakta ancak teknolojiyi modelinde dışsal bir faktör olarak ele almaktadır. Bu nedenle de modelin eksik yönü ortaya çıkmaktadır.

2.2.2. Modern Büyüme Geçiş: İçsel Büyüme Modelleri

İçsel büyüme teorisi olarak da nitelendirilen ve öncülüğünü Paul Romer ve Robert Lucas'ın yaptığı yeni büyüme teorisinde temel nokta, Solow modelindeki teknolojik gelişmenin ortaya çıkışının açıklanamamasıdır. İçsel büyüme teorisi bu husustan hareketle teknolojik gelişmenin nasıl ortaya çıktığını açıklamakta ve böylece Solow modelinde dışsal unsur olan teknolojik gelişme içselleşmektedir (Ünsal, 2011:40). Solow modelinde sermaye bina, makine ve teçhizattan yani kısaca fiziksel sermayeden ibaretken, yeni büyüme teorisi olarak da adlandırılan içsel büyüme teorisinde sermaye fiziksel sermayenin yanında emek girdisinin sahip olduğu bilgi beceri ve tecrübelerden oluşan sermayeyi yani kısaca beşeri sermayeyi de içermektedir (Ünsal, 2011:648).

İçsel büyüme modelleri eksik rekabet koşullarında sermayenin getirisinin azalan olmadığı, teknolojik gelişmenin içsel olduğu ve beşeri sermayenin öneminin vurgulandığı varsayımlar etrafında çevrelenmiştir (Parasız, 2008:172). Bu modellerde amaç, büyüme muhasebesi açısından artık terimin hesaplanması değil, artık terimi etkileyen unsurları ve bu doğrultuda ülkeler arasındaki artık terimin farklılaşmasına sebep olan özel kesimle kamu kesimi tercihlerini irdeleyebilmektir (Ercan, 2000:130).

İçsel büyüme modellerinde görüldüğü gibi teknoloji ve beşeri sermaye üzerine durulmuştur ve devletinde ekonomideki rolü savunularak çeşitli modeller ortaya atılmıştır. Bu modeller AK Modeli, Arrow-Romer'in Bilgi Üretimi ve Taşmalar Modeli, Lucas'ın Beşeri Sermaye Modeli, Barro'nun Kamu Politikası Büyüme Modeli ve Ar-Ge modelinden oluşmaktadır.

2.2.2.1. AK Modeli

Son iki yüzyıldır gelişmiş ülkeler içerisinde görülmekte olan sürekli büyümeyi açıklamak ve büyümenin belirleyicilerini ölçebilmek amacı ile içsel büyüme teorileri çerçevesinde birçok model ortaya atılmıştır. Bunların içinde ilk olan ve en basit olan

model AK Modeli olarak bilinmektedir. İçsel büyüme modellerinin içinde sermayenin azalan marjinal getirisini kaldırıp dışsal teknolojik gelişmenin olmadığı zamanda bile uzun dönemli kişi başına büyümenin sürdürülebilir olacağını en basit haliyle gösteren bu model 1991 yılında ortaya atılmıştır ve Sergio Rebelo'ya aittir. AK Modeli aynı zamanda Romer ve Lucas'ında benimsediği bir model olmuştur. Bu model $Y=AK$ şeklindeki Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonundan esinlenerek adlandırılmıştır. Fonksiyon içerisindeki A, ekonomideki teknoloji düzeyini gösteren pozitif bir sabittir ve teknolojiyi etkileyecek olan etmenlerin bütününe kapsamaktadır. Fonksiyondaki K ise ekonomideki sermaye stoğunu göstermektedir. Sermaye faktörüyle ekonomideki çıktının arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayılmaktadır. Modelin genel özelliklerinden birisi de sermaye faktörünün kapsamlı bir biçimde ele alınmasıdır. Başka bir deyişle sermaye (K), içerisinde beşeri sermaye faktörünü de barındırmaktadır (Arısoy, 2011:284-285).

Bilgi ve beşeri sermayeyi öne çıkaran içsel büyüme modeli AK Modeli olarak bilinmektedir ve üretim fonksiyonu beşeri sermayeyi de içermektedir. AK Modelinde azalan verimler kanunu geçerli değildir ve bu husus AK Modeli ile Solow Modeli arasındaki asıl farklılığı ortaya koymaktadır. Fiziksel sermaye yalnızca üretime yardımcı bir araç değildir, aynı zamanda beşeri sermaye için olumlu bir etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla fiziksel sermayenin artması beşeri sermayeyi de arttırmakta ve bu durum farklılığın arkasında yatan neden olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, tek bir girdinin artması aslında iki girdinin artması anlamına gelir ve dolayısıyla fiziksel sermaye artınca azalan verimler kanunu işlememektedir (Ünsal, 2011:649).

AK Modeli sermaye stoğu artarken, sermayenin getirisinin düşmeyeceği varsayımına dayanmaktadır ve bu nedenle yüksek sermaye stoğunun bulunduğu ülkelerde yatırım artışını gerçekleştirmek amacıyla büyüme hızının artabileceğini ifade etmektedir (Berber, 2004:142). AK Modelinde teknolojik ilerleme olmasa bile kişi başına hasıla artışı devam edecektir. Tasarruf oranları fazla, nüfus artış oranı düşük olduğunda büyüme hızlanacaktır. Tasarruf haddindeki artış ekonomik büyümeyi hızlandıracağı için hükümetlerin tasarrufu teşvik edici politikalar izlemesi büyümenin kalıcı hale gelmesine yardımcı olacaktır (Taban, 2008:49). AK Modelinde yatırım gerekli yatırıma göre sürekli olarak büyüktür ve dolayısıyla işçi başına sermaye ile işçi başına çıktı her alternatif tasarruf haddinde sürekli olarak artmaktadır. Bu durum

ekonominin her alternatif tasarruf haddinde büyüyeceğini yansıtır ve tasarruf haddi ne kadar fazlaysa büyüme de o denli yüksek olmaktadır (Ünsal, 2011:650-651).

2.2.2.2. Arrow-Romer: Bilgi Üretimi ve Taşmalar Modeli

Arrow 1962 yılındaki *The Economic Implication of Learning by Doing* (Yaparak Öğrenmenin Ekonomik Çıkarımları) adlı makalesinde içsel büyüme modellerindeki bilgi üretimini ve bunun ekonomiye yansımalarını anlatan ilk çalışmayı ortaya atmıştır. Arrow'a göre bazı sektörlerde zamanla maliyetler düşer, kalite artar, hasıla hızlanır ve bu duruma yaparak öğrenme denmektedir (Taban, 2008:96). Genellikle bilgi edinme öğrenme kavramıyla adlandırılmaktadır. Öğrenme süreçleri hakkında görüş farklılıkları bulunsa da kabul edilmesi gereken açık bir yargı vardır ki bu yargıya göre öğrenme deneyimin bir ürünüdür. Öğrenme sadece bir problemin çözümü için girişimde bulunmayla gerçekleşir ve bu nedenle yalnızca yapılan etkinlik sırasında meydana gelir (Arrow, 1962:155). Deneyimin artmasında iyi bir ölçü yatırım olmaktadır çünkü üretilen ve kullanılan her yeni makine üretim ortamını değiştirebilir, böylelikle öğrenme daima yeni uyarıcılarla sağlanır (Sala-i-Martin, 1990:17). Romer'de modelini Arrow'un 1962 yılındaki makalesinden esinlenerek geliştirince söz konusu model Arrow-Romer modeli olarak anılmıştır.

Romer, Arrow'un görüşlerinden hareketle daha çok teknoloji üzerine yoğunlaşarak teknik bilginin üretim ve yatırım süreçleri içerisinde yan ürün olarak üretildiğini, söz konusu bilginin yeni üretim için bir çeşit bedava girdi olarak kullanıldığını ve yeni yapılan üretimin maliyetinin daha düşük olmakla beraber daha yüksek kaliteyle yapıldığını farz etmiştir. Ayrıca üretilen bilgi taşıma etkisi sonucunda diğer şirketlere de yayılacak ve üretim artışı gerçekleşecektir (Yülek, 1997:8). Bir firmanın yeni bir bilgi yaratması başka firmaların üretim olanaklarının üzerinde avantajlı bir dış etkiye sahiptir. Bunun nedeni ise bilginin mükemmel bir şekilde patentlenememesi ya da gizli tutulamamasıdır. En önemlisi bilgi stoğu ve diğer girdilerin bir fonksiyonu olarak birleşilen malların üretiminde artan getiri vardır. Daha kesin bir ifadeyle bilgi, artan bir marjinal ürüne sahip olabilmektedir (Romer, 1986:1003). Bilginin ölçeğe göre artan getiri sağlaması sonucu ekonomik büyüme gerçekleşir.

2.2.2.3. Lucas: Beşeri Sermaye Modeli

İçsel büyümenin öncülerinden Robert Lucas 1988 yılında Journal Of Monetary Economics’de yayınladığı çalışmasıyla uzun dönemli ekonomik büyümenin kaynağının beşeri sermaye olduğunu vurgulamıştır.

Beşeri sermaye en temel haliyle üretime katılan işgücünün sahip olduğu bilgi ve becerilerin toplamıdır. Başka bir ifadeyle, üretim süreci içerisindeki insanların sahip olduğu niteliği belirleyen bilgi, beceri ve tecrübeler gibi pozitif değerler kümesi beşeri sermayeyi tanımlamaktadır (Atik, 2006:6). Beşeri sermaye teorisi, cari dönem içinde bir bireyin zamanını türlü faaliyetlere ayırma şeklinin gelecek dönemlerdeki üretkenliği ya da beşeri sermaye seviyesini etkilediğine yoğunlaşmaktadır. Beşeri sermayenin modele dahil olması hem beşeri sermaye düzeyinin hali hazırdaki üretimi etkileme şeklini hem de var olan zaman tahsisinin beşeri sermaye birikimini nasıl etkilediğini açıklamaktadır (Lucas, 1988:17).

Lucas’ın teknolojisi $Y=K^a (hL)^{1-a}$ şeklinde ifade edilmiştir. Bu fonksiyonda h işçi başına insan sermayesini, L ise vasıfsız emeği göstermektedir. İlk olarak çıktıyla katkı sağlamak amacıyla emek gereken nitelikleri kazanmak adına eğitilmelidir. Böylelikle genç bir insan değiş tokuşla karşı karşıya kalmaktadır çünkü nitelik kazanabilmek ve insan sermayesiyle donanabilmek için eğitime zaman ayırmanın yanında yaşamını devam ettirebilmek uğruna gelir elde etmek için çalışmak zorundadır (Yeldan, 2010:208). Solow’un modelini beşeri sermayeyi de kapsayacak şekilde genişleten Lucas’ın modelinde beşeri sermaye birikimi bireylerin sahip oldukları zamanın bir kısmını çalışmak yerine beceri elde etmeye yani okula gitmeye tahsis etmeleri neticesinde gerçekleşmektedir. Lucas modelinde beşeri sermaye birikimi için ayrılan zaman arttığında beşeri sermaye büyüme hızı da sürekli bir biçimde artmaktadır. Dolayısıyla beşeri sermaye birikimi fiziksel sermaye birikiminin tersine azalan verimlere tabi olmamaktadır. Bu varsayım doğrultusunda Lucas modeli aslında Solow modelinde yer alan teknolojik ilerlemenin beşeri sermaye olarak, teknolojik ilerleme hızının ise beşeri sermaye büyüme hızı olarak nitelendirildiği bir modeldir. Lucas modelindeki işçi başına çıktı, beşeri sermaye büyüme hızına eşit olan bir hız ile sürekli büyümektedir. Beşeri sermaye büyüme etkisine sahiptir ve bu modelde hükümet, bireylerin beceri kazanmaya daha çok zaman ayırmalarını sağlayan politikalarla beşeri sermaye büyüme hızını arttırabilir ve böylece büyümeyi hızlandırabilir (Ünsal, 2016:260).

Son olarak Lucas'ın modeli ülkeler arası farklılığın sebeplerine yönelik yorum içermektedir. Beşeri sermayenin fiziksel sermayeye oranına göre, sermayenin marjinal verimliliği artmaktadır ve dışsallığın olup olmamasına göre sermayenin marjinal verimliliği de benzer bir biçimde beşeri sermaye seviyesiyle beraber artmaktadır. Sermayenin marjinal verimliliğindeki bu fark iki sonucu beraberinde getirmektedir. Bunlardan ilki büyümenin fakir ülkelere nazaran zengin ülkelerde daha yüksek olmasıdır. Diğer bir sonuç ise fiziksel sermayenin mobilitesinin bir engel ile karşılaşmaması halinde, fiziksel sermayenin fakir ülkelere doğru yer değiştirmesidir. Bu durum kişi başına sermayeyi eşitlemek bir yana, sermayenin mobilitesinde farklılıkları çoğaltmaktadır. Neo klasik modelin aksine, fiziksel sermayenin büyümesi ve birikimi endüstriyel ülkelere gelişmekte olan ülkelere göre daha güçlü olmaktadır (Parasız, 2008:196).

2.2.2.4. Barro: Kamu Politikası Büyüme Modeli

İçsel büyüme modelleri içerisinde kamunun rolünü dahil eden isim Barro olmuştur. Robert J. Barro 1990 yılında geliştirdiği modelde ölçeğe göre sabit getiriyle rekabetçi piyasa koşullarını benimseyerek teknoloji, verimlilik ve ekonomik büyümeyle kamu harcamaları arasındaki ilişkileri incelemiştir. Vergiler ile finanse edilen kamu harcamalarının kişi başına büyüme oranı için önemli etkileri bulunmaktadır. Diğer içsel büyüme modellerindeki gibi sermaye, geniş kapsamlı bir biçimde tanımlanmaktadır. Kamu harcamaları ekonomi içerisinde üretim girdisi olarak ele alınmakla beraber, modelde verimli ve verimsiz kamu harcamalarının ülkelerdeki ekonomik büyüme oranları üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle model, kamu harcamaları politikasıyla ekonomik büyümeyi etkilemekte ve büyümeyi içselleştirmektedir (Yardımcı, 2006:101-102).

Barro (1990) çalışmasında verimli hükümet harcamalarını içsel büyüme modeline dahil etmekte, büyüme bu modelde düşük hükümet harcamaları ve vergilendirme düzeyleri için artmakta ve sonrasında kamunun ağırlığı teknik verimlilikten çok daha büyük olduğunda azalışa geçmektedir. Ayrıca bu analiz değişik kamu harcamaları türlerinin büyüme üzerinde değişik etkileri içerebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda değişik hükümetler göreceli verimliliğin göreceli büyüme oranlarını etkilemektedir (Renelt, 1991:10).

Kamu politikası modelinde devlete üç önemli görev düşmektedir. Bunlardan ilki üretken sektörlerdeki girdiler için tamamlayıcı nitelikteki kamusal mal ve hizmetleri

üretmektir. İkincisi, eğitim için yapılan yatırımları arttırmaktır. Son olarak üçüncüsü ise araştırma ve geliştirme sektörüne yapılacak teşvikler ile bilginin üretilmesini yayılmasını sağlamaktır (Berber, 2004:146). Kamunun görevlerine bakıldığında Barro'nun kamu politikası modeli Keynesyen iktisattan önemli ölçüde ayrılmaktadır. Keynesyen iktisatta toplam talep yetersizliğinden dolayı devlet toplam talebi arttırıcı politikalar ile ekonomiyi durgunluktan çıkarmaya çalışırken, Barro'nun kamu politikasında devlete atfedilen rol araştırma geliştirme harcamalarının teşvik edilmesi, eğitime önem verilmesi, iletişim ağlarının güçlendirilmesi, girişimcilik adına sübvansiyonların arttırılması gibi politikalardır. Kısaca devlet, kamu politikası ile özel sektörün etkinlik ve verimliliğini çoğaltacak yatırımlarda bulunmalıdır.

2.2.2.5. Ar-Ge Modeli

İçsel büyüme modellerinde ekonomik büyümeyi sağlayabilmek adına araştırma geliştirme harcamalarına önem verilmesi gerektiğini düşünen modeller ortaya atılmıştır. Modellerin ana teması bilginin tesadüfen ortaya çıkmış olmasının aksine bilinçli olarak çalışmanın bir ürünü olduğu düşüncesidir. Bu modeller içerisinde Romer (1990), Grossman-Helpman (1991) ve Aghion-Howitt (1992) modelleri yer almaktadır.

Romer'in teknolojiye olan bakış açısını üç önermeyle açıklayabiliriz: (Yeldan, 2010:221).

- Teknolojik yenilikler büyüme için nihai kaynaktır.
- Bir piyasada teknolojik yenilikler kar amacı taşıyan girişimcilerin kasıtlı yaptıkları faaliyetlerin bir sonucu olmaktadır. Piyasadaki sinyaller ve teşvikler, sanayi dallarında girişimcileri araştırma geliştirme faaliyetleri gerçekleştirmeleri ve uygulamaları adına yönlendirmede kilit unsurdur.
- Araştırma ve geliştirme teknolojisi ekonomi içerisinde diğer mallara göre farklıdır.

Romer (1990) modelinde büyüme, kar maksimizasyonunu sağlayan araçlar ile yapılan bilinçli yatırım kararlarından kaynaklanmış olan teknolojik değişimle yönlendirilir. Teknoloji geleneksel bir mal ya da kamu malı değil, rekabeti olmayan ve kısmen dışlanabilen bir mal olarak ayırt edici özelliğe sahiptir. Teknolojik değişim sermaye birikimi için her zaman teşvik edicidir ve bu değişim insanların yaptığı eylemlerden kaynaklandığı için içsel olmaktadır. Bu bağlamda araştırma geliştirme harcamaları Romer modelinin merkezinde yer alır. Uzun dönemli sürekli büyümeyi

sağlayabilmek için araştırma geliştirme sektörüne nitelikli işgücü aktarılmalıdır yani beşeri sermaye kavramı önem taşımaktadır. Araştırma geliştirme sektörüne aktarılan beşeri sermaye girdileri yeni bilgi ve teknolojileri ne kadar çok geliştirirse ekonomide o kadar çok büyüme gerçekleşir (Romer, 1990:71-73).

Bir diğer araştırma geliştirme tabanlı model Grossman-Helpman modeli olarak bilinir. Yine bu modelde teknolojik yenilikler içseldir ve bilinçli davranışlar üzerine kuruludur. Grossman-Helpman modelinde her ülkenin gerçekleştirdiği yeni ve farklı ürünler büyüme olgusuyla beraber dış ticaret ve ticaret politikalarıyla ilişkilendirilir. Dış ticaretin sunmuş olduğu avantajlardan faydalanan araştırma ve geliştirme sektörü ekonomideki rekabeti arttırarak ekonomik büyümeyi sağlar. Grossman ve Helpman'a göre araştırma geliştirme faaliyetleri ile yatırımlara yeterli seviyede kaynak ayıramamış olan ülkeler, ihtiyaç duydukları teknolojileri serbest dış ticaret politikasıyla gelişmiş ülkelerden teknoloji transferi aracılığıyla elde ederek zamanla dünya ticaretindeki hacimlerinde artışla birlikte azami ölçüde fayda sağlarlar. Ayrıca uzun dönem ekonomik büyümenin kaynağını teknolojik yeniliklerin sağladığı üretkenlik artışı oluşturur (Erdoğan ve Canbay, 2016:39). Uzun vadeli büyüme oranlarını ticari politikalar etkilemektedir. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerini gerçekleştirmede görece daha az verime sahip olan ülke ithalat koruması ya da ihracat teşviki üstlenirse büyüme hızlanmakta ancak aksi bir durumda büyüme yavaşlamaktadır (Grossman ve Helpman, 1990:810).

Son olarak Aghion-Howitt modeli Schumpeter'in görüşlerinden esinlenerek ortaya çıkan yeni Schumpeterci yaratıcı yıkım modeli olarak bilinir. Aghion-Howitt modelinde büyümenin kaynağı rekabetçi bir araştırma sektörü aracılığıyla üretilen dikey yeniliklerdir. Modelde herhangi bir dönemdeki araştırma miktarı gelecek dönemde beklenen araştırma miktarına bağlıdır yani ileriye dönük olarak denge belirlenmektedir. Bu bağlamda yaratıcı yıkım ise zamanlar arası ilişkinin bir kaynağı olmaktadır (Aghion ve Howitt, 1992:323).

Aghion-Howitt modelinde nihai mal ve ara mal olarak iki tür malın üretimi söz konusudur. İcatlar ise yalnızca ara malları sektöründe ortaya çıkmaktadır. Bu ekonominin nihai mal sektöründe tam rekabet koşulları geçerlidir ve nihai mal üretimi sadece ara mal kullanımıyla gerçekleşir. Nihai mal emek kullanılmadan, nihai malın tek girdisi ara mal ise emek girdisi kullanılarak üretilmektedir. Ara malın niteliğini arttıran her icat, nihai mal sektöründe üretkenliği ve böylelikle üretilen nihai mal miktarını

arttırmaktadır. Aghion-Howitt modelinde araştırma faaliyetinde çalışmakta olan her birim emeğin icat yapma olasılığı araştırma faaliyetindeki prodüktiviteye eşittir. Dolayısıyla araştırma faaliyetinin prodüktivitesi veri iken, araştırma faaliyetinde çalışmakta olan emek miktarı arttığında icat yapma olasılığı da artmaktadır. Ayrıca bu modelde araştırma faaliyetinde çalışmayı tercih edip icat yapmayı başaran kişi, bir dönem olarak varsayılan patent süresinin sonuna kadar icadın tek sahibi olarak kabul edilmektedir (Ünsal, 2016:255-256).

Bu modelde büyüme sadece teknolojik ilerlemeden kaynaklanmakta ve bu durum yenilikleri üreten araştırma firmalarının arasındaki rekabetten doğmaktadır. Nihai çıktıyı öncekine göre daha verimli üretebilmek için kullanılan yeni ara mal yenilikleri oluşturmaktadır. Firmalar başarılı bir inovasyon patentlediği zaman tekel kiralari beklentisi ile motive olurlar ancak söz konusu kiralar bir sonraki yenilikle yok edilecektir. Sonuç olarak modele araştırma geliştirme faaliyetlerinin dahil edilmesiyle model zenginlik kazanmaktadır çünkü bu şekilde yaratıcı yıkım süreci işlemektedir (Aghion ve Howitt, 1992:349). Modelde araştırma faaliyetinde çalışan emek ne kadar fazla yeni fikir üretirse ve icadın ara malının niteliğini artırma seviyesi ne kadar yüksekse, büyüme de o derece hızlanmaktadır. Ayrıca işgücü, rekabetçi kümedeki üreticilerin maliyet dezavantajı ve mucidin tekeli karı ne kadar büyükse büyüme hızı da o denli yüksek olmaktadır (Ünsal, 2016:261).

3. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEME SÜRECİ VE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ

3.1. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEME SÜRECİ ENDÜSTRİ 4.0'DAKİ YERİ VE ÖNEMİ

Türkiye'nin teknolojik ilerleme sürecini gözlemleyebilmek adına uygulanan teknoloji politikaları önem taşımaktadır. Öncelikle 1980 öncesi döneme bakıldığında Türkiye ekonomisi dışa kapalı bir ekonomi olarak yer almaktadır. Bu nedenle kalkınma planları dışa kapalı bir ekonomi içerisinde gerçekleşmiştir. 1980 yılı öncesindeki ekonomik göstergeler kamu gelirleri ve giderleri, dış ticaret göstergeleri olarak sayılabilir. 1980 sonrası ise dışa açık ekonomiye geçilmiş ve kalkınma planları da dışa açık ekonomide uygulanmaya başlamıştır. 1980 yılı sonrasında ekonomik göstergelerde ise araştırmacı sayısı, araştırma ve geliştirme harcamaları, patent sayıları ve rekabet gücü gibi teknolojik ilerleme göstergeleri yer almaya başlamıştır. 1963-1967 yılları

arasındaki Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) kurulmuştur. Bu dönemde araştırma geliştirme faaliyetleri adına bütçeden yeterli seviyede pay ayırmanın gerekliliği üzerinde durulsa da uygulama yetersiz olmuştur. 1968-1972 yılları arasındaki İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde ise teknolojik ilerlemenin temeli bilimsel araştırmalar olarak vurgulansa da araştırma geliştirme faaliyetleri planlanan seviyede olmamıştır. 1973-1977 arası dönemi kapsayan Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda teknoloji ayrı bölüm olarak hazırlanmış ve araştırma geliştirme faaliyetlerinin öneminden söz edilmiştir (Dinç, 2020:120).

1979-1983 yılları arasındaki Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda teknoloji politikalarının istihdam, sanayi ve yatırım politikaları ile beraber bir bütün olarak incelenmesi hedeflenmiştir ve araştırma geliştirme faaliyetlerine ayrılmış olan kaynakları arttırma gereksinimine yer verilmiştir (Bayraktutan ve Bıdırdı, 2015:16). 1985-1989 yılları arasındaki Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda araştırma geliştirme ve teknolojik ilerleme, ekonomik ve sosyal açıdan değişimin yol göstericisi olmuştur. Bu dönemde Ar-Ge faaliyetlerini dinamik yapıya kavuşturmak ve önceden belirlenen hedeflere yöneltmek esas unsur sayılmıştır. Ayrıca uygun teknoloji transferini sağlayabilmek için teknoloji seçim ve adaptasyon çalışmalarının ağırlıkta olacağı hususu bulunmaktadır (DPT, 1985:159). 1990-1994 yılları arasında uygulanan Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı çerçevesinde toplumun bilgi toplumuna dönüşmesi ve kitle haberleşme araçlarından faydalanarak Ar-Ge altyapısının sağlanması amacı ile araştırmacı personel sayısının ve üniversitelere ayrılan kadronun iki katına çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca Ar-Ge harcamalarını GSMH'nin yüzde 1'ine çıkarılması da diğer hedefler arasındadır. Bu dönemde teknoloji üretimine geçiş ve bilgi ve teknolojinin yaygınlık kazanması temel ilke sayılmıştır (DPT, 1990:309).

1996-2000 yılları arasında uygulanan Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda sanayinin gelişimine ve sanayide verimlilik ve kaliteye önem verilmesi, modern teknolojinin yaygınlaştırılmasıyla beraber yüksek katma değerli üretim yapısına erişebilmek amaçlanmıştır. Ayrıca yüksek teknolojiye ihtiyaç duyulan üretim alanlarında teknoloji transferinin yabancı sermayeli yatırımlar sayesinde destekleneceği, teknoloji transferiyle teknoloji üretiminin birbirini tamamladığı politika izleneceği öngörülmüştür. Bilim ve Teknolojide Atılım Projesi bu planda yer alsa da söz konusu düzenlemeler hayata geçirilememiştir (DPT, 1996:67-68). Bu dönemde bilim ve

teknolojide sınırlı mesafe katedilmiş, yapılması öngörülen araştırma geliştirme harcamalarına kaynak ayrılması yetersiz olmuş ve araştırmacı personel sayısında artış sağlanamamıştır (DPT, 2001:125). 2001-2005 yılları arasını kapsayan Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda bilgi toplumu olabilme amacıyla bilimsel ve teknolojik ilerlemeler elde ederek uluslararası seviyede rekabet gücüne ulaşmak esas sayılmıştır. Yerel bilgi yapılarını geliştirmek, uluslararası ağ yapılarıyla entegrasyon sağlamak ve Ulusal Yenilik Sistemi'ni tamamlamak hedeflenmiştir. Ayrıca Bilim ve Teknoloji Merkezleri, Endüstri Parkları, Teknopark ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri, Türkiye Metroloji Enstitüsü gibi kurumların kurularak desteklenmesi kararlaştırılmıştır (DPT, 2001:126-127).

2007-2013 arası dönemi kapsayan Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı istikrarlı büyüyen, daha çok adil gelir dağılımı içinde olan, küresel rekabet edebilme gücüne sahip olan, bilgi toplumu haline dönüşen ve Avrupa Birliği'ne üyelik için uyum sürecini tamamlayan bir Türkiye vizyonu içermektedir (DPT, 2006:1). 2005 yılından beri bilim ve teknolojiye ayrılmış olan kamu kaynaklarında önemli boyutta artış olsa da, araştırma geliştirme harcamalarının GSYH içindeki payı hala yüzde 1'in altında olmakla beraber (DPT, 2006:29) bu oranın 2013 yılında yüzde 2'ye ulaşması hedeflenmiştir (DPT, 2006:60). Rekabet gücünü ve verimliliği arttırmak amacıyla araştırma geliştirme faaliyetlerinin yenilik üretecek ve pazara yönelik olacak şekilde tasarlanması, araştırma geliştirme harcamalarının GSYH içindeki payında özel sektör ağırlığının artması, Teknoloji Transfer Merkezleri'nin kurulması gibi diğer hedeflerde planda yerini almıştır (DPT, 2006:75). 2004-2008 yılları arasında uygulanan Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda araştırma geliştirme ve yenilik politikasında başlıca amaçlar teknoloji ve yenilik faaliyetlerini özel sektör odaklı çoğaltarak faydaya dönüştürmek, yeniliğe dayanan ekosistem oluşturarak araştırma sonuçlarını ticarileştirmek ve markalaşan teknoloji yoğun ürünler ile ülkemizin küresel boyutta yüksek rekabet gücüne erişebilmesine katkı sağlamaktır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013:86). Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki temel amaç ise ülkemizin bilgi toplumu haline dönüşebilmesini hızlandırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve etkinleştirilmesi, söz konusu teknolojilerin üretiminde yerli katma değerde artış yaratmak olmuştur (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013:96).

Son olarak 2019-2023 yıllarını kapsayan On Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı içerisinde araştırma geliştirme ve yenilik kapsamlı amaç, imalat sanayide katma değerli

üretim yapabilme ve yenilik bazlı ürün geliştirme kapasitesinde artış sağlayabilmektir. Bu bağlamda yenilik esaslı bir yapıya kavuşabilmek temel amaç olarak belirlenmiştir. Bu planda araştırma geliştirme ve yenilik destek sisteminde odaklı, bütün süreci içeren ve orta-yüksek ve yüksek teknoloji sektörlerine yönelik farklılaşan bir yapıya dönüşüm söz konusudur. Planda özel sektördeki araştırmacı insan gücü sayısında ve niteliğinde artış, sanayide doktoralı araştırmacı istihdam teşviki, lisansüstü program açan üniversite teşviki gibi politika ve tedbirler yer almaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019:78). Ayrıca ülkemizde Milli Teknoloji Hamlesi'ni gerçekleştirmeye yönelik yapay zeka, nesnelerin interneti, büyük veri, artırılmış gerçeklik, siber güvenlik, robotik, biyoteknoloji ve katmanlı imalat teknolojilerini içeren gelişim yol haritaları hazırlanarak gerekli altyapının oluşturulması ve buna bağlı olarak nitelikli insan gücünün yetiştirilmesi sağlanacaktır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019:81). Bu açıdan On Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda ilk defa Endüstri 4.0'ın yapı taşları olan kavramlar ele alınmıştır.

Kalkınma planlarını bütün olarak değerlendirmek gerekirse planların hepsinde bilim ve teknolojiyle ilgili öngörülen rakam ve iyileştirmeler bulunmakla birlikte söz konusu öngörülere ve hedeflere tam olarak ulaşılamadığı görülmektedir. Her ne kadar yenilik ve Ar-Ge odaklı politikalar gerçekleştirilmeye çalışılsa da araştırma geliştirme harcamalarının GSYH içindeki payları incelendiğinde ileriye dönük ayrılması gereken pay tahminlerinin tutmadığı ve bu tahminlerin gerisinde kaldığı aşikardır. Bu durum şüphesiz Endüstri 4.0 yolunda Türkiye'nin hangi konumda olduğu düşüncesini akıllara getirecektir. Bu nedenle Türkiye'nin Endüstri 4.0'daki yeri değerlendirilecektir.

Türkiye lojistik avantajı sağlayan coğrafi konumu yardımıyla esnek ve düşük maliyetli üretimi mümkün kılan görece düşük maliyetli işgücü sayesinde küresel değer zincirinde rekabetçi konumdadır. BCG Global Üretim Maliyeti Endeksi'ne göre ABD 100, Almanya 121 ortalama birim maliyetle üretim yaparken, Türkiye 98 ortalama birim maliyetle üretimini gerçekleştirmektedir. Bu durum Türkiye'nin ihracat performansını güçlendirmek ve küresel değer zincirinden pay alabilmek için sahip olduğu rekabet avantajını göstermektedir (TÜSİAD ve BCG, 2016:33). Ancak bulunduğu konuma rağmen Türkiye yüksek teknoloji ürün ihracatında yüksek teknolojili ürün ithalatına göre daha az orana sahiptir. Bu durum Türkiye ihracatını ithalata bağımlı hale getirmekte, Endüstri 4.0 sürecindeki konumunu olumsuz etkilemekte ve net ihracat açığı ortaya çıkarmaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı 2011 yılında ortaya çıksa da Türkiye’de ancak 2016 yılında Google aramalarına düşmüş ve Şubat 2016’da Bilim Teknoloji Yüksek Kurumu Toplantısı’nda Endüstri 4.0’a geçişte ciddi kararlar alınmaya başlamıştır. Endüstri 4.0 sürecine geç kaldığından dolayı Türkiye ekonomisi bu süreci geriden takip etmekte ve daha yolun başlarında olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye’de ilk olarak Endüstri 4.0’ın yansımaları otomotiv sektöründe görülmektedir. Bu sayede ürünler piyasaya daha hızlı bir şekilde sunulabilmektedir. Ayrıca savunma sanayi, makine sistemleri, beyaz eşya, tekstil ve gıda gibi birçok sektörde katmanlı üretim, üç boyutlu yazıcılar, arttırılmış gerçeklik ve simülasyon gibi Endüstri 4.0’ın yapı taşlarından izler bulunmakla birlikte yetersizdir.

Endüstri 4.0’da yol alabilmek için dijitalleşme olgusu büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz açısından imalat sanayinin dijital dönüşüme yönelik faaliyetlerine Şubat 2016’da gerçekleştirilen Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) toplantısındaki kararlar başlanmıştır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018:64). 2023 hedefleri içerisinde ise Türkiye’nin dünyanın en büyük 10 ekonomi arasında yer alması ve araştırma geliştirme harcamalarının GSYH içindeki payının yüzde 1’den yüzde 3’e çıkarılmasında dijitalleşmenin önemi vurgulanmıştır. Dijitalleşmenin ekonomik bir değere dönüşebilmesinde ise nitelikli imalat sanayisinin gerekliliğinden söz edilmiştir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018:56). Endüstri 4.0’da ilerleyebilmek ve süreci yakından takip edebilmek adına sadece imalat sektöründe değil bütün sektörlerde nitelikli işgücüne erişebilmek zorunluluk haline gelmiştir. Ancak araştırma geliştirme harcamalarının GSYH içindeki payının ve araştırmacı sayısının yetersizliği, bilimsel yayın sayısının az oluşu, patent sayısının yetersizliği gibi faktörler eğitimli işgücüne olan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Üniversiteler bu konuda toplantılar düzenleyerek gerekli çalışmalarını yapmalıdır ve bu alanlara ciddi yatırımlar yapılmalıdır.

Sonuç olarak, sanayimiz dijital olgunluk seviyesinde Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında yer almaktadır (TÜBİTAK, 2016:4). Piyasadan silinen bir ekonomi olmaması için teknolojik altyapılar iyileştirilmeli, uzman kadroları oluşturabilmeli, küresel piyasada rekabet edebilmeli, yüksek katma değerli teknoloji ürünlerinin üretimini çoğaltabilmeli ve dijital dönüşümlerini tamamlamalıdır. Yeni çağa ayak uydurabilmek ve Endüstri 4.0’da yer almak gelişmiş bir ekonomi olabilmesinde yegane koşuldur.

3.2. TÜRKİYE’DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİĞE OLASI ETKİLERİ

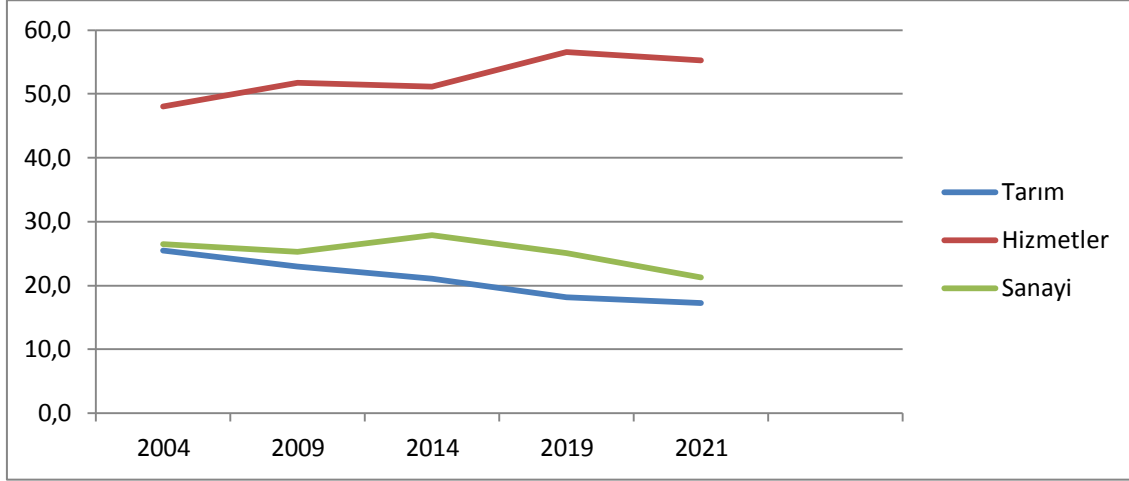
Teknolojide yaşanan ilerlemelerin işsizlik üzerine iki etkisi olmaktadır. Bunlardan ilki teknolojik ilerlemeler ile beraber sermayenin emek yerine ikame edilmesiyle işsizliğin ortaya çıktığı olumsuz durumdur. Diğerisi ise yeni ürün ve hizmetlere karşı talep artışıyla beraber yeni işlerin ortaya çıkışı ve işçilerin istihdamının yeni iş alanlarına kayması olarak olumlu durumdur (Schwab, 2017:44). Teknolojik ilerlemeler sonucu kol ve kas gücünün yerini makineler almaya başlayınca iş kolları ve mesleklerde de değişim yaşanmakta ve bu değişimin yönü vasıfsız işgücünden vasıflı işgücüne doğru olmaktadır.

Teknolojik ilerlemeler nedeniyle ortaya çıkan işsizlik, teknolojik işsizlik olmaktadır ve teknolojik işsizlik konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır (EBSO, 2015:38). Bu yaklaşımlardan ilki iyimser görüştür ve iyimserlere göre yeni teknolojiler istihdam üzerinde olumlu etkiye sahiptir, bilgi teknoloji ise istihdamı arttırarak çalışma hayatında kaliteyi geliştirmektedir. İyimserler yeni teknolojilerin kullanılmasının aksine kullanılmamasının işsizliğe sebep olacağını savunmaktadır. Onlara göre yeni teknolojiler işsizliğe yol açsa bile yeni teknolojiler sayesinde ortaya çıkan verimlilik ile refah artışının yanında bunların fiyat ya da talep üzerinde gerçekleşmesi düşünülen olumlu etkileri ve yeni ürünlerle, yeni pazarlarla, yeni endüstrilerle yeni istihdam alanları yaratacağı görüşü hakimdir. İyimserlerin bu görüşü Schumpeter’in yaratıcı yıkımını destekler niteliktedir. Diğer bir görüş karamsar görüştür ve karamsar görüşü savunanlara göre emeğin makine ile ikamesi işsizliği arttırır ve yeni teknolojiler işsizliğe yol açar. Son olarak dengeleyici görüş ise her iki görüşü dengelemeye çalışmaktadır. Onlara göre teknolojik ilerlemelerin etkisi teknolojiden faydalanan insanların onu kullanma biçimi, amaç ve tarzına göre şekillenmektedir (Orhan ve Savuk, 2014:16).

İyimser, karamsar ya da dengeleyici görüş hangisi olursa olsun Endüstri 4.0 ile beraber robotlar iş dünyasında kaçınılmaz birer parça haline gelmiştir. Ağustos 2014 tarihinde Pew Araştırma Merkezi “2025’te Sayısal Hayat: Yapay Zeka, Robotlar ve İşlerin Geleceği” adlı ankete katılım sağlayan 1896 teknoloji yetkilisi ile analistin yüzde 48’i robotlar yüzünden mavi ve beyaz yakalı istihdamın yerinden edileceği hususunda görüş birliği içindedir. Yetkililere göre bu durum gelir dağılımında adaletsizliği arttıracaktır ve sosyal düzeni bozacaktır. Kalan yüzde 52’lik kesim ise teknolojinin 2025 yılında, oluşturduğundan daha çok iş kaybına yol açmayacağı görüşündedir. Bu

kesime göre teknoloji sürekli yeni istihdam olanakları yaratmaktadır (EBSO, 2015:39). Teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisi tüm dünya üzerinde hala tartışılan bir konu olmakla beraber Türkiye özelindeki sektörel durumunu özetleyen şekil şu şekildedir:

Şekil 7. Türkiye’de Sektörlere Göre İstihdam (2004-2021) (%)



Kaynak: Dünya Bankası ve TÜİK verilerinden düzenlenmiştir.

Şekil Türkiye'nin 2004-2021 yılları arasındaki sektörel dağılımını göstermektedir. Bu grafiğe göre sanayi devrimlerinin bir yansıması olarak emeğin sürekli şekil değiştirdiğini ve istihdamın tarımdan sanayi ve hizmetler sektörüne doğru kaydığını söylemek mümkündür. Özellikle hizmetler sektöründe büyük artış görülmektedir. Ayrıca belirtmek gerekir ki sektörler arası geçişin göç, yaşam standartları vb. nedenleri de vardır ama en temel neden teknolojik ilerleme faktörü olmaktadır. Sonuç olarak teknolojide yaşanan ilerlemeler Türkiye'nin istihdam yapısında değişikliğe neden olmuştur. Bu sektörlerle uyum sağlayabilmek ve işsiz kalmamak için nitelikli işgücü, nitelikli işgücünü ortaya çıkarabilmek için ise eğitime verilmesi gereken önem burada ön plana çıkmaktadır. Özellikle iyimser görüşü destekleyen yeni iş kollarında istihdam edebilmek için teknolojik yeniliklere adapte olabilmek şüphesiz nitelikli işgücünden geçmektedir.

3.3. TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN BÜYÜMEYE OLASI ETKİLERİ

Teknolojik ilerlemelerin bir diğer etkisi ekonomik büyüme üzerine olmaktadır. Ülkelerin gelişebilmesi ve refahını arttırabilmesinde büyümenin sağlanabilmesi, büyümenin sağlanabilmesi için ise teknolojik ilerlemelerin etkisi son derece önemlidir. Bu bağlamda Türkiye'nin orta gelir tuzağından kurtularak gelişmiş ülke konumuna gelebilmesinde, refahını arttırarak büyümeyle beraber verimlilik sağlayabilmesinde Endüstri 4.0 süreciyle uyumlu olması gerekmektedir.

2008 yılındaki Küresel Finansal Kriz öncesine bakıldığında dünya ekonomisinde ortalama yüzde 5 oranında büyüme gerçekleşmiştir. Kriz sonrası önceki büyüme oranlarına erişilebileceği yönünde beklentiler olsa da, beklenen durum yaşanmamış ve ortalama büyüme hızı yüzde 3 seviyelerinde kalmıştır. Bu nedenle sanayi devrimleriyle beraber teknolojide sürekli ilerleme yaşanmasına rağmen büyüme oranlarının gerilemesi tartışma konusu haline gelmiştir. Bu açıdan Endüstri 4.0'ın etkisi farklı yaklaşımlarla açıklanmıştır. Tekno-karamsarlar olan ilk gruba göre Endüstri 4.0'ın kritik katkıları önceden gerçekleşmiş olmakla beraber verimlilik üzerindeki etkisinin neredeyse hiç kalmadığı görüşüne sahiptirler. Bir diğer grup olan tekno-iyimserler ise teknoloji ile yenilik sürecinin kırılma eşiğinde olmakla beraber, kısa bir sürede teknolojik ilerlemelerin ekonomik büyüme ve verimlilikte tekrar büyük bir yükselişe sebep olacağını ileri sürmektedirler (Schwab, 2017:39-41).

TÜSİAD'a göre Endüstri 4.0 başarılı bir şekilde uygulanırsa günümüzdeki ekonomik büyümede ve Türkiye'nin üretim sektörlerindeki verimlilikte 50 milyar TL'ye ulaşabilecek bir fayda potansiyeli bulunmaktadır. Analizin temeli ise toplam üretim maliyetini göz önüne alarak verimlilik artışının yüzde 4 ila 7 arasında olacağı umuduna dayanmaktadır. Ayrıca küresel değer zincirlerine entegrasyon ve Endüstri 4.0 çevresinde gerçekleşecek ekonomi sayesinde kazanılacak rekabet avantajının, sanayi üretimi için yıllık yüzde 3'e varan artış yaratacağı düşüncesi hakimdir. Bu büyüme ise Türkiye'nin GSYH'nda yüzde 1 ve üzerinde ek bir büyüme sağlayacağı ve 150-200 milyar TL seviyesinde ek gelir yaratacağı anlamı içermektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim süreci içerisine dahil edilebilmesi adına önümüzdeki 10 yıllık zaman zarfında günümüz fiyatlarını ve ekonomik büyüklüğü ele aldığımızda yılda yaklaşık olarak 10-15 milyar TL yatırımın yapılması gerektiği düşünülmektedir (TÜSİAD, 2016:14).

Sonuç olarak bakılırsa Türkiye ekonomisi orta ve düşük seviyede teknoloji kullanan ve düşük katma değerli üretim yapısı olan bir yapıya sahiptir. Bu durum Türkiye'deki dış ticaret performansını ve ekonomik büyümesini olumsuz etkilemektedir. Ülkemizin orta gelir veya orta teknoloji tuzağı durumundan kurtularak yüksek gelir grubundaki ülkelerin arasında yer alabilmesi, TÜSİAD'ında beklentilerini karşılayacak büyümeye ulaşabilmesi için ürün ve hizmet kalitesinde artış, yatırım ortamının iyileştirilmesi, araştırma geliştirme ve yenilik çalışmalarıyla çıkarılacak yüksek katma

değerli, ileri teknoloji ürünlerin ve hizmetlerin üretimi ve ihracatıyla mümkündür (EKOIQ, 2014:13).

3.4. TÜRKİYE'DE İNOVASYON POLİTİKALARI

Türkiye'nin inovasyon politikasına ilişkin gelişmelere Türkiye'nin bilim ve teknoloji politikası dökümanlarında yer verilmektedir. İnovasyon politikalarına ayrılan bütçe tahsisleri beş yıllık kalkınma planlarıyla ortaya koyulmaktadır. Bu bağlamda en önemli gelişmelerden birisi 1963 yılında TÜBİTAK'ın kurulması olmuştur. İkinci ve Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planları'nda teknolojik gelişme ile teknoloji transferi konularına değinilmiş, Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda ise teknoloji politikasından bahsedilerek sanayiyle bütünleşmesi ön planda olmuştur (TÜSİAD, 2011:89).

Türkiye'de inovasyon politikalarına ilişkin ilk kapsamlı çalışma 1980'li yılların başlarında gerçekleştirilmiştir. Türk Bilim Politikası: 1983-2003 dökümanında ayrıntılı bir şekilde bilim ve teknoloji politikası tasarımıyla ülkemizde ilk kez uluslararası normlara mutabık olarak Türkiye'nin araştırma geliştirme kapasitesiyle beraber insan gücü ve harcamaları tespit edilmiştir. Ayrıca uzun vadeli hedefler bilimsel alanda belirlenerek bu hedeflere ulaşabilmek için Kanun Hükmünde Kararname ile Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) teşviki sağlanmıştır. BTYK 3 Şubat 1993'te onay verdiği Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003 ile yeni bir politika tasarımı ortaya koymuştur. 1993 yılı sonrasında izlenen bu politikada belirgin özellik, sadece bilim ve teknolojide değil, teknolojik inovasyonda da yetkin bir duruma gelmesinin amaçlanması olmuştur (TÜSİAD, 2003:241-245).

Yaparak ve araştırarak öğrenmeden kayda değer bir biçimde ekonomik ve toplumsal fayda sağlayabilmek ve faydayı gittikçe çoğaltabilmek için sistemsel bir temele oturtularak sürekliliği sağlamak gerekmektedir. Bunu yapabilmek ise ulusal bir inovasyon sisteminin olmasıyla mümkündür. Dolayısıyla küreselleşme sürecinde eğer bir ülkede bu sistem yoksa öncelikle bu sistem kurulmalıdır. Türkiye'nin 1990'lı yıllarda uygulamaya çalıştığı inovasyon politikasıyla yapılmak istenen de budur (TÜSİAD, 2003:44). Ancak uygulama sistematik bir bütünlük içinde ele alınamamış, Bilim ve Teknolojide Atılım Projesi başarıya ulaşamamıştır (TÜSİAD, 2003:245).

Türkiye'de inovasyon politikalarıyla ilgili son olarak 2003-2023 dönemini kapsayacak biçimde Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Strateji Belgesi başlığıyla bir politika belgesi uygulamaya konulmuştur. BTYK'nın 13 Aralık 2000

tarihindeki 6. Toplantısında en sonuncu bilim ve teknoloji politika çalışmasının 1993-2003 arası dönemi kapsayacak biçimde gerçekleştiğine vurgu yapılmış ve 2023'e uzanan 20 yıllık bir dönem için TÜBİTAK'a yeni bir politika belgesini hazırlama görevi verilmiştir. Söz konusu görevi yerine getirmekle ilgili olarak kapsamlı bir proje TÜBİTAK tarafından hazırlanmış ve BTYK'nın 24 Aralık 2001 tarihli 7. Toplantısında ele alınmıştır. Toplantının sonunda bilim ve teknoloji politikalarına yönelik stratejileri belirleyecek belgenin hazırlığı için Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri projesinin kabulü gerçekleşmiştir. Bu projeye beraber dört alt proje uygulanmıştır. Bu projeler Teknoloji Öngörü Projesi, Ulusal Teknoloji Envanteri Projesi, Araştırmacı Bilgi Sistemi (ARBİS) ve Ulusal Araştırma Altyapı Bilgi Sistemi (TARABİS)'den oluşmaktadır. Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Strateji Belgesi başlığıyla sunulan belge esas itibarıyla Teknoloji Öngörü Projesinin sonuçlarına dayanarak hazırlanmıştır. Buna karşılık diğer üç proje özel ve kamu sektörlerindeki araştırmacı bilgisi ile araştırma geliştirme alt yapısına ilişkin veri tabanı oluşturabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir (Karahan ve Gök, 2018:252).

Türkiye'deki inovasyon süreci bilim ve teknoloji politikaları bağlamında incelendiğinde inovasyon politikasındaki temel amacın bir ağ yapısı (network) içinde ulusal inovasyon sistemini oluşturabilmek olduğu söylenebilir. Amaçlanan inovasyon sisteminin kilit noktasını içeren arayüzler; konu ile ilgili politikanın bölgesel inovasyon sistemlerinin, üniversite ve sanayi iş birliğiyle kurulacak olan araştırma merkezlerinin ve ulusal bilgi altyapısını içeren master planının oluşturulması; ulusal akademik ağ yapısının kurularak kamunun araştırma geliştirme kurumlarının tekrar yapılandırılması hedefleri olarak sayılabilir (TÜSİAD, 2011:91).

3.5. TÜRKİYE EKONOMİSİNDE İSTİHDAM VE BÜYÜME ALANLARINDA GELECEĞE YÖNELİK MKROEKONOMİK POLİTİKALAR VE TEKNOLOJİK İLERLEME

İşsizliği önleyebilmek için uygulanan makroekonomik politikalar para, maliye ve gelirler politikası olarak bilinmektedir. Ekonomik istikrarın sağlanmasında Keynesyen iktisatçılara göre maliye politikası daha etkilidir. Keynesyen iktisatçılar ekonomide toplam talep yetersizliğini önlemede genişletici maliye politikasının etkili olacağını ve böylece istihdamın artacağını savunmuşlardır. Para politikası ise Merkez Bankası tarafından para politikası araçlarını kullanarak uygulanmaktadır. Para politikasının asıl hedefi fiyat istikrarını sağlamak olup, istihdamı arttırarak işsizliği azaltmak bu hedefe ulaşmada önemli bir amaç olmuştur. Ekonomide işsizlik olduğu

takdirde genişletici para politikası uygulanarak para arzını arttırmak faiz oranlarını düşürerek tüketim ve yatırımda artışa neden olur. Böylece işsizlik önlenmeye çalışılır. Son olarak gelirler politikası ise para ve maliye politikalarının bütünleyicisi olarak ücret ve fiyatlara doğrudan etki ederek ekonomide işsizlik ve enflasyonu önlemeyi amaçlamaktadır.

Türkiye’de istihdamı arttırmaya yönelik politikalara bakıldığında OECD bu istihdam politikalarını yedi grup içerisinde toplamıştır. Bunlar; kamunun eşleştirme ve danışmanlık hizmetleri, mesleki eğitim, sübvansede edilmiş istihdam, gençlere yönelik politikalar, sakatlara yönelik politikalar, işsizlik sigortası ve erken emeklilik olmaktadır (Biçerli, 2004:45). Söz konusu bu politikaların ilk beş tanesi aktif, son iki tanesi ise pasif politikalar olmakla birlikte makro değişkenler mikro düzeydeki bu desteklemeler ile kontrol edilmeye çalışılmıştır.

Ekonomik büyümeyi sağlamada ise ilk unsur tasarruf haddi olmaktadır. Hükümetler büyümeyi hızlandırabilmek adına toplumu tasarrufa yönelten politikalar izlemelidirler. Buna örnek olarak gelir yerine tüketimin vergilendirilmesi verilebilir. Büyümeyi hızlandırmada diğer bir unsur teknolojik ilerlemeyi ve bu bağlamda verimlilik artışını teşvik etmektir. Verimlilik artışı yoluyla büyümeyi hızlandırmak için ise kamusal altyapıya önem veren politikalar uygulanmalıdır. Ayrıca verimlilik artışı beşeri sermaye ile de ilişkilidir. Dolayısıyla hükümet toplumun çağdaş bilgi seviyesine erişebilmesini sağlayan eğitim politikası izlemeli ve işbaşında eğitim faaliyetlerini teşvik ederek araştırma geliştirme faaliyetlerini desteklemelidir. Büyümeyi hızlandırmak için sosyal sermayenin devamlı olarak geliştirilmesi sağlanmalıdır (Ünsal, 2011:651). Tüm bu faktörler ekonomik büyümenin sağlanmasında ülkenin teknolojik ilerleme performansını da ortaya koymaktadır.

Büyümeye para politikası açısından bakarsak Türkiye ekonomisinde para politikası temel olarak döviz kuru, faiz ve enflasyon değişkenleri üzerinden çıktı seviyesini etkilemektedir. Ancak para politikası çıktı seviyesini etkilemede önemli bir araç olmasının yanında kriz dönemleri için etkinliği sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ve finansal istikrarı sağlamada maliye politikası başta olmak üzere diğer yapısal politikalarla beraber koordinasyon içerisinde uygulanmalıdır (Oktar ve Dalyancı, 2012:6).

Son olarak tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 (koronavirüs) salgınına karşı alınmış olan ekonomik önlemlere bakıldığında borçların finansmanı, istihdama yönelik önlemler ve vergi düzenlemeleri ilk sırada yer almaktadır (World Bank, 2020b). Türkiye krize yönelik önlemleri para politikası kullanımıyla almaya başlasa da sonraki süreçte bu politikaların etkisinin geniş kitlelere ulaşamayacağı anlaşılınca maliye politikalarına yönelim gerçekleşmiştir. Türkiye ekonomisinin büyümesinde enflasyonun önemli etkilerinin olması para politikalarını kısıtlamıştır (Çalışkan ve Dayıoğlu Erul, 2021:45-46). Ekonomik kriz ile mücadelede genişletici maliye politikası kapsamında en çok görülen müdahaleler vergi indirimleri ve kamu harcamalarının artırılması olmuştur. Covid-19 salgınının başlangıcından itibaren alınan vergisel önlemler indirim olarak değil de erteleme olarak sağlanmıştır ve önceki krizlerdeki vergisel önlemlerden bu yönüyle ayrılmıştır. Örnek vermek gerekirse 2008-2009 krizinde Türkiye’de beyaz eşya, otomobil ve mobilya gibi sektörlerde ciddi oranlarda vergi indirimine gidilmiştir. Dolayısıyla tedbirler yaşanan durgunluğa göre farklılık göstermektedir (SESAM, 2020).

Türkiye’de işsizliği önleyebilmek için öncelikle sürdürülebilir büyümeyi sağlayabilmek oldukça önemlidir. Sürdürülebilir büyümeyi sağlayabilmek için ise beşeri sermaye olgusu, nitelikli işgücü ve bunun için yapılan eğitim programları, araştırma geliştirme harcamalarının teşviki gibi faktörler ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir bir büyüme sağlayarak işsizliği önleyebilmek Türkiye ekonomisinin teknolojik ilerlemelerle uyumlu nitelikli işgücüne ve araştırma geliştirme faaliyetlerine önem veren bir ekonomi olmasını gerekli kılmaktadır çünkü tüm dünyada teknolojik ilerlemeler artık kaçınılmazdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİK VE EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİLERİ ÜZERİNE AMPİRİK ANALİZ

Teknolojik ilerlemenin işsizlik ve büyüme üzerine etkilerinin incelendiği çalışmanın bu bölümünde literatür taraması ve ekonometrik analiz yer alacaktır. Literatür taramasında teknolojinin işsizliğe olan etkilerini içeren çalışmalarla birlikte teknolojinin büyüme üzerine olan etkilerini içeren çalışmalara değinilecektir. Ekonometrik analizde ise Türkiye için 1990-2021 dönemi kapsamında ampirik çalışma ilgili model, veri, ampirik yöntem, analiz ve sonuçlarla değerlendirilecek ve politika önerileriyle çalışma tamamlanacaktır.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye’de ve Dünya’da teknolojinin işsizliğe ve teknolojinin ekonomik büyüme üzerine olan etkilerinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Bu kapsamda literatür taraması Türkiye’de ve Dünya’da yapılan çalışmalar olmak üzere iki ayrı başlık altında kronolojik sıraya göre incelenecektir. Bu başlıklarda öncelikle teknolojinin işsizliğe olan etkilerinin incelendiği çalışmalara daha sonra da teknolojinin büyüme üzerine olan etkilerinin incelendiği çalışmalara değinilecektir.

1.1. TÜRKİYE’DE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Teknolojinin işsizliğe olan etkisine dair yapılan çalışmalardan bazıları bu kısımda özetlenmiştir. Bu çalışmalarda genellikle teknolojiyi temsilen Ar-Ge harcamaları, patent sayısı, yüksek teknoloji ihracatı gibi değişkenler kullanılmaktadır. Çalışmalar daha çok mikro bazda ele alınmıştır. Genellikle teknolojik ilerleme istihdamı gelişmiş ülkelerde olumlu yönde, gelişmekte olan ülkelerde ise olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle teknolojik ilerlemeler vasıflı işgücüne olan ihtiyacı arttırmaktadır.

Taymaz (1998), çalışmasında imalat sanayide teknolojinin istihdam üzerine etkisini en küçük kareler (EKK) yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışmada basit bir istihdam modelinden hareketle kullanılan değişkenler sektörel istihdam düzeyi (L), teknolojik değişim hızı (TCHANGE) ve diğer açıklayıcı değişkenler (z) olarak belirlenmiştir. Değişkenlere ait veriler Türkiye için 1985-1992 yıllarını kapsamaktadır.

Çalışmanın sonucuna göre teknolojik değişim istihdam yaratmada olumsuz bir etkiye sahiptir ancak üretim artışıyla bu etki olumlu hale getirilebilir.

Kocabaş (2010), çalışmasında teknolojinin işgücü ve üretim üzerindeki etkilerine bağlı olarak Türkiye’de imalat sanayisinin incelenmesini En Küçük Kareler Yöntemi kullanarak incelemiştir. Değişkenlere ait veriler için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanılmış olup Türkiye’nin 1980-2001 yılları arasındaki verisini kapsamaktadır. Veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’ten ve Suiçmez ve Saraçoğlu (2016) çalışmasından alınmıştır. Modelde kullanılan değişkenler üretim (Q), teknoloji (A), sermaye (K) ve emek (L) olarak belirlenmiştir. Emek, sermaye ve teknoloji bağımsız değişkenler olup, üretim ise bağımlı değişkendir. Değişkenlerin TL bazında katma değerleri alınarak gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) deflatörü ile reel hale getirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, teknolojinin üretim sermaye ve emek üzerinde olumlu etkileri olmuştur.

Göktürk (2015), çalışmasında teknolojinin işsizlik ve istihdama etkilerini Türkiye için incelenmiştir. Çalışmada teknolojik gelişmeyi belirleyen unsuru araştırma geliştirme harcamaları oluşturmaktadır. Sonuç olarak ise araştırma geliştirme harcamaları Türkiye için doğrudan doğruya işsizlik ve istihdama makro seviyede etkili değildir çünkü araştırma geliştirme harcamalarındaki artış işsizlik oranlarında bir değişikliğe sebep olmaz. Bu bağlamda işsizlik oranını etkileyen şey ekonomik büyüme olmaktadır. Araştırma geliştirme harcamalarının ise işsizlik ve istihdamı dolaylı bir şekilde mikro seviyede etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Aydın (2018), çalışmasında teknolojik ilerlemenin istihdam yapısındaki ilişkisi ARDL yöntemi kullanılarak incelemiştir. Değişkenlere ait veriler Dünya Bankası’ndan alınmış olup, Türkiye’nin 1981-2015 dönemine ait verilerini kapsamaktadır. Modelde kullanılan değişkenler yükseköğretim istihdamı, ilköğretim istihdamı, iletişim teknoloji ihracatı ve araştırmacı sayısıdır. Ayrıca modelde yükseköğretim mezunu istihdamı bağımlı değişken, bilgi iletişim teknoloji ihracatı ve araştırma geliştirme harcamaları bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, teknolojik ilerleme istihdam talebini yükseköğretim görmüş olma yönünde değiştirmiştir. Teknolojik ilerleme arttıkça yükseköğretim mezunu istihdamıda artmaktadır.

Selci (2019), çalışmasında teknoloji ve istihdam ilişkisini dinamik panel veri yöntemi olan GMM-Sistem yöntemi kullanarak incelemiştir. Değişkenlere ait veriler

Dünya Bankası'ndan alınmış olup, AB ülkeleri ve Türkiye için 2000-2015 yıllarını kapsamaktadır. Modelde kullanılan değişkenler kadın istihdam oranı, GSYH, Ar-Ge, göç, yoksulluk, patent, internet, etkinlik, eğitim, borçlanma, yükseköğretim düzeyine sahip kadın oranı ve ilköğretim düzeyine sahip kadın oranından oluşmaktadır. Çalışmanın sonucuna göre, kullanılan değişkenler AB ülkeleri ve Türkiye'de kadın istihdamını olumlu yönde etkilemiştir.

Varıcı (2019), çalışmasında teknoloji ve istihdam ilişkisini üç farklı model kurarak ARDL yöntemiyle incelemiştir. Değişkenlere ait veriler Türkiye'nin 1989-2017 dönemine ait yıllık verilerini kapsamaktadır. Modelde kullanılan değişkenler toplam istihdam, teknoloji ihracatı, kadın istihdamı ve yükseköğrenim istihdamı olarak belirlenmiştir. Kadın istihdamı ve eğitilmiş istihdam verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ulusal veri tabanından, ileri teknoloji ihracatı ve toplam istihdam verileri ise Dünya Bankası'ndan elde edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, teknolojinin toplam istihdam ve kadın istihdamı üzerindeki etkisi negatif, eğitilmiş istihdam üzerindeki etkisi anlamsızdır.

Atabey (2019), çalışmasında Ar-Ge harcamalarının genç işsizlik üzerindeki etkisini Türkiye ve 28 AB ülkesi için panel veri yöntemiyle analiz etmiştir. Modelde kullanılan bağımlı değişkeni genç işsizlik oranları oluştururken, bağımsız değişken ise Ar-Ge yoğunluğundan oluşmaktadır. Ayrıca modele yüksek teknoloji ürünleri ihracat payı kontrol değişkeni olarak dahil edilmiştir. Modelin uzun dönem eşbütünlük katsayı tahminlerinde Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi kullanılırken kısa dönemli ilişkinin katsayıları hata düzeltme modeli ile belirlenerek Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik analizi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, araştırma geliştirme yoğunluğundan genç işsizliğe doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur ve araştırma geliştirme yoğunluğu tüm ülkelerde genç işsizliği azaltma yönünde istatistiksel olarak anlamlı olsa da ülkeler için bu etki farklılık arz etmektedir. Kontrol değişkeni olan yüksek teknoloji ürünlerinin ihracat payından genç işsizliğe doğru yine tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur ve genç işsizlik üzerindeki etki gelişmişlik derecesi fazla olan ülkeler için negatif anlamlı, diğer ülkeler için ise pozitif anlamlıdır. Ayrıca söz konusu gelişmiş ülkelerde etkinin büyüklüğü daha çok olmaktadır.

Gülalioğlu (2019), çalışmasında teknolojinin istihdam üzerindeki etkilerini Türkiye ve Dünya ekonomileri bağlamında incelemiştir. Çalışmadan elde edilen

sonuçlar Türkiye’de Ar-Ge faaliyetlerine sınırlı kaynak ayrıldığı ve bu durumun beceri yoğun istihdamı azalttığı, yüksek vasıflı işgücünde işsizliğin yüksek olduğu yönündedir. Diğer bir sonuca göre ise Türkiye’de Ar-Ge için gerekli insan kaynağının yetersizliği ve girişimlerin yeniliğe yönelik faaliyetlerinde çalışan sayısıyla pozitif yönde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca sonuçlar göstermektedir ki, teknolojik ilerlemeler düşük gelirli ülkelerde işsizliği çoğaltmakta, yüksek gelirli ülkelerde ise söz konusu işsizlik azalmaktadır.

Cengiz ve şahin (2020), çalışmalarında teknolojik ilerlemenin istihdam üzerindeki etkilerini Türkiye için 1990-2018 yılları arasında analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışmada Quantile Regresyon Yöntemi kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenler işsizlik oranı, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyümeden oluşmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, işsizlik ve araştırma geliştirme harcamaları arasında negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Araştırma geliştirme harcamalarındaki %1’lik bir artış, işsizlikte %5,73 oranında azalmaya neden olmaktadır. Buna karşılık işsizlik ve ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ve bu durum istihdam yaratmayan büyüme olarak öngörülmüştür.

İğdeli ve Sever (2020), çalışmalarında inovasyonun genç işsizlik üzerindeki etkisini panel ARDL yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Çalışma Türkiye’deki Düzey II Bölgeleri için 2004-2017 arası dönemi kapsamaktadır. Analiz sonuçlarına göre inovasyon ve kişi başına düşen gelirin uzun dönemde genç işsizliği azaltıcı etkisi varken, nüfusun ise uzun dönem için genç işsizlik üzerinde arttırıcı etkisi tespit edilmiştir. Kısa dönemli bulgulara göre inovasyon ve nüfusun genç işsizlik üzerindeki etkisi anlamlı değildir ve söz konusu etki bölgeler arasında farklılık göstermektedir.

Kılınç (2020), çalışmasında teknolojik değişimin Türkiye işgücü piyasasına olası etkilerini incelemiştir. Çalışmada Beveridge Eğrisi ve Vektör Otoregresif (VAR) modelinden hareketle makro analiz yapılmıştır. Bu bağlamda çalışmada kullanılan değişkenler 2004-2018 yılları arasında Ar-Ge harcamalarının GSYH’ye oranı, istihdam oranı, işgücü reel ücret getirisi artış oranı ve işgücü verimliliği çeyrek verilerden oluşmaktadır. Analizin sonuçlarına göre Ar-Ge harcamalarının artması Türkiye’de istihdam oranını olumsuz etkilemektedir. Teknolojik değişimin istihdam üzerindeki olumsuz etkileri orta vadede dengeye ulaşacaktır ancak uzun vadede istihdam artışının devamlılığı adına politika önlemleriyle teknolojik gelişmenin işgücü piyasasıyla bütünleşmesinin sağlanması gerekli görülmüştür.

Bulut ve Yenipazarlı (2020), çalışmalarında Endüstri 4.0 ve teknolojinin istihdam üzerindeki etkisini panel veri yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışmada teknoloji göstergeleri olarak Ar-Ge harcamaları ve yüksek teknoloji ihracatı verilerinden yararlanılmıştır. Kullanılan diğer değişkenler ise toplam istihdam, ülkelerin milli gelirleri, işgücünün nüfusa oranı ve toplam nüfustan oluşmaktadır. Çalışmada az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerden oluşan içerisinde Türkiye'nin de yer aldığı 81 ülke verileri dengesiz panel veri analizi genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi (GEKK) kullanılarak tahmin edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, üretim sürecinde gerçekleşen teknolojik gelişmeler istihdamı azaltmakta, yeni ürün üretimiyle sonuçlanan teknolojik gelişmeler ise istihdamı arttırmaktadır.

Bundan sonraki kısımda teknolojinin ekonomik büyümeye olan etkisinin incelendiği çalışmalara yer verilecektir. Bu konu araştırmacılar tarafından çok tartışılan bir konu olmakla birlikte çalışmaların seçilmiş bir özeti kronolojik olarak sıralanmıştır. Çalışmalar genel olarak teknolojik ilerlemelerin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Özer ve Çiftçi (2009), çalışmalarında Ar-Ge harcamaları, patent sayıları ve araştırmacı sayılarının GSYH'ye olan etkisini panel veri yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışma OECD ülkeleri için 1990-2005 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmada 3 ayrı model kurulmuştur ve bağımlı değişkeni GSYH verisi temsil etmektedir. Analiz sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları, patent sayıları ve araştırmacı sayıları ile GSYH arasında pozitif ve yüksek oranlı ilişki saptanmıştır.

Korkmaz (2010), çalışmasında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Johansen Eşbütünleşme Yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışma Türkiye için 1990-2008 arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmanın sonucuna göre her iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı gözlenmiştir ve değişkenler uzun dönemde birbirlerini etkilemektedir. Ayrıca kısa dönemli ilişki de Granger Nedensellik ile test edilerek kısa dönemde Ar-Ge harcamalarının gayri safi yurtiçi hasılayı etkilediği ortaya çıkmıştır.

Yaylalı vd. (2010), çalışmalarında Ar-Ge yatırım harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisini ADF, eşbütünleşme ve nedensellik testleriyle incelemişlerdir. Çalışma Türkiye için 1990-2009 arası dönemi içermektedir. Çalışmadan elde edilen bulgulara

göre Ar-Ge yatırım harcamaları ve ekonomik büyüme arasında Ar-Ge yatırım harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü ilişki mevcuttur.

Akıncı ve Sevinç (2013), çalışmalarında Ar-Ge harcamalarıyla ekonomik büyüme ilişkisini Johansen Eşbütünleşme Testi ve Granger Nedensellik Analizi ile test etmişlerdir. Çalışma Türkiye için 1990-2011 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenler GSYH ve Ar-Ge harcamalarından oluşmakla birlikte kamu sektörü, özel sektör ve yüksek öğretim Ar-Ge harcamaları modellere eklenmiştir. Nedensellik analizinin sonuçlarına göre, araştırma geliştirme harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca EKK tahmin sonuçlarına göre de kamusal araştırma geliştirme harcamaları haricindeki Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeye pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Dam ve Yıldız (2013), çalışmalarında Ar-Ge ve inovasyonun ekonomik büyümeye olan etkisini panel veri yöntemiyle analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışma BRICS-TM ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika-Türkiye ve Meksika) için 2000-2012 arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenler ekonomik büyümeyi temsilen GSYH'deki yüzde değişim, Ar-Ge harcamalarını temsilen kamu ve özel sektörü içeren toplam Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı ve inovasyonu temsilen yerli ve yabancı toplam patent sayısından oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre Ar-Ge ve inovasyon ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

Göçer (2013), çalışmasında araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknoloji ürünü ihracatına, dış ticaret dengesine ve ekonomik büyümeye olan etkilerini incelemiştir. Çalışma gelişmekte olan 11 Asya ülkesi (Azerbaycan, Çin, G. Kore, Hindistan, Kazakistan, Malezya, Pakistan, Rusya, Singapur, Tayland ve Türkiye) için 1996-2012 döneminden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan yöntem panel veri analizi olup, nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin (2012) testi ile eşbütünleşme ilişkisi ise Westerlung-Edgerton (2007) testi ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak, araştırma geliştirme harcamalarında görülen %1 oranındaki bir artış yüksek teknoloji ürünü ihracatında %6.5, bilgi iletişim teknolojileri ihracatında %0.6 ve ekonomik büyümede %0.43 oranında artışa neden olmuştur.

İnal vd. (2016), çalışmalarında Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeye etkisini Toda-Yamamoto Nedensellik testiyle analiz etmişlerdir. Çalışma Türkiye için

1990-2013 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır. Analiz sonuçlarına göre kişi başı gayri safi yurtiçi hasıladan Ar-Ge'ye doğru nedensellik bulunmakta ancak Ar-Ge'den gayri safi yurtiçi hasılaya doğru nedensellik bulunmamaktadır.

Telatar vd. (2016), çalışmalarında teknoloji yoğun ürün ihracatının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Engle-Granger (1987) eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleriyle incelemişlerdir. Çalışma Türkiye için 1996:01-2005:03 arası dönemde üçer aylık verilerden oluşmaktadır. Çalışmada imalat sanayisi baz alınarak teknoloji yoğunlukları düşük, orta ve yüksek teknoloji ürünler olarak üç gruba ayrılmıştır. Sonuç olarak, düşük teknoloji ve orta teknoloji ürün ihracatı Türkiye'nin ekonomik büyümesini pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkilemiştir. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ise orta ve ileri teknoloji yoğunluklu ürün ihracatından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Algan vd. (2017), çalışmalarında teknolojik gelişme göstergeleriyle ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Granger Nedensellik Testi uygulayarak analiz etmişlerdir. Çalışma Türkiye için 1996-2015 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmada teknolojik gelişme göstergeleri olarak; Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı, yüksek teknoloji ürün ihracatı ve patent başvuru sayısı değişkenlerinden yararlanılmıştır. Ekonomik büyümenin göstergesi olarak ise kişi başına GSYH'deki değişim kullanılmıştır. Değişkenlerde Weng vd. (2012) çalışmasından esinlenilmiştir. Sonuç olarak, yüksek teknoloji ürün ihracatından patent başvuru sayısına doğru tek yönlü ilişki vardır. Patent başvuru sayısı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki nedensellik ilişkisi ise çift yönlü olmaktadır. Kişi başına GSYH uzun dönemde Ar-Ge harcamaları ve patent başvuru sayısından pozitif, yüksek teknoloji ürün ihracatından ise negatif yönlü olarak etkilenmektedir.

Köse ve Şentürk (2017), çalışmalarında Ar-Ge, patent ve teknolojik ilerlemenin ekonomik büyüme üzerine etkisini EKK yöntemiyle regresyon analizi uygulayarak ve Granger nedensellik testi yaparak analiz etmişlerdir. Değişkenlere ait veriler Türkiye için 1989-2012 arası dönemi kapsamaktadır ve veriler OECD resmi sitesinden elde edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında iki yönlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Teknolojik ilerleme ve büyüme arasında da anlamlı bir ilişki mevcuttur ancak patent harcamaları ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Taş vd. (2017), çalışmalarında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisini VAR modelinden hareketle Granger Nedensellik analiziyle test etmişlerdir. Çalışma Türkiye için 2005-2015 arası dönemi kapsamaktadır. Sonuç olarak, GSYH'den Ar-Ge harcamalarına doğru Granger Nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Duman ve Aydın (2018), çalışmalarında Ar-Ge harcamaları ve GSYH ilişkisini VAR analiziyle ve Granger Nedensellik modeliyle analiz etmişlerdir. Değişkenlere ait veriler Türkiye için 1998-2015 yıllarını kapsamaktadır. Modelde kullanılan değişkenler Ar-Ge giderleri ve GSYH'ya ilişkin veriler olup TÜİK veri tabanından elde edilmiştir. GSYH ve Ar-Ge verileri TÜFE kullanılarak reel hale getirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Ar-Ge harcamaları ve GSYH arasında doğrusal ve tek yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Nedensellik testi sonuçları araştırma geliştirme harcamalarındaki artışın GSYH üzerinde olumlu bir artışa yol açtığı, azalmaların ise GSYH'de de azalmaya neden olduğu yönündedir.

Börü ve Çelik (2019), çalışmalarında Ar-Ge harcamaları, inovasyon ve ekonomik büyüme ilişkisini ADF birim kök testleri ve Granger Nedensellik testleriyle analiz etmişlerdir. Çalışma Türkiye için 2004-2016 yılları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Nedensellik testi sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki vardır ancak inovasyon yatırımları, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi yoktur.

Taştemir (2019), çalışmasında yüksek teknolojili ürün ihracatının ekonomik büyümeye olan etkisini panel veri yöntemiyle analiz etmiştir. Nedenselliği test etme de Panel Granger Nedensellik kullanılmıştır. Çalışmada 24 OECD ülkesi 1990-2015 dönemi için ele alınmıştır. Sonuç olarak ise Almanya, Fransa, Danimarka ve Türkiye'de ekonomik büyümeden yüksek teknolojili ürün ihracatına doğru, İsrail ve Avustralya'da yüksek teknolojili ürün ihracatından ekonomik büyümeye doğru nedensellik tespit edilmiştir. Kalan 18 ülkede ise herhangi bir nedensellik bulunmamıştır.

Dağlı ve Ezanoğlu (2021), çalışmalarında Ar-Ge, patent ve ileri teknoloji ihracatının büyümeye olan etkilerini Arellano ve Bond Genelleştirilmiş Momentler (GMM) ile analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışma 36 OECD ülkesi için 2007-2017 arası dönemi kapsamaktadır. Dinamik panel analizinin sonuçları Ar-Ge harcamalarının ve patent sayılarının ekonomik büyüme ile pozitif yönlü ve anlamlı olduğu yönündedir. İleri teknoloji ihracatının ise ekonomik büyüme ile olan ilişkisi pozitif ancak istatistiksel

olarak anlamsızdır. Ayrıca sonuçlar Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinin patente göre daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Patent sayısında görülen %1'lik bir artış büyümeyi %0.01 oranında arttırırken, Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik bir artış büyümeyi %0.13 arttırmaktadır.

1.2. DÜNYA'DA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Teknolojinin işsizliğe olan etkisinin incelendiği Dünya'da yapılan çalışmalara baktığımızda genel olarak yüksek teknoloji sektörlerinde olumlu etki gözlenmiş ancak düşük teknoloji sektörlerinde herhangi bir etki tespit edilememiştir.

Zimmermann (1991), çalışmasında 16 Alman imalat sanayilerindeki teknolojik ilerlemenin, talep ve işgücü maliyetlerinin istihdamı ne yönde etkilediğini incelemiştir. Çalışma iş anketi kullanılarak değerlendirilmiştir. İş anketi 12 aylık bir süre içerisinde çalışanların artacağı, değişmeyeceği ya da düşeceği yönünde eğilimler içermektedir ve 1980-1984 arası yıllar baz alınmıştır. Çalışmanın sonucuna göre kalıcı istihdamın sağlanamamasının temel nedeni talepteki belirsizlikten kaynaklanmaktadır. İkinci olarak ise teknolojik ilerleme önemli bir faktör olmuştur ve işgücü maliyetleri istihdam üzerinde belirleyici değildir.

Lachenmaier ve Rottmann (2011), çalışmalarında yeniliklerin istihdama olan etkilerini dinamik panel veri (GMM) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışma Alman imalat sektörü için 1982-2002 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Sonuç olarak, yenilikler istihdam üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Bu olumlu etkiler gecikmeli olarak ortaya çıkmaktadır ve süreç yeniliklerinde görülen etki ürün yeniliklerine göre daha fazla olmaktadır.

Feldmann (2013), çalışmasında sanayileşmiş ülkelerde teknolojik işsizliği ampirik olarak analiz etmiştir. Söz konusu çalışma 1985-2009 yılları arası dönemi kapsamakta ve 21 sanayi ülkesi (Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Japonya, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık ve ABD)'nden oluşmaktadır. Çalışmada teknolojik değişimi temsilen üçlü patent ailelerinin nüfusa oranı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, teknolojik değişimde meydana gelen bir artış üç yıl içerisinde işsizliği önemli boyutta arttırmakta ancak etkisi uzun dönemli olmamaktadır.

Harrison vd. (2014), çalışmalarında ürün ve süreç yeniliklerinin istihdama olan etkisini incelemişlerdir. Çalışma 1998-2000 yılları arası dönemde 4 Avrupa ülkesi

(Fransa, Almanya, İspanya ve Birleşik Krallık) için 20 bin firma üzerinde panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, yeni ürünler istihdamda bir azalmaya yol açmaz ve yeni ürünlere olan talep artışı istihdam yaratmada itici güçtür. Ürün yenilikleri istihdam üzerinde pozitif bir etkiye sahipken, süreç yeniliklerinin işgücü artışıdaki etkisi düşük olmaktadır.

Piva ve Vivarelli (2017), çalışmalarında teknolojik değişimin istihdama olan etkisini GMM-SYS panel yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışma 1998-2011 yıllarını kapsamakta ve 11 Avrupa ülkesi (Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Macaristan, İtalya, Norveç, Slovenya ve İsveç) çalışmada yer almaktadır. Sonuç olarak Ar-Ge harcamaları ve istihdam arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır ancak bu olumlu etki orta ve yüksek teknoloji sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Düşük teknoloji sektörlerinde herhangi bir etki tespit edilememiştir. Çalışmadan elde edilen diğer bir sonuç ise sermaye oluşumunun istihdam ile negatif yönlü ilişkiye sahip olmasıdır.

Krousie (2018), çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri'nde teknolojik değişim ve işsizlik ilişkisini en küçük kareler (EKK) yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışma 2002-2013 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Teknolojik değişimi temsilen Ar-Ge harcamaları, kontrol değişkenleri olarak ise gayri safi yurtiçi hasıla, eğitim harcamaları, asgari ücret, suç oranları, işsizlik yardımları, sendika kapsamı ve yoksulluk oranları kullanılmıştır. Sonuç olarak, teknolojik değişim emeğin yerini almakta ancak etkinin büyüklüğü az oranda olmaktadır. Ar-Ge harcamalarında görülen bir milyon dolarlık bir artış, işsizliği 0.0001 arttırmaktadır.

Roy vd. (2018), çalışmalarında yenilik faaliyetlerinin iş yaratma etkisini incelemişlerdir. Çalışma 2003-2012 arası dönemi kapsamaktadır ve panel veri yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yenilikler emek dostu olarak görülmüş ve bu etki yalnızca yüksek teknoloji imalat sektörlerindeki firmalar için önemli sayılmıştır. Diğer bir ifadeyle, düşük teknoloji imalat ve hizmetler sektöründe etki önemsizdir.

Bundan sonraki kısımda teknolojinin ekonomik büyümeye olan etkisinin incelendiği dünyada yapılan çalışmalara yer verilecektir. Genel olarak çalışmalar teknolojik ilerlemelerin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu yönündedir.

Sylwester (2001), çalışmasında kamu ve özel Ar-Ge harcamaları, ekonomik büyüme ve verimlilik arasındaki ilişkiyi çok değişkenli regresyon kullanarak 20 OECD

ülkesi için incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 20 OECD ülkesinde güçlü bir ilişki olmamasına rağmen G-7 ülkeleri baz alındığında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır.

Jalava ve Pohjola (2005), çalışmalarında bilgi ve iletişim teknolojilerinin çıktı seviyesine ve verimliliğe olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışma Finlandiya için 1995-2002 yılları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Bulgular neticesinde, %4.09 oranındaki gayri safi yurtiçi hasıla büyümesinin takriben üçte birlik bir kısmı çıktı bileşeni ve toplam girdi faktörü olarak bilgi ve iletişim teknolojilerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca ortalama %2.51 oranındaki işgücü verimliliği artışının %1.08'lik kısmını bilgi ve iletişim teknolojileri oluşturmaktadır.

Falk (2007), çalışmasında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemi olan sistem GMM tahmincisi kullanarak analiz etmiştir. Çalışma OECD ülkeleri için 1970-2004 arası dönemi içermektedir. Elde edilen sonuçlar, gerek ticari işletmelerin Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranının gerekse de yüksek teknoloji sektöründeki Ar-Ge yatırımlarının payının KBGSYH üzerinde güçlü pozitif etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Yu-ming vd. (2007), çalışmalarında Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini dürtü yanıt fonksiyonu analizi ile Johansen Eşbütünleşme Yaklaşımı ve Granger Nedensellik Testini kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma Çin için 1953-2004 arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmanın sonucuna göre Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli çift yönlü bir entegrasyon ilişkisi tespit edilmiştir. Ar-Ge harcamalarındaki artış ile ekonomik büyümenin sağlanması ve yüksek seviyedeki Ar-Ge yatırımı ile sürdürülebilir kalkınmanın uygulanabileceği öngörülmüştür.

Sadraoui ve Zina (2009), çalışmalarında Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi dinamik panel yöntemi olan Genelleştirilmiş Moment Yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışma 23 ülkeden oluşmakta ve 1992-2004 arası dönemi kapsamaktadır. Sonuç olarak bütün ülkelerde Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki ortaya çıkmıştır.

Amaghouss ve Ibourk (2013), çalışmalarında girişimcilik faaliyetleri, inovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışma 19 OECD ülkesi için 2001-2009 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Modelde Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanılmıştır. Sonuç olarak girişimciliği ölçmede

kullanılan değişkenler ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir ve inovasyonun etkisi de anlamlı ve yüksektir.

Solomon ve Klyton (2020), çalışmalarında dijital teknoloji kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini sistem GMM tahmincisi uygulayarak analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışma 39 Afrika ülkesi için 2012-2016 yılları arası dönemi kapsamaktadır. Çalışmalarında bireysel, ticari ve devlet bilgi iletişim teknolojileri kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ayırt ederek sadece bireysel kullanımın pozitif etkisini göstermişlerdir. Ayrıca sosyal medya ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin devletin vizyonu açısından öneminin ekonomik büyümeyle ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizlik ve ekonomik büyümeye olan etkileri Türkiye için analiz edilecek olup, 1990-2021 yıllarını kapsayan yıllık zaman serileri kullanılacaktır. Çalışmada öncelikle teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisine bakılacaktır ve bu bağlamda kullanılacak değişkenler işsizlik oranı, gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ve patent başvurularından oluşmaktadır. Söz konusu analizde bağımlı değişken olarak işsizlik oranı, kontrol değişkeni olarak gayri safi yurtiçi hasıla, teknolojik ilerlemeyi temsilen ise araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ve patent başvuruları değişkenleri kullanılmıştır.

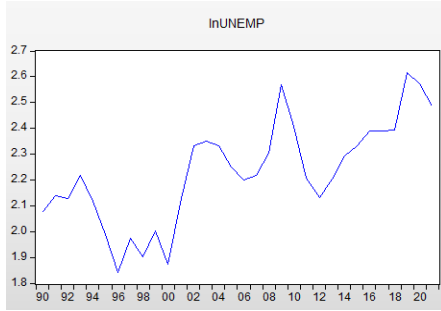
Daha sonra teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümeye olan etkisine bakılacaktır ve bu bağlamda kullanılacak olan değişkenler kişi başı gayrisafi yurt içi hasıla (KBGSYH), gayri safi sabit sermaye oluşumu, araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ve patent başvurularından oluşmaktadır. Söz konusu analizde bağımlı değişken olarak ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, kontrol değişkeni olarak gayri safi sabit sermaye oluşumu, teknolojik ilerlemeyi temsilen ise araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ve patent başvuruları değişkenleri kullanılmıştır. İşsizlik oranı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ulusal veri tabanından, Ar-Ge harcamaları (%GSYH) Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) veri tabanından, gayri safi yurtiçi hasıla, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, gayri safi sabit sermaye oluşumu, araştırmacı sayısı, iletişim bilgisayar vb.

hizmet ihracatının yüzdesi ve patent başvuruları ise Dünya Bankası (World Development Indicators) veri tabanından alınmıştır. Patent başvuruları verisinde yerli ve yabancı patent toplamları alınmıştır. Çalışmada kullanılan bütün değişkenlerin logaritması alınarak analize dahil edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen testler ve tahminlerde Eviews.9 paket programından yararlanılmıştır.

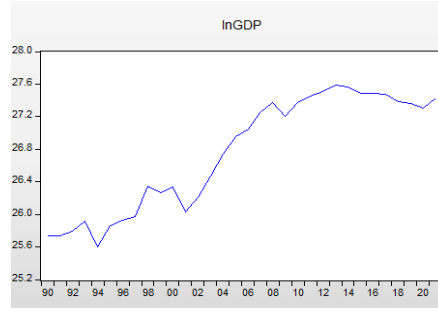
Teknolojik ilerlemenin işsizlik ve ekonomik büyümeye olan etkilerini analiz ederken zaman serisi analizinden hareketle öncelikle değişkenlerin belirlenen dönemlerde durağan olup olmadığı test eden Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi yapılacaktır. Birim kök testinin sonuçlarına göre değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisini tespit edebilmek amacıyla Johansen Eşbütünlük Testi yapılacak ve sonrasında eşbütünlük çıkmayanlar için kısa dönem tahmini EKK, eşbütünlük çıkanlar için ise uzun dönem tahmini DOLS yönteminden yararlanılarak çalışma tamamlanacaktır.

2.1. DEĞİŞKENLERE AİT GRAFİKLER

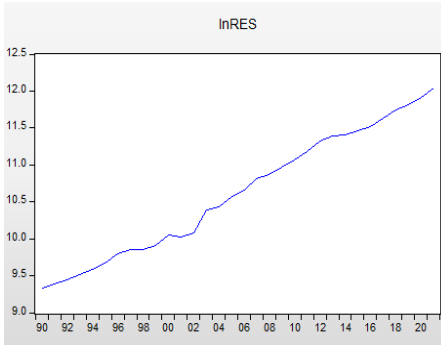
Değişkenler hakkında bilgi edinilmesi açısından değişkenlere ait grafikler aşağıda verilmiştir.



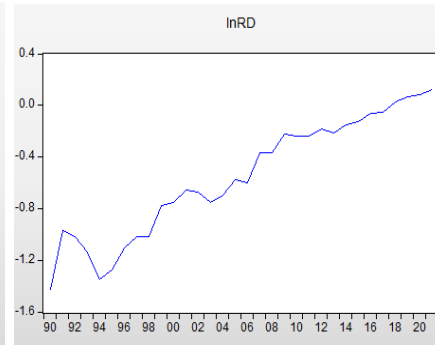
A:İşsizlik oranı



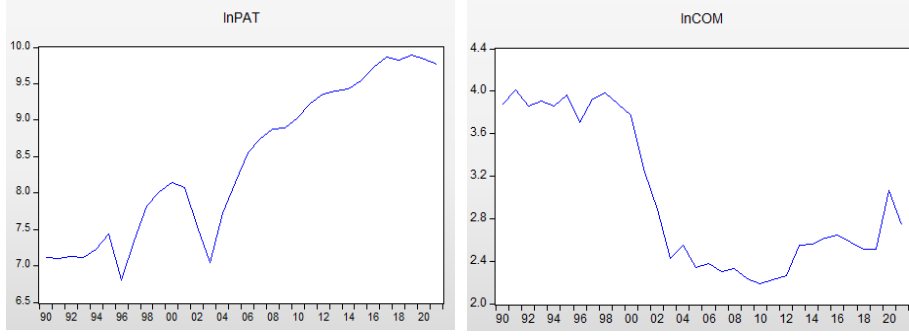
B:Gayri safi yurtiçi hasıla



C:Araştırmacı Sayısı



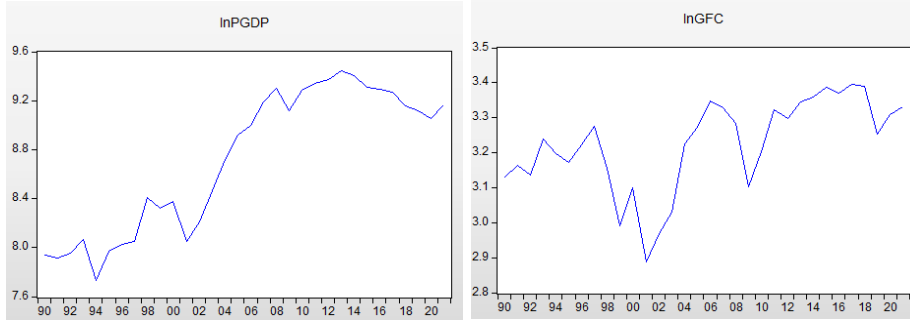
D:Ar-Ge Harcamaları (%GSYH)



E: Patent Başvuruları

F: İletişim bilgisayar vb.

(hizmet ihracatının yüzdesi)



G: Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla H: Gayri safi sabit sermaye oluşumu

Grafiklere bakıldığında bütün grafiklerin trend içerdiği görülmektedir. İşsizlik oranı grafiğinde hem artış hem azalış yönlü trend izlenmektedir. Özellikle 2008 Dünya Ekonomik Krizi'nin etkileri grafiğe net şekilde yansımaktadır ve 2020 yılında da pandemi etkisiyle işsizlik oranlarının arttığı söylenebilir. Gayri safi yurtiçi hasıla grafiği incelendiğinde 1994 ve 2002 yıllarında düşüşler görülse de genel olarak artış trendinde olduğu görülmektedir. Araştırmacı sayısı genel itibariyle hep artmış olup, Ar-Ge harcamaları 1992-1994 yılları arasında düşüş gösterse de genel itibariyle artışlar yaşanmıştır. Patent başvurularında 1994 sonrası keskin bir düşüş sonrasında artış ve 2001 sonrası yine keskin bir düşüş yaşanmış daha sonra ise artış trendine geçilmiştir. İletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatının yüzdesini gösteren grafikte ise 1990-2000 aralığında artışlar olmasına rağmen 2000 yılı itibariyle sert bir düşüş yaşanmış, sonrasında artışlar olsa bile bu trend ilk seviyeye ulaşamamıştır. Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninin grafiğinde de hem artış hemde azalışlar olmakla beraber 2002 yılından sonra ciddi oranda artış yaşanmıştır. Gayri safi sabit sermaye oluşumu grafiği yine oldukça trend içeren özellikle 2000 yılında ciddi düşüş gösterip sonrasında ciddi yükselişe geçip 2008 yılında tekrar düşüşe geçen bir görünüm sergilemektedir. Özetle,

iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeni aşağı yönlü trend, diğer değişkenler ise genel itibariyle yukarı yönlü trend içermektedir.

2.2. ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞAN OLMA DURUMU

Zaman serilerinde durağanlığı incelemek için birim kök testleri kullanılmasının sebebi zaman serilerinin genellikle durağan olmayan trendler içermesidir (Johansen ve Juselius, 1990:170). Değişkenler durağan değilse bu durum sahte regresyona sebebiyet verebilir ve beraberinde tutarlı olmayan sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle zaman serileri durağan hale getirilmelidir. Söz konusu durağanlık ise zaman serilerinin farkları alındığında gerçekleşir (Granger ve Newbold, 1974:111-112).

Başka bir ifadeyle durağanlık, ortalaması ile varyansı zaman içerisinde değişime uğramayan, iki dönem arasında yer alan ortak varyansı söz konusu bu ortak varyansın hesaplandığı dönem için değil, sadece iki dönem arasındaki uzaklık, açıklık ve gecikmeye bağlı olan olasılıklı bir süreçtir. Burada durağan olma kavramını aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz (Gujarati ve Porter, 2009:740).

$$\text{Ortalama: } E(Y_t) = \mu$$

$$\text{Varyans: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$\text{Ortak varyans: } Y_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$$

Y_k ifadesi k gecikmeyle ortak varyansı göstermekte olup, Y_t ve Y_{t+k} arasındaki, diğer bir deyişle k dönem kadar fark içeren Y değeri arasındaki ortak varyanstır. Şu şekilde söylenebilir ki, bir zaman serisi eğer durağansa ortalama ve ortak varyansı her zaman için değişmeden kalan değerler olarak düşünülebilir. Zaman serisi eğer yukarıdaki özellikleri içermiyorsa durağan değildir (Zabun, 2015:44).

Zaman serilerinde en önemli olan ve ilk bakılması gereken şey durağanlığın test edilmesidir. Bu çalışmada zaman serilerinin durağanlığını test edebilmek amacıyla en çok kullanılan test yöntemlerinden biri olan Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır.

3. MODEL

Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini incelemek için dört ayrı, büyümeye olan etkisini incelemek için dört ayrı model kullanılmış olup toplamda sekiz farklı model yer almaktadır. Model için Özkan ve Yılmaz (2017:6) çalışmasından yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan modeller aşağıdaki gibidir.

$$\text{MODEL 1: } \ln UNEMP_{it} = \alpha_{1i} + \alpha_{2i} \ln GDP_{it} + \alpha_{3i} \ln RES_{it} + u_t \quad (1)$$

$$\text{MODEL 2: } \ln UNEMP_{it} = \beta_{1i} + \beta_{2i} \ln GDP_{it} + \beta_{3i} \ln RD_{it} + v_t \quad (2)$$

$$\text{MODEL 3: } \ln UNEMP_{it} = \delta_{1i} + \delta_{2i} \ln GDP_{it} + \delta_{3i} \ln PAT_{it} + e_t \quad (3)$$

$$\text{MODEL 4: } \ln UNEMP_{it} = \gamma_{1i} + \gamma_{2i} \ln GDP_{it} + \gamma_{3i} \ln COM_{it} + a_t \quad (4)$$

$$\text{MODEL 5: } \ln PGDP_{it} = \theta_{1i} + \theta_{2i} \ln GFC_{it} + \theta_{3i} \ln RES_{it} + c_t \quad (5)$$

$$\text{MODEL 6: } \ln PGDP_{it} = \chi_{1i} + \chi_{2i} \ln GFC_{it} + \chi_{3i} \ln RD_{it} + n_t \quad (6)$$

$$\text{MODEL 7: } \ln PGDP_{it} = \lambda_{1i} + \lambda_{2i} \ln GFC_{it} + \lambda_{3i} \ln PAT_{it} + g_t \quad (7)$$

$$\text{MODEL 8: } \ln PGDP_{it} = \pi_{1i} + \pi_{2i} \ln GFC_{it} + \pi_{3i} \ln COM_{it} + h_t \quad (8)$$

İlk dört modelde teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisi analiz edilecek olup işsizlik oranı ($\ln UNEMP$), gayri safi yurtiçi hasıla ($\ln GDP$), araştırmacı sayısı ($\ln RES$), Ar-Ge harcamaları ($\ln RD$), patent başvuruları ($\ln PAT$), iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatının yüzdesi ($\ln COM$) ile ifade edilmiştir. Son dört modelde ise teknolojik ilerlemenin büyümeye olan etkisi analiz edilecek olup kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ($\ln PGDP$), gayri safi sabit sermaye oluşumu ($\ln GFC$) olarak kullanılacaktır. Teknolojik ilerlemeyi temsil eden bağımsız değişkenler ise aynıdır.

Modellerde yer alan $u_t, v_t, e_t, a_t, c_t, n_t, g_t, h_t$ hata terimlerini, $\alpha_{1i}, \beta_{1i}, \delta_{1i}, \gamma_{1i}, \theta_{1i}, \chi_{1i}, \lambda_{1i}, \pi_{1i}$ ise sabit parametreleri ifade etmektedir.

4. AMPİRİK SONUÇLAR

4.1. AUGMENTED DICKEY-FULLER (ADF) TESTİ VE SONUÇLARI

Dickey-Fuller testinin bir otoregrasif modelin hata terimleri arasındaki otokorelasyonun varlığı saptandığı zaman geçerli olduğu kabul edilir. Bazı serilerde ise hata terimlerinin arasındaki otokorelasyon gecikme değeriyle ortadan kaldırılabilir (Dickey ve Fuller, 1981:1059). Dickey-Fuller birim kök testinin modellenışı aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = pY_{t-1} + e_t \quad (9)$$

Bu denklemde Y_0 sifıra eşit olup sabit bir sabittir, p gerçek bir sayıyı ifade etmektedir ve p tahmincisiyle t regresyon testinin limit dağılımları için temsiller türetilmektedir. P tahmin edicisi ile regresyon t testi p 'nin bire eşit olma hipotezini test edebilme imkanı sağlamaktadır. Eğer $|p| < 1$ ise Y_t zaman serisi durağan olmakta, $|p| = 1$ ise zaman serisi durağan olmamakta ve bazen bu duruma rastgele yürüyüş denmektedir.

Eğer $|p| > 1$ ise zaman serisi yine durağan olmamakla beraber t arttıkça zaman serisinin varyansının da üstel olarak büyüdüğü anlamına gelmektedir (Dickey ve Fuller, 1979:427).

Dickey-Fuller üç ayrı model etrafında test edilebilmektedir. Bu doğrultuda modeller:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (10)$$

Sabit terimsiz ve trend içermeyen,

$$\Delta Y_t = b_0 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (11)$$

Sabit terimli ve trend içermeyen,

$$\Delta Y_t = b_0 + b_{1t} + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (12)$$

Sabit terimli ve trend içeren modeli göstermektedir (Tarı, 2011:390).

Bu modeller ile DF ve t istatistikleriyle MacKinnon kritik değerlerin ulaşılmakta ancak u ile ifade edilen hata teriminde otokorelasyon sorunuyla karşılaşıldığında 12 numaralı denklem şu şekilde olmaktadır:

$$\Delta Y_t = b_0 + b_{1t} + \delta Y_{t-1} + \alpha_1 \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (13)$$

Bu denklemde gecikmeli fark terimlerinin kullanıldığı belirtilmekte olup bu terimlerin sayısı ampirik olarak belirlenmektedir. Denklemde u ile ifade edilen hata teriminin otokorelasyondan arınmasını sağlayabilecek şekilde gecikme sayısı modele eklenmektedir (Eryer, 2021:46).

Sonuç olarak Dickey-Fuller testinde test edilecek hipotezler şu şekildedir:

$H_0 : \delta = 0 \rightarrow$ Seri durağan değildir, birim kök içermektedir.

$H_1 : \delta < 0 \rightarrow$ Seri durağandır, birim kök içermemektedir.

ADF test sonuçlarında eğer hesaplanan tablo değeri %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerindeki MacKinnon kritik tablo değerlerinden küçükse H_0 kabul edilir. Bu durumda seri durağan değildir yani birim kök içermektedir. Durağan hale getirebilmek için serinin birinci farkı alınır ve tekrar sınama yapılır. Eğer hesaplanan tablo değeri %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerindeki MacKinnon kritik tablo değerlerinden büyükse H_0 reddedilir. H_0 red ise, birim kök yoktur yani seri durağandır. Regresyon

analizinin bize gerçek sonuçları verebilmesi ve değişkenlerin anlamlı olabilmesi için serinin durağan olması gerekmektedir.

Tablo 3. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Seviye				Birinci fark		
	Sabitli	Sabitli ve Trendli	ve	Sabitli	Sabitli ve Trendli	ve	Bütünleşme Derecesi
LNUNEMP	-1.55 [0.4910]	-2.65 [0.2608]		-4.95 [0.0004]	-4.88* [0.0024]		I(1)
LNGDP	-1.10 [0.7012]	-1.27 [0.8760]		-5.81 [0.0000]	-5.87* [0.0002]		I(1)
LNRES	-0.49 [0.9837]	-2.57 [0.2934]		-6.18 [0.0000]	-6.16* [0.0001]		I(1)
LNRD	-1.26 [0.6333]	-3.50 [0.0569]		-4.64 [0.0009]	-4.49* [0.0068]		I(1)
LNPAT	-0.70 [0.8320]	-3.43 [0.0650]		-4.61 [0.0009]	-4.52* [0.0058]		I(1)
LNCOM	-1.29 [0.6199]	-0.85 [0.9486]		-5.10 [0.0003]	-5.30* [0.0009]		I(1)
LNP GDP	-1.16 [0.6785]	-1.28 [0.8731]		-5.79 [0.0000]	-5.84* [0.0002]		I(1)
LNGFC	-2.01 [0.2804]	-2.55 [0.3001]		-5.98 [0.0000]	-5.87* [0.0002]		I(1)
Kritik Değerler							
%1	-4.296729	-4.296729	-4.296729	-4.323979	-4.296729	-4.296729	-4.296729
%5	-3.568379	-3.568379	-3.568379	-3.580623	-3.568379	-3.568379	-3.568379
%10	-3.218382	-3.218382	-3.218382	-3.225334	-3.218382	-3.218382	-3.218382

Not: Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi için Schwarz Bilgi Kriterinden yararlanılmıştır. Gecikme sayısı belirlenirken max gecikme 2 olarak alınmıştır. Köşeli parantez içindeki değerler prob istatistiklerdir. I(1) birinci farkı göstermektedir. * ifadesi ilgili değişkenlerin %5 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Kritik değerler birinci farkta sabitli ve trendli değerlerdir.

Tablo 3'te ADF birim kök testi sonuçlarının seviye ve birinci farklarda sabitli, sabitli ve trendli durumları gösterilmektedir. 1990-2021 dönemi için işsizlik oranı, gayri safi yurt içi hasıla, araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), patent başvuruları, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi), kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve gayri safi sabit sermaye oluşumu serilerinin ADF sonuçları incelendiğinde sıfır hipotezinin kabul edildiği yani serilerin durağan olmadıkları ve birim kök içerdikleri sonucuna ulaşılmıştır. Durağanlığı sağlayabilmek için serilerin birinci farkları alınmış ve söz konusu seriler birinci farkları alındığında durağan hale gelmiştir. Bu durum serilerin I(1) olduğunu göstermektedir. Seriler trend içerdiğinden analizde sabitli ve trendli test sonuçları dikkate alınmıştır. Bu test sonuçlarına bakıldığında sıfır hipotezi reddedilerek serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Serilerin farkları alındığında hesaplanan tablo değerleri MacKinnon kritik değerlerinden %1, %5 ve %10 anlamlılık

seviyelerinde mutlak değer olarak büyüktür. Ayrıca prob istatistiklerinin 0.05'ten küçük olması da durağanlığı doğrular niteliktedir.

4.2. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ VE SONUÇLARI

Zaman serisi analizinde durağan olmayan zaman serilerini durağan hale getirebilmek için birim kök testleri kullanılmakta ve düzeyde durağan olmayan serilerin birinci farkları alınarak durağanlık tekrar test edilebilmektedir. Serilerin farkları alındığı zaman bu durum geçmiş dönemlerde yaşanan şokları yok ettiği gibi uzun dönemli ilişkilerinde görünmesini engellemektedir. Bu sorunu çözebilmek için değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi önem taşımaktadır.

Eşbütünleşme testi ilk olarak Engle ve Granger (1987) tarafından geliştirilmiştir. Engle ve Granger (1987) tarafından ortaya atılan eşbütünleşme yaklaşımına göre zaman serileri arasında durağanlık olmadan değişkenlerden birinin bağımlı diğerinin ise bağımsız olduğu tek yönlü eşbütünleşme ilişkisi sağlanırken, Johansen (1988), Johansen ve Juselius (1990) ve Johansen (1995) çalışmalarında eşbütünleşme ilişkisini çok denklem yaklaşımıyla birlikte her seriyi içsel kabul ederek vektörel bazda tanımlamışlardır. Bu sayede serilerin arasındaki denklem sistemleri incelenip eşbütünleşme ilişkileri test edilebilmiş, birden fazla eşbütünleşme ilişkisi veya uzun dönemli ilişkinin analizine olanak sağlamışlardır. Engle ve Granger yaklaşımında uygulanan birim kök ve eşbütünleşme testleri sonlu örneklem açısından zayıf güce sahip olduğundan Johansen eşbütünleşme yaklaşımını daha avantajlı kılmaktadır (Özbey, 2020:30).

Johansen eşbütünleşme testinin dayanağı vektör otoregresif (VAR) modelidir. Sims (1980) tarafından geliştirilmiş olan bu model değişkenlerin kendisiyle beraber gecikmeli değerlerine de yer veren bir modeldir. Durağanlık dereceleri aynı olan serilere uygun gecikme uzunluğunun belirlenebilmesi adımında VAR modeli kullanılmaktadır. Johansen ve Juselius (1990) çalışmasında Johansen eşbütünleşme testinde p mertebeden vektör otoregresif süreç aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + B X_t + \varepsilon_t \quad (14)$$

Denklemdaki Y_t düzeyde durağan olmayıp birinci farkları alındığında durağan olan değişkenlerin n vektörünü gösterirken, X_t ise deterministik değişkenleri ortaya koymaktadır (Erol, 2019:107-108).

Johansen eşbütünleşme yaklaşımında Π matrisinin rankı ile çalışılmakta olup üç olası durum söz konusudur:

Rank (Π) = p ise Π matrisinin tam rankı vardır, bu durumda X vektör işlemi durağan olduğu anlamına gelmektedir.

Rank (Π) = 0 ise Π matrisi boş matristir ve geleneksel bir farklılaştırılmış vektör zaman serisi modeline karşılık gelmektedir.

$0 < \text{rank}(\Pi) = r < p$ ise $\Pi = \alpha\beta'$ olacak şekilde p x r matrisleri α ve β olduğunu ima etmektedir. Eşbütünleşme vektörleri β , $\beta'X$ 'in durağan olma özelliğine sahip olsa da X'in kendisi durağan olmamaktadır (Johansen ve Juselius, 1990:170).

Johansen eşbütünleşme testi iki farklı test kullanılmaktadır. Eşbütünleşik vektörlerin sayısını belirlemek amacıyla bu testte iz (trace) ve maksimum özdeğer (maximum eigenvalue) istatistikleri önerilmiştir. Bu testler şu şekilde formülize edilmiştir:

$$\text{Trace test} = \lambda_{\text{trace}} = -T \cdot \sum_{i=1}^n \ln(1 - \lambda_i) \quad (15)$$

$$\text{Maksimum test} = \lambda_{\text{max}} = -T \cdot \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (16)$$

Yukarıda belirtilen r değeri sıfır hipotezinde ortak bütünleme vektör sayısını ifade etmekte olup $r=0$ ise ortak bütünleme vektörünün olmadığı anlamına gelmektedir. İlgili testin işleyişi sıfır hipotezi kabul edilinceye kadar basamak basamak devam edilmesine dayanmaktadır.

$$H_0: r = 0 \text{ red ise } > \text{ kritik değer}$$

$$H_0: r = 1 \text{ red ise } > \text{ kritik değer}$$

$$H_0: r = 2 \text{ kabul ise } r=2 \text{ gibi olmaktadır.}$$

Trace testinde hipotez;

Max testinde hipotez;

$$H_0 = r \leq r_0$$

$$H_0 = r = r_0$$

$$H_1 = r \geq r_0 + 1$$

$$H_1 = r = r_0 + 1$$

şeklinde olmaktadır ve test istatistiği kritik değerden büyük olursa H_0 hipotezi kabul edilmektedir (Tarı, 2011:428-429).

Bu çalışmada değişkenler ikiden fazla olduğundan dolayı Johansen eşbütünleşme testi tercih edilmiştir. Eşbütünleşme testini yapabilmek için ilk aşama

uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi olmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle uygun gecikme uzunluklarına bakılmış olup, modeller yıllık verilerden oluştuğu için Schwarz (SC) bilgi kriteri dikkate alınmıştır. Modellere ait ilgili sonuçlar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 4. Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Model 1: İşsizlik ve Araştırmacı Sayısı Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-14.72901	NA	0.000712	1.266358	1.409094	1.309994
1	80.30482	162.9151*	1.54e-06*	-4.878915*	-4.307971*	-4.704372*
2	86.28160	8.965171	1.96e-06	-4.662971	-3.663818	-4.357520
3	96.02159	12.52285	1.98e-06	-4.715828	-3.288466	-4.279469
4	100.5138	4.813098	3.12e-06	-4.393844	-2.538273	-3.826577

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Araştırmacı sayısının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve araştırmacı sayısı modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 2: İşsizlik ve Ar-Ge Harcamaları Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1.977646	NA	0.000216	0.073025	0.215761	0.116661
1	71.84124	119.7662*	2.81e-06*	-4.274375*	-3.703430*	-4.099831*
2	76.58381	7.113842	3.91e-06	-3.970272	-2.971118	-3.664821
3	78.49627	2.458888	6.94e-06	-3.464020	-2.036658	-3.027661
4	83.24395	5.086801	1.07e-05	-3.160282	-1.304712	-2.593016

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Ar-Ge harcamalarının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve Ar-Ge harcamaları modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 3: İşsizlik ve Patent Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-29.53714	NA	0.002051	2.324082	2.466818	2.367717
1	38.87580	117.2793*	2.96e-05*	-1.919700	-1.348755*	-1.745157*
2	47.66458	13.18317	3.09e-05	-1.904613	-0.905459	-1.599162
3	57.26176	12.33923	3.16e-05	-1.947269*	-0.519907	-1.510910
4	60.30175	3.257135	5.52e-05	-1.521554	0.334017	-0.954287

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Yerleşik ve yerleşik olmayan patent başvuru toplamının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve patent modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 4: İşsizlik ve İletişim Bilgisayar Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-23.58158	NA	0.001340	1.898685	2.041421	1.942320
1	46.15063	119.5409*	1.76e-05*	-2.439331	-1.868386*	-2.264787*
2	54.00431	11.78052	1.96e-05	-2.357451	-1.358297	-2.051999
3	61.14807	9.184837	2.39e-05	-2.224862	-0.797500	-1.788503
4	74.80426	14.63163	1.96e-05	-2.557447*	-0.701876	-1.990181

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve iletişim bilgisayar modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 5: Ekonomik Büyüme ve Araştırmacı Sayısı Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-7.666749	NA	0.000430	0.761911	0.904647	0.805547
1	87.26843	162.7460*	9.34e-07*	-5.376316*	-4.805371*	-5.201773*
2	91.69488	6.639684	1.33e-06	-5.049634	-4.050481	-4.744183
3	97.19908	7.076825	1.82e-06	-4.799934	-3.372572	-4.363575
4	109.4011	13.07358	1.66e-06	-5.028649	-3.173079	-4.461383

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Araştırmacı sayısının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve araştırmacı sayısı modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 6: Ekonomik Büyüme ve Ar-Ge Harcamaları Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	9.484709	NA	0.000126	-0.463194	-0.320457	-0.419558
1	77.54260	116.6707*	1.87e-06*	-4.681615*	-4.110670*	-4.507071*
2	79.25009	2.561225	3.23e-06	-4.160721	-3.161567	-3.855269
3	88.52952	11.93070	3.39e-06	-4.180680	-2.753318	-3.744321
4	101.1665	13.53967	2.98e-06	-4.440468	-2.584897	-3.873201

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Ar-Ge harcamalarının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 7: Ekonomik Büyüme ve Patent Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-16.38158	NA	0.000801	1.384398	1.527135	1.428034
1	49.23317	112.4824*	1.41e-05*	-2.659512	-2.088567*	-2.484968*
2	53.54645	6.469923	2.03e-05	-2.324746	-1.325593	-2.019295
3	63.35442	12.61026	2.05e-05	-2.382459	-0.955097	-1.946100
4	77.94570	15.63351	1.57e-05	-2.781836*	-0.926265	-2.214569

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Yerleşik ve yerleşik olmayan patent başvuru toplamının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve patent modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Model 8: Ekonomik Büyüme ve İletişim Bilgisayar Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-5.923746	NA	0.000380	0.637410	0.780147	0.681046
1	59.29811	111.8089*	6.89e-06	-3.378436	-2.807492*	-3.203893*
2	68.83095	14.29925	6.81e-06*	-3.416496*	-2.417343	-3.111045
3	72.58768	4.830082	1.06e-05	-3.041977	-1.614615	-2.605618
4	80.62510	8.611524	1.29e-05	-2.973221	-1.117651	-2.405955

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve iletişim bilgisayar modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriterine göre 1 olarak belirlenmiştir.

Tablolar incelendiğinde bütün modeller için uygun gecikme uzunluğu 1 olarak seçilmiştir. Söz konusu gecikme uzunluğu dikkate alındığında modellerin otokorelasyon sorunu içerip içermediği Lagrange çarpanı (LM) testiyle incelenirken, değişen varyans ise White testiyle kontrol edilmiştir. İlgili test sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 5. Otokorelasyon ve Değişen Varyans Test Sonuçları

		Test İstatistiği	Olasılık
Model 1	LM Testi	0.281933	0.5999
	White Testi	3.525543	0.3175
Model 2	LM Testi	0.375493	0.5453
	White Testi	4.694567	0.8681
Model 3	LM Testi	0.046290	0.8313
	White Testi	0.501721	0.9185
Model 4	LM Testi	0.013965	0.9068
	White Testi	0.466459	0.9262
Model 5	LM Testi	0.825810	0.3718
	White Testi	11.54329	0.2403
Model 6	LM Testi	0.612372	0.4410
	White Testi	2.771824	0.4282
Model 7	LM Testi	0.850550	0.3649
	White Testi	3.100181	0.3764
Model 8	LM Testi	0.416788	0.5242
	White Testi	2.806740	0.4224

Otokorelasyon ve değişen varyans testinde test hipotez olup boş hipotez otokorelasyon yoktur anlamına gelirken alternatif hipotezi ise otokorelasyon vardır şeklinde ifade edilir. Her iki test sonucu için eğer olasılık değeri 0.05'ten büyük ise boş hipotez kabul edilir yani otokorelasyon ve değişen varyans yoktur sonucuna ulaşılır. Tablo sonuçları incelendiğinde tüm modeller için bütün olasılık değerleri 0.05'ten büyüktür. Dolayısıyla otokorelasyon ve değişen varyans sorunu ile karşılaşılmamıştır.

VAR modeli için uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra otokorelasyon ve değişen varyans sorunu test edilmiştir. Bundan sonraki aşamada değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığı tespit edilecektir. Eşbütünleşme ilişkisini belirlemek amacıyla Johansen Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır. Buna göre Johansen Eşbütünleşme Test sonuçları ise şu şekildedir:

Tablo 6. Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları

Model	H_0 Hipotezi	H_1 Hipotezi	Trace (İz) İstatistiği	%5 Kritik Değeri	Olasılık	Max. Eigen (Maksimum Özdeğer) İstatistiği	%5 Kritik Değeri	Olasılık
1	$r=0$	$r=1$	31.08911	42.91525	0.4389	20.27655	25.82321	0.2276
	$r \leq 1$	$r=2$	10.81257	25.87211	0.8857	8.638491	19.38704	0.7610
	$r \leq 2$	$r=3$	2.174077	12.51798	0.9570	2.174077	12.51798	0.9570
2	$r=0$	$r=1$	37.43024	42.91525	0.1588	20.99641	25.82321	0.1910
	$r \leq 1$	$r=2$	16.43383	25.87211	0.4582	14.68077	19.38704	0.2115
	$r \leq 2$	$r=3$	1.753057	12.51798	0.9817	1.753057	12.51798	0.9817
3	$r=0$	$r=1$	54.51387*	42.91525	0.0024	38.13220*	25.82321	0.0007
	$r \leq 1$	$r=2$	16.38167	25.87211	0.4623	12.95388	19.38704	0.3318
	$r \leq 2$	$r=3$	3.427794	12.51798	0.8223	3.427794	12.51798	0.8223
4	$r=0$	$r=1$	41.38769	42.91525	0.0705	25.98288*	25.82321	0.0476
	$r \leq 1$	$r=2$	15.40481	25.87211	0.5410	12.58286	19.38704	0.3628
	$r \leq 2$	$r=3$	2.821951	12.51798	0.8970	2.821951	12.51798	0.8970
5	$r=0$	$r=1$	19.81022	42.91525	0.9639	9.038216	25.82321	0.9839
	$r \leq 1$	$r=2$	10.77200	25.87211	0.8879	8.555270	19.38704	0.7692
	$r \leq 2$	$r=3$	2.216730	12.51798	0.9538	2.216730	12.51798	0.9538
6	$r=0$	$r=1$	35.89171	42.91525	0.2102	26.44682*	25.82321	0.0413
	$r \leq 1$	$r=2$	9.444898	25.87211	0.9464	6.428244	19.38704	0.9354
	$r \leq 2$	$r=3$	3.016655	12.51798	0.8746	3.016655	12.51798	0.8746
7	$r=0$	$r=1$	49.50285*	42.91525	0.0096	37.61692*	25.82321	0.0009
	$r \leq 1$	$r=2$	11.88594	25.87211	0.8198	8.274172	19.38704	0.7963
	$r \leq 2$	$r=3$	3.611763	12.51798	0.7973	3.611763	12.51798	0.7973
8	$r=0$	$r=1$	45.34315*	42.91525	0.0280	23.80609	25.82321	0.0902
	$r \leq 1$	$r=2$	21.53706	25.87211	0.1578	18.91750	19.38704	0.0584
	$r \leq 2$	$r=3$	2.619556	12.51798	0.9184	2.619556	12.51798	0.9184

Not: * ifadesi %5 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı, r koentegrasyon vektörü sayısını göstermektedir.

Tablo 5'e bakıldığında patent başvuru toplamının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve patent modelini ifade eden 3. modelde trace (iz) istatistiğinin bir eşbütünlük vektör için 54.51, max eigen (maksimum özdeğer) istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü için ise 38.13 olduğu görülmektedir. İlgili test sonuçları %5 kritik değerden büyük olduğundan eşbütünlük olmadığı ifade eden H_0 hipotezi reddedilir, H_1 hipotezi ise kabul edilir. Yani bu modelde eşbütünlük ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir model olan iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve iletişim bilgisayar modelini ifade eden 4. modelde max eigen (maksimum özdeğer) istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü 25.98 olup ilgili test sonucu %5 kritik değerden büyüktür. Bu durumda eşbütünlük vardır. Ar-Ge harcamalarının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları modelini temsil eden 6. modelde max eigen (maksimum özdeğer) istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü 26.44 olup ilgili

test sonucu %5 kritik değerden büyüktür. Yine bu durum bize eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir. Patent başvuru toplamının büyüme ve patent modelini temsilen 7. modelde hem trace (iz) istatistiği hem de max eigen (maksimum özdeğer) istatistiği %5 kritik değerlerden büyüktür. Dolayısıyla eşbütünleşme ilişkisi bu modelde de tespit edilmiştir. Son olarak İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin büyüme ve iletişim bilgisayar modelini gösteren 8. modelde trace(iz) istatistiğinin bir eşbütünleşik vektör için 45.34 olduğu ve bu değerinde %5 kritik değerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu durum yine eşbütünleşmenin varlığını ortaya koymaktadır.

Bunlara karşılık araştırmacı sayısının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve araştırmacı sayısı modelini temsil eden 1. modelde, Ar-Ge harcamalarının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve Ar-Ge harcamalarını ifade eden 2. modelde ve araştırmacı sayısının büyüme ve araştırmacı sayısı modelini gösteren 5. modelde trace (iz) istatistiğiyle max eigen (maksimum özdeğer) istatistiğinin %5 kritik değerden daha küçük oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda eşbütünleşmenin olmadığını ifade eden H_0 hipotezi kabul edilmiş ve değişkenler arasında herhangi bir eşbütünleşme ilişkisi saptanmamıştır.

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında ise eşbütünleşme ilişkisi çıkan modellere uzun dönem tahmini olan DOLS yöntemi, eşbütünleşme ilişkisi çıkmayan modellere ise kısa dönem tahmini EKK yöntemi yapılacaktır.

4.3. UZUN DÖNEM ANALİZİ: DOLS YÖNTEMİ VE SONUÇLARI

DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares) yöntemi, değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunmasının bir sonucu olarak bağımsız değişkenler için uzun dönem katsayı tahmini yapılmasına ve yorumlanmasına dayanmaktadır.

Daha etkin ve güçlü uzun dönem katsayılarına ulaşabilme olanağı sağlayan bu yöntem literatüre Phillips ve Loretan (1991), Saikkonen (1991) ve Stock ve Watson (1993) tarafından kazandırılmıştır. Bu analiz sayesinde uzun dönem tahminine ek olarak regresörler arasındaki eşanlılık eğilimleri de gösterilmektedir (Akıncı ve Yılmaz 2016:42). DOLS tahminleri asimptotik olarak normal bir dağılıma sahiptir ve bu sayede eşbütünleşme vektöründeki parametreler üzerinde doğrudan istatistiksel çıkarımı mümkün kılmaktadır. Buna ilaveten eşbütünleşme için kalıntı ve sistem tabanlı çoğu testlerin aksine değişken entegrasyon derecelerini içerebilir yani düzeyde durağanlığı

ifade eden I(0) ve birinci farkta durağanlığı gösteren I(1) değişkenlerin beraber bulunduğu bir modeli doğrudan tahmin edebilme imkanı sunmaktadır. Bütün değişkenler I(1) iken ve tek bir eşbütünleşme vektörü var iken DOLS yöntemi asimptotik olarak Johansen (1988) tarafından geliştirilmiş olan tam bilgi maksimum olabilirlik yaklaşımına eşit olmaktadır (Jackman ve Lorde, 2010:475).

DOLS yöntemi, eşbütünleşme sistemindeki geri bildirim ortadan kaldırıp, asimptotik olarak verimli bir tahmin edici oluşturan basit yaklaşımdır. Teknik olarak ifade edecek olursak DOLS yöntemi, eşbütünleşme analizini gecikme ve öncüller ile arttırmayı kapsamaktadır, böylece meydana gelen eşbütünleşme denklemindeki hata terimi stokastik regresör yeniliklerinin bütün geçmişini ortadan kaldırır. DOLS yöntemi şu denklemle ifade edilebilir:

$$y_t = X_t' \beta + D_{1t}' Y_1 + \sum_{j=-q}^r \Delta X_{t+j}' \delta + U_{1t} \quad (17)$$

Denklemden farklı regresörlerin q gecikmelerinin ve r öncülerinin eklenmesiyle beraber bütün uzun vadeli korelasyonu emdiği varsayılmaktadır (Mehmood vd.,2014:29-30). Diğer bir deyişle q ve r, hata terimlerinin arasındaki uzun dönem korelasyonu yok etmeye imkan tanıyan açıklayıcı değişkenlerin farkının alınabilmesine olanak sağlamaktadır (Erdoğan vd.,2018:48).

Çalışmada patent başvuru toplamının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve patent modelini ifade eden 3. modelde, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve iletişim bilgisayar modelini ifade eden 4. modelde, Ar-Ge harcamalarının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları modelini temsil eden 6. modelde, patent başvuru toplamının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve patent modelini temsilen 7. modelde ve son olarak iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve iletişim bilgisayar modelini gösteren 8. modelde eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiş olup ilgili modellerdeki uzun dönem ilişkisi DOLS yöntemiyle incelenmiştir. Söz konusu DOLS yöntemi sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 7. Model 3 için DOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LNUNEMP				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
LNGDP	0.278905	0.252579	1.104230	0.2833
LNPAT	-0.506926	0.343499	-1.475773	0.1564
TREND	0.050628	0.028027	1.806431	0.0867
C	-1.705316	5.187251	-0.328751	0.7459
Tanısal Testler				
R^2	0.674003			
Uyarlanmış R^2	0.519584			

Tablo 7'deki sonuçlara göre patent değişkeninin katsayısı -0.506926 bulunmuştur. Olasılık değeri $0.1564 > 0.05$ olduğundan anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Yani işsizlik üzerinde patent başvurularının uzun dönemde bir etkisi yoktur, patent başvuruları istihdam yaratmamakta olup işsizlik ve istihdam arasındaki denge bozulmamaktadır. Ayrıca kontrol değişkeni olan gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninin katsayısı ise 0.278905 bulunmuştur ve olasılık değeri $0.2833 > 0.05$ olduğundan yine anlamlı ilişki yoktur.

Tablo 8. Model 4 için DOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LNUNEMP				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
LNGDP	-0.600762	0.225541	-2.663654	0.0153
LNCOM	-0.451001	0.140608	-3.207498	0.0046
TREND	0.029364	0.010261	2.861633	0.0100
C	19.23578	6.287897	-0.328751	0.0065
Tanısal Testler				
R^2	0.753318			
Uyarlanmış R^2	0.636469			

Tablo 8'deki sonuçlara göre iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin katsayısı -0.451001 bulunmuştur. Olasılık değeri $0.0046 < 0.05$ olduğundan anlamlıdır ve negatif bir etki söz konusudur. İktisadi açıdan bu durum iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) %1 oranında arttığında işsizlik oranının %-0.45 oranında azaldığını göstermektedir. Modelin R^2 değerinin 0.753318 çıkması işsizlik oranındaki değişmelerin %75.3'lük kısmının iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ile açıklanabileceği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) işsizlik üzerinde uzun dönemli etki yaratmaktadır.

Türkiye’de istihdam yaratan bir değişken olup politika yapıcılarının istihdamı arttırmak için yoğunlaşmaları gereken teknoloji değişkeni iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) olmaktadır. Ayrıca kontrol değişkeni olan gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninin katsayısı ise -600762 olup olasılık değeri $0.0153 < 0.05$ olduğundan yine anlamlı ve negatif bir ilişki söz konusudur. Bu durum gayri safi yurtiçi hasıladaki %1’lik bir artışın işsizlik oranını %-0.60 oranında azalttığını göstermektedir.

Tablo 9. Model 6 için DOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LNPGDP				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
LNGFC	1.777161	0.367852	4.831181	0.0001
LNRD	3.746876	0.510293	7.342593	0.0000
TREND	-0.144393	0.027161	-5.316263	0.0000
C	7.313717	1.061746	6.888387	0.0000
Tanısal Testler				
R^2	0.955349			
Uyarlanmış R^2	0.934198			

Tablo 9’daki test sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları değişkeninin katsayısı 3.746876 bulunmuştur. Olasılık değeri $0.0000 < 0.05$ olduğundan anlamlıdır ve Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki vardır. İktisadi açıdan yorumlayacak olursak Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış ekonomik büyümeyi %3.74 oranında arttırmaktadır. Modelin R^2 değerinin 0.955349 çıkması ise ekonomik büyümedeki değişmelerin %95.5’lik kısmının Ar-Ge harcamaları ile açıklanabileceği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla Ar-Ge harcamaları ekonomik büyümeyi arttıran bir teknoloji değişkeni olup, politika yapıcıları Türkiye’de ekonomik büyümeyi arttırmak için Ar-Ge harcamalarına ağırlık vermelidir. Ayrıca kontrol değişkeni olarak kullanılan gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkeninin katsayısı 1.777161 olarak bulunmuş olup, olasılık değeri $0.0001 < 0.05$ olduğundan uzun dönemde ekonomik büyüme ile gayri safi sabit sermaye oluşumu arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. Bu durum gayri safi sabit sermaye oluşumunda %1 oranındaki artışın ekonomik büyümeyi %1.77 oranında arttırdığını ortaya koymaktadır.

Tablo 10. Model 7 için DOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LNPGDP				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
LNGFC	-0.317301	0.941542	-0.337001	0.7398
LNPAT	0.483004	0.398486	1.212098	0.2403
TREND	0.006806	0.042502	0.160122	0.8745
C	5.502193	2.954732	1.862163	0.0781

Tanısal Testler	
R^2	0.888166
Uyarlanmış R^2	0.835192

Tablo 10'daki test sonuçlarına göre patent değişkeninin katsayısı 0.483004 bulunmuştur ve olasılık değeri $0.2403 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır. Dolayısıyla patent başvuruları ekonomik büyüme üzerinde uzun dönemli bir etki yaratmamaktadır. Yine benzer şekilde kontrol değişkeni olan gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkeninin de olasılık değeri $0.7398 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 11. Model 8 için DOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LNPGDP				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
LNGFC	-0.098138	0.599995	-0.163565	0.8718
LNCOM	-0.628751	0.087074	-7.220905	0.0000
TREND	0.015836	0.007682	2.061357	0.0532
C	10.72959	1.952528	5.495231	0.0000

Tanısal Testler	
R^2	0.964000
Uyarlanmış R^2	0.946947

Tablo 11'deki test sonuçlarına göre iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin katsayısı -0.628751 olarak bulunmuştur. Olasılık değeri $0.0000 < 0.05$ olduğundan anlamlıdır ancak negatif bir etki söz konusudur. İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %-0.628751 oranında azaltmaktadır. Yani uzun dönemde ters yönlü bir anlam ilişkisi mevcut olup iletişim bilgisayar vb. hizmetlere yapılan ihracat ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Burada Türkiye'nin ithalatının ihracattan daha fazla olduğu dolayısıyla dışa bağımlı olduğu yorumunu yapabiliriz. Kontrol değişkeni olan

gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkeninin ise olasılık değeri $0.8718 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır.

4.4. KISA DÖNEM ANALİZİ: EN KÜÇÜK KARELER (EKK) YÖNTEMİ VE SONUÇLARI

En küçük kareler (EKK) yöntemi, Alman matematikçi Carl Friedrich Gauss'a atfedilir. En küçük kareler tahmin edicileri yalnızca gözlemlenebilir nicelikler (X ve Y gibi) cinsinden ifade edilebilmekte ve bu sayede kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bunlar nokta tahmincileri olup örnek verildiği zaman her tahminci ilgili popülasyon parametresinin sadece tek bir değerini yani tek bir noktayı sağlayacaktır (Gujarati ve Porter, 2009:55-59).

İki yada daha fazla değişkenin arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için istatistiksel analizlerde regresyon analizine başvurulmakta olup burada bir bağımlı değişken ile bir yada birden fazla bağımsız değişken açıklanmaktadır (Kutlar, 2009:5). En küçük kareler yöntemi de bu regresyon denkleminde hareketle oluşmaktadır.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Bu denklemde Y ifadesi bağımlı değişkeni, X_1 ifadesi bağımsız değişkeni, β_1 bu değişkenin bilinmeyen parametresini ve ε_i ifadesi gözlenemeyen hata terimlerini göstermektedir (Alma ve Vupa, 2008.220-221).

En küçük kareler tahmincilerinin özelliklerini açıklamak için Gauss-Markov teoremine değinecek olursak klasik doğrusal regresyon modeli göz önüne alındığında en küçük kareler tahminleri bazı ideal yada optimum özellikler içermektedir. Burada teoremi anlayabilmek için gerekli olan bir tahmin edicinin en iyi doğrusal yansızlık özelliğine dikkat çekmektir. Örnek vermek gerekirse en küçük kareler tahmincisi $\hat{\beta}_2$ aşağıdaki özelliklere sahipse β_2 'nin en iyi doğrusal tarafsız tahmincisi olduğu ifade edilmektedir. Bu özellikler:

- Doğrusaldır, yani regresyon modelinde yer alan bağımlı değişken Y gibi rastgele bir değişkenin doğrusal bir fonksiyonu olmaktadır.
- Tarafsızdır, yani ortalama ya da beklenen değeri $E(\hat{\beta}_2)$, gerçek değer olarak gösterilen β_2 'ye eşit olmaktadır.
- Bu türden bütün lineer yansız tahmin edicilerin sınıfı içerisinde minimum varyansa sahip olup, minimum varyansa sahip olan tarafsız bir tahmin edicinin etkin bir tahmin edici olarak bilindiği söylenmektedir.

Sonuç olarak regresyon bağlamında en küçük kareler tahmincilerinin mavi olduğu kanıtlanabilir. Yani Gauss-Markov teoreminin özünde, klasik doğrusal regresyon modelinin varsayımlarını göz önünde bulundurarak yansız doğrusal tahminciler sınıfındaki en küçük kareler tahmin edicilerinin minimum varyansa sahip olduğu, diğer bir deyişle mavi olduğu varsayımı bulunmaktadır (Gujarati ve Porter, 2009:71-72).

Çalışmada en küçük kareler (EKK) yöntemi, eşbütünleşme ilişkisi çıkmayan değişkenler arasında kısa dönem tahmini yapmak amacıyla kullanılacaktır. Bu doğrultuda araştırmacı sayısının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve araştırmacı sayısı modelini temsil eden 1. modelde, Ar-Ge harcamalarının işsizliği nasıl etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve Ar-Ge harcamalarını ifade eden 2. modelde ve araştırmacı sayısının büyümeyi nasıl etkilediğinin araştırılacağı ekonomik büyüme ve araştırmacı sayısı modelini gösteren 5. modelde eşbütünleşme ilişkisi bulunamamış olup bu modellere en küçük kareler yöntemi uygulanarak değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tablo 12. Model 1 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(LNUNEMP)				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
D(LNGDP)	-0.215765	0.142215	-1.517179	0.1408
D(LNRES)	-0.591214	0.381151	-1.551128	0.1325
TREND	0.000692	0.002363	0.293043	0.7717
C	0.065456	0.050002	1.309053	0.2015
Tanısal Testler				
R^2	0.209195	F-statistic	2.380813	
Düzeltilmiş R^2	0.121328	Olasılık (F-statistic)	0.091643	
Durbin-Watson Stat	1.777733			

Tablo 12’de görüldüğü gibi araştırmacı sayısının olasılık değeri $0.1325 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu durumda işsizlik üzerinde araştırmacı sayısının kısa dönemde etkisi yoktur denilebilir. Benzer şekilde kontrol değişkeni olan gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninin olasılık değeri $0.1408 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır. F istatistiği olasılık değerinin de 0.091643 olması modelin tümüyle anlamsız olduğunu ifade etmektedir. Modelin açıklama gücünü gösteren R^2 ise 0.209195 olup, bu modelin %20’lik kısmının açıklanabildiğini

göstermektedir. Durbin-Watson değeri ise 1.777733 olup, bu değer 1,5 ila 2,5 arasında olduğundan modelde otokorelasyon sorununun olmadığı söylenebilir.

Tablo 13. Model 2 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(LNUNEMP)				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
D(LNGDP)	-0.280722	0.137715	-2.038430	0.0514
D(LNRD)	0.181015	0.182015	0.994508	0.3288
TREND	0.000275	0.002395	0.114799	0.9095
C	0.014923	0.047026	0.317344	0.7534
Tanısal Testler				
R^2	0.169161	F-statistic	1.832419	
Düzeltilmiş R^2	0.076845	Olasılık (F-statistic)	0.165082	
Durbin-Watson Stat	1.748868			

Tablo 13'deki tahmin sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları değişkeninin olasılık değeri $0.3288 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Yani araştırma geliştirmeye yapılan harcamalar kısa dönemde işsizliği etkilememektedir. Benzer şekilde kontrol değişeni olan gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninin olasılık değeri $0.0514 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır. F istatistiği olasılık değerinin de 0.165082 olası modelin tümüyle anlamsız olduğunu göstermekte olup modelin açıklama gücünü gösteren R^2 değeri ise 0.169161 olarak bulunmuştur. Durbin Watson değeri 1.748868 yine $1,5$ ila $2,5$ arasında olduğundan modelde otokorelasyon yoktur.

Tablo 14. Model 5 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(LNPGDP)				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
D(LNGFC)	0.671546	0.293492	2.288125	0.0302
D(LNRES)	0.553480	0.470986	1.175154	0.2502
TREND	-0.002649	0.002887	-0.917755	0.3669
C	0.029392	0.062645	0.469181	0.6427
Tanısal Testler				
R^2	0.267559	F-statistic	3.287676	
Düzeltilmiş R^2	0.186176	Olasılık (F-statistic)	0.035810	
Durbin-Watson Stat	2.307039			

Son olarak ekonomik büyüme ve araştırmacı sayısı modelini gösteren 5. modelde kısa dönemli ilişki incelenmiş ve sonuçları Tablo 14'te gösterilmiştir. Araştırmacı sayısının olasılık değeri $0.2502 > 0.05$ olduğundan yine sonuçlar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Ekonomik büyüme üzerinde araştırmacı sayısının kısa dönemde

etkisi olmamakla beraber modelin otokorelasyon sorununu içermediği gör÷lmektedir. Kontrol değişkeni olan gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkeninin ise olasılık değeri $0.0302 < 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla gayri safi sabit sermaye oluşumu ekonomik büyüme üzerinde kısa dönemli bir etki yaratmaktadır. İktisadi açıdan yorumlayacak olursak, gayri safi sabit sermaye oluşumundaki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %0.67 oranında arttırmaktadır denilebilir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknoloji, yaşamın her anına hızlıca nüfuz ederek mikro bazda firmaları ve makro bazda ülkeleri etkisi altına alan bir olgudur. Geçmişten bugüne teknolojik ilerlemeler yaşanmış, sanayi devrimleri teknolojik ilerlemelerin nedeni olmuştur. Sanayi devrimleri ile kol gücüne olan ihtiyacın yerini makinelerin almasıyla iktisat literatüründe ve tüm dünyada önemli bir konu olan işsizlik kavramına teknolojinin ne açıdan etki edeceği tartışma konusu olmuştur. Söz konusu teknolojik ilerlemeler işsizliğe mi sebep olacak yoksa işsizliği azaltarak istihdam mı yaratacak? Çalışmanın cevap aradığı sorulardan birisi budur. Bir diğeri ise teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümeye yol açıp açmayacağı hususudur.

Bu çalışmada 1990-2021 yılları arasında Türkiye’de teknolojik ilerlemenin hem işsizliğe hem de ekonomik büyümeye olan etkileri incelenmiş ve böylece Türkiye’nin Endüstri 4.0 bağlamındaki konumu tespit edilmeye çalışılmıştır. Teknolojik ilerlemeyi çalışmada Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent başvuruları ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenleri temsil etmektedir. Bu bağlamda zaman serisi analizi yapılarak, yöntemi belirleyebilmek için ADF birim kök testi uygulanmıştır. Birim kök testi sonuçlarına göre bütün değişkenler birinci farklarda durağan çıkmış ve bu bulgudan hareketle değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini tespit edebilmek amacıyla Johansen Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır. Eşbütünleşme test sonuçlarına göre eşbütünleşme ilişkisi bulunan değişkenler arasındaki uzun dönem tahmini DOLS yöntemiyle, eşbütünleşme ilişkisi saptanamayan değişkenler için kısa dönem tahmini ise EKK yöntemiyle analiz edilmiştir.

Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini belirlemek amacıyla dört, ekonomik büyümeye olan etkisini belirlemek amacıyla da dört tane olmak üzere toplamda 8 farklı model tahmin edilmiştir. Teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini belirlemek için kurulan modellerde bağımlı değişken olarak işsizlik oranı, kontrol değişkeni olarak gayri safi yurtiçi hasıla kullanılmıştır. Her model için ayrı bir teknoloji değişkeni baz alınmıştır ve bu bağlamda kullanılan bağımsız değişkenler ise teknolojik ilerlemeyi temsilen Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent başvuruları ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden yararlanılmıştır. Teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümeye olan etkisini belirlemek amacıyla ise kurulan modellerde bağımlı değişken olarak ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, kontrol değişkeni olarak gayri safi sabit sermaye oluşumu kullanılmıştır.

Yine her model için ayrı bir teknoloji değişkeni baz alınmıştır ve aynı teknoloji değişkenlerinden yararlanılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, işsizlik üzerinde patent başvurularının uzun dönemde bir etkisi yoktur. İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) işsizlik üzerinde anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olup, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) %1 oranında arttığında işsizlik oranını %-0.45 oranında azalmaktadır. Dolayısıyla iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) işsizlik üzerinde uzun dönemli bir etkiye sahiptir. Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki olup, Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %3.74 oranında arttırmaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge harcamaları ekonomik büyümeyi arttıran bir teknoloji değişkenidir. Buna karşılık patent başvuruları ekonomik büyüme üzerinde uzun dönemli bir etki yaratmamaktadır. İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ancak negatif bir etkiye sahip olup, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %-0.628751 oranında azaltmaktadır. Bu durum uzun dönemde ters yönlü bir anlam ilişkisini ortaya koymaktadır. Kısa dönemli etkilere bakıldığında ise analiz sonuçlarına göre işsizlik üzerinde araştırmacı sayısının kısa dönemli etkisi yoktur. Benzer şekilde Ar-Ge harcamaları kısa dönemde işsizliği etkilememektedir. Araştırmacı sayısı ekonomik büyüme üzerinde kısa dönemde etkili değildir.

Sonuç olarak, Türkiye'de istihdam yaratarak işsizliği azaltan teknoloji değişkeni iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) olmaktadır. Diğer yandan Türkiye'de ekonomik büyümeyi arttıran teknoloji değişkeni ise Ar-Ge harcamalarıdır. Bu nedenle politika yapımcıları Türkiye'de işsizliği azaltmak için iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatına, ekonomik büyümeyi arttırmak için ise Ar-Ge harcamalarına ağırlık vermelidir. Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi arttırdığı yönünde olan çalışma sonucu literatürdeki Özer ve Çiftçi (2009), Akıncı ve Sevinç (2013), Göçer (2013), Yayıllı vd. (2010) çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Teknoloji değişkeni olarak seçilen iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatının yüzdesi değişkeni işsizliği azaltmakta ve bu değişkenin kullanılması çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır. Ayrıca teknolojinin hem işsizliğe hem de ekonomik büyümeye olan etkilerine bakılarak çalışma alanı genişletilmiş ve bu açıdan da özgünlük sağlanmıştır.

Teknolojik ilerlemeyi temsil eden değişkenleri Türkiye açısından kısaca yorumlamak gerekirse, Ar-Ge harcamaları 1990-2021 yılları arasında 2001 krizi hariç genel itibariyle artmıştır. 2021’de Ar-Ge harcamaları %1,13 seviyesine çıkmış olsa da Ar-Ge harcamalarına daha fazla kaynak tahsis edilmelidir. Benzer şekilde araştırmacı sayısı giderek artmış ve 2021 yılına gelindiğinde 168 bin kişiye ulaşmıştır. Araştırmacı sayısı nitelikli işgücüne katkı sağlayarak beşeri sermaye açısından önem arz etmektedir. Patent başvurularına bakıldığında Türkiye’de yabancı patent başvurularının yerli patent başvurularına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir ve bu durum Türkiye’nin dışa bağımlı bir ülke olduğunu gözler önüne sermektedir. Son olarak iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatı işsizliği azaltmada etkin bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. İletişim bilgisayar vb. hizmetlere yapılan ihracat Türkiye’nin teknolojiye yaptığı yatırımın göstergelerinden birisidir. Türkiye bu sayede istihdam yaratmakta ve işsizliği azaltmaktadır. Araştırma ve geliştirmeye yapılan harcamalar yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına olanak sağlamak ve verimliliği arttırmaktadır. Bu sayede rekabet gücü ile birlikte ülkenin refah seviyesi de yükselecektir.

Covid-19 pandemisinin beraberinde getirdiği uzaktan eğitim sistemi ve evden çalışma, teknolojiye ve dolayısıyla dijitalleşmeye daha çok önem verilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Türkiye’nin konumu değerlendirildiğinde teknolojik ilerlemeler için pay ayırdığı ancak bu payın OECD ve Avrupa Birliği ülkeleriyle kıyaslandığında yetersiz olduğu görülmektedir. Türkiye’nin gelişmekte olan ülke konumundan gelişmiş ülke konumuna gelebilmesi için her anlamda teknolojik ilerlemelere uyum sağlayabilmesi gerekmektedir. Türkiye Endüstri 4.0’a olan yolculukta Ar-Ge harcamalarına daha fazla kaynak ayırmalı, iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatına yoğunlaşmalıdır. Ayrıca kamu kurum ve kuruluşları teknolojik ilerleme için bütçeden kaynak ayrılmasına özen göstermeli, özel sektörün inovasyon faaliyetlerine destek sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abomhara, M., & Kœien, G. M. (2015). Cyber Security and the Internet of Things: Vulnerabilities, Threats, Intruders and Attacks. *Journal of Cyber Security*, 4, 65-88.
- Acar, Y. (2002). *İktisadi Büyüme ve Büyüme Modelleri*. Bursa: Vipaş A.Ş. Yayınevi.
- Acemoğlu, D., & Robinson, J. A. (2012). *Ulusların Düşüşü Güç, Zenginlik ve Yoksulluğun Kökenleri*. (F. R. Velioğlu, Çev.) İstanbul: Doğan Egmont Yayıncılık.
- Adaçay, F. R. (2007). Bilgi Ekonomisine İlişkin Temel Göstergeler Açısından Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (19), 185-204.
- Agarwal, H., & Agarwal, R. (2017). First Industrial Revolution and Second Industrial Revolution: Technological Differences and the Differences in Banking and Financing of the Firms. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(11A), 1062-1066.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Ak, M. Z., ve Gülmez, A. (2006). Türkiye'nin Uluslararası Yayın Performansının Analizi. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 1(1), 22-49.
- Akbulut, U. (2011). *Sanayi Devrimleri Dünyanın Gidişini Değiştirdi*. uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/Sanayi-Devrimi-Dünyanın-Gidişini-Değiştirdi-Haziran-2011.pdf (Erişim Tarihi: 04.02.2021).
- Akıncı, M., ve Sevinç, H. (2013). Ar&Ge Harcamaları İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2011 Türkiye Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(27), 7-17.
- Akıncı, M., ve Yılmaz, Ö. (2016). Enflasyon-Faiz Oranı Takası: Fisher Hipotezi Bağlamında Türkiye Ekonomisi İçin Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi. *Sosyoekonomi*, 24(27), 33-55.
- Akyüz, Y. (1980). *Sermaye Bölüşüm Büyüme*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları.
- Algan, N., Manga, M., & Tekeoğlu, M. (2017). Teknolojik Gelişme Göstergeleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Conference On Eurasian Economies*, 332-338.
- Alkin, E. (1992). *Gelir ve Büyüme Teorisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Amaghouss, J., & Ibourk, A. (2013). Entrepreneurial Activities, Innovation and Economic Growth: The Role of Cyclical Factors Evidence from OECD Countries for the Period 2001-2009. *International Business Research*, 6(1), 153-162.
- Ansal, H. (2004). Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişmede Teknolojinin Rolü. *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği*.
- Arısoy, İ. (2011). Fiziksel Sermaye Yatırımları ve Büyüme İlişkisinin AK Modeliyle Sınanması: Türkiye Örneği (1968-2006). *Maliye Dergisi* (161), 283-297.
- Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.

- Atabey, A. Ö. (2019). *Ar-Ge Harcamalarının Genç İşsizlik Üzerindeki Etkisi: Türkiye ve AB Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Atik, H. (2006). *Beşeri Sermaye Dış Ticaret ve Ekonomik Büyüme*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Avrupa Birliği Başkanlığı. (2020, 09 30). Fasıl 25- Bilim ve Araştırma: https://www.ab.gov.tr/fasil-25-bilim-ve-arastirma_90.html (Erişim Tarihi:22.01.2020)
- Aydın, E. (2018). Türkiye’de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 461-471.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Baaziz, A., & Quoniam, L. (2014). How to use Big Data technologies to optimize operations in Upstream Petroleum Industry . *21st World Petroleum Congress* , 1-9.
- Bal, O. (2010). Teknolojinin Sosyo-Ekonomik Yapıya Etkileri. *Akademik Bakış Dergisi*, 1-23.
- Banger, G. (2016). *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*. İstanbul: Dorlion Yayınları.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Basalla, G. (1998). *Teknolojinin Evrimi*. (C. Soydemir, Çev.) İstanbul: Tübitak Yayınları.
- Başer, N. E. (2011). *1. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Bayraktutan, Y., ve Bıdırdı, H. (2015). Teknoloji Politikaları: Temel Göstergeler ve İhracata Yansımaları (Seçilmiş Ülke Örnekleri). *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (30), 1-30.
- Berber, M. (2004). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.
- Biçerli, K. (2009). *Çalışma Ekonomisi*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Biçerli, M. K. (2004). *İşsizlikle Mücadelede Aktif İstihdam Politikaları* . Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Bilgili, E. (1998). Dış Ticaret, Ekonomik Kalkınma ve Sanayi Devrimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* (13), 35-50.
- Bingöl, B. (2018). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Artırılmış Gerçeklik (AG). *Etkileşim Üsküdar Üniversitesi İletişim Fakültesi Akademik Dergisi* (1), 44-55.
- Bocutoğlu, E. (2015). *Makro İktisat Teoriler ve Politikalar*. Trabzon: Murathan Yayınevi.
- Bogart, D. (2013). The Transportation Revolution in Industrializing Britain: A Survey. *Working Papers*, 1-30.

- Börü, M. K., ve Çelik, D. (2019). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları İnovasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Research Studies Anatolia Journal*, 2(5), 196-206.
- Brezis, E. S., & Young, W. (2003). The new views on demographic transition: a reassessment of Malthus’s and Marx’s approach to population. *Euro. J. History of Economic Thought*, 10(1), 25-45.
- Bulut, E., ve Yenipazarlı, A. (2020). Endüstri 4.0 ve Teknolojinin İstihdam Üzerindeki Etkisi, Panel Veri Analizi. *PJESS*, 7(2), 15-35.
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, B. (2017). *The Smart Factory Resposive, Adaptive, Connected Manufacturing*. Deloitte University Press.
- Castells, M. (2008). *Enformasyon Çağı: Ekonomi, Toplum ve Kültür Birinci Cilt Ağ Toplumunun Yükselişi*. (E. Kılıç, Çev.) İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Cengiz, S., ve Şahin, A. (2020). Teknolojik İlerlemenin İstihdam Yaratmadaki Rolü ve Önemi: Türkiye Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 1(45), 160-172.
- Colangelo, G. (1995). Vertical vs. Horizontal Integration: Pre-Emptive Merging. *The Journal of Industrial Economics*, 43(3), 323-337.
- Çalışkan, A., ve Dayıoğlu Erul, R. (2021). Koronavirüs Krizinden Çıkışta Türkiye’de Alınan Ekonomik Önlemler ve Kamu Politikalarının Önemi. *Vergi Raporu* (256), 35-58.
- Dağlı, İ., ve Ezanoğlu, Z. (2021). Ar-Ge, Patent ve İleri Teknoloji İhracatının Ekonomik Büyümeye Etkileri: OECD Ülkeleri İçin Dinamik Panel Veri Analizi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 438-460.
- Dam, M. M., ve Yıldız, B. (2016). BRICS-TM Ülkelerinde Ar-Ge ve İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 16(33), 220-236.
- Davutoğlu, N. A., Akgül, B., ve Yıldız, E. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *Akademik Sosyal Araştırma Dergisi*, 5(52), 544-567.
- Deane, P. (1988). *İlk Sanayi İnkılâbı*. (T. Güran, Çev.) Ankara: Türk Tarih Kurumu.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *David A. Dickey and Wayne A. Fuller*, 49(4), 1057-1072.
- Dickson, D. (1992). *Alternatif Teknoloji Teknik Değişmenin Politik Boyutları*. İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Diñç, D. T. (2020). 1980 Sonrası Türkiye’de Uygulanan Teknoloji Politikaları ve Türkiye Açısından Teknolojik Gelişme Göstergeleri. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* (28), 119-136.
- Dinler, Z. (2014). *İktisada Giriş*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Dogaru, L. (2020). The Main Goals of the Fourth Industrial Revolution. Renewable Energy Perspectives. *Procedia Manufacturing*, 46, 397-401.

- DPT. (1985). *Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 1985–1989*. Ankara: DPT Yayın No: 1974 Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Beşinci-Beş-Yıllık-Kalkınma-Planı-1985-1989.pdf> (Erişim Tarihi: 17.03.2021).
- DPT. (1990). *Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990-1994*. Ankara: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı DPT Yayın No: 2174 Erişim Adresi: https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/Altinci_Bes_Yillik_Kalkinma_Planı-1990-1994.pdf (Erişim Tarihi: 17.03.2021).
- DPT. (1996). *Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000)*. Ankara: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı DPT Yayınları Karar No: 22554 Erişim Adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Yedinci-Beş-Yıllık-Kalkınma-Planı-1996-2000%E2%80%8B.pdf> (Erişim Tarihi: 17.03.2021).
- DPT. (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001–2005)*. Ankara: DPT Yayınları Karar No: 697 Erişim Adresi: http://www.bilgitoplumu.gov.tr/wp-content/uploads/2015/01/Sekizinci_Kalkinma_Planı.pdf (Erişim Tarihi: 18.03.2021).
- DPT. (2006). *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)*. Ankara: DPT Erişim Adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Dokuzuncu-Kalkınma-Planı-2007-2013%E2%80%8B.pdf> (Erişim Tarihi: 18.03.2021).
- DPT. (2013). *Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)*. Ankara: Erişim Adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Onuncu-Kalkınma-Planı-2014-2018.pdf> (Erişim Tarihi: 18.03.2021).
- DPT. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*. T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019) Erişim Adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlanı.pdf> (Erişim tarihi: 18.03.2021).
- Duman, K., ve Aydın, K. (2018). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ile Gsyih İlişkisi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4(1), 49-66.
- Dünya Kalkınma Göstergeleri*. (2019). World Development Indicators Databank: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim Tarihi: 26.31.2021).
- Ege Bölgesi Sanayi Odası (EBSO): Sanayi 4-0. (2015). http://www.ebo.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_81017283.pdf (Erişim Tarihi:04.02.2021)
- Ekoiq. (2014). Endüstri 4.0 "Akıllı" Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer Türkiye "Akıllı" Üretime Hazır mı? *EKOIQ Dergisinin Özel Eki*.
- Ercan, N. Y. (2000). İçsel Büyüme Teorisi: Genel Bir Bakış. *Planlama Dergisi*, 129-138.
- Erdoğan, L., Ceylan, R., ve Tiryaki, A. (2018). Türkiye’de uzun dönem ekonomik büyümenin belirleyicilerinin ARDL, FMOLS, DOLS ve CCR yöntemleriyle tahmini. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(4), 39-58.
- Erdoğan, S., ve Canbay, Ş. (2016). İktisadi Büyüme ve Araştırma & Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 29-44.
- Erkök, Ş. (1978). *Teknoloji Seçimi ve İstihdam Sorunları*. Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi.

- Erol, M. (2019). *Tasarruf Açığı ve Enerji Açığının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.
- Eryer, S. (2021). *Ar-Ge Harcamaları Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı ve GSYH İlişkisi: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Falk, M. (2007). R&D spending in the high-tech sector and economic growth. *Research in Economics*, 61(3), 140-147.
- Feldmann, H. (2013). Technological Unemployment In Industrial Countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 23(5), 1099-1126.
- Ferreira, W. d., Armellini, F., & Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 1-17.
- Fikirli, Ö., ve Çetin, A. K. (2017). İktisadi Doktrinde Schumpeteryan Yaratıcı Yıkımdan Yaratıcı Birikime. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 6(1), 27-64.
- Florida, R. (1995). Toward The Learning Region. *Futures*, 27(5), 527-536.
- Freeman, C., & Soete, L. (2003). *Yenilik İktisadı*. (E. Türkcan, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.
- Fülbert, G. (2014). *Kapitalizmin Kısa Tarihi*. (S. Usta, Çev.) İstanbul: Yordam Kitap Basın ve Yayın.
- Gibbins, H. d. (1920). *The Industrial History of England*. Sometime Scholar Of Wadham College, Oxford And University (Cobden) Prizeman In Political Economy.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Thailand: Apress.
- Gimpel, J. (2004). *Ortaçağda Endüstri Devrimi*. (N. Özüaydın, Çev.) Ankara: Tübitak Yayınları.
- Goutam, R. K. (2015). Importance of Cyber Security. *International Journal of Computer Applications*, 111(7), 14-17.
- Göçer, İ. (2013). Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. *Maliye Dergisi* (165), 215-240.
- Gökce, C. (2007). *Ekonomik Büyüme Sürecinde Enerjinin Değişen Rolü: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.
- Gökovalı, U., ve Bozkurt, K. (2006). Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakkı (FSMH) Olarak Patentler: Dünya ve Türkiye Açısından Tarihsel Bir Bakış. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (İLKE)* (17), 135-146.
- Gökrem, L., ve Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* (13), 47-68.
- Göktürk, M. G. (2015). *Teknolojinin İşsizlik ve İstihdam Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Granger, C., & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.

- Gregersen, B., & Johnson, B. (1996). Learning Economies, Innovation Systems and European Integration. 2-19.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1990). Comparative Advantage and Long-Run Growth. *The American Economic Review*, 80(4), 796-815.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5. Baskı b.). New York: McGrawHill Irwin.
- Gülalioğlu, S. (2019). *Türkiye'de Teknoloji ve İstihdam İlişkisi*. (Yüksek Lisans Tezi) Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Giresun.
- Günay, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*(31), 8-14.
- Günay, D. (2017). Teknoloji Nedir? Felsefi Bir Yaklaşım. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi/Journal of Higher Education and Science*, 163-166.
- Gür, N., Ünay, S., ve Dilek, Ş. (2017). *Sanayiye Yeniden Düşünmek Küresel Teknolojik Dönüşümün Dünya ve Türkiye Ekonomisine Yansımaları*. İstanbul: Seta Kitapları.
- Gürak, H. (2004). *Emek, Teknolojik Yenilik ve Büyüme*. Sakarya: Değişim Yayınları.
- Gürünlü Alma, Ö., ve Vupa, Ö. (2008). Regresyon Analizinde Kullanılan En küçük Kareler ve En Küçük Medyan Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, 3(2), 219-229.
- Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., & Peters, B. (2014). Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries. *International Journal of Industrial Organization*, 35, 29-43.
- Hartwell, R. M. (2005). İngiltere'de Sanayi Devriminin Nedenleri. R. M. Hartwell içinde, *The Causes Of The Industrial Revoluition In England* (A. Uzun, Çev., s. 1-16). London: Historical Association.
- Henderson, J. P. (1992). Introduction to Thomas Robert Malthus, 'An Essay on the Principle of Population', 1798. *Essays in the History of Mainstream Political Economy*, 140-150.
- Herrera, R. J., & Garcia-Bertrand, G. (2018). The Agricultural Revolutions. *Ancestral DNA, Human Origins, and Migrations*, 475-509.
- Higgins, J. M. (1996). Innovate or Evaporate: Creative Techniques for Strategists. *Long Range Planning*, 29(3), 370-380.
- Hobsbawm, E. J. (2000). *Devrim Çağı 1789-1848*. Ankara: Dost Yayınevi.
- İğdeli, A., ve Sever, E. (2020). İnovasyonun Genç İşsizlik Üzerindeki Etkisi: Türkiye'de Düzey II Bölgeleri Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(3), 771-779.
- İnal, V., Altıntaş, N., ve Çalışkan, M. (2016). Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyümeye Etkisi: Türkiye Özelinde Nedensellik Analizi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 5(1), 34-47.
- Jackman, M., & Lorde, T. (2010). On the Relationship between Tourist Flows and Household Expenditure in Barbados: A Dynamic OLS Approach. *Economics Bulletin*, 30(1), 472-481.
- Jalava, J., & Pohjola, M. (2005). ICT as a Source of Output and Productivity Growth in Finland. *Helsinki Center of Economic Research Discussion Paper No. 52*, 1-11.

- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation And Inference On Cointegration — With Applications To The Demand For Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Jones, C. I. (2001). *İktisadi Büyüme Giriş*. (S. Ateş, & İ. Tuncer, Çev.) İstanbul: Literatür Yayınları.
- Justman, M., & Teubal, M. (1991). A Structuralist Perspective on the Role of Technology in Economic Growth and Development. *World Development*, 19(9), 1167-1183.
- Kabaklarlı, E. (2018). *Endüstri 4.0 ve Paylaşım Ekonomisi: Dünya ve Türkiye Ekonomisi İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler*. Ankara: Nobel Bilimsel Eserler.
- Kafadar, T. (2002, Haziran). *Stratejik Dış Ticaret Politikaları ve Teknoloji Transferi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry*. Acatech.
- Kanca, O. C. (2012). Türkiye’de İşsizlik ve İktisadi Büyüme Arasındaki Nedenselliğin Ampirik Bir Analizi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 1-18.
- Karahan, Ö., ve Gök, M. (2018). Türkiye’deki İnovasyon Politikası Tasarım Sürecinin Analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(ICEESS’ 18), 247-254.
- Karaöz, M., ve Albeni, M. (2004, Ekim 7-8-9). Türkiye’de Teknoloji Çabalarına İlişkin Bir Değerlendirme: Türkiye’de Patent Aktivitesi. *Pamukkale Üniversitesi, III. Bilgi Teknolojileri Kongresi, Bilgitek*, 1-14.
- Kazgan, G. (1993). *İktisadi Düşünce ve Politik İktisadin Evrimi*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Khan, W., Rehman, M., Zangoti, H., Afzal, M., Armi, N., & Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers and Electrical Engineering*, 81, 1-13.
- Kılınç, B. D. (2020). *Teknolojik Değişim ve İstihdam İlişkisi: Türkiye İşgücü Piyasasına Yönelik Makro Bir Analiz*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kocabaş, G. (2010). *Teknolojinin İşgücü ve Üretim Üzerindeki Etkileri (Türkiye’de İmalat Sanayinin İncelenmesi)*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Korkmaz, S. (2010). Türkiye’de Ar-Ge Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Var Modeli ile Analizi. *Journal of Yaşar University*, 5(20), 3320-3330.
- Köse, Z., ve Şentürk, M. (2017). Ar&Ge - Patent Harcamaları ve Teknolojik İlerlemenin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Uygulama. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 215-221.
- Krousie, C. (2018). Technological Unemployment in the United States: A State-Level Analysis. *Major Themes in Economics*, 20, 87-101.
- Kutlar, A. (2009). *Uygulamalı Ekonometri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International Journal of Industrial Organization*, 29(2), 210-220.
- Lavezzi, A. (2003). Smith, Marshall and Young on division of labour and economic growth. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 10(1), 81-108.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Lordoğlu, K., ve Özkaplan, N. (2003). *Çalışma İktisadi*. İstanbul: Der Yayınları.
- Lucas, R. E. (1988). On The Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Lundvall, B.-a., & Johnson, B. (1994, December). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2), 23-42.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing — The business perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176-189.
- Mehmood, B., Feliceo, A., & Shahid, A. (2014). What Causes What? Aviation Demand and Economic Growth in Romania: Cointegration Estimation and Causality Analysis. *Romanian Economic and Business Review*, 9(1), 21-34.
- Mokyr, J. (2003). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. 1-14.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 65(2), 621-641.
- Montes, J. O. (2016). Impacts of 3D Printing on the Development of New Business Models. *2016 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)*, 1-9.
- Morgil, O. (1988). Harrod-Domar Modelinde Tam Kapasite Kullanımının ve Tam İstihdamın Sağlanması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 121-152.
- MÜSİAD. (2017). *Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği: 2017 Lojistik Sektör Raporu (103)*. İstanbul: Mavi Ofset.
- Nef, J. U. (1943). The Industrial Revolution Reconsidered. *The Journal of Economic History*, 3(1), 1-31.
- OECD. (1995). *Bilimsel ve Teknolojik Faaliyetlerin Ölçümü: Bilim ve Teknolojiye Ayrılmış İnsan Kaynaklarının Ölçümü Hakkında Kılavuz "Canberra Kılavuzu" Manual*. Paris.
- OECD. (2002). *Frascati Kılavuzu: Araştırma ve Deneysel Geliştirme Taramaları İçin Önerilen Standart Uygulama*. Paris: Tübitak.
- OECD. (2005). *Oslo Kılavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler*. OECD ve Eurostat.
- OECD. (2010). *OECD Factbook 2010 Economic, Environmental and Social Statistics*.
- Oktar, S., ve Dalyancı, L. (2012). Türkiye Ekonomisinde Para Politikasının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 32(1), 1-18.

- Orhan, S., & Savuk, F. (2014). Emek-Teknoloji-İşsizlik İlişkisi. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma Dünyası Dergisi*, 2(2), 9-24.
- Özbey, A. C. (2020). *Türkiye'de Petrol ve Doğalgaz İthalat Talebi Fonksiyonlarının Tahmin Edilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Özer, M., ve Çiftçi, N. (2009). Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219-240.
- Özkan, M., Al, A., ve Yavuz, S. (2018). Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye. *Siyasal Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-30.
- Özsağır, A. (2008). Dünden bugüne büyümenin dinamiği. *Kmu İibf Dergisi*, 8(14), 332-347.
- Pace, F. D., Manuri, F., Sanna, A., & Fornaro, C. (2020). A systematic review of Augmented Reality interfaces for collaborative industrial robots. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 1-9.
- Parasız, İ. (1998). *Türkiye Ekonomisi 1923'den Günümüze İktisat ve İstikrar Politikaları*. Bursa: Ezgi Kitabevi Yayınları.
- Parasız, İ. (2005). *Kalkınma Ekonomisi*. Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Parasız, İ. (2008). *Ekonomik Büyüme Teorileri*. Bursa: Ezgi Kitabevi Yayınları.
- Paya, M. (2013). *Makro İktisat*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Perrin, J. (1992). *Teknoloji Transferi*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Pietak, L. (2014). Review of theories and models of economic growth. *Comparative Economic Research*, 17(1), 45-60.
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2017). Technological Change and Employment: Were Ricardo and Marx Right? *IZA Discussion Papers 10471*, 1-36.
- Prisecaru, P. (2016). Challenges of the Fourth Industrial Revolution. *Knowledge Horizons- Economics*, 8(1), 57-62.
- Renelt, D. (1991). Economic Growth: A Review of the Theoretical and Empirical Literature. *Policy Research Working Paper Series 678 Washington, D.C. : World Bank Group*, 1-44.
- Ricardo, D. (2008). *Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri*. (B. Zeren, Çev.) İstanbul: Türkiye İş Bankası kültür Yayınları.
- Rifkin, J. (2014). *Üçüncü Sanayi Devrimi Yanal Güç, Enerjiyi, Ekonomiyi ve Dünyayı Nasıl Dönüştürüyor?* (P. Sıral, & M. Başhekim, Çev.) İstanbul: İletişim Yayınevi.
- Roberts, B. H. (2015). The Third Industrial Revolution: Implications for Planning Cities and Regions. *Urban Frontiers Working Paper 1*, 1-22.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion Of Innovations*. The Free Press.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1989). Endogenous Technological Change. *Nber Working Paper Series (3210)*, 1-43.

- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal Of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Romer, P. M. (1994). The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22.
- Rostow, R. R. (1970). Sanayi Devrimi Nasıl Başladı. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 255-278.
- Roy, V. V., Vértesy, D., & Vivarelli, M. (2018). Technology and employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms. *Research Policy*, 47(9), 1762-1776.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbent, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. BCG (The Boston Consulting Group).
- Sadraoui, T., & Ben Zina, N. (2009). A dynamic panel data analysis for R&D cooperation and economic growth. *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, 5(4), 218-233.
- Sala-i-Martin, X. (1990). Lecture Notes On Economic Growth (II): Five Prototype Models Of Endogenous Growth. *Nber Working Papers Series*, 1-49.
- Sarıhan, H. İ. (1998). *Rekabette Başarının Yolu-Teknoloji Yönetimi*. İstanbul: Desnet Yayınları.
- Schumpeter, J. A. (1974). *Kapitalizm, Sosyalizm ve Demokrasi*. (T. Akoğlu, Çev.) İstanbul: Varlık Yayınları.
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Z. Dicleli, Çev.) Optimist Yayınları: İstanbul.
- Selci, F. (2019). *Teknolojik Gelişmelerin Kadın İstihdamı Üzerindeki Etkisi: AB Ülkeleri ve Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çankırı.
- Serter, N. (1993). *Genel Olarak ve Türkiye Açısından İstihdam ve Gelişme*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- SESAM. (2020). Türkiye’de COVID-19’la Mücadelede Alınan Kamu Maliyesi Tedbirlerinin Değerlendirilmesi: <https://sesam.sakarya.edu.tr/tr/duyuru/goster/91540/turkiye-de-covid-19-la-mucadelede-alinan-kamu-maliyesi-tedbirlerinin-degerlendirilmesi>. (Erişim Tarihi: 26.03.2021).
- Seyidoğlu, H. (1999). *Ekonomik Terimler Ansiklopedik Sözlük*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.
- Seyidoğlu, H. (2007). *Uluslararası İktisat*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.
- Seymen, R. (2004). *İktisatçılar İçin Sosyal Siyaset*. İstanbul: Der Yayınları.
- Sharipov, I. (2015). Contemporary Economic Growth Models and Theories: A Literature Review. *CES Working Papers*, 7(3), 759-773.
- Smith, A. (2005). *An Inquiry into The Nature and Causes of The Wealth*. *Ap Enn State Electronic Classics Series Publication*.

- Smith, A. (2006). *Milletlerin Zenginliği*. (H. Derin, Çev.) İstanbul: Türkiye iş Bankası Kültür Yayınları.
- Sokol, A. W., & Hogan, M. D. (2013). *NIST Cloud Computing Standards Roadmap*. Nist Pubs.
- Solms, R. v., & Niekerk, J. v. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security*, 38, 97-102.
- Solomon, E. M., & Klyton, A. v. (2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. *Utilities Policy*, 67, 1-12.
- Solow, R. M. (1988). Growth Theory and After. *The American Economic Review*, 78(3), 307-317.
- Somel, C. (2014). *Makroiktisada Giriş*. İstanbul: Yordam Kitap.
- Soyak, A. (1995). Teknolojik Gelişme: Neoklasik ve Evrimci Kuramlar Açısından Bir Değerlendirme. *Ekonomik Yaklaşım*, 6(15), 93-107.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
- Sylwester, K. (2001). R&D and economic growth. *Knowledge, Technology & Policy*, 13(4), 71-84.
- Taban, S. (2008). *İktisadi Büyüme Kavram ve Modeller*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Tarı, R. (2011). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Taş, H. Y. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 1817-1836.
- Taş, Ş., Taşar, İ., ve Açcı, Y. (2017). AR-GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 197-206.
- Taştemir, O. (2019). *Yüksek Teknolojili Ürün İhracatının Ekonomik Büyümeye Etkisi: OECD Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Taymaz, E. (1998). Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişme ve İstihdam. T. Bulutay içinde, *Teknoloji ve İstihdam* (s. 1-36).
- Taymaz, E. (2001). Ulusal Yenilik Sistemi: Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişim ve Yenilik Süreçleri. *TÜBİTAK/TTGV/DİE*, 5-23.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. *Türkiye'nin Sanayi Devrimi Dijital Türkiye Yol Haritası*. (2018). Erişim Adresi: https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf (Erişim Tarihi: 19.03.2021).
- TDK. (2020, Aralık 22). Ağustos 14, 2020 tarihinde TDK web sitesi: <https://sozluk.gov.tr> adresinden alındı
- Telatar, O. M., Değer, M. K., ve Doğanay, M. A. (2016). Teknoloji Yoğunluklu Ürün İhracatının Ekonomik Büyümeye Etkisi: Türkiye Örneği (1996:Q1-2015:Q3). *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(4), 921-934.

- Tezel, Y. S. (1989). *İktisadi Büyüme*. Ankara.
- Tiryakioğlu, M. (2006). *Araştırma Geliştirme-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş OECD Ülkeleri Üzerine Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi) Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.
- Torun, İ. (2003). Endüstri Toplumu'nun Oluşmasında Etkili Olan İktisadi ve Sina-i Faktörler. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(1), 181-196.
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Chuang, A. C., & Sun, J. J. (2017). A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 208-229.
- Tunç, H. (2018). *Uluslararası Ticaret, Para Ve Finans*. İstanbul: Sümer Kitabevi.
- TÜBİTAK (2016). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. Ankara: TÜBİTAK Erişim Adresi: https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf (Erişim Tarihi: 19.03.2021).
- TÜBİTAK. (2020). TÜBİTAK ULAKBİM: <https://cabim.ulakbim.gov.tr/bibliyometrik-analiz/scopus-turkiye-adresli-veriler/> (Erişim Tarihi: 25.01.2021).
- TÜBİTAK. (2020). TÜBİTAK ULAKBİM: <https://cabim.ulakbim.gov.tr/bibliyometrik-analiz/wos-turkiye-adresli-veriler/> (Erişim Tarihi: 25.01.2021).
- TÜİK. (2019). *İşgücü İstatistikleri Mikro Veri Seti, 2019*. Ankara: TÜİK.
- TÜİK. (2020). TÜİK Temel İstatistikler, Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri İstatistikleri: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=bilgi-teknolojileri-ve-bilgi-toplumu-102&dil=1> (Erişim Tarihi: 23.01.2020)
- TÜİK. (2020). TÜİK İstatistik Veri Portalı: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=bilgi-teknolojileri-ve-bilgi-toplumu-102&dil=1> (Erişim Tarihi: 23.01.2020).
- Türk Patent Enstitüsü (TPE) Patent İstatistikleri. (2020). <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/statistics/> (Erişim Tarihi: 23.01.2021).
- Türkcan, E. (1981). *Teknolojinin Ekonomi Politikası*. Ankara: Ogun Kardeşler Matbaası.
- TÜSİAD. (2011). *İnovasyona Yönelik İvme*. <https://ref.sabanciuniv.edu/sites/ref.sabanciuniv.edu/files/bolum4.pdf> (Erişim Tarihi: 26.03.2021).
- TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD.
- TÜSİAD Ulusal İnovasyon Sistemi: Kavramsal Çerçeve, Türkiye İncelemesi ve Ülke Örnekleri. (2003). (Erişim Tarihi: 25.03.2021).
- Uluatam, Ö. (1998). *Makro İktisat*. Ankara: Savaş Yayınları.
- Unay, C. (2000). *Genel İktisat*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Ünal, T., ve Seçilmiş, N. (2013). Ar-Ge Göstergeleri Açısından Türkiye ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslaması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 12-25.
- Ünsal, E. M. (2011). *Makro İktisat*. Ankara: İmaj Yayıncılık.
- Ünsal, E. M. (2016). *İktisadi Büyüme*. Ankara: BB101 Yayınları.

- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
- Varıcı, M. (2019). *Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 1-10.
- Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D., & Zühlke, D. (2016). Future Modeling and Simulation of CPS-based Factories: an Example from the Automotive Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 97-102.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.
- World Bank. (2020b). Workbook: SME-COVID19: https://dataviz.worldbank.org/views/SME-COVID19/Overview?:embed=y&:isGuestRedirectFromVizportal=y&:display_count=n&:showAppBanner=false&:origin=viz_share_link&:showVizHome=n (Erişim Tarihi: 26.03.2021).
- Wu, Y.-m., Zhou, L., & Jian-xia, L. (2007). Co-integration and Causality between R&D Expenditure and Economic Growth in China: 1953—2004. *International Conference on Public Administration*, 869-876.
- Yardımcı, P. (2006). İçsel Büyüme Modelleri ve Türkiye Ekonomisinde İçsel Büyümenin Dinamikleri. *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F Dergisi*(10), 96-115.
- Yaylalı, M., Akan, Y., ve Işık, C. (2010). Türkiye'de Ar-Ge Yatırım Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1990-2009. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetim Dergisi*, 5(2), 13-26.
- Yeldan, E. (2010). *İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri*. Ankara: Efil Yayınevi.
- Yıldız, H. (2005). Türkiye'de Üniversite-Sanayi İlişkileri ve Kobi'ler (Küçük Sanayi) Açısından Önemi. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Konferansları Dergisi*(31), 207-229.
- Yılmaz, G. (2017). Teknokent Nedir? *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi Ayrıntı*, 29-33.
- Yılmaz, S. (2016). *Makroekonomik Teoride Yatırım Büyüme ve Enflasyon*. İstanbul: Beşir Kitabevi.
- Yu, J.-H., & Zhou, Z.-M. (2019). Components and Development in Big Data System: A Survey. *Journal Of Electronic Science And Technology*, 17(1), 51-72.
- Yue, X., Cai, H., Yan, H., Zou, C., & Zhou, K. (2015). Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight. *Microprocessors and Microsystems*, 39(8), 1262-1270.
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
- Yücel, İ. H. (1997). *Bilim-Teknoloji Politikaları ve 21. Yüzyılın Toplumları*.
- Yülek, M. A. (1997). İçsel Büyüme Teorileri, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Kamu Politikaları Üzerine. *Hazine Dergisi* (6), 1-15.

- Zabun, A. (2015). *Ricardocu Denklik Teoremi:Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Zaim, S. (1997). *Çalışma Ekonomisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Zerenler, M., Türker, N., ve Şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(17), 653-667.
- Zimmermann, K. F. (1991). The employment consequences of technological advance, demand and labor costs in 16 German industries. *Empirical Economics*, 16(2), 253-266.