



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
BİLİM VE TEKNOLOJİ POLİTİKALARI
(100/2000 YÖK DOKTORA BURS U KAPSAMINDA)

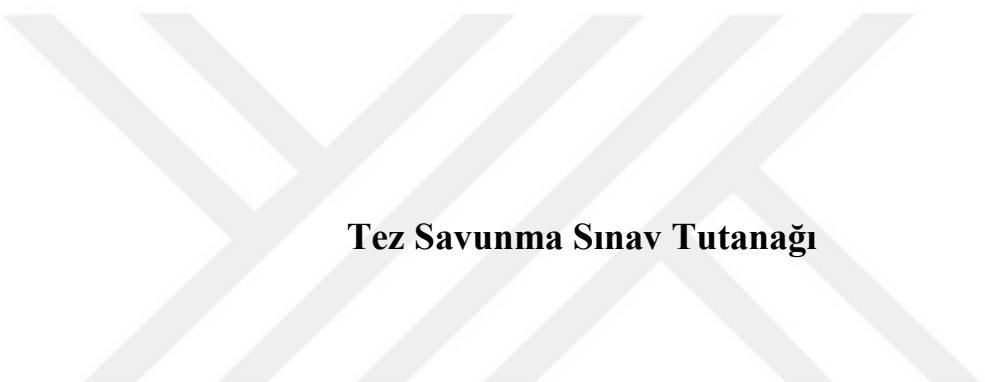
**EMEK PİYASALARINDA DÖNÜŞÜM: TEKNOLOJİK
YENİLİĞİN İSTİHDAM VE İŞSİZLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

İbrahim DAĞLI
1740202002

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Levent KÖSEKAHYAOĞLU

ISPARTA-2021



Tez Savunma Sınav Tutanağı



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Emek Piyasalarında Dönüşüm: Teknolojik Yeniliğin İstihdam ve İşsizlik Üzerindeki Etkileri” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.

İbrahim DAĞLI

03/ 05 / 2021



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU
BEYAN BELGESİ



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-SOYADI	İbrahim DAĞLI
Öğrenci Numarası	1740202002
Enstitü Ana Bilim Dalı	İktisat
Programı	İktisat
Programın Türü	() Tezli Yüksek Lisans (X) Doktora
Danışmanın Unvanı, Adı-SOYADI	Prof. Dr. Levent KÖSEKAHYAOĞLU
Tez Başlığı	Emek Piyasalarında Dönüşüm: Teknolojik Yeniliğin İstihdam ve İşsizlik Üzerindeki Etkileri
Turnitin Ödev Numarası	1548943010

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 280 sayfalık kısmına ilişkin olarak, 03 / 05 / 2021 tarihinde tarafımdan Turnitin adlı intihal tespit programından Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönergesininin 14 üncü maddesinde yer alan filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve ekte sunulan rapora göre, tezin/dönem projesinin benzerlik oranı;

Kaynakçalar hariç, alıntılar dahil, 10 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç;
% 7 'dir.

Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:

(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylarım.

() Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esasları'nda öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.

Gerekçe:

Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlerin ışığı altında tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.

03 / 05 / 2021
Prof. Dr. Levent KÖSEKAHYAOĞLU

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma sürecinde bana kılavuzluk eden ve şahsi desteklerini hiç esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Levent KÖSEKAHYAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bununla birlikte zamanımın büyük bir kısmını bu çalışmaya ayırdığım dönemde beni sabırla idare eden ve destekleyen sevgili eşim Özlem ve göz nuru kızım Ceylin'e sevgilerimi sunarım.

Doktora ders döneminde ve tez döneminde kapılarını bana hep açık tutan Bölüm Başkanı Prof. Dr. Bekir GÖVDERE başta olmak üzere, bölüm hocalarım Prof. Dr. Bekir Sami OĞUZTÜRK, Doç. Dr. Dilek ÇETİN, Doç. Dr. Selen Işık MADEN, Dr. Öğr. Üyesi Süha ÇELİKKAYA ve SDÜ İktisat Bölümünün tüm değerli hocalarına; tezin okunmasında kıymetli zamanlarını ayıran değerli hocalarım ve yakınım Beyhan ve Ali İhsan Esas'a; akademik jürilerde ve tez izleme sürecinde değerli vakitlerini ayıran Doç. Dr. Nurdan KUŞAT ve Dr. Öğr. Üyesi Kazım SARIÇOBAN'a ve doktora sürecinin tamamında uyumlu çalışmaları ile bana destek olan doktora dönem arkadaşlarıma kalben şükranlarımı sunarım.

YÖK tarafından yürütülen 100/2000 Projesi kapsamında "Bilim ve Teknoloji Politikaları" alanında bursiyer olarak tamamladığım doktora eğitimime burs olarak sundukları maddi destekten dolayı, projeyi yürüten Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığına, eğitimimi tamamladığım Süleyman Demirel Üniversitesi Rektörlüğüne ve 100/2000 Programı Koordinatörlüğüne şükranlarımı sunarım.



Bu tezi, amansız bir hastalık nedeniyle 2015 yılında genç yaşta aramızdan ayrılan ve kalbimdeki yeri asla dolmayan rahmetli ANNEME ithaf ediyorum...

ÖZET

Bu tezin ana amacı, özü insanlığın refahına katkıda bulunmak olan teknolojinin etkilerine dair tartışmayı genişletmek ve bu konudaki temel endişe ve beklentileri aydınlatmaya yönelik kapsamlı bir bakış açısı ortaya koymaktır. Bu maksatla, Sanayi Devriminden günümüze kadar yaşanan tekno-ekonomik paradigma değişimleri tarihi bir perspektifte ele alınmıştır. Akabinde içinde bulunduğumuz Endüstri 4.0 çağı ve geleceğe yön vermesi beklenen teknolojiler ele alınmıştır. Günümüz teknolojik değişiminin daha önceki teknolojik devrimlerden farklı olup olmadığı tartışılarak, bu konudaki varsayım ve endişelere yer verilmiştir.

Teknoloji ve istihdam ilişkisinin iktisadi boyutunun ele alındığı çalışmada, teknolojinin etkisiyle yaşanan; işgücü ve ücret kutuplaşması, dengeleyici telafi mekanizmaları ve otomasyon süreci ile bu sürecin gelecekte mesleklere yönelik potansiyel etkileri incelenmiştir.

Tezin ampirik bölümünde teknoloji ve işsizlik ilişkisi, 2005-2018 yıllarını kapsayan AB ülkeleri ve Türkiye veri seti kullanılarak panel veri yöntemi ile analiz edilmektedir. Panel veri analizinde, Arellano ve Bover/ Blundell ve Bond “Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini” ve “Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmini” bir ve iki aşamalı tahmincileri kullanılmıştır. Ampirik analiz bölümünde teknoloji değişkeni olarak Ar-Ge ve patent ayrı ayrı kullanılarak aynı model iki farklı analizle test edilmiştir.

Elde edilen ampirik bulgular ışığında; teknolojinin işsizlik üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı, ancak bu etkinin birinci modelde ikinci yıl sonunda, ikinci modelde birinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı, yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojinin işsizliği arttırıcı bir etkisine rastlanmadığı gibi küçük bir oranda da olsa telafi etkileri ile işsizliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisi kısa dönemde geçerlidir ve uzun dönemde ortadan kaybolmaktadır. Teknoloji istihdam odaklı doğru politikalarla yönetilmelidir ve teknolojiye maksat işlerin otomasyon seviyesini arttırmak yerine insanların refah seviyesini arttırmak olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Teknoloji ve İstihdam, Teknolojik İşsizlik, Mesleklerin Geleceği, İşgücünün Geleceği, Teknoloji ve İşsizlik.

ABSTRACT

The main purpose of this thesis is to expand the debate on the effects of technology, the essence of which is to contribute to the well-being of humanity, and to provide a comprehensive perspective to illuminate the main concerns and expectations in this regard. For this purpose, the techno-economic paradigm changes from the Industrial Revolution to the present are discussed in a historical perspective. Subsequently, the Industry 4.0 era we are in and the technologies expected to shape the future are discussed. By discussing whether today's technological change is different from previous technological revolutions, the assumptions and concerns on this issue have been included.

In the study, which deals with the economic dimension of the relationship between technology and employment, the effects of technology; job polarization and wage polarization, compensation mechanisms and the automation process and the potential impacts of this process on future professions are examined.

In the empirical part of the thesis, a panel data analysis, with the data set consisting of the 2005-2018 period, including Turkey and EU countries, testing the relationship between technology and unemployment has been done. In the panel data analysis, Arellano and Bover/ Blundell and Bond "System Dynamic Panel Data Estimation" and "System Generalized Method of Moments" one and two step estimators have been used. In the empirical analysis chapter, the same model is tested with two different analyzes by using R&D and patent separately as technology variables.

In the light of the empirical findings; It is concluded that technology has a small and positive effect on unemployment for the short term, but this effect starts to disappear at the end of the second year in the first model and at the end of the first year in the second model, that is, it is a temporary effect. It has been concluded that technology does not have an increasing effect on unemployment and reduces unemployment with its compensation effects, albeit to a small extent. However, the effect of technology on unemployment is valid in the short term and disappears in the long term. Technology should be managed with the right policies focused on employment, and the purpose of technology should be to increase the level of welfare of people instead of increasing the automation level of the works.

Keywords: Technology and Employment, Technological Unemployment, The Future of Jobs, The Future of Labor Force, Technology and Unemployment.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI	ii
YEMİN METNİ	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
RESİMLER DİZİNİ	xiv
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLİK VE TEKNO-EKONOMİK PARADİGMA DÖNÜŞÜMLERİ

1.1. YENİLİK VE AR-GE'YE KAVRAMSAL YAKLAŞIM.....	7
1.1.1. Yenilik Kavramı	7
1.1.2. Ar-Ge Kavramı.....	15
1.2. SANAYİ DEVRİMİNDEN ENFORMASYON TOPLUMUNA.....	19
1.2.1. Teknolojik Yenilik Dalgaları ve Tekno-Ekonomik Paradigmalar	20
1.2.2. Endüstri 4.0 Öncesi Sanayi Devrimleri	25
1.3. ENDÜSTRİ 4.0 VE GELECEĞE YÖN VERMESİ BEKLENEN TEKNOLOJİLER	31
1.3.1. Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi).....	32
1.3.1. Geleceğe Yön Vermesi Beklenen Teknolojiler.....	39
1.4. MOORE YASASI VE TEKNOLOJİDE GELİNER NOKTA	54
1.4.1. Büyük Teknolojilerdeki Güncel Gelişmeler.....	55
1.4.2. Moore Yasası.....	79

İKİNCİ BÖLÜM

TEKNOLOJİ VE İSTİHDAM İLİŞKİSİNİN İKTİSADİ BOYUTU

2.1. TARİHİ BAĞLAMDA TEKNOLOJİNİN İKTİSADİ ETKİLERİ.....	83
2.1.1. Teknolojinin İktisadi Etkilerine Yönelik Yaklaşımlar	83
2.1.2. Luddizm ve Luddist Eylemler	91
2.2. İŞGÜCÜ VE ÜCRET KUTUPLAŞMASI	93
2.2.1. Beceri Yanlı ve Rutin Yanlı Teknolojik Değişim	93
2.2.2. İşgücü Kutuplaşması	95
2.2.3. Ücret Kutuplaşması	99
2.3. TELAFİ MEKANİZMALARI.....	103
2.3.1. Yeni Makineler Aracılığıyla Telafi Mekanizması.....	104
2.3.2. Fiyatların Düşürülmesi Yoluyla Telafi Mekanizması	105
2.3.3. Yeni Yatırımlar Yoluyla Telafi Mekanizması.....	106
2.3.4. Ücretlerin Düşürülmesi Yoluyla Telafi Mekanizması	106
2.3.5. Gelir Artışı Yoluyla Telafi Mekanizması.....	107
2.3.6. Yeni Ürünler Aracılığıyla Telafi Mekanizması.....	107
2.4. İSTİHDAMIN DÖNÜŞÜMÜ, ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR VE MESLEKLERİN GELECEĞİ.....	108
2.4.1. Endüstriyel Robotlar.....	110
2.4.2. Otomasyon Sürecinin Etkileri	114
2.4.3. Mesleklerin Geleceği.....	122

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AVRUPA BİRLİĞİ VE TÜRKİYE BİLİM, TEKNOLOJİ, YENİLİK VE İSTİHDAM GÖRÜNÜMÜ

3.1. İSTİHDAM GENEL GÖRÜNÜMÜ.....	129
3.1.1. Avrupa Birliği İstihdam Genel Görünümü.....	129
3.1.2. Türkiye İstihdam Genel Görünümü	132
3.2. BİLİM, TEKNOLOJİ VE YENİLİK GÖSTERGELERİ.....	134
3.2.1. Avrupa Birliği Bilim, Teknoloji ve Yenilik Göstergeleri	134
3.2.2. Türkiye Bilim, Teknoloji ve Yenilik Göstergeleri	140

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

4.1. LİTERATÜRDEKİ AMPİRİK ÇALIŞMALAR	147
4.2. MAKRO (ÜLKE DÜZEYİ) ÇALIŞMALAR	148
4.3. SEKTÖREL VE FİRMA DÜZEYİ ÇALIŞMALAR.....	153
4.3.1. Sektörel Düzeydeki Çalışmalar	156
4.3.2. Firma Düzeyi Çalışmalar.....	164

BEŞİNCİ BÖLÜM

EKONOMETRİK ANALİZ

5.1. YÖNTEM: DİNAMİK PANEL ANALİZİ	180
5.2. VERİ SETİ.....	183
5.3. DEĞİŞKENLER	184
5.3.1. Teknolojik Yenilik Değişkenleri	184
5.3.2. Kontrol Değişkenleri	187
5.4. MODEL.....	189
5.5. ANALİZ SONUÇLARI	191
5.5.1. Birinci Model Analiz ve Bulguları	191
5.5.2. İkinci Model Analiz ve Bulguları.....	199

SONUÇ	213
KAYNAKÇA	224
ÖZGEÇMİŞ	262

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yeniliğin İcada Dönüşümü	8
Tablo 2. Yenilik Türlerine Örnekler.....	12
Tablo 3. Kondratieff Uzun Dalgalar Kuramının Modifikasyonu.....	22
Tablo 4. Teknolojik Yenilik Dalgaları	23
Tablo 5. Teknolojik Devrimler ve Tekno-Ekonomik Paradigmalar	24
Tablo 6. Sanayi Devrimindeki Başlıca İcatlar.....	26
Tablo 7. Tekstil Alanındaki İcatlar.....	27
Tablo 8. Yeni Teknolojiler	42
Tablo 9. 2025 Yılına Kadar Gerçekleşmesi Beklenen Dönüm Noktaları	56
Tablo 10. Beyin Bilimi ve Teknolojisindeki Büyük Girişimler	62
Tablo 11. Otomasyonun İstihdama Etkilerine Yönelik Görüşler.....	115
Tablo 12. Otomasyonun İstihdama Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar	117
Tablo 13. 2008-2011 Arasında Robotların Kullanımı Sayesinde Yaratılan İşler ...	121
Tablo 14. 2018 ve 2022 İlk On Beceri Taleplerinin Karşılaştırılması	123
Tablo 15. Sektörler Arasında Artan ve Azalan Talepte İlk 20 İşin Rolü	124
Tablo 16. Bazı Mesleklerde 2022'ye Kadar Beklenen Değişim	125
Tablo 17. Otomasyona En Çok ve En Az Yatkın 10 Meslek Grubu.....	127
Tablo 18. 2020 Küresel Yenilik Endeksi Sıralaması.....	135
Tablo 19. Teknolojik Yeniliğin İstihdam ve İşsizlik Üzerindeki Etkileri Üzerine Yapılan Makro Çalışmalar.....	148
Tablo 20. Teknoloji-İşsizlik/İstihdam İlişkisini Analiz Eden Firma Düzeyi Ampirik Çalışmalar	175
Tablo 21. Teknoloji-İşsizlik/İstihdam İlişkisini Analiz Eden Sektörel Düzeyde Ampirik Çalışmalar.....	178
Tablo 22. Değişkenler ve Beklenen Korelasyon Tablosu	184
Tablo 23. Tanımlayıcı İstatistik Tablosu.....	190
Tablo 24. Patent Bağımsız Değişkeni İçin İlk Tahmin Sonuçları	192
Tablo 25. Patent Bağımsız Değişkeni İçin Son Tahmin Sonuçları	196
Tablo 26. Ar-Ge Bağımsız Değişkeni İçin İlk Tahmin Sonuçları.....	200
Tablo 27. Ar-Ge Bağımsız Değişkeni İçin Son Tahmin Sonuçları	204
Tablo 28. İki Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	207
Tablo 29. OLS/FE/RE Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Patent)	209
Tablo 30. OLS/FE/RE Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Ar-Ge).....	210
Tablo 31. SE/HW/KR/DK Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Patent).....	211
Tablo 32. SE/HW/KR/DK Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Ar-Ge)	212

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Sanayi Devrimleri Şeması	29
Şekil 2. Sanayi Devrimleri.....	35
Şekil 3. Yeni Sanayi Devriminin Kazanımları	38
Şekil 4. Gelecek İçin Kilit ve Gelişmekte Olan 40 Teknoloji	40



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. İnşaatta 3D Baskı.....	58
Resim 2. Avrupa'nın En Büyük 3D Baskı Apartman Projesi	58
Resim 3. 3D Baskı Canlı Embriyoid Gövdeler	60
Resim 4. İlk Sürücüsüz Ticari Taksi.....	67
Resim 5. Hyperloop Kapsül ve Tüneli	73
Resim 6. Robotların Çalıştığı Bir Restoran	74



GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. Küresel 3D Baskı Pazarı.....	57
Grafik 2. Teknolojinin Algılanan Avantajları ve Negatif Sonuçları.....	66
Grafik 3. IP5 Patent Sayılarının Değişimi 2005-2016	69
Grafik 4. Moore Yasası'nın Farklı Boyutları.....	80
Grafik 5. Avrupa Birliği Ülkeleri için İstihdam ve Beceri Seviyeleri 2008-2019....	94
Grafik 6. Dünya Geneline Yaşanan İşgücü Kutuplaşması.....	96
Grafik 7. Avrupa Birliği Ülkeleri için İşsizlik ve Beceri Seviyeleri 2005-2019	97
Grafik 8. ABD'de İstihdamın Mesleklere Göre Değişimi	98
Grafik 9. Beceri Yüzdesine Göre İstihdamdaki Değişim	100
Grafik 10. Beceri Yüzdesine Göre Ücretlerdeki Değişim	101
Grafik 11. Küresel İşsizlik Oranı %.....	109
Grafik 12. Küresel İstihdamın Sektörel Dağılımı %.....	109
Grafik 13. Endüstriyel Robotların Son 10 Yıldaki Artışı	112
Grafik 14. Robot Yoğunluğunun Ülkelere Dağılımı	112
Grafik 15. Endüstriyel Robotların Coğrafi Dağılımı	113
Grafik 16. Endüstriyel Robotların Sektörlere Dağılımı	114
Grafik 17. İngiltere ve ABD'de Yüksek Otomasyon Riski Altında Olan İşlerin Oranı	119
Grafik 18. Farklı Ülkelerde Yüksek Otomasyon Riski Altında Olan İşlerin Oranı	120
Grafik 19. Türkiye ve Ortadoğu Ülkelerinde Otomasyon Riski Altında Olan İşler	121
Grafik 20. İnsan ve Makine Çalışma Saatleri Oranları	122
Grafik 21. 2027'ye Kadar Beklenen Talep Değişiklikleri	126
Grafik 22. AB Ülkelerinde İşgücüne Katılım Oranları.....	129
Grafik 23. Avrupa Birliğinde İstihdamın Sektörel Dağılımı	130
Grafik 24. İşsizlik Oranlarının Karşılaştırılması	130
Grafik 25. Avrupa Birliğinde İşsizlik Oranları	131
Grafik 26. AB Ülkelerinde 2020 Yılı İşsizlik Oranları.....	131
Grafik 27. İşgücüne Katılım Oranlarının Karşılaştırılması.....	132
Grafik 28. İstihdamın Sektörel Dağılımı	133
Grafik 29. İşsizlik Oranlarının Karşılaştırılması.....	133
Grafik 30. Eğitim Seviyelerine Göre İşsizlik.....	134
Grafik 31. AB Ar-Ge Harcamalarının GSYH İçindeki Payı	136
Grafik 32. AB Milyon Kişi Başına Araştırmacı Sayısı.....	136
Grafik 33. AB Yüksek-Teknoloji İhracatı Payı	137
Grafik 34. AB Bireysel İnternet Kullanıcılarının Oranı	138
Grafik 35. IP5 Patent Sayılarının Dağılımı	139
Grafik 36. Teknolojilere Göre IP5 Patent Sayıları.....	139
Grafik 37. Ar-Ge Harcamalarının GSYH İçindeki Payı	140
Grafik 38. Sektör Bazında Ar-Ge Harcamaları Oranı.....	141
Grafik 39. Türk Patent ve Marka Kurumu Patent Tescilleri.....	142
Grafik 40. Türkiye'de Milyon Kişi Başına Bilimsel Yayın Sayısı.....	143
Grafik 41. Bilimsel Yayında Türkiye'nin Dünya Sıralaması	143
Grafik 42. 10 Bin Çalışan Başına Düşen Ar-Ge İnsan Kaynağı	144
Grafik 43. Ar-Ge İnsan Kaynağının Sektörel Dağılımı	145
Grafik 44. Hanelerde İnternet Erişimi ve Bilgisayar Kullanımı	145

KISALTMALAR DİZİNİ

3D	: Üç Boyutlu
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ALS	: Amyotrofik Lateral Skleroz
AR	: Arttırılmış Gerçeklik
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BYTD	: Beceri Yanlı Teknolojik Değişim
CLIS	: Tamamen Kilitli Kalma Sendromu
CNC	: Bilgisayarlı Sayısal Kontrol
CT	: Bilgisayarlı Tomografi
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DYS	: Doğrudan Yabancı Sermaye
EPO	: Avrupa Patent Ofisi
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IFR	: Uluslararası Robotik Federasyonu
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
IP5	: En Büyük 5 Patent Ofisinde Geçerli Patentlerin Sınıflandırması
JPO	: Japonya Patent Ofisi
KOBİ	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler
LSDV	: Gölge Değişkenli En Küçük Kareler
m2m	: Makiden Makineye İletişim
MR	: Karma Gerçeklik
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
P2P	: Uçtan uca
PCT	: Uluslararası Patent Anlaşması
PET	: Pozitron Emisyon Tomografisi
POLS	: Havuzlanmış En Küçük Kareler
RYTD	: Rutin Yanlı Teknolojik Değişim
S-DPD	: Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini
S-GMM	: Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi
TDK	: Türk Dil Kurumu
TPF	: Üçlü Patent Ailesi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USPTO	: ABD Patent Ofisi
VAR	: Vektör Otoregresyon
VR	: Sanal Gerçeklik
WEF	: Dünya Ekonomik Forumu

GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca ülkelerin ekonomik gelişimi, ekonomilerde yaşanan yapısal değişimler, işgücü ve işlerin doğasında yaşanan değişimler büyük teknolojik devrimlerle karakterize edilmiştir. Tekno-ekonomik paradigma dönüşümleri olarak adlandırılan bu değişim ve dönüşüm süreci, iktisat biliminde de önemli araştırma konularından birisi olmuştur. Gündelik hayatın ve iş dünyasının her alanında, büyük teknolojik atılımlarla daha öncekilerden çok daha hızlı ve büyük değişimler yaşanmaktadır. Akıllı otomasyon süreci ile akıllı evler, akıllı arabalar, akıllı fabrikalar her yeri kuşatmış durumdadır. Nesnelerin interneti, büyük veri ve bulut teknolojileri sayesinde teknoloji hayatımızın her anına ulaşmakta ve adeta insanlarla makineler iç içe yaşamaktadır.

İnsan ve makinelerin artan etkileşimi bir taraftan büyük bir potansiyel sunarken diğer taraftan geleneksel yaşam ve iş dünyasını kökten değişime uğratmaktadır. İnsanlar tarafından yerine getirilen iş ve görevlerin temel doğası değişmektedir. Bu değişim süreci, işgücünde talep değişimi ile birlikte aranılan nitelik ve becerileri de değiştirmektedir. Otomasyon ve yapay zekâ teknolojilerinin benimsenme düzeyi arttıkça insanoğlu makinelerle daha fazla etkileşime girecektir. Bu insan-makine etkileşimi, bir taraftan daha yüksek verimlilik ve daha hızlı ekonomik büyüme olarak karşımıza çıkarken diğer taraftan daha az işgücü ihtiyacı ve ihtiyaç duyulan niteliklerde değişme anlamına gelecektir. Bir taraftan doktorların daha doğru teşhis koymasına yardımcı olan yapay zekâ ile donatılmış akıllı robotlar, sürücüsüz seyahat etme imkânı sunan otonom araçlar, bir haftadan kısa sürede evler inşa edebilen veya yapay doku üretebilen üç boyutlu yazıcılar hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Diğer taraftan makinelerin daha önceden insanlar tarafından yerine getirilen görevleri devralması, insan işgücünü değişen rolüne ayak uydurmak zorunda bırakmaktadır.

Teknolojinin yaygınlaşmasıyla akla ilk gelen işgücü talebinde azalma olsa da teknolojinin etkisiyle yaratılacak yeni işler ve sektörler genellikle ilk bakışta göz ardı edilmektedir. Yok edilen işlerin karşısında yeni yaratılan işlerin nitelik ve niceliği birçok çalışmanın araştırma konusu olmuştur. Bugüne kadar teknolojinin sunduğu potansiyelin nihai olarak insan refahına katkıda mı bulanacağı yoksa birçok insanı işinden ederek makinelerin üstünlüğü ele geçirdiği yeni bir iş dünyasıyla mı

karşılaşılabacağına dair iyimser ve kötümser birçok senaryo ortaya atılmıştır. Bu çalışmada da teknolojinin potansiyel etkileri ve insan-makine etkileşimindeki muhtemel senaryolara ve ana tema olarak teknolojinin istihdam üzerindeki etkilerine yer verilmektedir.

Çalışmanın Motivasyonu

Teknolojinin gelecekteki işlerin niteliği ve niceliği üzerindeki potansiyel etkileri, akademisyenlerin, uzmanların, politikacıların ve en önemlisi gelecek kaygısı taşıyan çalışanların ve işverenlerin önemli bir ilgi odağı olmuştur. Bu konudaki popüler anlatı, teknoloji karşıtı olan Luddistlerin kısa vadeli etkiler konusunda haklı olmasına rağmen, yeni teknolojilerin uzun vadede refah seviyesini artıracak yönündedir. Ancak son dönemlerde yapılan bazı araştırmalar, yeni teknolojilerin istihdam ve eşitsizlik üzerindeki etkilerine dair korkutucu senaryolar ortaya koymuştur.

2013 yılında, Oxford Üniversitesinden Carl Benedikt Frey ve Michael Osborne, ABD'deki çalışanların yarısının yirmi yıl içinde otomasyona maruz kalacağını duyuran çalışması ile bu konudaki tartışmaların fitilini yeniden ateşlemiştir. Üstelik geleceğe dair bu kadar kaygı verici senaryoda yalnız da değildirler. Massachusetts Teknoloji Enstitüsünden Eric Brynjolfsson ve Andrew McAfee ve fütürist yazar Martin Ford, yayınladıkları dünya çapında ünlü kitaplarında teknolojinin işleri önemli derecede etkileyeceğine dair görüşleri desteklemişlerdir.

Teknolojinin etkilerine dair son yıllarda yeniden artan bu büyük ilgi ve endişenin kuvvetli temellerinin olduğunu kabul etmek son derece yerinde olacaktır. Geçtiğimiz yirmi yıl içinde endüstriyel robotların sayısı önemli oranda artmıştır ve bu robotlar milyonlarca imalat işini ortadan kaldırmıştır. Bir taraftan robotlar insanlardan daha ucuz olma yolunda ilerlerken diğer taraftan robotlar hızla daha becerikli hale gelmektedir.

Bu dönüşümün arkasındaki temel itici güçler; yapay zekâ, makine öğrenimi, nesnelerin interneti, 3D (üç boyutlu) yazıcılar, büyük veri, bulut teknolojileri ve diğer bilişim teknolojileri maliyet verimliliğine aşırı odaklanmaktadır. Bu teknolojilerin üretimde kullanılması ile ortaya çıkan üretimdeki dijitalleşme süreci, geleneksel üretim anlayışını tamamen ortadan kaldırmaktadır. Birçok teknolojinin birleşimi olan

akıllı otomasyon, yalnızca üretimde kas gücünün yerini almakla kalmayıp akıllı makinelerle zihnimizi değiştirme ve gelişmiş bir kombinasyonla internet, sensörler ve GPS gibi teknolojiler sayesinde hayatımızın her anına dahil olmaktadır.

Yeni teknolojilerin akıllı olması, onları birçok yönden daha önceki teknolojilerden ayıştırmaktadır. Teknolojik yeniliklerin sürekli olduğu ve tarihte en hızlı ilerlediği dönemi yaşamaktayız. Bu çalışmaya motivasyon kaynağı olan temel soru, birçok araştırmacı tarafından iddia edildiği gibi içinde bulunduğumuz teknolojik devrimin diğerlerinden farklı olup olmadığıdır. Bu merak, eğer bu teknolojiler daha öncekilerden farklıysa, “*O halde iktisadi etkileri de daha öncekilerden farklı mıdır?*” genel sorusuna temel oluşturmuştur. Daha sonra aynı motivasyonla, araştırmanın daha spesifik bir boyutu olan, teknoloji ve istihdam ilişkisini ortaya koyma fikri oluşmuştur. Başka bir deyişle, daha önceki teknoloji devrimlerinin hiçbir dönemde, Keynes tarafından ortaya atılan kalıcı teknolojik işsizliğe neden olmadığı tarihi bir gerçektir. Ancak bu, hiçbir zaman bozulmayacak kesin bir yasa da değildir. Peki son dönemde farklı olduğu iddia edilen bu yeni teknolojilerin istihdam üzerindeki etkisi de farklı mı olmuştur? Çalışmanın temel motivasyonu bu soru olmuştur.

Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu tezin temel amacı, ana amacı insanlığa katkıda bulunmak olan teknolojinin etkilerine dair tartışmayı genişletmek ve bu konudaki temel endişe ve beklentileri aydınlatmaya yönelik kapsamlı bir bakış açısı ortaya koymaktır. Bu maksatla, teknolojiye dair temel kavramlar ile birlikte tekno-ekonomik paradigmlar tarihi bir perspektifte sunularak, tarihi bir seyir ve karşılaştırma olanağına kavuşmak hedeflenmiştir. Endüstri 4.0 olarak anılan günümüz teknoloji devrimi ve bu dönemin yeni teknolojileri hakkında temel bilgi ve buluşlar ortaya konularak, temel tartışma konularından birisi olan, bu dönemin daha önceki dönemlerden farklı olup olmadığına dair geniş bir tartışma zemini ortaya konulması amaçlanmıştır. Diğer taraftan son yirmi yıla ait istihdam, bilim, teknoloji ve yenilik görünümü sayısal olarak çalışmaya dahil edilmiş ve bu şekilde değişimin nicel yönünün ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu tezin ampirik bölümünün amacı, önceki bölümlerde tarihi ve teorik temelleri tartışılan teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkilerinin AB ülkeleri ve Türkiye üzerinden ampirik bulgularla yeniden tartışılmasıdır. Geniş bir veri seti ile ve

çok sayıda araç değişken kullanılarak, geniş bir modelle yapılan bu ekonometrik analiz, teorik temelleri tartışılan, teknolojinin işsizliğe yol açacağı hipotezini test etmektedir. Analizin makro ekonomik boyutta yapılması ile daha genel ve kapsamlı sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın Kısıtları

Literatürde makro düzeyde yapılmış çalışmaların çok az sayıda olması bu alandaki çalışmanın en önemli kısıtlarındandır. Bu durum, teknoloji değişkeninin uygun kontrol ve araç değişkenlerinin ve değişkenlerin kullanımında seçilecek uygun parametrelerin belirlenmesi sorununu da beraberinde getirmektedir. Sayıca az olan makro çalışmaların birçoğunda net sonuçlara ve karşılaştırılabilir bulgulara ulaşamamış olması, bu çalışmada bir diğer kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın Özgün Değeri

Teknoloji ve istihdam ilişkisini inceleyen çalışmaların tamamına yakını mikro-ekonometrik modellemelerden oluşmaktadır. Literatürün firma seviyesi ve sektörel seviyedeki çalışmalara odaklanmasının temel nedeni, bu konuda makro modellemelerin önemli kısıtlarının olmasıdır. Bu çalışmada, literatürde az sayıda olan makro ekonometrik modelleme tercih edilmiş olması, çalışmanın en önemli katkılardandır. AB ve Türkiye’yi içeren geniş bir ülke grubu ile karşılaştırmalı ampirik bir analiz yapılması, makro anlamda daha genel ve kapsamlı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte teknoloji değişkeni olarak üçlü patent ailesi kullanımı, yine literatürde çok yaygın değildir. Literatürde az sayıda da olsa yapılan makro çalışmaların büyük bir çoğunluğunda, istatistiki olarak anlamlı bulgulara ulaşamamıştır. Bu çalışmada teknolojinin uzun vadede gecikmeli olarak yapacağı etki göz ardı edilmemiş ve cari etkinin yanı sıra gecikmeli etkileri de analiz edilmiştir. Aynı model iki farklı değişkenle test edilerek birbiri ile karşılaştırılması mümkün, anlamlı ve tutarlı bulgular elde edilmiştir. Kısa ve uzun vadede etkilere ayrı ayrı bakılmış olması, daha gerçekçi politika önermeleri için temel oluşturabilecek bulguların ortaya konulmasını mümkün kılmıştır.

Bu çalışma AB ülkeleri ve Türkiye’yi kapsayan 2005-2018 yıllarına ait özgün bir veri seti ile yapılmıştır. AB ülkeleri ve Türkiye’yi kapsayan, güncel döneme ilişkin

ve nihai hali bu çalışmada geliştirilen bir model kullanılarak yapılan analiz, literatüre yeni bir katkı sunmaktadır.

Çalışmanın Ana Hatları

Bu tez toplam beş bölümden oluşmaktadır: İlk üç bölüm kavramlar ve teorik bilgilere, dördüncü bölüm literatür taramasına ve son bölüm ampirik incelemeye ilişkindir.

Birinci bölüm, yenilik ve Ar-Ge'ye ilişkin kavramsal yaklaşımla başlamaktadır. Bölümün devamında Sanayi Devrimi ile başlayan ve günümüz Endüstri 4.0 çağına kadar devam eden tarihi süreç ve bu süreçte yaşanan tekno-ekonomik paradigma dönüşümleri ele alınmıştır. Ayrı bir başlık halinde günümüz teknolojileri ve geleceğe yön vermesi beklenen teknolojiler ve bu teknolojilerde yaşanan son gelişmeler bir arada sunulmuştur. Bölümün sonunda Moore Yasası kapsamında, günümüzde yaşanan teknoloji değişiminin daha öncekilerden farklı olduğuna dair tartışmalar ele alınmış ve mevcut teknolojilerde ulaşılan son noktalara dair değerlendirmelere yer verilmiştir. Bu şekilde, çalışmanın ana kavramlarından biri olan teknolojinin, kavramsal boyutu ve tarihi perspektifin yanı sıra, günümüz güncel gelişmeleri bir arada sunulmuştur. Kısaca, bu bölüm çalışmanın temel zemini olarak teknolojiye ilişkin gelişme ve tartışmaları belirli bir düzen içerisinde bir arada sunmaktadır.

İkinci bölümde, teknolojinin istihdamla ilişkisi kurularak teknoloji bu defa iktisadi boyutu ile ele alınmıştır. Bu bölümün başlangıcında, teknolojinin iktisadi etkilerine yönelik, Klasik iktisatçılardan günümüze değin ortaya atılmış düşünce ve yaklaşımlara yer verilmiştir. Bölümün devamında, teknolojinin istihdam üzerindeki işsizlik etkisine ilave olarak yaşanan işgücü ve ücret kutuplaşması hem teorik hem ampirik olarak incelenmiştir. Bölüm sonunda, teknolojide yaşanan gelişmeler neticesinde istihdamda yaşanan dönüşüm ve imalat sanayisindeki endüstriyel robotların etkileri tartışılmıştır. İlave olarak, yeni teknolojilerin etkisiyle gelecekte mesleklerin nasıl şekilleneceği, hangi becerilere ihtiyaç duyulacağı ve otomasyon sürecinin istihdamı gelecekte ne düzeyde etkileyeceğine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir. Kısaca, bu bölümde, teknolojinin istihdam üzerinde yaratacağı iktisadi etki

ve otomasyon sürecinde yaşanması muhtemel işgücü talebi değişimlerine ilişkin tablo ortaya konulmaktadır.

Üçüncü bölümde, bir sonraki bölümde yapılacak ampirik inceleme öncesinde, ilgili analiz döneminde (2005-2018), ilgili ülkelere (AB ülkeleri ve Türkiye) ilişkin; bilim, teknoloji, yenilik ve istihdam değişkenlerinin genel görünümü sunulmaktadır. Bu şekilde, analiz öncesinde söz konusu ülkelerin istihdam dinamikleri ve yenilik göstergelerine ilişkin sayısal bulgular sunularak istatistiki bulguların yorumlanmasında yardımcı ve yol gösterici olması beklenmektedir.

Dördüncü bölüm, iki temel başlık altında makro ve mikro düzeyde istihdam ve teknolojiye ilişkin yapılan çalışmaların literatür taramasını sunmaktadır.

Son bölüm, çalışmanın ampirik boyutunu içeren ekonometrik analiz ve bulgulara yer vermektedir. Analiz bulguları öncesinde; analizin yönteminin neden ve nasıl seçildiği, izlenen metodolojiye ilişkin teorik ve temel bilgiler, veri seti ve ekonometrik model, kullanılan bağımlı değişkenlere ve kontrol değişkenlerine yer verilmiştir. Bölüm içerisinde, bu değişkenlerin seçim süreci ve bu değişkenlerle ilgili yapılan ampirik çalışmalar ışığında değişkenlerden beklenen etkiler tartışılmıştır. Neden iki ayrı bağımlı değişkenle ve iki ayrı model kurularak analizin tekrar edildiği bölüm içerisinde tartışılmaktadır.

1. BÖLÜM

YENİLİK VE TEKNO-EKONOMİK PARADİGMA DÖNÜŞÜMLERİ

1.1. YENİLİK VE AR-GE'YE KAVRAMSAL YAKLAŞIM

Çalışmanın bu bölümünde, temelde teknolojinin işsizlik üzerindeki etkilerini inceleyen bu araştırma için karşımıza sıkça çıkacak olan Ar-Ge ve yenilik kavramı ile yeniliğin türlerine dair kavramsal bir çerçeve oluşturulacaktır.

1.1.1. Yenilik Kavramı

İngilizcede “*innovation*” olarak anılan kavramın Türkçe karşılığına yönelik “*inovasyon, yenileşim ve yenilik*” kavramlarının kullanılması gerektiğine dair çeşitli öneriler mevcuttur. Ancak literatürde ağırlıklı olarak “*inovasyon*” ve “*yenilik*” olarak iki kavramın kullanıldığı görülmektedir. Yenilik, Türk Dil Kurumu sözlüğünde:

1. *Yeni olma durumu,*
2. *Yeni olan bir şeyin özelliği,*
3. *Eskimiş, zararlı veya yetersiz sayılan şeyleri yeni, yararlı ve yeterli olanlarıyla değiştirmek, tecdüt,*
4. *Yenileşim olarak tanımlanmıştır (TDK, 2020).*

TDK (2020), inovasyon kavramına da *yenileşim* olarak sözlükte yer vermiştir. Yenileşim kavramını ise:

“*Değişen koşullara uyabilmek için toplumsal, kültürel ve yönetsel ortamlarda yeni yöntemlerin kullanılmaya başlanması, yenilik, inovasyon*” olarak tanımlamıştır (TDK, 2020).

Yenilik kavramında uluslararası kabul görmüş genel tanım için literatürde “Oslo Kılavuzu”na işaret edilmektedir. Oslo Kılavuzu’nun 3’üncü versiyonunun TÜBİTAK tarafından yayımlanan Türkçe tercümesinde de “*innovation*” kavramı için “*yenilik*” kullanılmıştır. Bu çalışmada da Türkçe literatürle uyumlu olarak ve

TÜBİTAK çevirisine bağlı kalarak İngilizce “innovation” kavramının karşılığında “yenilik” kavramı kullanılmıştır.

Solow (1957), teknik ilerleme olarak bahsettiği yeniliği “*Üretim fonksiyonundaki herhangi bir değişiklik.*” olarak kısaca tanımlamıştır (1957:312). Dosi’ye (1988) göre yenilik, “*Yeni ürünlerin, yeni üretim süreçlerinin ve yeni organizasyon yapılarının araştırılması ve keşfi, denenmesi, geliştirilmesi, taklit edilmesi ve benimsenmesidir.*” (1988:222).

Schumpeter, Solow’la benzer şekilde, yenilik için “*Üretim fonksiyonunda meydana gelen bir değişiklik.*” olarak bahsetmiştir (Schumpeter, 1939: 62). Yenilik ve icat arasında farklılığı vurgulayarak yeniliğin icat olmadan da gerçekleşebileceğini ve icat tarafından desteklenmeden kendiliğinde de ortaya çıkabileceğine dikkat çekmiştir (Schumpeter, 1939:84). Schumpeter (1934) “*Theory of Economic Development*” adlı eserinde yeniliklerin ekonomik büyümede itici güç olduğuna dikkat çekerek yeniliğin büyümedeki etkisini vurgulamıştır. Schumpeter, büyümenin itici gücünün icatlar değil yenilikler olduğunu ve dolayısıyla yenilik haline gelmeyen bir icadın büyümeye katkı sağlamayacağını açıklamıştır. Bu bağlamda mucitten ziyade girişimcinin rolünün daha önemli olduğunu vurgulamıştır (Schumpeter, 1943: 152-53). Yenilik ve icat arasındaki farklara dair klasik örnekler aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yeniliğin İcada Dönüşümü

İcat/ Ürün	Mucit	Yıl	Yenilikçi Firma	Yıl	İcadın Yeniliğe Dönüşmesi (Yıl)
Televizyon	Zworykin	1919	Westinghouse	1941	22
Telsiz Telgraf	Hertz	1889	Marconi Co.	1897	8
Buhar Makinesi	Watt	1764	Boulton&Watt	1775	11
Jet Motor	F.Whittle	1929	Rolls-Royce	1943	14
Hidrolik Direksiyon	H.Vickers	1925	Vickers Inc.	1931	6
Radar	Marconi Taylor	1922	Societe Francaise Radio Electrique	1935	13
Zerografi	C.Carlson	1937	Haloid Corp.	1950	13
Fermuar	W.L.Judson	1891	Auto Hook&Eye Co.	1918	27
İplik Makinesi	Highs	1767	Arkwrights’	1773	6

Kaynak: Rosenberg, 1976:69-70 kaynağından kısaltılmıştır.

Schumpeter “*Business Cycles*” adlı ünlü eserinde beş tür yenilikten bahsetmiştir (Schumpeter, 1939: 62-74):

1. *Tüketicinin daha önce tanımadığı yeni bir malın ya da bir malın yeni bir türünün veya aynı malın yeni bir kalitesinin piyasaya sürülmesi,*
2. *Üretimde yeni bir tekniğin uygulanması,*
3. *Yeni piyasaların keşfi veya yaratılması,*
4. *Yeni bir hammadde veya yan mamul madde kaynağının bulunması,*
5. *Organizasyonda yapılacak değişiklikler.*

Freeman ve Perez (1988) ise alternatif bir sınıflandırma ile yenilikleri büyüklük ve etki alanına göre sosyo-ekonomik bir sınıflandırma ile dört gruba ayırmaktadır: Küçük ya da marjinal yenilikler, radikal yenilikler, teknoloji sistemdeki değişiklikler ve tekno-ekonomik paradigmadaki değişimler. Ruttan (1959) teknolojik değişim kavramının, teknolojik ve ekonomik organizasyondaki yeniliklerin pratik uygulamasından kaynaklanan girdilerle çıktıları ilişkilendiren bir fonksiyonun katsayılarındaki değişiklikleri belirtmek için kullanılmasını önermiştir. Yenilik kavramının; bilimsel yenilik, teknik yenilik ve örgütsel yenilik gibi bir sıfatla birlikte kullanılması gerektiğini vurgulamıştır (1959:603).

Yenilik, çift taraflı bir eşleşmeyi gerektirmektedir. Bir taraftan, yeni bir ürün veya üretim sürecinin potansiyel piyasa talebini bilmeyi gerektirirken diğer taraftan, yeni bilimsel ve teknik bilgilerin elde edilmesini gerektirmektedir (Freeman ve Soote, 1997:232). 1980’li yıllarda ortaya atılan içsel büyüme modelleri öncesinde emek ve sermaye ikilisi üzerinde durulurken teknoloji dışsal etken olarak kabul edilmiştir. İçsel büyüme teorileri ile birlikte teknolojinin büyüme üzerindeki etkisi ön plana çıkmış ve teknolojinin etkilerine ilişkin kavramlar üzerinde arayışlar ve tartışmalar hızlanmıştır. Uluslararası genel kabul görmüş tanımlar ve karşılaştırılabilir verilerin derlenmesine ilişkin ortak sınıflandırmalarda OECD tarafından hazırlanan “Oslo Kılavuzu” temel alınmıştır.

İlk defa 1992 yılında hazırlanan Oslo Kılavuzu’nun, 1997 yılında 2. baskısı, 2005 yılında 3. baskısı, 2018 yılında 4. baskısı hazırlanmıştır. Kılavuzun 3. baskısı

TÜBİTAK tarafından Türkçeye çevrilerek yayınlamıştır. 2005/7 nolu Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) kararı ile:

“Frascati, Oslo ve Canberra Kılavuzlarının tüm kamu kurum ve kuruluşlarında Ar-Ge istatistiklerinin toplanması, Ar-Ge ve Ar-Ge desteği kapsamına giren konuların belirlenmesi ve ilgili diğer hususlarda referans olarak kullanılmasına ve kılavuzların toplumun ilgili kesimleri tarafından benimsenmesi için yaygınlaştırma çalışmaları yapmak üzere TÜBİTAK’ın görevlendirilmesine” karar verilmiştir.

Oslo Kılavuzu’nun baskıları arasında önemli farklılıklar ve yenilikler mevcuttur. Kavramların gelişimine rehberlik etmesi açısından kılavuzun ilk baskısından itibaren gelişimi ele alınacak ve bu şekilde yenilik kavramının tarihi gelişimi sunulmaya çalışılacaktır.

1992’de hazırlanan Oslo Kılavuzu’nun ilk baskısı yalnızca imalat sanayisine yönelik ürün ve süreç yeniliklerini kapsamıştır (OECD, 1992). Yeniliğin ölçümüne ve nasıl tanımlanması gerektiğine dair ilk uluslararası kabul görmüş tanımlamalar ortaya çıkmıştır.

1997’de hazırlanan ikinci baskı ile birlikte imalat sektörünün yanında hizmetler sektörü de kılavuza dahil edildi. Kılavuz; daha çok teknolojik ürün, süreç yeniliği ve ürünün piyasaya sürülmesini kapsamaktadır. Üretimle birlikte ortaya çıkan ürünün pazara sunulmasına ilişkin yenilik faaliyeti kılavuza getirilen önemli bir katkıdır. İkinci baskı için bir diğer farklılık, bu baskının Avrupa Komisyonu İstatistik Ofisi Eurostat ve OECD tarafından ortaklaşa hazırlanmış olmasıdır. Bu şekilde OECD dışında ikinci bir uluslararası örgüt de yeniliğe ilişkin bir kılavuzun hazırlanmasında doğrudan yer alarak kılavuzun literatürdeki yerine önemli bir katkı sağlamıştır. Uluslararası yenilik anketleri için kavramlarda ve yeniliğin ölçülmesine yönelik metodolojide hem imalat hem hizmet sektörüne ilişkin önemli değişikliklere yer verilmiştir. Ayrıca yenilik verileri ve göstergeleri kullanılarak ele alınabilecek analitik ve politika sorunları tartışılmıştır (OECD/Eurostat, 1997).

2005 yılında çıkarılan üçüncü baskı, yenilik ölçüm çerçevesine üç önemli katkı sağlamıştır (OECD / Eurostat, 2005):

1. Yenilik sürecindeki diğer firmalar ve kurumlarla olan bağlantıların rolü daha fazla vurgulanmıştır,

2. Hizmetler ve düşük-teknolojili üretim gibi daha az Ar-Ge yoğunluklu endüstrilerde yeniliğin önemi dikkate alınmıştır,

3. Yenilik tanımı, organizasyonel yenilik ve pazarlama yeniliği olmak üzere iki ilave yenilik türünü de içerecek şekilde genişletilmiştir.

Üçüncü baskı ile birlikte ilave edilen organizasyonel yenilik ve pazarlama yeniliği tanımları firmalar üzerindeki değişikliklerin ve performans farklarının sebeplerinin daha iyi analiz edilmesine katkı sağlamıştır. Üçüncü baskıda verilen yeniliğe ilişkin tanımlar aşağıda verilmiştir (OECD / Eurostat, 2005:50-57):

Yenilik: “Bir yenilik, işletme içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir ürün (mal veya hizmet), veya süreç, yeni bir pazarlama yöntemi ya da yeni bir organizasyonel yöntemin gerçekleştirilmesidir.”

Yenilik faaliyetleri: “Yeniliklerin uygulanmasına yol açan veya yol açması öngörülen tüm bilimsel, teknolojik, organizasyonel, finansal ve ticari adımlardır.”

Yenilikçi firma: “İnceleme dönemi süresince bir yenilik gerçekleştirmiş olan firmadır.”

Bir ürün/süreç yenilikçisi firma: “İnceleme dönemi süresince yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir ürün veya süreç gerçekleştirmiş olan firmadır.”

Kılavuzda yapılmış olan önemli bir değişiklik dört farklı tür yeniliğin ayrı ayrı tanımlanmış olmasıdır. Bu yenilik türleri: Ürün yenilikleri, süreç yenilikleri, pazarlama yenilikleri ve organizasyonel yenilikler olarak sınıflandırılmıştır. Kılavuzda yer alan bu yenilik türlerin tanımları aşağıda verilmiştir (OECD / Eurostat, 2005:55-57):

Ürün yeniliği: “Mevcut özellikleri veya öngörülen kullanımlarına göre yeni ya da önemli derecede iyileştirilmiş bir mal veya hizmetin ortaya konulmasıdır. Bu; teknik özelliklerde, bileşenler ve malzemelerde, birleştirilmiş yazılımda, kullanıcıya kolaylığında ve diğer işlevsel özelliklerinde önemli derecede iyileştirmeleri içermektedir.”

Süreç yeniliği: “Yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir üretim veya teslimat yönteminin gerçekleştirilmesidir. Bu yenilik, teknikler, teçhizat ve/veya yazılımlarda önemli değişiklikleri içermektedir.”

Pazarlama yeniliği: “Ürün tasarımı veya ambalajlaması, ürün konumlandırması, ürün tanıtımı (promosyonu) veya fiyatlandırmasında önemli değişiklikleri kapsayan yeni bir pazarlama yöntemidir.”

Organizasyonel yenilik: “Firmanın ticari uygulamalarında, iş yeri organizasyonunda veya dış ilişkilerinde yeni bir organizasyonel yöntem uygulanmasıdır.”

Yenilikler üç yeni olma durumundan birini içermelidir. Bunlar: Firma için yeni, pazar için yeni ve dünya için yeni olma durumlarıdır. Firmanın ortaya koyduğu yenilik sadece kendi pazarı için yeni ise “pazar için yeni”, tüm pazarlar için yeni ise “dünya için yeni”, firma için yeni ise “firma için yeni” kavramları kullanılmaktadır. Aşağıda yer alan Tablo 2’de yenilik türlerine örnekler verilmiştir.

Tablo 2. Yenilik Türlerine Örnekler

Yenilik Türü	Örnekler
Ürün yeniliği	▪ Ulaştırma teçhizatında küresel konumlandırma sistemleri (GPS). ▪ Cep telefonlarında kameralar. ▪ Programlanabilir radyatörler veya termostatlar. ▪ IP (internet protokol) telefonlar. ▪ Akıllı kartlar ve çok amaçlı plastik kartların tanıtımı. ▪ Yeni bir self-servis banka şubesi.
Süreç yeniliği	▪ Yeni veya iyileştirilmiş ürünler için gereken yeni teçhizat. ▪ Lazer kesim araçları. ▪ Otomatik ambalajlama. ▪ Bilgisayar destekli ürün geliştirme. ▪ Baskı süreçlerinin dijitalleştirilmesi. ▪ Üretim kalite kontrolü için bilgisayarlı teçhizat
Pazarlama yeniliği	▪ Ürün-lisanslamanın ilk kez tanıtılması. ▪ Doğrudan satış veya münhasır pazarlamanın ilk kez tanıtımı. ▪ Ticari markaların ilk kez kullanımı. ▪ Filmlerde veya televizyon programlarında ürün konumlandırmasının ilk kez kullanımı
Organizasyonel yenilik	▪ Firma faaliyetleri (üretim, finans, strateji ve pazarlama) için entegre bir izleme sisteminin ilk kez tanıtımı. ▪ Tedarikçiler ve taşeronlar için kalite kontrol standartlarının ilk kez tanıtımı. ▪ Araştırma veya üretimin ilk kez dış kaynaklardan sağlanması. ▪ İlk kez üniversiteler veya diğer araştırma organizasyonları ile araştırma iş birliğine girmek.

Kaynak: (OECD / Eurostat, 2005)’de yer alan örneklerden derlenmiştir.

Oslo Kılavuzu'nda yapılan revizyonlar, yeniliğin doğası ve içinde barındırdığı ekonomik ve sosyal faktörlerle ilgili yeni bilgi birikimi ve yeniliğin ölçülmesinde elde edilen tecrübelerin sonucunda elde edilmektedir. Kılavuzun 2018 tarihli dördüncü baskısı, yeniliğin rolü ve yenilikle ilgili yürütülebilecek politikalar konusundaki boşluğu doldurmaya odaklanmıştır (OECD/Eurostat, 2019). Daha önceki baskılar iş sektörüne yönelik yeniliği ölçmeye odaklanmasına rağmen, dördüncü baskı yeni bir anlayış getirmiştir ve tüm sektörlerdeki yeniliği ölçmek için genel bir çerçeve sunmaktadır. Oslo Kılavuzu'nun dördüncü baskısında getirilen yenilikler kılavuzda şu şekilde yer almaktadır (OECD/Eurostat, 2019:21-24):

- *Yeniliğin ölçümünü işletmelerden diğer kuruluşlara ve bireylere genişleten temel bir dizi yönerge sağlamaktadır,*
- *Ulusal Hesaplar Sistemi ve Frascati Kılavuzu gibi diğer istatistiksel kılavuzlarla tutarlı ve uyumlu bir şekilde kavramları ve terimleri birleştirerek, tüm iş sektörü genelinde raporlama ve yorumlamayı kolaylaştırmak için temel tanımları ve sınıflandırmaları güncellemektedir,*
- *Küreselleşme ve dijitalleşme eğilimlerini daha iyi hesaba katmakta ve maddi olmayan varlıklara yapılan yatırımın ölçülmesini desteklemektedir,*
- *Gelişmekte olan ülkelerde yeniliğin ölçülmesine ilişkin önceki kılavuzları entegre ederek iş yeniliğini etkileyen iç ve dış faktörleri ölçmek için rehberlik sağlamaktadır,*
- *Hükümet politikalarının iş yeniliği üzerindeki etkisinin ölçümüne öncelik vermektedir,*
- *Metodolojik yönergeleri tüm veri yaşam döngüsünü kapsayacak şekilde genişletir ve anketlerin kullanımına ilişkin rehberliği, bir firmanın en önemli yeniliği hakkında veri toplamak için diğer kaynaklara ve tamamlayıcı yöntemlere kadar genişletmektedir,*
- *Yenilik verilerinin yalnızca göstergeler için değil, aynı zamanda analiz ve politika değerlendirmesi için kullanımına ilişkin rehberlik içermektedir,*
- *Yeni bir terimler sözlüğü içermektedir,*
- *Açık yenilik, küresel değer zincirleri ve küresel yenilik ağlarıyla ilgili olanlar da dahil olmak üzere değişen yenilik modellerini yansıtmaktadır.*

Kılavuzda yeniliğin tanımı, iş sektörü ile birlikte devlet, hane halkları ve hane halklarına hizmet eden kâr amacı gütmeyen kuruluşları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Tüm birim türleri için yapılan yeniliğin tanımı aşağıdaki şekilde verilmiştir (OECD/Eurostat, 2019:32):

“Yenilik, birimin önceki ürün veya süreçlerinden önemli ölçüde farklı olan ve potansiyel kullanıcılara sunulan (ürün) veya birim tarafından kullanıma sunulan (süreç) yeni veya geliştirilmiş bir ürün veya süreçtir (veya bunların kombinasyonudur).”

Yeniliğin genel tanımında, yeniliklerden sorumlu aktörü tanımlamak için "birim" terimi kullanılmıştır. Bu terim, bireyler dahil olmak üzere herhangi bir sektördeki herhangi bir kurumsal birimi ifade etmek için kullanılmıştır. Bu kılavuz, yeniliğin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla yenilik faaliyetlerine ve çıktılarına bakılmaksızın tüm firmalar hakkında veri toplamının önemli olduğunu vurgulamaktadır. (OECD/Eurostat, 2019:33).

Bir süreç olarak ve bir sonuç olarak yenilik ikileminin çözülmesi için kılavuzda “yenilik faaliyetleri” ve “iş yeniliği” kavramları ayrı ayrı yer almaktadır. Bu kavramlar (OECD/Eurostat, 2019:33):

Yenilik faaliyetleri: *“Bir firma tarafından üstlenilen ve bir yenilikle sonuçlanması amaçlanan tüm gelişimsel, finansal ve ticari faaliyetleri içermektedir.”*

İş Yeniliği: *“Firmanın önceki ürünlerinden veya iş süreçlerinden önemli ölçüde farklı olan ve piyasaya sürülen veya firma tarafından kullanıma sunulan yeni veya geliştirilmiş bir ürün veya iş sürecidir (veya bunların birleşimidir).”* olarak tanımlanmıştır.

Üçüncü baskıda karşımıza çıkan dört farklı yenilik türü (ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel) bu kılavuzda yerini iki ana türe bırakmıştır. Bunlar: Firmanın ürünlerini değiştiren yenilikler (ürün yenilikleri) ve firmanın iş süreçlerini değiştiren yenilikler (iş süreci yenilikleri) olarak sıralanmıştır. Ürün yeniliği ve iş süreci yeniliğinin temel tanımları aşağıdaki gibidir (OECD/Eurostat, 2019:70-74):

Ürün yeniliği: *“Firmanın önceki mal veya hizmetlerinden önemli ölçüde farklı olan ve piyasaya sürülen yeni veya geliştirilmiş bir mal veya hizmettir.”*

İş süreci yeniliği: *“Firmanın önceki iş süreçlerinden önemli ölçüde farklı olan ve firma tarafından kullanıma sunulan bir veya daha fazla iş fonksiyonu için yeni veya iyileştirilmiş bir iş sürecidir.”*

Ürün yenilikleri kendi içerisinde iki gruba, iş süreci yenilikleri ise altı gruba ayrılmaktadır. Ürün yenilikleri, Ulusal Hesap Sistemleri ile uyumlu olarak mal ve hizmetler şeklinde temel iki gruba ayrılmaktadır. İş süreci yenilikleri ise mal ve hizmet üretimi, dağıtım ve lojistik, pazarlama ve satış, bilişim ve iletişim sistemleri, yönetim ve idare, ürün ve iş süreci geliştirme olarak altı gruba ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmadaki “mal ve hizmet üretimi” bir firmanın temel işlevini oluştururken diğer beş işlev, üretimi desteklemek ve ürünleri piyasaya sürmek için yardımcı faaliyetleri içermektedir (OECD/Eurostat, 2019:73-74).

Firmaların yenilik arayışında üstlenebilecekleri sekiz tür faaliyet tanımlanmaktadır (OECD/Eurostat, 2019:87):

1. Ar-Ge faaliyetleri,
2. Mühendislik, tasarım ve diğer yaratıcı çalışma faaliyetleri,
3. Pazarlama ve marka değeri faaliyetleri,
4. Fikri mülkiyet ile ilgili faaliyetler,
5. Çalışan eğitim faaliyetleri,
6. Yazılım geliştirme ve veri tabanı faaliyetleri,
7. Maddi varlıkların edinilmesi veya kiralanması ile ilgili faaliyetler,
8. Yenilik yönetimi faaliyetleri.

Oslo Kılavuzu dünya genelinde yenilik faaliyetlerinin tespiti ve ölçümünde temel rehber olarak kabul edilmektedir. Gerek OECD gerekse AB içinde seksenden fazla ülkeyi kapsayan yenilik anketleri bu kılavuz rehberliğinde gerçekleştirilmiştir (OECD/Eurostat, 2019:3).

1.1.2. Ar-Ge Kavramı

Yenilik verilerinin toplanması ve derlenmesi için Oslo Kılavuzu rehber alınırken araştırma ve deneysel geliştirme taramaları (Ar-Ge) için Frascati Kılavuzu kullanılmaktadır. Frascati Kılavuzu, Oslo Kılavuzu’na kıyasla çok daha uzun zaman önce kullanılmaya başlanılmıştır. Oslo Kılavuzu’nun ilk baskısı 1992 yılında

yayınlanmışken Frascati Kılavuzu'nun ilk baskısı 1963 yılında yayınlanmıştır. 2002 yılında yayınlanan altıncı baskı (OECD, 2002) TÜBİTAK tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Kılavuzun son baskısı (OECD, 2015d) ise yedinci baskı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkelerin bütçelerinden Ar-Ge için ayırdıkları paylar özellikle 1960'lar sonrasında önemli bir artışa geçmiştir. Bu durum ülkelerin Ar-Ge istatistiklerine olan ilgisini arttırmış ve Ar-Ge faaliyetlerinin kavramlaştırılması ve ölçümünde Frascati Kılavuzu benimsenmiştir.

Yenilik faaliyetlerinin ölçümünde en çok yararlanılan iki istatistik Ar-Ge ve patent verileridir. Ar-Ge istatistikleri ile yenilik faaliyetlerinin ölçülmesinde önemli bir kısıt, Ar-Ge'nin bir girdi göstergesi olması ve yeniliklerin Ar-Ge dışında da gerçekleşebilmesinin mümkün olmasıdır. Bir çıktı göstergesi olan patent istatistikleri için de birtakım kısıtlar söz konusudur. Patentlerin karşılaştırılabilir bir veri olması bir avantaj oluştururken ülkeler arasında fikri mülkiyet haklarındaki farklılık, patent sınıfları arasındaki nitelik farklılıkları, teknolojik alanlara göre patentlenme eğilimindeki farklılıklar ve her yenilik için patente başvurulmaması temel kısıtlar olarak kabul edilmektedir. Son dönemlerde yenilik ölçümünde Ar-Ge ve patent istatistiklerinin yanı sıra yenilik anketlerinin de sıkça kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

Günümüzde 2015 yılında yayınlanan Frascati Kılavuzu yedinci baskısı Ar-Ge istatistiklerinin toplanması, derlenmesi ve sınıflandırılması başta olmak üzere Ar-Ge faaliyetlerinde temel rehber olarak kullanılmaktadır. Son baskı ile birlikte kılavuzda getirilen birtakım yenilikler şunlardır (OECD, 2015d):

- *Gelişmekte olan ülkelerdeki Ar-Ge'yi ölçmeye yönelik geçici kılavuzu ana kılavuza entegre etmektedir,*
- *Anketlerin kullanımına ilişkin rehberliği idari kayıtlar gibi diğer kaynaklara genişletmektedir,*
- *Makro göstergeler için Ar-Ge verilerinin kullanımının ötesine geçmekte ve Ar-Ge dinamiklerinin ve etkilerinin analizi için Ar-Ge mikro verilerinin üretimini ve kullanımını kolaylaştırmaktadır,*
- *Dış katkıda bulunanların rolünü ele almaktadır (serbest meslek sahipleri, gönüllüler ve öğrenciler),*

- *Veri toplamada ortaya çıkan pratik konularda dört yeni sektöre özgü bölüm içermektedir,*
- *İş dünyasında ve başka yerlerde Ar-Ge küreselleşmesini ölçmek için yepyeni bir rehberlik sağlamaktadır,*
- *Ar-Ge için farklı kamu desteği türlerini açıklamakta ve ilk kez Ar-Ge vergi teşviklerinin maliyetinin nasıl ölçüleceğine dair rehberlik içermektedir,*
- *Tanımları ve sınıflandırma şemalarını genel istatistiksel rehberlikle uyumlu hale getirmekte ve belirli sınıflandırmaları içermektedir,*
- *Ar-Ge'nin ulusal hesaplarda yeni üretken sermaye olarak ele alınmasını kolaylaştırmaktadır,*
- *Temel göstergelerin güncelliğini iyileştirmeye yönelik özel rehberlik içermektedir.*

Frascati Kılavuzu'nun güncel yedinci versiyonunda Ar-Ge şu şekilde tanımlanmaktadır (OECD, 2015d:44):

Araştırma ve deneysel geliştirme (Ar-Ge): *“İnsanlık, kültür ve toplum bilgisi dahil olmak üzere bilgi dağarcığını artırmak ve mevcut bilginin yeni uygulamalarını tasarlamak için yapılan yaratıcı ve sistematik çalışmalardan oluşur.”*

Ar-Ge'nin temel faaliyetleri için kılavuzun daha önceki baskılarına sadık kalınmıştır ve temel faaliyetler üçe ayrılmıştır (OECD, 2015d:45):

Temel araştırma: *“Görünürde herhangi bir özel uygulaması veya kullanımı bulunmayan ve öncelikle olgu ve gözlemlenebilir gerçeklerin temellerine ait yeni bilgiler edinmek için yürütülen deneysel veya teorik çalışmadır.”*

Uygulamalı Araştırma: *“Yeni bilgi edinme amacıyla yürütülen özgün araştırmadır. Bununla birlikte uygulamalı araştırma, öncelikle belirli bir pratik amaç veya hedefe yöneliktir.”*

Deneysel geliştirme: *“Yeni ürün veya süreçler üretmeye veya mevcut ürünleri veya süreçleri iyileştirmeye yönelik araştırma ve pratik deneyimlerden elde edilen bilgilerden yararlanan ve ek bilgiler üreten sistematik bir çalışmadır.”*

Kılavuzun daha önceki baskısıyla (OECD, 2002) karşılaştırıldığında yalnızca deneysel geliştirmenin tanımında küçük bir revizyon yapıldığı görülmektedir. Bir faaliyetin Ar-Ge faaliyeti olup olmadığına karar verebilmek için aşağıda yer alan beş ana kriterin eş zamanlı varlığının sorgulanması gerekmektedir (OECD, 2015d:46-48):

- *Yeni bulguları hedefleyen (özgün)*
- *Özgün, açık olmayan kavram ve hipotezlere dayanan(yaratıcı)*
- *Nihai sonuç hakkında belirsiz olan (belirsiz)*
- *Planlanabilir ve bütçelendirilebilir (sistematik)*
- *Muhtemelen çoğaltılabilen sonuçlara yol açan (aktarılabilir ve/veya tekrarlanabilir)*

Araştırma projelerinin bu beş ilkeye uygunluğunun tespit edilebilmesi için yönlendirilebilecek örnek sorular şunlardır (OECD, 2015d:49):

- *Projenin amaçları nelerdir?*
- *Proje ile ilgili yeni olan nedir?*
- *Projeyi gerçekleştirmek için hangi yöntemler kullanılmıştır?*
- *Projenin bulgu ve sonuçlarının ne kadar genel olması bekleniyor?*
- *Projede hangi personel çalışıyor?*
- *Araştırma kurumlarının araştırma projeleri nasıl sınıflandırılmalıdır?*

Frascati Kılavuzu, Ar-Ge istatistikleri ile ilgili çalışmalarda uluslararası tanınırlığı olan bir metodoloji sunmaktadır. Temel tanımlar ve kavramlar, veri toplama yöntemleri, Ar-Ge istatistiklerinin derlenmesi ve sınıflandırılması için bu kılavuz 1963'den günümüze değin genel kabul görmektedir. Kılavuz; ulusal hesap sistemlerindeki değişiklikler, küreselleşmenin etkisiyle ekonomide yaşanan değişimler, Ar-Ge'ye olan ilgi ve çeşitlik teşvik mekanizmalarının artması gibi çeşitli durumlara uyum sağlamak maksadıyla günümüze kadar altı versiyon değişikliğine uğramıştır.

Zamanla daha standart hale gelen Ar-Ge istatistikleri hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkeler açısından benimsenmiştir. Ortak bir kılavuzun kullanılması uluslararası Ar-Ge performansı karşılaştırmalarını da mümkün kılmış ve çeşitli politikalar için temel oluşturmuştur. Ar-Ge'nin desteklenmesine yönelik politikalar

stratejik sektörlerde gelişimi hızlandırmıştır. Bu sayede Ar-Ge'nin ekonomik büyüme ve kalkınmaya yönelik sağladığı katkılarla ilgili daha somut ve karşılaştırılabilir veriler elde edilmeye başlanmıştır.

1.2. SANAYİ DEVRİMİNDEN ENFORMASYON TOPLUMUNA

Teknoloji ile doğrudan bağlantılı böyle bir araştırmada teknolojinin kısa bir geçmişine yer verilmesi lüzumlu görülmüştür. Teknolojinin geçmişi çok eskilere dayanmasına karşın bu çalışmada başlangıç noktası olarak günümüz teknolojilerinin birçoğuna zemin hazırlayan ve *Sanayi Devrimi* olarak adlandırılan dönem alınmıştır. Konunun kapsam ve boyutu itibarıyla kusursuz bir şekilde sınıflandırılması ve eksiksiz bir şekilde derinden ele alınması olanaksız görünmektedir. Bilim ve teknoloji tarihi alanında yakından tanınan isimlerden birisi olan Ergun Türkcan bu durumu şöyle ifade etmektedir.

“İngiliz Sanayi Devrimi'nin ya da daha genelde tüm sanayi devrimlerinin ayrıntılı anatomilerini ve çıkış dinamiklerini göstermek veya araştırma gibi bir iddiamız olamaz; bu alanda o kadar çok yayın, teori ve tartışma var ki bunları sınıflandırıp başlıklar altında sunmak bile kendi başına birçok kitap oluşturur.” (Türkcan, 2009:120)

Teknoloji tarihi ile temel eserlere bakıldığında karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır:

- Genel teknoloji tarihi için temel eser olarak kabul edilen “*A History of Technology*” kısaltılmış versiyonunda (798 s.) teknoloji tarihi iki dönem olarak ele alınmıştır (Derry ve Williams, 1960):

- *Eski zamanlardan 1750'ye*
- *Sanayi Devrimi'nden 1900'e*

- Kranzberg ve Pursell (1967) teknoloji tarihini:

- *Orta Çağ'da teknoloji*
- *1600-1900 arası dönem dört bölüm (1 ve 2. Sanayi Devrimini içeren ikişer bölüm)*
- *Kitabın ikinci cildinde 1990-1950 dönemi ele almıştır.*

- Türkcan (2011) *Teknoloji Tarihi* isimli kitabında teknoloji tarihini dört dönem olarak ele almıştır:

- *İcadın anonim dönemi*
- *Kişisel mucitlerin doğuşu ve hızla çoğalması (İngiliz Sanayi Devrimi)*
- *19. yy. teknolojileri- Kişisel mucitten kolektif, organize, kurumsal icatlar dönemine geçiş*
- *20. yy. önemli teknolojileri*

Bu bölümde teknolojik devrim dalgaları ile genel bir bilgi verildikten sonra teknoloji tarihi kitaplarının da en çok üzerinde durduğu *Sanayi Devrimi* ile başlayan dönem başlangıç noktası olarak ele alınacak ve *Endüstri 4.0* dönemine kadar olan teknolojik dalgalar ele alınacaktır. Günümüzde dahi içinde bulunduğumuz çağ olarak kabul edilen *Dördüncü Sanayi Dönemi* ya da başka bir deyişle *Endüstri 4.0* ise bu bölümü takip eden başlıkta ele alınacaktır.

1.2.1. Teknolojik Yenilik Dalgaları ve Tekno-Ekonomik Paradigmalar

Thomas Samuel Kuhn, bilim tarihi ve bilim felsefesi dünyasının temel klasiklerinden birisi sayılan *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* adlı eserinde paradigmaları, “*Bir bilim çevresine belli bir süre için bir model sağlayan, yani örnek sorular ve çözümler temin eden, evrensel olarak kabul edilmiş bilimsel başarılar.*” olarak tanımlamıştır (Kuhn, 1982: 64). Paradigmaların iki temel özelliğine değinen Kuhn, bu özellikleri şöyle sıralamıştır (Kuhn, 1982: 81-82):

“*Her birinin temsil ettiği başarı ya da ilerleme, rakip bilimsel etkinlik tarzlarına bağlanmış olanları çevrelerinden koparıp kendilerine çekecek kadar yeni ve benzersizdir. Aynı zamanda da çeşitli birçok sorunun çözümünü, yeniden oluşacak bir topluluğun ilerideki çabalarına bırakacak kadar açık uçlu yani daha da yeni gelişmelere açıktır.*”

Dosi (1982:152) teknolojik paradigmayı, “*Bir bakış açısı, bir dizi prosedür, ilgili sorunların bir tanımı ve bunların çözümü ile ilgili özel bilgi.*” olarak tanımlamaktadır. Perez (2010:194) tekno-ekonomik paradigmayı, “*Yeni teknolojilerin yayıldıkça kullanılmasıyla ifade edilen, ekonomideki etkilerini çoğaltan ve nihayetinde sosyo-kurumsal yapıların organize edilme biçimini de değiştiren.*” olarak tanımlamıştır.

Perez’e (2003) göre teknolojik bir devrim, “*Ekonominin bütün dokusunda bir karışıklığa yol açabilen ve uzun vadeli bir kalkınma dalgasını tetikleyebilen yeni ve*

dinamik teknolojilerin, ürünlerin ve endüstrilerin güçlü ve oldukça görünür bir kümesi” olarak tanımlanmaktadır. Perez’in bu tanımını güçlendirecek ve herkesin yakından bildiği iki olayla bunu örneklendirmek yerinde olacaktır: 1971’de California’da yaşanan bir olay dünya tarihini değiştirecek kadar büyük bir gelişmeydi. Bob Noyce ve Gordon Moore, Intel’in ilk mikroişlemcisini piyasaya sürdü ve önümüzdeki yüzyıla damgasını vuran bilgi işlem ve dijital telekomünikasyon çağının ve birçok yeni teknolojinin önü açılmış oldu. Transistörlerin küçülmesi ve çiplerin ucuzlaması mikroelettronikle birlikte birçok yeniliğin doğmasını sağlamıştır. Benzer şekilde 1908’de Henry Ford, tarihin akışını değiştiren bir yenilikle karşımıza çıkmaktadır. Benzinle çalışan ve içten yanmalı motorlu Model-T otomobili, ucuz maliyeti ile yeni bir sektörü ortaya çıkarmış ve otomobillerde seri üretim çağı başlamıştır (Perez, 2003:3).

Mokyr’e (2005) göre teknoloji bilgidir ve tüm yayılma etkilerinin anasıdır. Bilgi, her zaman iktisadın üstesinden gelmesi zor kavramlarından birisi olmuştur. Bilgi, günümüzde ekonomik büyümenin merkezinde yer almasına karşın kontrolü oldukça güçtür. Şöyle ki rakipsiz bir maldır ve birçok türü için dışlanabilirlik maliyetlidir (Mokyr, 2005:1119-21). Teknoloji, toplumu yaşam şekilleri gibi sosyal unsurlar ve ekonomik unsurlarla birlikte bir bütün olarak etkilemektedir. Teknolojik gelişmelerin toplumsal dönüşüme etkileri konusuna ilk dikkati çeken Kondratieff olmuştur (Sümer, 2007:7). Kondratieff’in 1926 yılında ortaya attığı 40-60 yıllık uzun dalgalar kuramı, Schumpeter’in 1930 sonrasında bu kuramı tekrar ele almasıyla ünlenmiştir (Göktürk, 2015:33). Kondratieff, uzun dalgalar kuramında 1780-1920 arasındaki dönemi yükseliş ve düşüş dönemlerine ayırarak üç uzun dalga olarak ele almıştır (1979:535):

Birinci Uzun Dalga: Yükseliş Dönemi (1790-1810/17)

Düşüş Dönemi (1810/17-1844/51)

İkinci Uzun Dalga: Yükseliş Dönemi (1844/51-1870/75)

Düşüş Dönemi (1870/75-1890/96)

Üçüncü Uzun Dalga: Yükseliş Dönemi (1890/96-1914/20)

Düşüş Dönemi (1920 (Muhtemel))

Schumpeter (1939), “Business Cycles” adlı eserinde Kondratieff’le benzer şekilde üç uzun dalgadan bahsetmiştir ve bu dalgaları refah, durgunluk, depresyon ve iyileşme olarak kendi içerisinde dört dönem olarak ele almıştır. Kondratieff ve Schumpeter’in dalga kuramı zaman içerisinde çok tartışılmış ve bu kuramla ilgili çeşitli modifiyeler yapılmıştır. Uzun dalgalarla ilgili Kondratieff ve Schumpeter sonrasında yapılan çalışmalar genel olarak kömür ve buhar çağı (1780-1840), demiryolları ve seri üretim çağı (1840-1890), elektrik çağı (1890-1940), elektronik ve mikro-elektronik çağı (1940-80) ve 1980 sonrasında başlayan bilgi ve telekomünikasyon çağı olarak sınıflandırılmıştır. (Smihula, 2010:59). 1790’lı yıllar tekstil ve metalürji sektörlerindeki gelişmeler ve buhar gücünün kullanılmasından, 1850’li yıllar demiryolu yatırımlarından, 1890 sonları ise elektrik, otomobil ve kimya sektöründeki yeniliklerden oluşuyordu (Van Duijn, 1977:563). Freeman ve Louça (2001) uzun dalga kuramı ile ilgili yaptıkları modifikasyonda bu dönemleri beşe ayırmıştır (bk. Tablo 3).

Tablo 3. Kondratieff Uzun Dalgalar Kuramının Modifikasyonu

Tarih Aralığı	Dönem	Lider Sektörler
1780-1848	Endüstrinin suyla çalışan mekanizasyonu	Pamuk eğirme, demir ürünler, su çarkları, kumaş beyazlatma
1848-1895	Endüstrinin buharla çalışan mekanizasyonu	Demiryolları ve demiryolları ekipmanı, buharlı motorlar, takım tezgâhları, alkali endüstrisi
1895-1940	Sanayi, ulaşım ve evlerin elektrifikasyonu	Elektrikli aletler, ağır mühendislik, ağır kimya, ünleri
1941-1973	Ulaşım, sivil hayat ve savaşın motorizasyonu	Otomobiller, kamyonlar, traktörler, tanklar, dizel motorlar, uçaklar, rafineriler
1973-	Ekonominin bilgisayarlaştırılması	Bilgisayarlar, yazılım, telekomünikasyon, donanım, biyoteknoloji

Kaynak: Freeman ve Louça’dan (2001:141) kısaltılmıştır.

Başka bir dalga kuramcısı olan Toffler (1980) bu dalgaları üçe ayırmıştır. Birinci dalga, tarım aşaması; ikinci dalga, sanayi aşaması ve üçüncü dalga, 1980 sonrasındaki aşamalardır, şeklinde gruplandırmıştır. Güncel çalışmalarda ise altıncı dalga ile ilgili tahminler ve öngörülerde bulunulmuştur. Nefiodow ve Nefiodow (2014) yaptıkları çalışmada altıncı dalganın diğerlerinden çok farklı olacağını ve sağlık alanında, insanı merkezine alan bir devrim yaşanacağını iddia etmektedir. Sağlık sektörünün 21. yy.a damga vuracağını ve daha önceki dalgalardakilerden farklı olarak makinelerle ve maddelerle ilgili fiziki bir dalga değil insan merkezli bir dönem

yaşanacağını savunmaktadır. Smihula (2010), uzun dalga kuramı ile ilgili yaptığı modifikasyonda bu dönemleri beşe ayırmış ve altıncı dönemle ilgili de “Biyomedikal-ve hidrojen devrimi” yaşanacağı varsayımında bulunmuştur (bk. Tablo 4).

Tablo 4. Teknolojik Yenilik Dalgaları

Tarih Aralığı	Dönem	Lider Sektörler
1600-1780	Finansal-tarım devrimi dalgası	Finans, tarım, ticaret
1780-1880	Sanayi Devrimi Dalgası	Tekstil, demir, kömür, demiryolu
1880-1940	Teknik Devrim Dalgası	Kimya, elektroteknik, makine
1940-1985	Bilimsel-teknik devrim dalgası	Havacılık, nükleer, astronotik sentetik maddeler, petrol
1985-2015	Bilgi ve telekomünikasyon devrimi dalgası	Telekomünikasyon, sibernetik, bilişim, internet
2015-2035	Biyomedikal-hidrojen devrimi (varsayımsal)	Nanoteknoloji, biyomedikal bilimler, transhümanizm, biyoteknoloji, ilaç endüstrisi, alternatif yakıtlar, robotik.

Kaynak: Smihula (2010) kaynağından derlenmiştir.

Moody ve Nogrady (2010) de altıncı dalga ile ilgili yaptığı tahminde yeni dalganın kaynak verimliliği ve temiz teknoloji olacağını iddia etmektedir. Ayrıca altıncı dalganın kaynakların etkili kullanımına damga vuracağını ve bu dönemde elektrikli araba, karbon çiftçiliği, düzenli depolama madenciliği ve uçurtma gücü ile ilgili sektörlerin önde yer alacağını tahmin etmektedir. Perez (2006) Sanayi Devrimi ile başlayan beş büyük gelişme dalgasında 1971 yılında başlayan son dönemi Bilgi ve İletişim Teknolojileri Çağı olarak adlandırmaktadır (bk. Tablo 5). İlk iki teknoloji devriminin İngiltere’den, son iki teknoloji devrimin ise ABD’den doğduğu görülmektedir. Teknolojik devrimin doğduğu merkez özellikle önemlidir çünkü her teknolojik devrimin yol açtığı gelişme dalgaları uzun vadede dünya çapına yayılsa da bu süreç, merkezden dışarıya doğru ve zamanla gerçekleşmektedir (Perez, 2003:10).

Tablo 5. Teknolojik Devrimler ve Tekno-Ekonomik Paradigmalar

Başlangıç Yılı	Orijin	Teknolojik Devrim	Yeni Teknolojiler
1771	İngiltere	Sanayi Devrimi	Makinelı pamuk endüstrisi Dövme demir Makineleşme
1829	İngiltere	Buhar ve Demiryolu Çağı	Buharla çalışan motor ve makineler Demir ve kömür madenciliğı Demiryolu yapımı Demiryolu taşıtları üretimi Birçok endüstride buhar gücünün kullanımı
1875	ABD ve Almanya'nın İngiltere'yi geçmesi	Çelik, Elektrik ve Ağır Mühendislik Çağı	Ucuz çelik (özellikle Bessemer) Çelik gemiler buhar motorunun gelişimi Ağır kimya ve inşaat mühendisliğı Elektrikli aletler endüstrisi Bakır ve kablolar Konserve ve şişelenmiş yiyecekler Kâğıt ve ambalaj
1908	ABD	Petrol, Otomobil ve Seri Üretim Çağı	Seri üretilen otomobiller Ucuz petrol ve petrol yakıtları Petrokimyasallar (sentetikler) İçten yanmalı motorlar Elektrikli ev aletleri Soğutulmuş ve dondurulmuş gıdalar
1971	ABD	Bilgi ve İletişim Teknolojileri	Bilgi devrimi: Ucuz mikroelektronik. Bilgisayarlar, yazılım Telekomünikasyon Kontrol aletleri Bilgisayar destekli biyoteknoloji ve yeni malzemeler

Kaynak: Perez'den (2006:35) kısaltılmıştır.

İngiltere'de Sanayi Devrimi'nden başlayarak her 40 ila 60 yılda bir teknolojik bir devrim yaşanmıştır. Yaşanan bu teknolojik devrimler aynı zamanda eşitliksiz bir kalkınma dalgasını da beraberinde getirmiştir. Tarihte tamamlanan dört büyük teknolojik dalgalanma, bizim için içinde bulunduğumuz yeni dalganın teknolojik yayılma süreci hakkında önemli bir bilgi kaynağıdır. Her teknolojik dalganın getirdiğı büyük zenginlik yaratma potansiyeli, yeni teknolojilerin, endüstrilerin ve altyapıların, ekonominin geri kalanını modernize edebilen bir dizi genel teknoloji ve organizasyonel ilkelerle birleşiminden kaynaklanmaktadır (Perez, 2006:34). Bu bağlamda biyoteknoloji, biyoelektronik ve nanoteknolojinin bir sonraki teknolojik devrimin çıkış noktaları olabileceğı tahmin edilmektedir. Şöyle ki bu teknolojiler 19. yy. sonundaki petrol endüstrisi ve otomobile ya da tüplü-TV, radar ve telekomünikasyonla 1940'lar ve 1950'lerdeki elektroniğe eş değer bir aşamada görünmektedirler (Perez, 2003:34; 2006:13).

Mokry'e (2018) göre Sanayi Devrimi, teknolojik olarak mikro icatlarda hızlanmaya yol açan bir makro icat kümelenmesidir. Makro icatlar sadece o dönemde verimliliği artırmakla kalmamış ve beraberinde birçok unsuru etkilemiştir (Mokry, 2018:23). Sanayi Devrimi sonrasında ekonomik, teknolojik ve sosyal unsurların birbirine etkileri, ailenin ve hane halkının rolü, işin doğası, kadınların ve çocukların durumu, kilisenin sosyal rolü, insanların yöneticilerini seçme ve yoksullarını destekleme yolları, insanların dünya hakkında bilmek istedikleri ve bildikleri her zamankinden daha radikal ve hızlı bir şekilde değişim göstermiştir (Mokry, 2018:6).

Perez'e (2003) göre her teknolojik devrim, "*Girişimcilere, yöneticilere, yenilikçilere, yatırımcılara ve tüketicilere hem bireysel kararlarında hem de etkileşimlerinde kılavuzluk eden yeni bir tekno-ekonomik paradigmayı yavaş yavaş ortaya çıkaran yeni ürünler, endüstriler ve altyapıların patlamasıdır.*" (Perez, 2003:9). Teknolojik devrimler, beraberinde altyapı sisteminde de büyük değişikliği getirmiştir. Örneğin, ikinci teknolojik devrimin demirden demiryolları, ulusal demiryolu taşımacılığı ve telgraf ağlarını, üçüncü devrimin çelik demiryolları, çelik buharlı gemiler ve dünya çapındaki telgrafla birlikte uluslararası pazar için kıtalar arası ağlar yarattı. Elektrik ağlarının kurulması, elektrikli aletler endüstrisini ve üçüncü teknolojik devrimin büyümesini hızlandırdı. Çiplerin piyasaya sürülmesi ve donanımdaki gelişmeler, telekomünikasyon ekipmanlarındaki gelişmeleri tetikledi ve internet, eposta gibi büyük yeniliklerin omurgasını oluşturdu (Perez, 2003:14-15).

1.2.2. Endüstri 4.0 Öncesi Sanayi Devrimleri

Sanayi Devrimi için kesin bir tarih vermek zor olmasına karşın literatürde genel olarak 1760- 1830 arasındaki dönem üzerinde durulmaktadır. Sanayi Devrimi, büyüme hızının aniden fırlamasını sağlayan makroekonomik bir olay olmaktan ziyade sonunda büyümenin kaçınılmaz olduğu bir olaylar zinciridir (Mokry, 1992:83). McCloskey'e (1981) göre Sanayi Devrimi, *Pamuk Çağı* ya da *Buhar Çağı* değil "*Gelişim Çağı*"dır. Ancak bu gelişim her sektör için geçerli olmamıştır. İnşaat, gıda işleme, hazır giyim ve hizmet sektörü gibi sektörler için bu gelişim ancak 1850'ler sonrasında mümkün olabilmektedir. Schumpeterci büyümenin sürdürülmesi de üretim teknolojilerinin ve teknolojik ilerlemenin daha önce etkilenmemiş bu endüstrilere yayılması ile 19. yy.ın ikinci yarısında mümkün olmuştur (Mokry, 1992:84).

Sanayi devrimi, 18. yy.da İngiltere’de başlayan ve 18. yy. ve 19. yy.a damga vuran teknolojik alandaki gelişmelerdir. Üretimde buhar gücünün kullanılması fabrikalaşma yolunda yeni bir dönemi başlatmıştır. Sanayi devriminin ilk yıllarında makineler büyük ölçüde su ile çalışmaktadır. Buhar gücünün makinelerde kullanılması ise makineleşmeye benzersiz bir ivme kazandırmış ve demiryolu ulaşımının da önünü açmıştır. Yeni tekniklerin ortaya çıkması ve sürekli iyileştirilmesi, verimlilik ve büyüme üzerinde muazzam bir etki yapmıştır. Özellikle 1760-1830 döneminde Batı Avrupa, ekonomik büyümede teknolojik gelişmenin önemine tanık olmuştur (Mokyr, 2005:1132). (Sanayi Devrimi’ndeki başlıca icatlar için bk. Tablo 6)

Tablo 6. Sanayi Devrimindeki Başlıca İcatlar

Tarih	İcat	Mucit	Tarih	İcat	Mucit
1709	Kok kömür yapımı	A.Darby	1813	Kaya delme makinesi	R.Trevithick
1720	Çelik dökümü	A.Reamur	1815	Madenci lambası	H.Davy
1740	Çelik dökümü	B.Huntsman	1844	Cevher konveyörü	J.Buddle
1750	Demir çeliğin karbon oranında muhtevasının keşfi	O.Bergman	1850ler	Buhar kompresör	W.Barlett
1761	Hava silindirleri	J.Smeaton	1863	Kömür kesme makineleri	T.Harisson
1774	Buhar makineleri için dökme-demir silindir imali	J.Wilkinson	1886	Alüminyumun elektrolizle üretimi	T.Heroult M.Hall
1783-4	Dövme-yuvarlamada tekniği geliştirilmesi	H.Cort C.Polhem	1887	Altın çıkarmada siyanid projesi	J.MacArthur
1780ler	Buhar çekiçleri	J.Wilkinson	1890lar	Flotasyon tekniği	Çeşitli
1800	Yüksek basınçlı yoğunluksuz buhar makinesi	R.Trevithick	1903	Paslanmaz çelik	Çeşitli

Kaynak: Türkcan, 2011:189.

İngiliz ekonomisinde 18. yy.ın son çeyreğinde yaşanan hızlı büyüme sürecinde önce pamuklu tekstil sektörü daha sonra demir sanayisi öncelikli sektörler olmuştur. Pamuklu dokumanın 1770-1800 yılları arasında otuz yıllık bir dönemde, toplam sanayi katma değeri içindeki payı yaklaşık yedi kat (%2,6’dan %17’ye) artmıştır. Aynı dönemde pamuk ithalatı da yaklaşık üç katına çıkmıştır. Pamuklu dokuma sanayisindeki bu yükselişte pamuk eğirme tezgahlarının modernleşmesinin rolü tartışılmazdır. Teknolojik gelişmeler üretimde verimliliği arttırmış ve fiyatlar hızla düşmüştür. Bu durum ihracatta önemli bir karşılaştırmalı üstünlük sağlamış ve bu sayede 1899 yılında İngiltere pamuklu tekstilde ihracat lideri konumuna yükselmiş ve

pamuklu tekstilin ülkenin toplam ihracatındaki payı 1/3'e yükselmiştir (Freeman ve Soote, 1997:39-48). (Tekstil alanındaki başlıca icatlar için bk. Tablo 7)

Tablo 7. Tekstil Alanındaki İcatlar

Tarih	İcat	Mucit	Ülke	İcadın Etkisi
1733	Uçan mekik	Jonh Kay	İng.	Daha geniş ve hızlı, elle kumaş dokuma
1733	Bobin iplik ma.	Wyatt&Paul	İng.	Keten iplik yerine sağlam atkı ipliği üretimi
1764	Spinning Jenny	J.Hargreaves	İng.	Çok sayıda eğirme kasnağını birleştirdi
1769	İplik tezgahının suyla çalışması	R.Arkwright	İng.	Bobin mak.su gücü uygulanınca üretim miktarı arttı
1779	Eğiren katır	S.Crompton	İng.	Jenny ile su tezgahlarının en iyi teknik niteliklerini birleştiren kaliteli iplik
1785	Mekanik dokuma	E.Cartwright	İng.	Esas gelişmesi 1802'den sonraya kalan mekanik tezgâh emeği ikame etti ve üretimi hızlandırıp fabrikaya yol açtı.
1802	Jakarlı dokuma	J.Jacquard	İng.	Renkli ipliklerle resimli kumaş dokuma
1825	Mekanik iplik tezgâhı	R.Roberts		Katırın mekanik biçimi, iplik üretimi arttı.

Kaynak: Türkcan, 2011:198.

18 ve 19. yy. da yapılacak makine ve aletlerin birçoğunun ana maddesi demir olacağından 1709'da Darby tarafından demir cevherinin kok kömürüyle ergitilerek demir üretilmesi kritik bir gelişmedir. Bu gelişme ile demir ilk Sanayi Devrimi'nin en önemli ara mallarından biri olmuş, üretimi çok artmış ve fiyatı düşmüştür (Mokyr, 2018:234). Demir cevherine artan talep madencilik sektörünü de yakından etkilemiştir. Savery, 1698'de buharla çalışan su pompasının patentini almıştır ve madenden su tahliye sorununa önemli bir çözüm getirmiştir. Newcomen, 1712'de bu icadı geliştirmek suretiyle atmosferik basınçla çalışan buhar makinesini madende kullanmıştır. James Watt da Newcomen'ın makinesinde birtakım yenilikler yaparak ilk dairesel hareketi sağlayan makineyi üretmiştir.

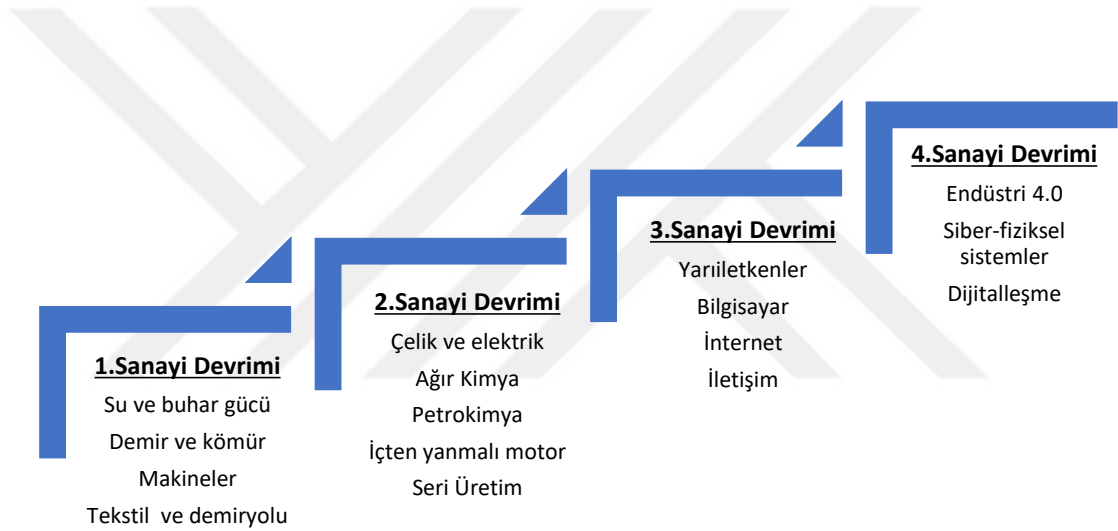
18. yy. altyapı, kanal, köprü ve paralı yolların hızla çoğaldığı bir dönem olmuştur. 1840'larda büyük bir demiryolu ağı çılgınlığı başlamış ve İngiltere, ABD, Fransa ve Almanya'da binlerce km demiryolu ağı kurulmuştur (Freeman ve Louça, 2001:193). Bessemer, 1856 yılında geliştirdiği fırında yüksek sıcaklıkta çelik üretimini başlatmıştır. Çelik üretimi; gemi, tren ve araç üretimine yeni ivme kazandırmıştır. 19. yy. sonlarında yıldızı parlayan sektörler; çelik, elektrik,

petrokimya, ağır kimya ve ilaç sanayisi olmuştur. Ağır kimya sanayisinde sentetik boyaların yanı sıra suni gübre ve tarımsal ilaçlar üretilmeye başlanmıştır. Ucuz çelik, içten yanmalı motorlar ve petrol birçok tamamlayıcı yeniliğin kapısını açmıştır. Gemi yapımında çeliğin kullanılması yük taşıma kapasitesini arttırmıştır. Böylece yük taşıma maliyeti azalmış ve deniz ticareti hızlanmıştır (Göksal, 2003:40).

19. yy. sonuna doğru elektrik üretimi ve elektrikle çalışan makineler üretimde yeni bir alternatif oluşturmuştur. 1866'da benzinli motorlar ve takiben içten yanmalı dizel motorlar kullanılmaya başlanmış ve 1878'de Edison ilk ampulü yapmıştır (Doğan, 2010:203). Richard Arkwright'ın 1770'lerde yüzlerce işçinin çalıştığı tekstil makineleri dizisi, modern anlamda ilk fabrikaların kuruluşuna işaret ederken Henry Ford'un 1920'lerde kurduğu otomobil montaj hattı fabrikalaşma kavramını daha da ileriye taşımıştır (McClellan III ve Dorn, 2006:333). Von Tunzelmann (2003), sanayi devrimlerinin kronolojisinde belirli tarih aralıklarını esas almıştır: Birinci Sanayi Devrimi, 1750-1815; İkinci Sanayi Devrimi, 1870-1914; Üçüncü Sanayi Devrimi, 1973-.

Rostow'un ünlü kuramı "kalkınmanın merhaleleri"nin kalkış aşamasının tamamlanarak olgunluk aşamasına geçiş için öngördüğü şart, yatırımların milli gelir içindeki payının %10'a ulaşmasıdır. İngiltere kalkış aşamasını 1783-1802 yılları arasında tamamlayarak olgunluğa geçiş aşamasına geçen ilk ülke olmuştur (1960:37-38). Sanayi Devrimi'ni daha önceki gelişmelerden farklı kılan, bu dönemde yaşanan teknolojik değişimin sürekliliğidir. Özellikle 1820'den sonra bu sürekliliğin meyveleri alınmış ve milli hasılda belirgin artışlar gözlenmiştir. Başka bir deyişle, atılımı sağlayan 1760'ların ve 1770'lerin ilk icatları değil, daha önceki teknolojik atılımları takip eden 1820'den sonraki gelişmelerdir. Fizik, kimya ve mühendislik bilimlerindeki önemli gelişmelerin birçoğu da Sanayi Devrimi'nin ana hamlesinden sonra meydana gelmiştir (Mokyr, 2000:506). Hızla gelişen yenilikler sayesinde yeni teknoloji kümeleri ortaya çıkmış ve üretim, istihdam ve genel refah da bu doğrultuda farklılık göstermiştir. Mokyr'e (2000) göre Sanayi Devrimi'nden önce teknolojinin epistemik temelini genişleten ve insanların yararlı bilgiye daha kolay erişmesini mümkün kılan 'bilgi devrimi' gibi bir şey vardı. Sanayi devrimlerinin gelişimi kısaca şu ana hatlarda gelişmektedir: (bk. Şekil 1)

- Su ve buhar gücünden faydalanan makinelerin icat edildiği, kömür ve demirin üretimde yaygın olarak kullanıldığı dönem *Birinci Sanayi Devrimi*,
- Birinci Sanayi Devriminden sonra çeliğin üretimde ve elektrik enerjisinin makinelerde kullanılmaya başlandığı, içten yanmalı motorların çoğaldığı ve seri üretim bantlarının yaygınlaşmaya başladığı dönem *İkinci Sanayi Devrimi*,
- Üretimde otomasyonun sağlandığı, yarıiletkenlerin, kişisel bilgisayarların ve internetin ön plana çıktığı dönem *Üçüncü Sanayi Devrimi* olarak anılmaktadır.
- Ağırlıklı olarak Endüstri 4.0 kavramıyla ayrı bir dönem olarak tartışmaların alevlendiği ve literatürde hala dönemsel tartışmaların sürdüğü *Dördüncü Sanayi Devrimi* ise bir sonraki başlıkta bağımsız olarak ele alınmıştır (bk. sonraki başlık).



Şekil 1. Sanayi Devrimleri Şeması

Sanayi toplumlarının sonrasında değişen toplum yapısı farklı isimlerle anılmaktadır. Bilgi toplumu, bilişim toplumu, enformasyon toplumu, sanayi sonrası toplum, teknokratik çağ, ağ toplumu ve postendüstriyalizm literatürde geçen isimlerden en çok bilinenleridir. Sanayi toplumlarının oluşmasında buhar makinesi ve içten yanmalı motorların oynadığı devrim niteliğindeki rolü, bilgi toplumunun oluşumunda enformasyon ve iletişim teknolojileri üstlenmiştir (Savuk, 2014:63). Bilgi toplumuna geçiş sürecinde üretim faktörlerinde ve yönetim fonksiyonlarında yaşanan değişim sonucunda sosyal sermayenin önemi artmakta ve emeğin zihinsel gücü ve

yaratıcılığı ön plana çıkmaktadır (Tiryakioğlu, 2008:3-8). Ayrıca sanayi sonrası toplumda hizmet sektörünün ön plana çıktığı ve ekonomide imalat sektörünü geride bıraktığı görülmektedir.

Braman (1993) tarafından 19. yy. ortaları, iletişimin elektrifikasyonu ile başlayan enformasyon çağının başlangıcı, İkinci Dünya Savaşı'nın sonrası da enformasyon toplumunun ikinci çağı olarak kabul edilmektedir. Başaran Özdemir (2016:416) telgraf ağının yayılmasına büyük bir önem atfederek telgraf ağını günümüz bilişim ve iletişim sektörünün ilk hali olarak kabul etmektedir. 1990'lar olarak kabul edilen enformasyon çağının üçüncü dönemi için üç önemli gelişme söz konusudur: Bilişim ve iletişim sistemlerinin birbiri içine geçmesi, küreselleşmesi ve diğer toplumsal ve ekonomik sistemlerle iç içe geçmesidir (Başaran Özdemir, 2016:423). Bilişim ve iletişim sektörünün gelişmede anahtar konumda olması ve diğer sektörlerle etkileri yeni-Schumpetercilerin bilişim ve iletişim paradigmasının genel kabul görmesini desteklemektedir (Başaran Özdemir, 2016:428). Freeman ve Soote'ye (1997: 378) göre enformasyon teknolojileri, *"Schumpeter'in art arda gelen 'yaratıcı tahrip fırtınaları'nın en son tayfunudur."*

Enformasyon devriminin temelini atan 1970 dönemindeki büyük icat ve teknolojik gelişmelerin neredeyse tamamı ABD'de gerçekleşmiştir. Bunda ABD'nin uyguladığı girişimcilik ve yenilik politikalarının rolü şüphesizdir. Mikroişlemci, mikro bilgisayar, entegre devrelerin icadı ABD'nin girişimcileri ile ünlü Silikon Vadisi'nde gerçekleştirilmiştir. ABD için araştırma merkezleri, üniversiteler, özel sektörler, risk sermaye şirketleri ve ilgili bakanlıkların entegre çalıştığı bir yenilik sistemi yeniliklerin anahtarı olmuştur. Bu sayede Cisco, Oracle, Yahoo, Ebay gibi birçok yenilikçi şirket Silikon Vadisi'nde kurulmuştur.

Castells (1996) günümüzde geçerli birçok teknolojiye gerekli altyapıyı sağlayan teknolojik bölünme için 1970'lerin kritik bir dönüm noktası olduğunu vurgulamıştır ve bu fikrini dönemin şu gelişmeleri ile desteklemektedir:

1970 Optik fiberin geliştirilmesi,

1970 Günümüz internetini ortaya çıkaracak elektronik iletişim ağının kurulması,

1971 Mikro-elektronikğin temeli olan mikroişlemcilerin icadı,

1971 Ağ içerisinde karşılıklı olarak iletişimi sağlayan e-postanın icadı,

1973 Kişisel bilgisayarlara yönelik yazılım programı matrisi,
1973 Farklı tip ağların birbirine bağlanmasını sağlayan bağlantı
protokolünün (TCP/IP) icadı,
1975 Mikrobilgisayarların icadı,
1975 Ticari olarak VCR makinelerini üretilmeye başlanması,
1977 Ticari başarıyı yakalayan ilk bilgisayarın (Apple II) yayınlanması,
1977 Microsoft'un işletim sistemleri üretmeye başlaması.

1970'lerin teknolojik gelişmeleri üç temel alanda yoğunlaşmaktadır: Mikro-elektronik, bilgisayar ve telekomünikasyon (Castells, 1996:51). DNA şifresinin çözülmeye başlaması ile 1980'ler sonrasında hızlanan genetik mühendisliği yeni tartışmaları da beraberinde getirmiştir. 1988 yılında genetik mühendisliği ile ortaya çıkan fare ve 1997 yılında klonlama yoluyla ortaya çıkarılan Dolly isimli koyun bu tartışmaların fitilini ateşlemiştir. Bununla birlikte genetik mühendisliğinin insan genlerindeki sorunları belirleyerek hastalık kaynağı olan kusurlu genleri değiştirmek için de kullanılabilmesi çalışmaları devam etmektedir. Böylece kanser, diyabet ve zihinsel hastalıkların genler yoluyla aktarımının engellenmesinin önü açılabilecektir.

1.3. ENDÜSTRİ 4.0 VE GELECEĞE YÖN VERMESİ BEKLENEN TEKNOLOJİLER

Konuya giriş, Endüstri 4.0 literatürüne olan katkıları ile tanınan ve bu konudaki kitapları birçok dile çevrilen Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum) kurucusu ve başkanı Prof.Dr. Klaus Schwab'ın kendi sözleriyle yapılmıştır (Schwab, 2018:17):

“Yeni teknoloji çağı, eğer duyarlı ve sorumlu bir yolla şekillendirilirse bizi kendimizden daha büyük bir şeyin- gerçek küresel bir uygarlığın- bir parçası olarak hissedebilmemizi sağlayacak yeni bir kültürel Rönesans'ı harekete geçirebilir. Dördüncü Sanayi Devrimi, insanlığı robotlaştırma ve böylece geleneksel olarak sahip olduğumuz anlam bulma kaynaklarımızdan- çalışma, topluluk, aile, kimlik- ödün vermemize yol açma potansiyeline sahiptir. Ya da Dördüncü Sanayi Devrimini, insanlığı ortak bir kader anlayışına dayalı yeni bir kolektif ve ahlaki bilince ulaştırmak için kullanabiliriz. Sonucun bu ikinci seçenek olmasını sağlamak hepimize düşüyor.”

1.3.1. Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi)

Son on yılda yaşama şekillerimiz, iletişim kurma yollarımız, eğlence tarzlarımız, bilgi alma ve bilgi verme yollarımız, kendimizi dış dünyaya anlatma şekillerimiz, neredeyse bunların tamamı teknolojinin etkisiyle büyük bir paradigma değişikliği yaşamıştır. Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuarı’nda gündeme gelmiştir. 2016 yılında düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu’nda ise ana tema olarak “*Dördüncü Sanayi Devrimi’nde Ustalaşmak*” başlığı seçilmiştir. Bu toplantıdan sonra dünya genelinde kavrama olan ilgi artmıştır.

Dünya genelinde birçok ülkede faaliyet gösteren ve teknolojinin etkilerine dair araştırmaları ile tanınan ABD merkezli MGI (2015) şirketi 2015 yılında yayınladığı imalat sektörünün dijitalleşmesi ile ilgili raporda Endüstri 4.0’ı şöyle tanımlamıştır: “*Neredeyse tüm ürün bileşenlerinde ve üretim ekipmanlarında yerleşik sensörler, her yerde bulunan siber fiziksel sistemler ve tüm ilgili verilerin analizi ile üretim sektörünün dijitalleşmesi.*” Banger’e (2018:325) göre ise Endüstri 4.0, “*Bilişim ve iletişim alanlarındaki gelişmeler, otomasyon, veri toplama, analiz etme ve değerlendirme ile üretim teknolojilerindeki yeni yaklaşımların bütünselliğini ifade eder. Bilişim, iletişim, ağ ve internet teknolojilerinin üretim süreçlerini yoğun biçimde etkilemesi ve dönüştürmesi ile ortaya çıkan yeni bir durumdur.*”

Dördüncü Sanayi Devrimi, yaygın ve mobil hale gelmiş internet, güçlü ve ucuz sensörler, yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile karakterize edilmektedir (Schwab, 2016:16). Özdoğan’a (2017:31-37) göre ise internet ve nesnelerin interneti, Endüstri 4.0 içindeki siber devrim için en önemli unsurlardır ve tüm teknolojilerin temelinde veri üreten teknolojiler bulunmaktadır. Tüm yeni teknolojilerin ortak özelliği, dijitalleşme ve enformasyon teknolojisinin gücünü kaldıraç olarak kullanmasıdır (Schwab, 2016: 23). Örneğin, sanal asistanlar ve sürücüsüz araçlar, yapay zekâ ve bilgi işlem gücünden; blok zincir teknolojisi, bilgisayar, veri analitiği, bilgi işlem ve internet gücünden faydalanmaktadır. Lang (2016) ise yaşanan tüm sanayi devrimlerinde enerjinin kritik rolüne dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0’da etkili olan dört temel yıkıcı teknoloji (MGI, 2015:7-11):

- *Veri, hesaplama gücü ve bağlantı (ör. Nesnelerin interneti, büyük veri, bulut);*

- *Analitik ve zekâ (ör. Bilgi çalışmasının dijitalleşmesi ve otomasyonu, ileri analiz);*
- *İnsan-makine etkileşimi (ör. Dokunmatik arayüzler ve artırılmış gerçeklik);*
- *Dijitalden fiziksele dönüştürme (ör. Gelişmiş robotik, eklemeli imalat, enerji depolama ve 3D baskı) olarak sıralanmıştır.*

TÜBİTAK (2016) “Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası”nda dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırdığı Endüstri 4.0’ı şöyle tanımlamıştır: “Bilişim ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle üretim sistemlerinin dijital dönüşümü”. Türkiye’de Dünya Ekonomik Forumu’na bağlı olarak kurulan Dördüncü Sanayi Devrimi Merkezinin resmi açılışı 10 Aralık 2020 tarihinde yapılmıştır. Teknoloji yol haritasında Endüstri 4.0 için gelişmiş ülkelerin önemli hazırlıklar ve planlama içerisinde olduğu vurgulanmaktadır (ör. ABD-Akıllı İmalat Koalisyonu, Çin-Kaynak ve Enerji Verimliliği ile Sürdürülebilir Süreç Endüstrileri, Almanya-Endüstri 4.0 Vizyonu, Japonya-Toplum 5.0, İngiltere-Katma Değerli İmalat Girişimi). Bu kuruluşlar ve strateji planları yeni sanayi devriminin getireceği yeni koşullara karşı gelişmiş ülkelerin bugünden hazırlık yaptığını ve küresel ekonomide sürekli değişen dengelerde yerini korumaya ve iyileştirmeye ne kadar istekli olduklarını göstermektedir. Türkiye için de bu yol haritası doğrultusunda kritik teknolojilerde Ar-Ge çalışmalarının artırılmasına karar verilmiştir. TÜBİTAK (2016:3-6) yol haritasında Türkiye için öncü teknolojiler olarak: Siber-fiziksel sistemleri, yapay zekâ/sensör/robot teknolojilerini, nesnelerin internetini, büyük veri, siber güvenlik ve bulut bilişim alanlarını belirlemiş ve bu teknolojilerde yetkinlik için on teknolojik hedef belirlemiştir:

1. *Uç cihazlarının güvenli, mahrem, akıllı ve ölçeklenebilir servis bulut platformunun, algoritmalarının ve uygulamalarının geliştirilmesi;*
2. *Verinin toplanması, işlenmesi, anlamlandırılması, ilişkilendirilmesi, analizi, raporlanması ve karar destek sistemlerinde kullanılması;*
3. *Yeni Sanayi Devrimi’ne yönelik siber güvenlik çözümlerinin üretilmesi;*
4. *Yeni Sanayi Devrimi’ne yönelik modelleme ve simülasyon teknolojilerinin geliştirilmesi;*

5. Birlikte çalışılabilirliği sağlanmış, güvenli (secure) ve güvenilirliği (reliability) artırılmış endüstriyel nesnelerin interneti dijital platformunun oluşturulması ve endüstriyel uç nokta ekipmanları için yazılım ve donanımların geliştirilmesi;

6. Üretim aşamalarında ve ürün yaşam döngüsü süresince kalite ve verimliliği artıracak güvenilir ve yenilikçi M2X (Makina-Makina, Makina-İnsan, Makina-Altyapı) yazılım ve/veya donanımları ile ortaya çıkan veriler için uygun veri saklama teknolojilerinin geliştirilmesi;

7. Sanayiye yönelik fiziksel, kimyasal, biyolojik, optik, mikro-nano sensörler; akıllı eyleyiciler; endüstriyel, kablosuz, dijital sensör ağları; yapay görme, görüntü işleme, yenilikçi sensör uygulamaları; uç koşullara dayanıklı sensörlerin geliştirilmesi;

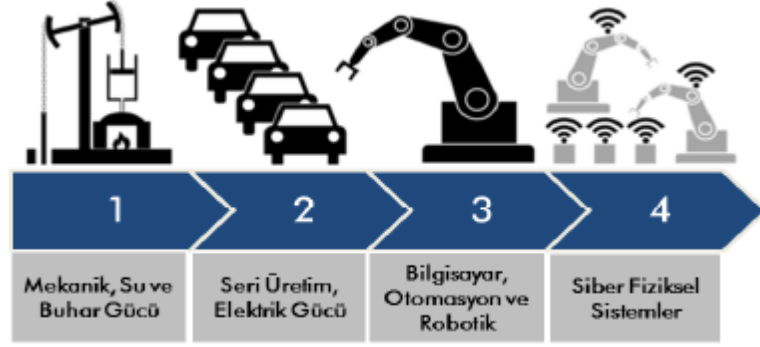
8. Uluslararası pazarlarda teknoloji ve maliyet açılarından rekabet edebilir, KOBİ'ler tarafından da ulaşılabilir akıllı üretim robot, ekipman ve yazılım/yönetim sistemlerinin geliştirilmesi;

9. Eklemeli imalatla kullanılan ham malzemelerin, üretim ekipmanlarının ve gerekli yazılım ve otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi;

10. Akıllı fabrika sistemleri ve bileşenleri ile ara katman (middleware) yazılım teknolojilerinin geliştirilmesi.

Endüstri 3.0, makinelerin ve süreçlerin otomasyonuna odaklanırken Endüstri 4.0, tüm fiziksel varlıkların uçtan uca dijitalleştirilmesine ve değer zinciri ortaklarıyla dijital ekosistemlere entegrasyonuna odaklanmaktadır (PWC, 2016:6). Üçüncü Sanayi Devrimi'nden Dördüncü Sanayi Devrimi'ne geçişe dair keskin bir olay veya buluş söz konusu değildir ve içinde bulunduğumuz süreç bir geçiş sürecidir. Üçüncü Sanayi Devrimi'yle anılan internet, bilgisayar gibi teknolojileri günümüzde de kullanmaya devam ediyoruz. Ancak bu teknolojiler daha gelişmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde diğer sanayi devrimleri ile anılan elektrik gücü, buhar gücü, içten yanmalı motorlar gibi teknolojiler de takip eden sanayi devrimlerinde kullanılmaya devam etmiştir. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin en belirgin özelliği dijital sistemleri dönüştürmesidir. Bu anlamda tıpkı Üçüncü Sanayi Devrimi'nin İkinci Sanayi Devrimi'nden kalan elektrik enerjisi dağıtımı ile yükselmesi gibi Dördüncü

Sanayi Devrimi'nin Üçüncü Sanayi Devrimi ile birlikte doğan dijital sistemlerin üzerinde yükselmesi önemlidir (Schwab, 2018:40). (Sanayi Devrimleri için bk. Şekil 2)



Şekil 2. Sanayi Devrimleri (TÜBİTAK, 2016:1)

Özdoğan'a (2017:30) göre Dördüncü Sanayi Devrimi, Üçüncü Sanayi Devrimi'ndeki otomasyonun daha “akıllı” hale gelmesidir. Akıllı fabrikalarla fiziksel sistemler otomatik hale gelecek, uzaktan kontrol edilebilecek ve robotlar insanlarla iletişim içerisinde ve kusursuz bir performansla çalışacak hatta yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile kendilerini geliştirecektir (Özdoğan, 2017:30). Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren akıllı fabrika sistemleri sayesinde ürünler tamamen müşteriye özel üretilecek ve yeni operasyon modelleri devreye alınacaktır (Schwab, 2016:17). Endüstri 4.0; tasarım, imalat, operasyon, ürün ve ürün sistemlerinin sunumunu dönüştürecektir (BCG, 2015:2). Schwab (2016: 19) üretimde yaşanan değişimin ölçek getirilerine yansımalarını şu çarpıcı örnekle dile getirmiştir: 1990 yılında Detroit Sanayi Merkezindeki en büyük üç şirketin piyasa değeri 35 milyar \$, toplam getirisi 250 milyar \$ ve çalışan sayısı 1.2 milyondur. 2014 yılında Silikon Vadisi'ndeki en büyük üç şirketin piyasa değeri ise 1,09 trilyon \$, toplam getirisi hemen hemen aynı ve 247 milyar \$ ve çalışan sayısı on kat daha az ve 137 bindir. Örnekten de anlaşılacağı üzere aradan geçen yirmi beş yılda aynı getiriye sahip şirketlerin çalışan sayısı on kat azalmıştır.

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin önemli özelliklerinden biri de katlamalı olarak ölçeklendirilebilir olmasıdır. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin dijital ağları üzerinde

yükselip yayılma imkânı ise bu devrimin çok daha hızlı bir şekilde ölçeklenmesini sağlayacaktır (Schwab, 2018:41). Bir diğer önemli özellik, teknolojilerin bir araya gelerek yenilik üretmesi ve daha güçlü hale gelmesidir (Schwab, 2018:43). İnternetin, akıllı uygulamalara kullanım alanı sağlaması ve bulut bilişimin büyük veri için depolama sağlaması örnek olarak verilebilecektir.

Schwab’a (2016:22) göre Dördüncü Sanayi Devrimi’nden en karlı çıkacaklar; yenilikçiler, yatırımcılar ve hissedarları kapsayan entelektüel ya da fiziksel sermaye sağlayıcılar olacaktır. Dördüncü Sanayi Devrimi’nin getirdiği yeniliklerden olumlu yönde faydalanmak ve bu etkileri doğru şekillendirmek için John Hagel’in *yakından bakma-uzaktan bakma* (zoom-in ve zoom-out) stratejisi yararlı olacaktır. Yakından bakma, belirli teknolojilerin özellik ve aksamalarını anlamak; uzaktan bakma, teknolojileri birbirine bağlayan modellere ve bizi etkileme şekillerine odaklanmak başka bir deyişle teknolojilere değil sistemlere odaklanmaktır (Schwab, 2018:38). Büyük resmi görerek sistemlere odaklanmak için dört temel dinamik dikkate alınmalıdır (Schwab, 2018:50):

- *Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri dijital sistemleri önemli ölçüde dönüştürür ve kapsamını genişletir,*
- *Katlanarak ölçeklenirler, fiziksel olarak ortaya çıkar ve yaşamlarımızın içine yerleşirler,*
- *Bir araya gelip inovasyonlar üretmeleri, bu teknolojilerin bozucu gücünü artırır,*
- *Benzer yararlar ve zorluklar ortaya çıkarırlar.*

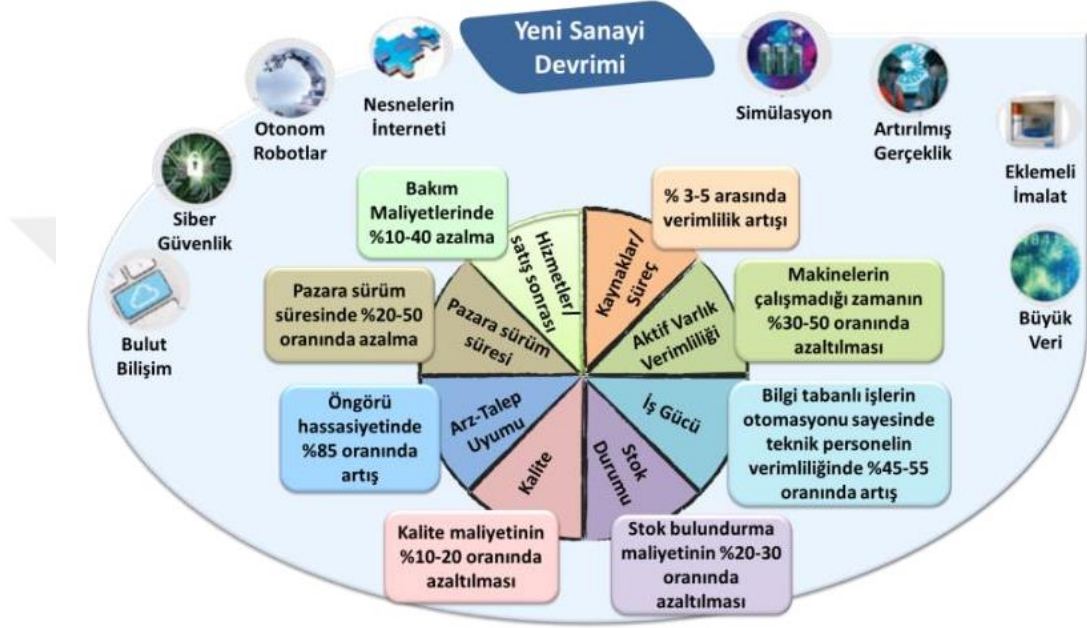
Boston Danışmanlık Grubu tarafından yayınlanan raporda: Büyük veri ve analitiği, otonom robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem bütünleştirmesi, endüstriyel nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut, eklemeli imalat ve arttırılmış gerçeklik Endüstri 4.0 için temel teknolojiler olarak sayılmıştır (BCG, 2015:3). Schwab (2018:43) ise konunun uzmanları ile yaptığı görüşmelere dayanarak Endüstri 4.0 için temel teknolojilerin yapay zekâ, dağıtık hesap defteri ve yeni bilişim teknolojileri olacağını tahmin etmektedir. Bu listeye kendi yaptığı ekleme ile enerji teknolojilerinin, biyoteknolojinin ve ileri malzeme teknolojilerin diğer teknolojileri etkileyecek önemli teknolojiler olacağını tahmin etmektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi büyük teknolojilerle getirdiği sayısız olanaklarla birlikte önemli dışsallıklar da barındırmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi'nde tehlike daha çok arz yönlü, çalışma ve üretimle ilişkilidir ve GSMH içinde emeğin payı giderek azalmaktadır (Schwab, 2016:21). Bu azalışın yarısı, malların nispi fiyatlarının teknolojik ilerlemeler sonucu düşmesine bağlıdır ve bu durum şirketleri işgücünü sermayeyle ikame etmeye zorlamaktadır (Frey ve Osborne, 2015). Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getireceği dışsallıklardan bazıları şunlardır (Schwab, 2018:48):

- *Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri son derece yıkıcı silahların üretilme olanaklarını- örneğin biyoteknoloji sayesinde biyolojik silah üretimini- demokratikleştirebilir,*
- *Yeni malzemelerin- örneğin nanoteknolojinin- çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilir ve bu anlaşıldığında bu malzemeler çoktan yaygınlaşmış olabilir,*
- *Temiz enerji alanında çığır açıcı gelişmeler fosil yakıt üreten ülkelerdeki istikrarı ortadan kaldırarak jeopolitik kargaşaya yol açabilir,*
- *Jeomühendislik yoluyla iklim değişikliği sorununu çözme girişimleri ekosistemlere geri dönülemez şekilde zarar veren beklenmedik sonuçlara neden olabilir,*
- *Kuantum bilişimindeki ilerlemeler mevcut online güvenlik protokollerini işlevsiz hale getirebilir,*
- *Bilinmezlerle dolu (bir kara kutu niteliğindeki) yapay zekânın yaygın bir şekilde kullanımı ekonomik sistemleri daha kırılgan ve dengesiz hale getirebilir ve kararlarla ilgili sorumlulukları belirsizleştirebilir. Örneğin, tartışmalı bir durumda kullanılması halinde,*
- *İnsanların linkleri tıklamaya, alışveriş ya da başka şeyleri yapmaya nasıl yönlendirilebileceği konusundaki bilgiler arttıkça, nöroteknolojideki gelişmeler insanın rolünü riske atabilir.*

Özdoğan'a (2017) göre Endüstri 4.0, fiziksel sistemlerin siber sistemlerle buluştuğu siber-fiziksel sistemler, üretimini ve tedarikini kendi planlayabilen yeni nesil bir endüstridir. Mario vd.'ne (2015:5) göre siber-fiziksel sistemler, "Üretim ortamında, bağımsız olarak bilgi alışverişi yapabilen, eylemleri tetikleyebilen ve

birbirini bağımsız olarak kontrol edebilen akıllı makineler, depolama sistemleri ve üretim tesislerinden oluşmaktadır.” Dördüncü Sanayi Devrimi’nin önceki devrimlerden en büyük farkı siber ve fiziksel sistemlerin birbiriyle birleşeceği ilk devrim olmasıdır (Özdoğan, 2017). (Yeni Sanayi Devrimlerinin kazanımları için bk. Şekil 3.)



Şekil 3. Yeni Sanayi Devriminin Kazanımları (TÜBİTAK, 2016:1)

Mario vd. (2015:11) çok ilgi gören ve yaklaşık 2500 atıf yapılan makalelerinde literatürdeki boşluğa istinaden Endüstri 4.0 için yeni bir tanım yapmışlardır. Bu tanıma göre:

“Endüstri 4.0, değer zinciri organizasyonu teknolojileri ve kavramları için ortak bir terimdir. Endüstri 4.0’ın modüler yapıllı akıllı fabrikalarında siber-fiziksel sistemler fiziksel süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve merkezi olmayan kararlar alır. Siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti üzerinden birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurar ve iş birliği yapar. Hizmetlerin interneti aracılığıyla hem şirket içi hem de organizasyonel hizmetler, değer zincirinin katılımcıları tarafından sunulur ve kullanılır.”

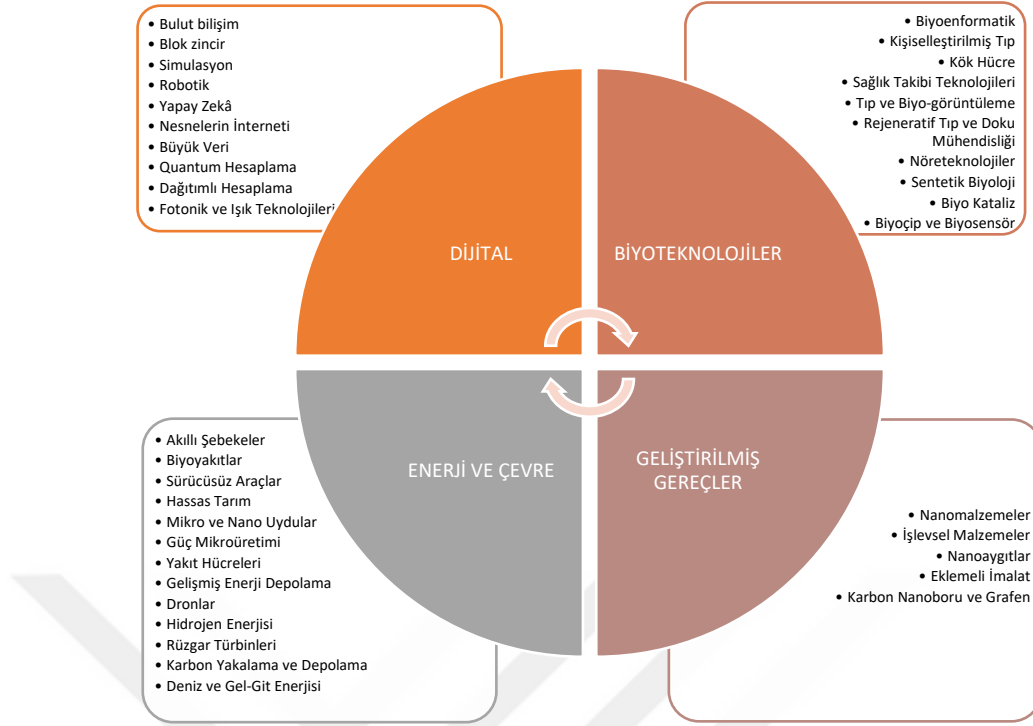
Mario vd. (2015) yaptıkları literatür taramasında Endüstri 4.0 için akademik literatürde genel kabul görmüş bir tasarım ilkesi bulamamışlardır. Buna istinaden Endüstri 4.0 bileşenlerinden altı tasarım ilkesi türetmişlerdir. Bu ilkeler: Birlikte çalışabilirlik, sanallaştırma, ademi merkeziyetçilik, gerçek zamanlı yetenek, hizmet odaklılık ve modülerliktir (Mario vd., 2015:11). Yaptıkları literatür taramasında, Endüstri 4.0'ın dört temel bileşenini belirlemişlerdir. Bu bileşenler: Siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti ve akıllı fabrikadır. Ayrıca beşinci sıradan itibaren yerini alan makineden makineye (m2m) iletişimi, akıllı ürünleri, büyük veri ve bulut bilişimini diğer dört bileşen içinde yorumladıkları için bağımsız Endüstri 4.0 bileşenleri olarak kabul etmemişlerdir (Mario vd., 2015:8).

Yeni Sanayi Devrimi birtakım zorlukların yanında önemli avantajlar vadetmektedir. Ancak Dördüncü Sanayi Devriminden beklenen yararların gerçekleşmesi için üç temel zorluğun aşılması gerekmektedir (Schwab, 2018:18):

- *Bozucu teknolojik gelişmelerin yararlarının adil bir şekilde dağıtılması,*
- *Kaçınılmaz dışsallıkların kontrol altına alınması,*
- *Yükselen teknolojilerin insanlar olarak bizleri belirlemek yerine güçlendirmesinin sağlanması.*

1.3.1. Geleceğe Yön Vermesi Beklenen Teknolojiler

OECD (2016) tarafından yayınlanan “2016 yılı Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Görünümü Raporu”, geleceğe yön vermesi beklenen 40 teknolojiyi ve bunlar içerisinde anahtar konumda olan 10 teknolojiyi sıralamıştır (bk. Şekil 4). 10 anahtar teknoloji: Eklemeli imalat, gelişmiş enerji depolama teknolojileri, yapay zekâ, büyük veri, blok zincir, nesnelerin interneti, mikro ve nano uydular, nanomalzemeler, nöroteknoloji, genetik ve sentetik biyolojidir.



Şekil 4. Gelecek İçin Kilit ve Gelişmekte Olan 40 Teknoloji (OECD, 2016)

Bazıları birbiri içine geçmiş ve sayılan teknolojilerin alt teknolojileri olarak kabul edilebilecek birçok teknoloji daha geleceğin teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Makine öğrenmesi, derin öğrenme, siber güvenlik, artırılmış/sanal gerçeklik, sürücüsüz araçlar, çok yönlü sistem entegrasyonu, implant teknolojiler, akıllı fabrika, akıllı şehir, 5G, üç boyutlu yazıcılar, dijital tıp, bulut bilişim, otonom robotlar son on yılda sıkça duyduğumuz ve geleceğe yön vermesi beklenen diğer kavramlardan bazılarıdır.

Bu listede bu teknolojilerin hepsine yer vermek, çok daha geniş kapsamlı ve ayrı bir araştırma konusu olacağından bu bölümde anahtar/kilit teknolojiler olarak sayılan ve teknolojiye dair hazırlanan birçok raporda mutlaka yer alan büyük teknolojilere yer verilecektir (bk. Tablo 8). Bu başlık altında daha çok bu teknolojiler hakkında teorik bilgi verilmeye çalışılacak bu teknolojilerde dünyada geline nokta ve yaşama etkilerine dair uygulamaya yönelik bilgi ve örnekler bir sonraki başlıkta yer alacaktır (*İşler Bu Defa Farklı mı? Moore Yasası ve Teknolojide Geline Nokta*).

Yaygın adıyla 3D baskı olarak bilinen eklemeli imalat, yazılım destekli bir tasarımı kullanarak katmanlara malzeme eklemek suretiyle ürünleri oluşturmaktadır

(OECD, 2015c). Eklemeli imalat teknolojileri arasında en yaygın olarak birleştirilmiş biriktirme modelleme, stereolitografi, dijital ışık işleme ve seçici lazer sinterleme yöntemleri kullanılmaktadır (OECD, 2016). Buradaki ürün yalnızca küçük nesneler değil bir bina kadar büyük olabilecek yapılar olarak da düşünülebilir. Zira Singapur Nanyang Teknoloji Üniversitesinde üç boyutlu yazıcılarla gökdelen yapabilmeyi mümkün kılacak beton blokların üretimi konusunda araştırmalar sürdürülmektedir (Nanyang, 2012). Hatta üç boyutlu yazıcılar sayesinde organ ve doku üretimi konusunda da birçok çalışmalar yapılmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların aynı anda bir doku veya organın iki boyutlu bir dilimini oluşturmasının ardından parçalar, biyobaskı adı verilen bir işlemle birleştirilerek organ ve doku elde edilmesi mümkün hale gelebilmektedir (Mraz, 2019). Özdoğan (2017) üç boyutlu yazıcıları, CNC tezgahların modern ve gelişmiş haline benzetmektedir.

Tablo 8. Yeni Teknolojiler

Yeni Teknolojiler	Tanım
3D Baskı	Prototip oluşturma'nın ötesine geçmek ve inşaatta kontur işçiliği gibi teknolojilerin daha fazla kullanımından organ dokuları, kemik ve kas gibi basılı biyolojik materyaller geliştirme fırsatına kadar giderek artan şekilde dağıtılan üretim ve tıbbi uygulamalara doğru çeşitli malzeme türlerini kullanan baskıda yenilik
İleri Malzemeler ve Nano Malzemeler	Kimya ve fizikteki yenilik, yeni malzeme maddelerinin, akıllı malzemelerin, 2B malzemelerin ve termoelektrik özelliklerden şekil korumadan manyetik ve mekanik işlevlere kadar özelliklerde ve fabrikasyonda diğer atılımların yaratılmasına neden olur.
Yapay zekâ ve robotik	Üretimden sürücüsüz araçlara ve otomatikleştirilmiş bilgi çalışmasına kadar uzanan, otomatikleştirilmiş süreçlerdeki ilerlemeler, çoğu zaman düşünme, çoklu görev ve ince motor becerileri ile ilişkili çeşitli görevleri tamamlamak için insanların yerini alabilecek son derece yetkin siber-fiziksel sistemler ve makinelerle sağlanır.
Biyoteknolojiler	Genom düzenleme, gen terapileri ve diğer genetik manipülasyon ve sentetik biyoloji biçimlerindeki yenilikler, bunların elektronik ve bilgi işlem gelişmeleriyle entegre edilmesi dahil, insan DNA'sının yanı sıra sekanslanmış hayvan türlerinin kayıt altına alınmasına, daha önce var olmayan organizmaların yaratılmasına ve mikrop ve organizmalarda tıbbi, tarımsal ve endüstriyel uygulamalar için modifikasyonlara neden olur.
Enerji yakalama, depolama ve iletim	Gelişmiş piller ve yakıt hücreleri, yörüngedeki güneş dizileri, gelgit enerjisi yakalama, rüzgâr ve biyoenerji gibi enerji teknolojilerinde yeniliklerin yanı sıra nükleer füzyon sınırlama, akıllı şebeke sistemleri, kablosuz enerji aktarımı ve artırılmış yakıt hücresi üretim verimlilikleri gibi yenilikler.
Blok zincir ve dağıtılmış defter	Halka açık bir defterde dağıtılmış işlem verilerini yöneten ve doğrulayan, şeffaflığı artıran ve bitcoin gibi kripto para birimlerine uygulama için değişmez bir kayıt sağlayan ve ayrıca özellikle finansal teknolojilerde (FinTech) endüstrilerdeki işlem çeşitlerinin doğrulanmasını sağlayan kriptografik sistemlerdeki gelişmeler.
Jeomühendislik	Hava modellerini etkilemek veya karbondioksiti gidermek için toprak ıslahından atmosferik tohumlamaya kadar Dünya'nın jeolojik ve iklim sistemlerine müdahale eden teknolojik süreçlerin yaratılması ve geliştirilmesi.
Bağlantılı sensörlerin çoğalması ve her yerde bulunması	"Nesnelerin İnterneti" olarak da bilinen bağlantılı sensörlerin çoğalması ve her yerde bulunması, fiziksel ürünleri, lojistik sistemleri, enerji şebekelerini ve daha fazlasını geniş çapta veri gönderip alarak birbirine bağlayacak, izleyecek ve yönetecek sofistike büyük ölçekli veri analitiği ile birlikte dijital altyapılar.
Nöroteknolojiler	Akıllı ilaçlar, nöro-görüntüleme, biyoelektronik arayüzler, makine gibi çeşitli ikincil teknolojik boyutlar aracılığıyla beyin aktivitesini okuma, etkileme ve ileme becerisine izin vererek insan beyninin işlevselliği ve işleme boyutlarının içgörüsü ve kontrolü için yeni yöntemlerin yaratılması - beyin arayüzleri ve beyin dalgası kod çözme ve manipülasyon.
Yeni bilgi işlem teknolojileri	Yeni yazılım geliştirme, kriptografi ve her biriyle ilişkili siber güvenlik süreçleri dahil olmak üzere, merkezi bulut bilişim, kuantum hesaplama, sinir ağı işleme, biyolojik veri depolama ve optik bilgi işlem gibi dijital bilgileri işlemek veya depolamak için kullanılan malzeme ve montajlardaki yenilikler.
Uzay teknolojileri	Mikrouydular, yeniden kullanılabilir roketler, entegre roket-jet motorları, optik ve görüntüleme teknolojileri, sensör geliştirmeleri gibi hem kamu hem de özel kuruluşların erişme, keşfetme ve yeni değer biçimleri oluşturma becerilerini artıracak uzayda kullanılabilecek teknolojiler, kaynak kullanımı, lazer ve iletişim teknolojileri, uzay keşfi ve habitat geliştirmeleri ve pazara aktarılabilen tekno-bilimsel atılımlar.
Sanal ve artırılmış gerçekler	Baş üstü ekranlardan ve holografik okumalardan tamamen karışık dijital ve fiziksel ortamlara ve eksiksiz sanal dünyalar ve arayüzlere kadar değişebilen karmaşık, sürükleyici sanal ortamların geliştirilmesi.

Kaynak: WEF, 2017a:64

Üç boyutlu yazıcılar, bilgisayar ortamında tasarlanmış bir ürünün üç boyutlu olarak üretilmesine yarayan katmanlı üretim (eklemeli imalat) cihazlarıdır. Eklemeli imalat sayesinde içinde delikler, gözenekler veya bükümler olan ya da iç içe geçen ve geleneksel yöntemle tek parça halinde üretilmesi zor veya imkânsız parçaların kolaylıkla üretilmesi mümkün hale gelmektedir (Ford, 2018:208). Plastikten kauçuğa ve metalden güçlü alaşımlara kadar birçok malzeme ile üretim yapabilen yazıcılar bulunmaktadır. Bu teknolojinin kullanımına hemen her sektörde rastlamak mümkündür. Örneğin, planlar ve modellerin yapımı için mimarlıkta, prototipler için otomotiv sektöründe, göstergeler için havacılık sektöründe ve respiratörler için savunma sektöründe kullanımlara rastlanmaktadır (Özdoğan, 2017:82). Bu yazıcılar üretim sürecinde meydana gelebilecek muhtemel problemleri önceden tespit etmeye yaradığından prototipler ve kişiye özel tasarımlar hatasız üretilmektedir. Üstelik bu teknoloji klasik üretim sürecinde kullanılan malzemenin yalnızca onda birini kullanarak önemli bir maliyet avantajı da sağlamaktadır (Öztuna, 2017:63). Tasarımların ve prototiplerin üretilme maliyetindeki bu düşüş, yeni buluşlar ve tasarımlar için de önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Büyük veri, yararlı bilgileri keşfetmek ve bunlardan değer elde etmek için çeşitli kaynaklardan büyük veri setlerini toplama, düzenleme ve analiz etme sürecini ifade etmektedir. Büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti tarafından sağlanan hiper bağlantılı ortamlar, veri odaklı yönetimi güçlendirmekte ve süreçleri yeniden şekillendirmektedir (DE, 2015:11). Anlık sağlık takibi yapan giyilebilir sensörler, günlük egzersiz ve enerji tüketimini kaydeden akıllı sayaçlar, trafik yoğunluğunu izleyerek rotaları otomatik olarak planlayan navigasyon cihazları ve CO2 emisyonlarını azaltan arabalar bu iki teknolojinin birleşerek günlük yaşamımızda sağladığı kolaylıklardan yalnızca bazılarıdır.

Büyük veri sayesinde firmalar, hükümetler ve bireyler farklı kaynaklardan geniş bir bilgi yelpazesini birleştirerek gerçek zamanlı karar verme sürecine yardımcı olan benzersiz bir hacimdeki verilere giderek daha fazla erişebilmektedir. Nesnelerin interneti, erişilebilirlik ve kullanılabilir açık verilerin giderek artması, büyük veri analitiğinin gelişimini daha da hızlandıracaktır (OECD, 2016:83). Büyük verinin giderek artan kullanımı firmalar için rekabette yeni bir dönemi başlatacaktır. Firmalar bir taraftan üretim süreçlerine yönelik bilgiye hızla erişirken diğer taraftan müşterilerin

tüketim davranışlarını da yakından izleme olanağına kavuşacak ve kendi operasyonlarını bu akışa göre şekillendirerek optimize edebilecektir (OECD, 2016:84).

Büyük veri analitiği, *“İçeriğin artan dijitalleşmesi, insan faaliyetlerinin daha fazla izlenmesi ve nesnelerin internetinin yayılmasıyla üretilen büyük hacimli verileri işlemek ve yorumlamak için kullanılan bir dizi teknik ve araç.”* olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2015b). 2020 yılı için bir günde ortalama 500 milyon tweet atılmakta, 294 milyar e-posta gönderilmekte, Facebook'ta 4 petabayt veri oluşturulmakta, trafikteki her araçtan 4 terabayt veri sağlanmakta, WhatsApp üzerinden 65 milyar mesaj gönderilmekte ve 5 milyar arama yapılmaktadır (Desjardins, 2019). Üstelik yaygınlaşan internet ve diğer yardımcı teknolojiler sayesinde bu veri akışı üstel bir şekilde artmaktadır. Tüm dünya verilerinin %90'ının son iki yıl içerisinde üretildiği düşünüldüğünde gelecekte ne kadar büyük bir veri havuzu ile karşılaşabileceğimiz tahmin bile edilememektedir. Böylesine büyük ve üstel bir hızla aratan veriyi yönetebilmek ve bu veriden ihtiyaç duyulan bilgiye erişebilmek için geleneksel veri tabanı ve dosyalama sistemleri yetersiz kalmaktadır. Bu veri yığınlarının analizi, ayıklanması ve işlenmesi ise ancak büyük veri ile ve analitikler adı verilen özel analiz ve yorumlama yöntemleri ile mümkün olabilecektir (Banger, 2018:40).

Büyük veri analizi, özel sektörün yanı sıra kamuda da verimliliği artırmak için önemli bir araçtır (MGI, 2011a). Kamu sektörüne sağlanacak verilerin toplanması ve analizi, hükümet politikaları ve kamu hizmetlerinin seçiminde daha doğru karar alınmasına ve bu şekilde kamuda verimliliğin artmasına yardımcı olabilecektir (OECD, 2016:84). Büyük verinin kullanım alanlarını herhangi bir sektörle kısıtlamak mümkün değildir. Sağlık takibi amacıyla kullanılan cihazların sağladığı veri, benzer hastalıkların teşhis ve tedavilerinde önemli bir bilgi kaynağı olabilecektir. Ayrıca büyük veri, yinelemeyi, verileri oluşturma ve yeniden kullanma maliyetlerini azaltarak tüm bilimsel araştırma sistemini daha etkili ve verimli hale getirme potansiyeline sahiptir (OECD, 2014).

Geleneksel bilgisayar kullanımında ihtiyaç duyulan tüm veriler ve yazılımlar ilgili bilgisayarın hafızasında saklanmaktaydı. 1990'lar sonrasında yaygınlaşan

internet ise bu bilgilerin merkezi sunucularda saklanmasına ve ihtiyaç duyulan verilere bu sunuculardan ulaşılmasına imkân tanımıştır. Günümüzde dijital teknolojilerin birçoğunun ihtiyacı olan veriyi sağlama girişimleri bilgi işlemdeki gelişmeleri hızlandırmıştır. Bu gelişmelerin merkezinde ise bu verileri işlemek, depolamak ve analiz ederek ihtiyaç duyulan bilgiye erişim için kullanılan yenilikler yer almaktadır. Bu yeniliklerden merkezi bulut bilişim, kuantum bilişim, nöral ağlar, biyolojik veri toplama, optik ve mesh bilgi işlem başı çekmektedir (Schwab, 2018:109).

Bulut bilişim, *“Minimum yönetim çabası veya hizmet sağlayıcısı ile hızla sağlanabilen ve piyasaya sürülebilen, yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının paylaşılan havuzuna (ör. ağlar, sunucular, depolama, yazılım, uygulamalar ve hizmetler) uygun, isteğe bağlı ağ erişimini sağlamak için bir model etkileşimidir”* (DE, 2015:10). Daha öz olarak tanımlamak gerekirse bulut bilişim, *“İnternet sunucularındaki yazılım ve enformasyonun paylaşımı sağlanarak ağ üzerinden kullanılmasıdır”* (Banger, 2018:41). Küresel çapta faaliyet gösteren yazılım firmaları dünyanın çeşitli noktalarında yer alan bulut bilişim merkezleri üzerinden bu hizmeti sağlamaktadır (Özdoğan, 2017:88). Bulut bilişim için hizmet tabiri oldukça yerinde olacaktır. Çünkü bulut bilişim imkânları bedelini ödemek kaydıyla isteyen tüm firma ve bireylerin kullanımına açıktır (Ücretsiz sağlanan kısıtlı depolama vb. hizmetler de mevcuttur).

Merkezi olarak sağlanan bilgiye erişim imkânı firmaların bilişim altyapısına yaptığı yatırımları azaltmış ve firmalar veri depolama ve bilgiye erişim için bulut platformlarını tercih etmeye başlamıştır. Bulut bilişim firmaları tarafından sağlanan bu hizmet firmalara maliyet avantajı da sağlamaktadır. Bulut bilişim ve büyük veri analitiğindeki gelişmeler firmalar için müşterilerin davranışları ve tercihleri hakkında önemli miktarda veri ve bilgi akışı sağlamaktadır. Bu veriler, müşterilerle bağlantı kurmak, pazar stratejilerini değiştirmek ve iyileştirilmiş bir hizmet yelpazesi sunmaya dayalı yeni iş modelleri oluşturmak için önemli bir araçtır (DE, 2015:17).

Bulut bilişiminin kullanım alanlarını ve avantajlarını yalnızca firmalarla sınırlandırmak son derece yanlış olacaktır. Zira bireysel olarak internet üzerinden erişim sağladığımız film, müzik, kitap, oyun, program, yazılım ve daha birçoğu bulut bilişim sayesinde gerçekleştirilmektedir. Kelly’e (2016:145) göre bulut, milyonlarca

bilgisayarın birbirine bağlanarak tek bir bilgisayar gibi hareket ettiği bir bilgisayar kolonisidir. Bulut bilişimin getirdiği önemli bir yenilik de bilgilere erişimde sınırların kaldırılmasıdır (Öztuna, 2017:58). Örneğin, Google Drive üzerinde kayıtlı bir dosyaya dünyanın her yerinden ve kullanılan tablet, akıllı telefon, bilgisayar gibi tüm elektronik aletlerle ulaşabilmekte ve bu dosyalar üzerinde değişiklik yapabilmektedir. Üstelik yapılan bu değişiklikler de bulut üzerinde saklanmaya devam etmekte ve yeniden erişim için güvenle beklemektedir. Bulut bilişim hizmetleri yalnızca verileri erişim noktasında değil verilerin güvenliği için de önemli bir hizmet sağlamaktadır. Bu güvenlik, yerel veri depolama hizmetlerinde kullanılan siber güvenlik önlemlerine göre çok daha etkili ve düşük maliyetli olacaktır. Bu nedenle günümüzde muhasebe kayıtlarının dahi bulut üzerinden sağlanan paket programlar vasıtasıyla tutulduğu ve güvenle saklandığı bilinmektedir.

Nesnelerin interneti, ekonominin ve toplumun tüm sektörleri üzerinde derin bir etki yaratması beklenen ve endüstri 4.0'a damga vuracak en önemli teknolojilerdendir. Nesnelerin interneti birçok teknolojiyi kapsamı ve etkilemesi nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Nesnelerin interneti, *“Bireylerin aktif katılımıyla veya katılımı olmadan durumu internet üzerinden değiştirilebilen cihazları ve nesneleri içermektedir.”* (OECD, 2015a). Bu kavram; internete bağlanan bilgisayar, tablet ve telefonun çok ötesinde hayatımızın her aşamasında veri toplayan ve birbiri ile ilişkili her türlü nesneyi, sensörleri ve aktüatörleri kapsamaktadır. Bu geniş kapsam nesnelerin interneti kavramını, en çok bulut bilişim ve büyük veri analizi teknolojileri ile ilişkilendirmekte ve birbirine bağlamaktadır. Bu üçlemede, nesnelerin interneti verileri toplarken bulut bilişim toplanan verileri depolamakta ve büyük veri analizi ise bu verileri işleme, analiz etme ve kullanıma yarar bilgiye dönüştürmeye yardımcı olmaktadır.

Makineden makineye iletişim (m2m), taşınabilir internet ve sensör teknolojileri, nesnelerin interneti ile doğrudan bağlantılı diğer önemli teknolojilerdir. Veri madenciliği, profil oluşturma, iş zekâsı, makine öğrenmesi ve görsel analitik, nesnelerin interneti yoluyla elde edilen verilerin kıymetlendirilmesinde kritik öneme sahip araç ve tekniklerdir (OECD, 2016).

Nesnelerin interneti, “*İnternet bağlantısı için bir IP adresi içeren fiziksel nesnelerin ağını ve bu nesneler ile diğer İnternet etkin cihazlar ve sistemler arasında gerçekleşen iletişim*” şeklinde tanımlanmaktadır (DE, 2015:10). Akıllı üretim, akıllı şebekeler, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı şehirler, akıllı turizm, akıllı otomobiller, akıllı fabrika gibi kavramlar nesnelerin internetinin sağladığı teknoloji sayesinde ortaya çıkmış kavram, uygulama ve teknolojilerdir.

Dünya genelinde internete bağlı cihazların sayısının 2022’ye kadar 14 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (OECD, 2015a). 2030 yılına kadar ise 8 milyar insanın ve yaklaşık 25 milyar "akıllı" cihazın birbirine bağlı olacağı ve küresel dijital sinir sistemini internetin inşa edeceği tahmin edilmektedir (OECD, 2015b). Nesnelerin internetinin ekonomide tüm sektörleri etkilemesi beklenmektedir. Ancak en büyük etkinin sağlık hizmetleri sektöründe, imalat sektöründe, ağ endüstrilerinde ve yerel yönetimde olması beklenmektedir (OECD, 2016).

Endüstri 4.0 içerisinde nöroteknoloji alanında, sağlıklı yaşlanma ve genel yaşam kalitesinin artırılması için umut verici çalışmalar yürütülmektedir. Nöroteknolojiler, insan beyninin fonksiyonları hakkında önemli bilgiler elde etmemize yardımcı olan, duyularımızı güçlendiren, davranışlarımızı değiştirmenin yollarını sunan ve gelecek vadeden teknolojilerdendir. İnsan beyninde 100 trilyondan fazla yolla birbirine bağlı 80 milyardan fazla nöron bulunmaktadır (Schwab, 2018:225). İnsan vücudunun en karmaşık ve hakkında en az bilgi sahibi olunan, buna karşılık en önemli işlevleri yerine getiren ve insan benliğinin içinde saklandığı parçası olan beyni anlamak son derece iddialı bir girişimdir. Beyin, temel çalışma prensibi olarak kimyasal etkileşimlerin başlattığı elektrik sinyalleri ile çalışmaktadır. Nöroteknoloji ile birlikte gelişen yeni teknolojiler kimyasal ve elektriksel olan bu sinyallerin ölçümü, analizi ve yorumlanmasına dair çeşitli olanaklar sağlamaktadır (Schwab, 2018:225). Giordano (2012) bu teknolojileri, beyin ve sinir sistemi ile etkileşime giren yapay yollar olarak açıklamaktadır.

Beyin işlevlerini onarabilen veya ikame edebilen elektronik cihazlar, akıl hastalığını tedavi etmek için kullanılan nöromodülasyon cihazları, beyin-bilgisayar arayüzleri için yapay sinapslar ve nöral ağlar, nöroteknolojinin sağladığı önemli imkânlardandır (OECD, 2016:89-93). Nöroteknolojideki gelişmeler, nörolojik ve

fiziksel engellerin iyileştirilmesine katkı sağlayabilecektir. Beyin yapısı ve fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması, beyin kaynaklı bozukluk ve hastalıkların teşhis, tedavi ve önleyici tedbirlerinde devrim yaratabilecektir. Alzheimer, Parkinson, şizofreni, epilepsi gibi tıbbın bugün çaresiz kaldığı hastalıklarda bu teknolojiler sayesinde ilerleme kaydedilmesi mümkün olabilecektir (Schwab, 2018:225-233). Engelli insanların beyinden kontrol ederek hareket ettirebildiği protezler birçok yürüme engelli için yeni bir umut olabilecektir. Bununla birlikte beyin-bilgisayar arayüzleri, eğlence, savunma, finans, insan bilgisayar etkileşimi, eğitim ve ev otomasyonu gibi alanlarda da kullanılabilecektir (OECD, 2016:91).

Gelişen biyoteknoloji, insan ömrünün kalitesini arttırmayı hatta yaşam süresini uzatmayı ve insan sağlığını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Biyoteknoloji; bitki, hayvan ve mikroorganizmaları genetik yoluyla geliştirmek ve yeni maddeler elde etmek için kullanılmaktadır. Sentetik biyoloji, organizmalardaki DNA'yı manipüle etmek için mühendislik ilkelerinden yararlanan biyoteknolojide yeni bir araştırma alanıdır (OECD, 2016:104). Sentetik biyolojinin nihai hedefi yeni hücre yaratmak ve canlı organizmaları yeniden şekillendirmeye çalışmaktır (De Lorenzo ve Danchin, 2008:823). Bu alan doğal biyolojik sistemlerin yeniden tasarımına imkân vermektedir. Sağlık ve tarım sektörleri biyoteknolojinin en çok etkilediği sektörlerdir. Biyoteknolojinin yarattığı üç büyük alt sektör: Biyolojik ürünler (biyofarmasötikler), genetiği değiştirilmiş ürünler ve endüstriyel biyoteknoloji (yakıtlar, enzimler ve gereçler) sektörleridir (Carlson, 2017:51).

İstenilen özellikte ve insan sağlığına yararlı proteinler, hormon, antikor, vitamin ve antibiyotik üretilmesi sentetik biyoloji sayesinde mümkündür. Tarıma yönelik olarak da aşı, pestisit ve tıbbi bitki üretimlerinin yanı sıra genetiği değiştirilmiş ve arzu edilen dayanıklılık ve diğer özelliklere sahip sebze ve meyve üretilmesi biyoteknolojinin sağladığı diğer yeniliklerdir. Düşük maliyetli yakıtlar ve çevre dostu biyoplastik ile kozmetik ürünler teknolojinin endüstriyel faydalarındandır (OECD, 2016:101-107).

Biyoteknolojinin sağlık alanında yarattığı potansiyel çok umut vericidir. Tedavinin genel hasta profiline göre değil kişiye özel olarak ayarlandığı kişiselleştirilmiş tıp, biyoteknoloji sayesinde mümkün olabilecektir. Kişinin genomik,

transkriptomik, proteomik, metabolomik ve mikrobiyomik profili ve moleküler yapısı ile ayrıntılı bilgilerin elde edilmesi sayesinde kişiselleştirilmiş tıp uygulanabilmektedir. Kanser tedavisi kişiselleştirilmiş tıp için en yaygın kullanım alanıdır. Ancak astım, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve otoimmün hastalıklar içinde yürütülen çalışmalar mevcuttur (Schwab, 2018:213). Sentetik biyoloji sayesinde hastaların bağışıklık hücreleri, kanser hücrelerine saldırılarını sağlayacak şekilde yeniden programlanabilecek, bağışıklık hücreleri, örneğin HIV virüsüne dirençli hale getirilebilecek ve genetik bozuklukların sonraki nesillere geçmesi engellenebilecektir (OECD, 2016:105).

Teknolojinin ergonomik görünümüne kavuşması çabaları uydu teknolojilerinde de karşılık bulmuştur. Günümüzde nano ve mikro uydular 1 kg ile 50 kg arasındadır. Geleneksel büyük uyduların göreve geçmesi yıllar sürerken bu küçük uydular hızlı bir şekilde göreve hazır olmaktadır. Örneğin, Planet Labs'ın 2015'in başlarında iki CubeSat'ı inşa etmesi sadece dokuz gün sürmüştür (OECD, 2016:92). Küçük uydular, savunma sektöründe ordu tarafından da kullanılmaktadır. Bunun dışında araştırma maksatlı olarak küçük uydulardan faydalanılmaktadır. Gelişen uzay teknolojileri içerisinde mikro ve nano uyduların payı büyüktür.

Atom düzeyinden başlayarak malzeme temellerini yönetme becerisinde elde edilecek başarılar insanlığın en büyük sorunlarına çözüm olabilecektir. Malzeme bilimi, ileri malzeme teknolojileri gibi isimlerle anılan ve temelinde istenilen özellikte malzemeler elde etmek hedefi olan bu teknoloji, beraberinde birçok teknolojiyi yakından etkileyecektir. Akıllı malzemeler; sıcaklık, nem, elektrik, manyetik enerji ve ışık gibi harici etkenlerle kontrollü bir şekilde değiştirilebilen veya ilave özellikler içeren malzemelerdir ve polimerler, sensörler, yapay kaslar gibi birçok uygulamanın temelidir (Banger, 2018:54). Yeni malzemelerde hedeflenen temel özellikler daha hafif, daha güçlü, dönüştürülebilir ve uyarlanabilir olmasıdır (Schwab, 2016:26).

Atık ısıyı elektrik enerjisine dönüştürme, küresel ısınmaya ek yük getirmeden enerji üretebilme, deniz suyunu içilebilir hale getirme veya nano robotlarla hücre hasarını onaran ilaçlar üretme gibi potansiyeller malzeme bilimine ilişkindir (Schwab, 2018:183-190). Kendi kendini onarabilen veya temizleyebilen, ilk şekline geri

dönebilen bellekli metaller ve basıncı enerjiye dönüştürebilen kristaller yeni malzeme teknolojileri sayesinde ortaya çıkmıştır (Schwab, 2016:26).

Nanoteknoloji temelde doğadaki atom dizilimini taklit etme prensibinden yararlanmaktadır (Öztuna, 2017:74). Bu teknolojide elde edilecek başarılar birçok teknolojiyi yakından etkileyecektir. Çünkü elde edilecek akıllı malzemeler, yeni teknolojilerin imalatında önemli bir girdi sağlayacaktır. Malzeme bilimi; mikroelektronik, nanoteknoloji ve biyoteknoloji ile birlikte imalat sektöründe üretimin karakterini değiştirme ve dönüştürme potansiyeline sahiptir (Banger, 2018:53). Daha şimdiden malzeme bilimindeki ilerleme, bilişim sektöründeki ilerlemeyi hızlandırmıştır. Bilişim sektöründeki ana malzemelerden olan transistör katmanlarındaki yarıiletkenlerin boyutları kalınlık olarak atom boyutlarına indirilmiştir. Bu boyut, kuantum mekaniğine özgü davranışların ortaya çıkacağı kadar küçüktür (Schwab, 2018:187).

Çelik levhalardan üretilmiş bir otomobil yerine suni ipek fabrikasında üretilmeye başlanan ve çapı 7 mikrometre (metrenin milyonda biri) olan karbonize ipiklerden elde edilmiş karbon fiberden bir BMW İ3 nanoteknolojinin geleceği için umut vericidir (Markillie, 2017:139). Çelikten 200 kat daha güçlü ve insan saçından bir milyon kez daha ince, iyi bir ısı ve elektrik geçirgeni olan ve şu an dünyanın en pahalı malzemelerinden birisi olan “grafen” ileri nanoteknoloji ürünüdür (Schwab, 2016:26). Günlük eşyalarda da nanoteknolojinin kullanımına rastlamak mümkündür. Suyu, kırılmaya ve lekeye dayanıklı tekstil ürünleri veya askeri ve acil müdahale uygulamalarında kullanılabilen akıllı kumaşlar, nanoteknolojinin hayatımıza kazandırdığı yeniliklerdendir (OECD, 2016). Tarımda kullanılan ve nanoteknoloji ile üretilen nano gübre, daha az miktarda gübre kullanarak daha yüksek verim elde etmeyi sağlamaktadır (Öztuna, 2017:75).

Buhar, kömür ve elektrikle daha önceki sanayi devrimlerine damga vuran enerji, Dördüncü Sanayi Devrimi için de en önemli ihtiyaçlardandır. Geçmişte ana enerji kaynağı olarak görülen fosil yakıtların yerine günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması için araştırmalar yapılmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı olmasının dışında küresel ısınma gibi çevre etmenleri de yenilenebilir enerjiye geçişi zorunlu kılmıştır. Ancak güneş, rüzgâr, gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynakları

belirli koşullarda ve belirli zaman diliminde enerji veren kaynaklardır. Bu kısıt, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması için enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Gelişmiş enerji depolama teknolojileri, enerji veya g¼¼ hizmetlerini işteğe bağlı olarak serbest bırakmadan önce enerjiyi emen ve bir s¼¼re depolayan sistemlerdir (OECD, 2016). Artan d¼¼nya n¼¼fusu ve sanayileşme, iklim değişikliğinin etkileri ve 2040’da iki katına çıkması beklenen artan k¼¼resel enerji talebi, yenilenebilir enerji kaynakları için enerji depolama teknolojilerinin hızla geliştirilmesini gerektirmektedir (Schwab, 2018:268). Üstelik yeni teknolojiler i¼¼erisinde gelecek için en az risk potansiyeli taşıyan teknoloji, enerji depolama teknolojileri olarak g¼¼r¼¼lmektedir (WEF, 2017a:64-65). Enerji depolama teknolojileri, enerjinin verimli ve mobil olarak kullanılması gereken diğer teknolojileri de yakından ilgilendirmektedir. Örneğin, bir taraftan hibrit ve elektrikli ara¼¼aların geliştirilmesini de sağlayan gelişmiş pil teknolojileri, diğer taraftan sera gazı emisyonlarını azaltarak çevreye yarar sağlamaktadır.

Dijital değerlerin giderek arttığı çağımızda, bu varlıkların muhafazası, el değiştirmesi ve taklidinin engellenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dijital varlıklarla birlikte ortaya çıkan blok zincir teknolojisi, *“Dijital kayıt ve enformasyonun çoklu kopyaları olmayacak şekilde g¼¼venle paylaşılmasına olanak veren dijital nesne ya da enformasyonun değerini koruyan bir t¼¼r dağıtık hesap defteridir”* (Schwab, 2018:135). Üç¼¼nc¼¼ bir tarafa gerek duymadan g¼¼venilir işlemler yapma olanağı veren bu teknolojinin bir¼¼ok pazarı sekteye uğratması beklenmektedir (OECD, 2016:107).

Gerçek kimliği konusunda tartışmalar devam eden ve Satoshi Nakamoto kod adlı birisi veya birileri tarafından yazılan bir raporla dağıtık hesap defteri teknolojilerinin temeli atılmıştır (Schwab, 2018:122). Bu teknolojinin temelinde, merkezi bir otorite olmaksızın dijital değerler yaratılması ve bu değerlerin el değiştirmesi vardır. Kriptografik bir şifreleme ve P2P (uçtan uca) ağ y¼¼ntemi ile çalışan bu teknolojinin çok farklı kullanım alanları söz konusu olabilecektir. G¼¼n¼¼m¼¼zde daha çok bitcoin ve benzeri kripto paralarla tanıdığımız bu teknoloji “akıllı sözleşmeler” sayesinde bir¼¼ok avantaj sunmaktadır. Akıllı sözleşmeler, programlanabilen kayıtlar için veri yaratma fırsatı sunmaktadır. Bu veriler, transfer

gerçekleşmeden önce belirli kuralların karşılanması gerektiğini belirtebilir ve bu şekilde, bir işlem, belirli koşulların yerine getirilmesi üzerine gerçekleştirilir (OECD, 2016:108-109). Örneğin, yağış durumu belirli bir aralığı aştığında otomatik ödeme yapan bir sigorta sözleşmesi yapılabilir (Schwab, 2018:124).

Blok zincir teknolojisi hem şeffaf hem güvenilir hem geriye dönük dahil izlenebilir işlemler yapılmasına olanak tanımaktadır. Herkes tarafından incelenebilen, açık, paylaşılan ve güvenilir bir genel muhasebe defteri gibi davranan dağıtılmış bir veri tabanıdır (OECD, 2016:107). Kayıtların bu kadar şeffaf olması, dijital kimlikler yaratmaya elverişli olduğunu gösterir ki bu teknolojinin potansiyel olarak sağlık kayıtları, oy kullanma ve benzer kamu hizmetlerinde kullanılma yeteneği ortaya çıkmaktadır (Schwab, 2018:131).

İlk bakışta oldukça iyi bir özellik olarak görülen anonimlik, bu teknolojinin yasadışı faaliyetlerde kullanılmasının önünü açabilecektir. Örneğin, anonim bir kimlikle sınırlar ötesine yapılacak bir bitcoin transferi yasadışı bir faaliyeti finanse etmek için kullanılabilir. Bununla birlikte dijital kayıtların hacklenmesi de ayrı bir güvenlik sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle teknolojinin kötüye kullanımına yönelik çeşitli önlemlerin araştırılması ve iyi niyetli kullanımı teşvik edici yöntemlerin keşfedilmesi gerekmektedir.

Sanal gerçeklik (VR), arttırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR), insanların sanal ortamlarla buluştuğu ya da gerçek ortamlara bir takım sanal öğelerin eklendiği görsel ve işitsel teknoloji ürünleridir (Schwab, 2018:250). Bir arayüz olarak kabul edilebilecek bu teknoloji, klavye ve farelerden dokunmatik ekranlara ve hareket sensörlerine dönüşen yeniliklerin devamı niteliğindedir.

Sanal gerçeklik, kafaya takılan bir başlık yardımıyla tamamen sanal bir ortamda (hayali veya gerçek bir yerin taklidi olabilir) üç boyutlu, 360 derece gerçekçi görüntü ve gerçekçi seslerle desteklenmiş bilgisayarlı bir simülasyon ortamıdır. Arttırılmış gerçeklik ise gerçek ortamlara dijital ses, görüntü ve grafiklerin eklenerek oluşturulduğu ortamdır. Sanal gerçeklikle üretilmiş ortam tamamen sanal olmasına karşın arttırılmış gerçeklikte sanal ve gerçek dünya bir arada sunulmaktadır (Banger: 2018:51). Bu teknolojiler, kullanıcılarına bambaşka bir yerdeki hatta bambaşka bir ülkedeki insanlarla gerçekçi bir şekilde etkileşime girme şansı vermektedir. Kullanıcı,

kendisini başka bir ülkede hatta başka bir gezegende gerçekçi bir ortamda bulacaktır (Schwab, 2018:240). Takacağınız bir gözlükle mutfağınızdaki bir robotu kusursuz bir çözünürlükte görebilecek hatta ona dokunup onu hareket ettirebileceksiniz. Bu bindirme yöntemi, artırılmış gerçeklik teknolojisinin sunduğu ve gerçek dünyaya bir ekleme yapma olanağıdır (Kelly, 2016:245).

Belki de gelecekte bu gerçeklik teknolojileri daha küçük bir tasarımla evrimleşerek daha kullanışlı hale gelecek ve mobil telefonların yerini dahi alabilecektir (Schwab, 2018:243). Hayal dünyasının gerçekleşmesinin ötesinde tıp gibi alanlardaki kullanımı birçok avantajı beraberinde getirecektir. Örneğin, ameliyat esnasında çıkarılacak bir tümörün üç boyutlu taraması anlık olarak cerraha görünebilecektir. Bu şekilde cerrahın daha net ve çok boyutlu bir görüntüyle doğru müdahalede bulunması kolaylaşacaktır.

Günlük hayatımızda birçok kez rastladığımız ve kullandığımız, google arama motoru, Siri gibi sesli asistanlar, ilginize uygun internet reklamları veya makale önerileri yapay zekânın kuşattığı dünyamızdan sadece birkaç örnektir. Amazon, Netflix ve Spotify'ı destekleyen öneri motorları makine öğrenimi teknolojilerine dayanan ve yapay zekâ tabanlı web tabanlı hizmetlerdir (OECD, 2015b). Yapay zekâ, *“Makinelerin ve sistemlerin bilgi edinme, uygulama ve akıllı davranış sergileme yeteneği”* olarak tanımlanabilecektir. Bu tanım; algılama, sözlü dili işleme, akıl yürütme, öğrenme, karar verme ve nesneleri buna göre hareket ettirme ve kullanma becerisi gösterme gibi birçok bilişsel görevi kapsamaktadır (OECD, 2016:86).

Say (2018) yapay zekâyı, *“Doğal sistemlerin yapabildiği her bilişsel etkinliği yapay sistemlere, daha yüksek başarımlı düzeylerinde nasıl yaptırabileceğimizi inceleyen bilim dalıdır.”* şeklinde tanımlamaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme sıkça karıştırılan ve yapay zekâ ile ilişkili bazı kavramlardır. Açıklık getirmek gerekirse makine öğrenmesi, yapay zekânın yöntemlerinden biri olup, açıkça programlanmaksızın öğrenme yeteneği olan algoritmalarıdır. Derin öğrenme ise makine öğrenmesinin bir alt kümesi olup, yapay sinir ağlarının büyük miktarda veriye uyum sağlayıp öğrenmesidir (Banger, 2018:37). Yapay zekâ günümüzde daha çok *“Makine öğrenmesine, yani doğrusal regresyon modellerinden başlayıp karar*

ağaçları, bayes ağları, yapay sinir ağları ve evrimsel algoritmalara kadar uzanan yazılım yaklaşımlarına” işaret etmektedir (Schwab, 2018:177).

Yapay zekâ sistemleri bazı konularda alanında en zeki ve başarılı insanları geçebilirken birçok temel beceri noktasında küçük bir çocuktan dahi daha başarısız ve yetersizdir. Bu durumu “Moravec Paradoksu” olarak adlandırılmaktadır. Yapay zekâyâ bağlanan cihazlar arttıkça yapay zekâ daha çok akıllanacaktır. Aynı şekilde yapay zekâyâ ne kadar çok insan erişirse yapay zekâ o kadar akıllanacaktır (Kelly, 2016:40-51). Malzeme bilimi ve sensör teknolojilerindeki ilerlemeler makineler dijital yeteneklerinden öte bir yetenek olan algılama ve hareket etmek yeteneğini kazandırmıştır (Schwab, 2018:169). Büyük veri, nesnelerin interneti, makiden makineye iletişim ve bulut bilişimdeki gelişmelerle artan veri, sensör sayısı ve işlem gücü ile erişim kapasitesi ve hızı yapay zekâyı son on yılda çok geliştirmiştir. Yapay zekânın birçok teknoloji ile iç içe olması onu bir anlamda teknolojilerin teknolojisi yapmakta ve önümüzdeki yüzyıla damga vuracak teknolojinin yapay zekâ olma olasılığını çok arttırmaktadır.

1.4. MOORE YASASI VE TEKNOLOJİDE GELİNER NOKTA

Taşınabilir internet, yapay zekâ, öğrenen makineler, sürücüsüz otomobiller, sanal asistanlar artık bilim-kurgu filmi olmaktan çıkmış günlük hayatımıza dahil olmuştur. Teknoloji büyük bir ivme kazanmıştır ve hızlı gelişimini devam ettirmektedir. Günümüzde kullandığımız ortalama özellikteki bir bilgisayar otuz yıl önceki 5 bin masaüstü bilgisayara denktir. 20 yıl önce 1 Gb veri depolama maliyeti 10 bin \$’dan daha fazlayken günümüzde aynı veriyi depolama maliyeti ortalama 0,03 \$’dan daha azdır (Schwab, 2016:21). Schwab (2016:17) içinde bulunduğumuz Sanayi Devrimi’nin bu kez diğerlerinden çok farklı olduğunu şöyle ifade etmiştir:

“Benim dördüncü sanayi devrimi olarak gördüğüm şey; ölçeği, kapsamı ve karmaşıklığı bakımından insanlığın daha önce yaşadıklarının hiçbirine benzemiyor”

Teknolojinin etkileri ve geleceğine ilişkin yazılan kitaplar birçok dile çevrilmiş ve milyonlara varan okuyucu kitlelerine ulaşmıştır. Bu konuda çok tanınan kitaplardan bazıları şunlardır:

- *Robotların Yükselişi (Martin Ford)*
- *Teknolojiye Karşı İnsanlık (Gerd Leonhard)*
- *İkinci Makine Çağı (Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee)*
- *Büyük Teknolojik Dönüşüm (Kevin Kelly)*
- *Süper İnsan (Andy Walker, Kay Walker ve Sean Carruthers)*
- *Mega-Tech:2050'de Teknoloji (Daniel Franklin)*
- *Dördüncü Sanayi Devrimi (Klaus Schwab)*
- *İnsanlık 2.0 (Ray Kurzweil)*
- *The Age of Spiritual Machines (Ray Kurzweil)*
- *The New Division of Labor (Frank Levy ve Richard J. Murnane)*
- *Digital is Destroying Everything (Andrew V. Edwards)*
- *Smarter Than Us: The Rise of Machine Intelligence (Stuart Armstrong)*
- *Machine, Platform, Crowd (Andrew McAfee ve Erik Brynjolfsson)*
- *Race Against the Machine (Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee)*
- *Competing in the Age of AI (Marco Iansiti ve Karim R. Lakhani)*

1.4.1. Büyük Teknolojilerdeki Güncel Gelişmeler

Önümüzdeki dönem, insanlık için büyük atılımların yaşanabileceği ve teknolojiye birçok kırılma noktasının yakalanabileceği bir dönem olabilecektir. Dünya Ekonomik Forumu bir araştırma raporunda büyük teknolojilerin toplumdaki kırılma noktalarının ne zaman gerçekleşebileceğine dair bir anket sonucu yayınlamıştır. Yayımlanan anket sonuçlarına göre bu kırılmaların tamamının önümüzdeki beş yıl içerisinde 2025 yılından önce yaşanacağı tahmin edilmektedir. Aşağıda yer alan Tablo 9 bu dönüm noktalarının 2025'te gerçekleşeceğini bekleyenlerin yüzdesini göstermektedir.

Üç boyutlu baskı ve eklemeli imalat üretiminde henüz büyük bir pay sahibi değildir ancak imalat sektöründe giderek çoğalmaktadır. Biyobaskı olarak adlandırılan canlı doku basımının ilerlemesi organların bir bütün olarak üretilbilmesinin önünü açabilecektir. Ancak bu durum biyolojimizle maddi çıkarlar arasındaki çatışmayı körükleyecek ve insan sağlığına dair yeni bir eşitsizlik durumu ortaya çıkarabilecektir (Schwab, 2018:198). Üç boyutlu yazıcıların birçok yararlı malzemeyi yerel olarak

üretmeye imkân tanınması ilk bakışta çok masum görülmektedir. Ancak kontrollü ve tehlikeli malzemelerin, örneğin bir silahın, yerel imkânlarla ve hiçbir denetime tabi tutulmadan üretilbilecek olması kötü niyetli kullanımların önünü açabilecektir.

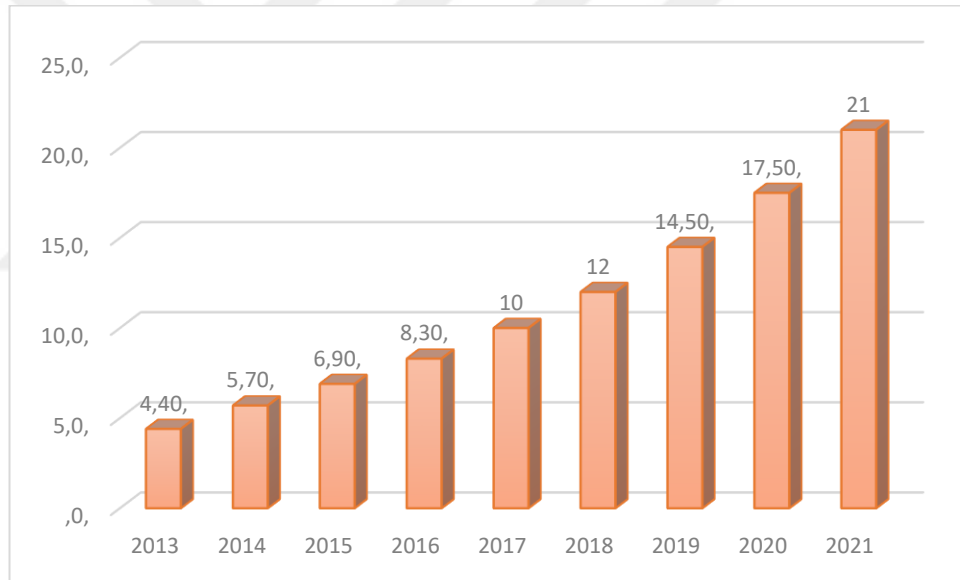
Tablo 9. 2025 Yılına Kadar Gerçekleşmesi Beklenen Dönüm Noktaları

İnsanların yüzde 10'unun internete bağlanabilen elbiseler giymesi	%91,2
İnsanların yüzde 90'ının sınırsız ve ücretsiz depolamaya sahip olması	%91,0
1 trilyon sensörün internete bağlanması	%89,2
Amerika'daki ilk robot eczacı	%86,5
Okuma gözlüklerinin yüzde 10'unun internete bağlanması	%85,5
İnsanların yüzde 80'inin dijital bir varlığa sahip olması	%84,4
3D yazıcılarla ilk otomobilin üretilmesi	%84,1
Nüfus sayımını büyük veri kaynaklarıyla gerçekleştiren ilk devlet	%82,9
İmplant edilebilir ilk mobil telefonun piyasada bulunur hale gelmesi	%81,7
Tüketici ürünlerinin yüzde 5'inin 3D basılması	%81,1
Nüfusun yüzde 90'ının akıllı telefon kullanması	%80,7
Nüfusun yüzde 90'ının internete düzenli erişime sahip olması	%78,8
Amerika'da yollardaki bütün otomobillerin yüzde 10'unun sürücüsüz olması	%78,2
3D baskılı ilk karaciğer nakli	%76,4
Şirket denetimlerinin yüzde 30'unun yapay zekâ tarafından yapılması	%75,4
Bir devlet tarafından blok zincir üzerinden ilk kez vergi tahsilatı yapılması	%73,1
Evlere giden internet trafiğinin yüzde 50'den fazlasının alet ve cihazlar için	%69,9
Küresel ölçekte otomobil paylaşımıyla yapılan seyahat ve yolculukların özel	%67,2
Trafik lambaları olmayan 50.000'in üzerinde nüfusa sahip ilk şehir	%63,7
Küresel GSYH'nin yüzde 10'unun blok zincir teknolojisiyle tutulması	%57,9
Bir şirket yönetim kurulunda ilk yapay zekâ makinenin yer alması	%45,2

Kaynak: WEF, 2015:7

Eklemeli imalatın yaygınlaşmasının bir sonucu da üretimin gelişmiş ülkelere yeniden dönmesi olabilecektir. Çünkü yerel imkânlarla ve teknoloji kullanılarak ucuza yapılan üretim, ucuz işgücü avantajını ortadan kaldıracaktır. Diğer taraftan küçük hacimlerdeki düşük maliyetli üretim, ürün geliştirme sürecini hızlandırabilecektir. Böylece yenilikler artacak ve yeniliğin piyasaya sürülme süreci çok kısalcaktır. Özellikle küçük sermayeli Ar-Ge çalışmalarının başarıya ulaşması girişimcileri teşvik edecektir. Bu teknoloji yeni prototip üretiminin yanı sıra bitmiş ürünlerin kopyalanması için de kullanılabilir. Bu durum, korsan üretim ve izinsiz taklit üretimi daha kolay hale getirecek, kontrol ve denetimini zorlaştıracaktır.

Üç boyutlu yazıcıların düşük hacimlerde dahi ekonomik üretim maliyeti geleneksel üretim anlayışını değiştirebilecek potansiyele sahiptir. Çünkü bu teknoloji, birçok ürünün yerinde üretimini ve piyasaya sürülmesini mümkün kılacaktır. Üç boyutlu baskı ve eklemeli imalat çok malzemeli ürünlerin de üretilmesine imkân tanımaktadır. Tekil üretim maliyetindeki düşüş, başta moda sektörü olmak üzere birçok sektörde geleneksel üretim anlayışını değiştirebilecektir. Gelecekte yazıcıların fiyatlarının düşmesi, bireylerin kendi evlerinde istediği bir ürünü üretebilmesinin de önünü açmış olacaktır. Böyle bir durumda, ucuz bir yazıcıyla kolaylıkla üretilen bir ürünün pazarı tamamen yok olabilecektir. Son on yılda 3D baskı pazarı yaklaşık 5 kat büyüme göstermiştir ve bu büyüme ivmesinin devam ettiği görülmektedir (bk. Grafik 1). 3D baskı teknolojilerine yapılacak yatırımların bu şekilde artış göstermesi imalat sektöründe önemli değişimlere yol açabilecektir.



Grafik 1. Küresel 3D Baskı Pazarı *Milyar USD (CiTi GPS, 2017)

İnşaatta 3D baskı, bir kola bağlı 3D yazıcının kullanılması ile yapılmaktadır. Henüz gelişme aşamasında olan ve sektörde kullanımda olan 3D yazıcılar, genellikle sıvı metaller, plastikler, çimento ve daha sonra bir yapı oluşturmak için soğuyan veya kuruyan çeşitli diğer malzemeleri kullanmaktadır (Bk. Resim 1). Günümüzde tamamlanan çok az yapı olmasına karşın Dubai Belediye Binası gibi tamamlanmış 3D yapılara rastlamak mümkündür (O'Malley, 2020).



Resim 1. İnşaatta 3D Baskı (Future, 2020)

Kasım 2020’de başlanan bir inşaatla PERI isimli Alman şirketi tarafından, 3D baskı teknolojisi ile Avrupa’nın en büyük baskılı apartman binasının yapımına başlanmıştır (bk. Resim 2). İnşaatta kullanılan BOD2 2020 yılsonu itibariyle piyasada bulunan en hızlı 3 boyutlu inşaat yazıcısıdır; 1 m/s hızla hareket eden bir yazıcı kafası, yerinde yalnızca iki kişi gerektiren, güvenli bir şekilde monte edilmiş metal bir çerçevenin üç eksenli (x, y, z) boyunca hareket eder ve sadece bir kez kalibre edilmesi gerekmektedir. BOD2’nin 1m²’lik çift cidarlı bir duvarı tamamlaması yalnızca beş dakika sürmektedir. Wallenhausen’deki projenin, bodrum katından çatı katına ve iç düzenlemeye kadar altı hafta sürmesi planlanmaktadır. Geleneksel yöntemler kullanan bu büyüklükteki tipik bir proje için 12 ay veya daha uzun bir süre gerekmektedir (Future, 2020).



Resim 2. Avrupa’nın En Büyük 3D Baskı Apartman Projesi (Future, 2020)

Dev üç boyutlu yazıcılarla ilgili çalışmaların olumlu sonuç vermesi, inşaat sektörü için tam bir devrim olabilecektir. Çünkü imalat sektörü zaten otomasyonu yoğun şekilde yaşamaktadır ancak inşaat sektörü öyle değildir. Emek yoğun yapısıyla istihdama büyük bir katkı sağlamaktadır. Bu sektörde yerini alacak dev yazıcılar işgücüne olan ihtiyacı çok önemli miktarda azaltabilecektir (Ford, 2018:212).

Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2015:7), üç boyutlu yazıcılarla ilk otomobilin üretilmesinin, bu yazıcılarla üretilmiş ilk karaciğer naklinin yapılmasının ve tüketici ürünleri içinde 3D baskılı olanların payının %5'e ulaşmasının bu teknoloji için dönüm noktaları olacağını değerlendirmekte ve yaptığı anket çalışmasına istinaden bu gelişmelerin 2025'ten önce gerçekleşmesini öngörmektedir.

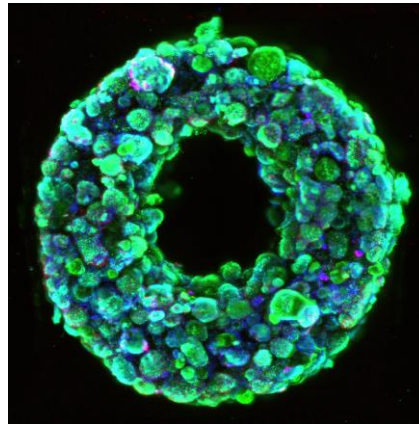
General Electric şirketinin bir yan kuruluşu olan ve havacılık sektöründe faaliyet gösteren GE Aviation, 2020 yılında yaptığı bir duyuru ile Boeing'in ikiz GE9X motorlarla çalışan 777X jetinin ilk uçuşunu tamamladığını ilan etmiştir. Uçak, dünyanın en büyük çift motorlu jetliner, yolcu uçağı ve sahip olduğu motor en güçlü ticari uçak jet motoru olarak kabul edilmiştir. Bu gelişmeden bu araştırmada bahsedilmesinin nedeni, uçakta 300'ün üzerinde 3D baskılı parça kullanılmasıdır. Üstelik 3D baskılı parçalar sayesinde uçak motoru %10 yakıt tasarrufu sağlamıştır (GE Aviation, 2020).

3D baskı ile ilgili son yenilikler arasında cam, biyolojik hücreler ve sıvılar gibi yeni malzemelerle 3D baskı, yazıcının kendisinden daha büyük nesnelerin yazdırılmasına olanak tanıyan robot kollu baskı kafaları, baskı parçacıklarının ultrason ile dokunmadan manipülasyonu ve eklemeli üretimi bilgisayar kontrollü işleme ve frezeleme ile birleştiren hibrit 3D yazıcılar yer almaktadır. Araştırmalar, baskıdan sonra biçim değiştirecek şekilde programlanan malzemelerle 3D baskı için ilerlemektedir (OECD, 2018:60).

Tıp alanında 3D baskı teknolojilerinin en yaygın kullanımı dental uygulamalardır. 3D baskı ile elde edilen diş protezleri, kalça implantları ve protez eller ile dış iskelet prototipleri günümüzde kullanılmaktadır. Seçici lazer eritme ve elektron ışını eritme gibi 3D baskı işlemlerine dayalı metal işleme, otomotiv, savunma ve havacılık endüstrilerinde kullanılmaktadır (OECD, 2016:100).

3D yazıcılar için en önemli kısıtlardan bir tanesi fiyatlarının yüksek olmasıdır. Eylül 2020 itibariyle giriş seviyesi bir 3D yazıcı 200-500\$, daha profesyonel olanlar 1.500-6.000\$, endüstriyel 3D yazıcılar ise 20.000-100.000\$ fiyat aralığında bulunabilmektedir (Fusion3, 2020). Bununla birlikte hâlâ çözüm bulmak için araştırmalara devam edilen başka kısıtlar da mevcuttur: Baskı için kullanılabilen malzeme çeşitleri hâlâ sınırlıdır ve kullanımları baskı yöntemlerine ve cihazlarına bağlıdır; yüzey kalitesi ve detayı genellikle son kullanım için yeterli değildir ve yüksek maliyetli bir sonradan işleme gerektirir; geleneksel baskı cihazları yavaş çalışır ve baskı işlemi sırasında kaliteyi takip etmek zordur (OECD, 2016:101).

Her gün binlerce insanın organ yetmezliğinden hayatını kaybettiği dünyamızda 3D ve biyo-baskının canlı doku yapıları oluşturmada kullanılması önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte bugüne kadar üretilmiş tüm 3D baskılı insan dokuları, organ onarımında ve değişiminde kullanılmaları için gereken hücresel yoğunluktan ve organ düzeyinde işlevden yoksundur (Brownell, 2019). Ancak Harvard'ın Wyss Enstitüsü araştırmacıları tarafından geliştirilen SWIFT adı verilen yeni bir teknikle, vasküler kanalları 3D olarak yazdırarak kök hücreden türetilmiş organ yapı bloklarından oluşan canlı matrisler, yüksek hücre yoğunluğu ve işlevi olan canlı organa özgü dokular üretmiştir (bk. Resim 3). Bu yöntem perfüze edilebilir hasta ve organa özgü dokuların terapötik ölçeklerde hızlı bir şekilde birleştirilmesini sağlamaktadır (Skylar-Scott vd., 2019).



Resim 3. 3D Baskı Canlı Embriyoid Gövdeler (Brownell, 2019)

“Yıl 2030 ve bir ekranın önünde otururken birden açılan bir ileti penceresi dikkatinizi çekiyor. İletide, ‘Konsantrasyon düzeyiniz düşük’ yazıyor. Son birkaç dakikadır ekrana boş boş baktığınızı fark ediyorsunuz. Esnemenizi bastırıp bir linke tıklıyorsunuz ve beyin dalgalarınızı denetleyerek gerçek zamanlı zihinsel durumunuzu değerlendiren bir sistemin son verilerini analiz ediyorsunuz. Sistem size uyumanızı öneriyor ve hâlâ tamamlamanız gereken birkaç saatlik iş var. Belki sizi saat 03:00’e kadar götürecek nootropik hap daha? Arkadaşlarınız kimyasal güçlendiricilere fazla yüklenmek zararlı, demeye başlıyor ama siz Alzheimer ve Parkinson belirtileri konusunda sürekli gözlem altındasınız. Henüz hiçbir sorun yok.” (Schwab, 2018:224)

Nöroteknolojiler, *“Beynin doğal süreçlerini daha iyi anlamaya, nörolojik bozuklukları ve yaralanmaları incelemeye ve tedavi etmeye ve insan performansını artırmak için bilişsel yetenekleri geliştirmeye yardımcı olmayı vaat etmektedir”* (OECD, 2016:89). Nöroteknolojideki mevcut yenilikler insan beynini ve zihnini anlayabilmek için her gün bir adım daha yaklaşmaktadır. İnsan beynini okuma ve ona bir şeyler yazma becerisi, yepyeni endüstrilerin de kapılarını açmaktadır. Elde edilecek bilgiler makine algoritmalarının da iyileştirilmesine katkıda bulunarak zincirleme birçok sektördeki yenilikleri tetikleyecektir (Schwab: 2018:226). Günümüzde halihazırda elde edilen başarılar bile insan yaşamına büyük katkılar sunmuştur. Örneğin, nöroteknolojideki gelişmeler sayesinde engelli insanlar protez organlarını ve tekerlekli sandalyelerini zihin gücüyle hareket ettirebilmektedir. Bu konudaki çalışmalar hızla devam etmektedir (bk. Tablo 10).

Tablo 10. Beyin Bilimi ve Teknolojisindeki Büyük Girişimler

<i>Proje</i>	<i>Hedef</i>	<i>Gelecekteki Potansiyel Etki</i>
<i>İnsan Beyni Projesi, "HBP" (Avrupa)</i>	BİT'in geliştirilmesi ve kullanılması yoluyla çok seviyeli, entegre bir beyin yapısı ve işlevi anlayışı elde etmek.	Nöromorfik ve nörorobotik teknolojiler; beyin simülasyonu, robot ve otonom sistem kontrolü ve diğer veri yoğun uygulamalar için süper hesaplama teknolojileri; nöroloji ve psikiyatri için kişiselleştirilmiş tıp.
<i>İsrail Beyin Teknolojileri (İsrail)</i>	Uluslararası iş birliği ve diyalogu teşvik etmek; yerel araştırma, endüstri ve yeniliği hızlandırmak.	Duygusal ve bilişsel beyin aktivitesinin gerçek zamanlı yorumlanmasını sağlayan mobil platformlar; ALS için tedaviler ve kürler (amiyotrofik lateral skleroz); beyin bilgisayar arayüzlerinde implante platform nöroteknolojisi, epilepsi izleme ve nöromodülasyon.
<i>Hastalık Çalışmaları için Entegre Nöroteknolojilerle Beyin Haritalama, "Brain / MINDS" (Japonya)</i>	İnsan beyninin karmaşıklığını nihayetinde anlamak için nöral devrelerin yapısını ve işlevini haritalamak.	Beyin yapıları ve işlevleri için yüksek çözünürlüklü, geniş alanlı, derin, hızlı ve uzun görüntüleme teknikleri; sinirsel aktiviteyi kontrol etme teknikleri, nöral devrelerin yapısal / işlevsel hasarı ile hastalık fenotipleri arasındaki nedensel ilişkileri belirlemek ve sonunda bu hastalıklar için yenilikçi terapötik müdahaleler geliştirmek.
<i>Mavi Beyin Projesi (İsviçre)</i>	Kemirgen beyninin ve nihayetinde insan beyninin süper bilgisayar tabanlı, dijital yeniden inşasını inşa etmek.	Beyni daha iyi anlamak ve beyin hastalıklarının teşhisini ve tedavisini iletirmek için nörorobotik ve nöromorfik hesaplama uygulamaları.
<i>Yenilikçi Nöroteknolojileri Geliştirerek Beyin Araştırması, "BRAIN Initiative" (ABD)</i>	Araştırmacıların, beyin hücrelerinin ve karmaşık sinir devrelerinin düşünce hızında nasıl etkileşime girdiğini gösteren dinamik beyin resimleri üretmesini sağlayacak yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını hızlandırmak.	İnsanlarda terapötik manipülasyonların ilke kanıtı hücre tipine özgü hedeflenmesi; in vivo yüksek yoğunluklu hücre içi kayıt için cihazlar; insan beynindeki etkinliği non-invaziv olarak izleme yeteneğimizi genişleten hibrit teknolojiler; beyin aktivitesi ve davranış arasındaki bağlantılar, zihinsel süreçlerin biyolojik temelini anlamaya yardımcı olacak veri analizi araçları.

Kaynak: OECD, 2016:90.

Aşağıda devam eden üç paragrafta Grey (2017) tarafından derlenen nöroteknolojideki önemli çalışmalara yer verilmiştir.

“Tamamen kilitli kalma sendromu” (CLIS) adı verilen bir hastalığı olan kişilerin iletişim kurmasına yardımcı olmanın bir yolu bulunmuştur. Bu hastalık, insanları tamamen felçli bırakan, insanların farkında olduğu ve düşünebildiği ancak gözlerini hareket ettirerek bile iletişim kuramadıkları anlamına gelmektedir. Wyss

Biyomühendislik ve Nöromühendislik Araştırma Merkezinde, bu hastaların "evet" veya "hayır" dediğini söyleyebilen bir beyin-bilgisayar arayüzü oluşturulmuştur. Hastaların sorulan sorulara verdiği yanıtlar, yakın kızılötesi ışık kullanarak beynin ön kısmındaki kan akışındaki değişiklikleri ölçen “Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi” kullanılarak ölçülmüştür. Bu teknoloji, beyni "okumanın" yeni bir yoludur. Önceki çalışmalar beyin tarafından üretilen elektrik sinyallerini okumaya çalışmış ancak çok azı başarılı olmuştur. Test edilen dört kişinin hepsinin kendilerine sorulan kişisel soruları yalnızca düşüncelerini kullanarak cevaplayabildiği görülmüştür. Bu çalışma, motor nöron hastalığı olan kişiler için geliştirilebilecektir (Grey, 2017).

2015 yılında bilim adamları, bir beyin eğitimi tekniği kullanarak omurilik yaralanmasının neden olduğu hasarı tersine çevirmişlerdir. Belden aşağısı felçli sekiz hasta, sanal gerçeklik, robotik yürüteç ve beyin-makine arayüzünün bir kombinasyonunu kullanarak 12 aylık "beyin eğitimi" almıştır. Sanal gerçekliğin kullanıldığı oturumlarda, çalışmadaki katılımcılar uzuvlarının tam kontrolünü yeniden kazandıklarını hayal edebilmiştir. Daha sonra hastalar, tipik olarak fizik tedavide kullanılan ve yürüme hareketini sanal gerçeklik hayal güçleriyle birleştirmelerine izin veren bir yürüme cihazı kullanmıştır. Eğitim programının son bölümünde ise katılımcılar bilgisayar aracılığıyla özel tasarlanmış bir dış iskelete bağlanmıştır. Tüm katılımcılar kendi beyinlerini kullanarak dış iskeleti hareket ettirebilmiş ve omurilik yaralanmasından kısmi bir iyileşme göstermiştir. Sekiz hastanın tümü alt uzuvlarının kontrolünü yeniden kazanmıştır. Bu durum on yıl veya daha önce yaralanan hastalar için bile geçerli bir sonuç olmuştur (Grey, 2017).

Johns Hopkins ve Geoffrey Ling robotları hareket ettirmek için zihnimizin gücünü zaten kullanabildiğimizi hatırlatarak bir gün bir uçağı uçurmak için de bu gücü kullanabileceğimize inandıklarını ifade etmektedir. Beyinde eylemle doğrudan ilişkili sinirsel kodlar vardır. Bir kişi bir eylemi gerçekleştirdiğinde kaydedilen bu kodlar, başka bir kişinin beynine indirilebilir, böylece aynı eylemi sadece düşünerek tamamlayabilirler. Bir deneyde, kuadriplejik bir kadın, sadece zihnini kullanarak bir F-35 savaş uçağı simülatörünü uçurabilmiştir (Grey, 2017).

Duun-Henriksen vd. (2020), yayınladıkları bir makalede, kafa derisinin altından nöral aktiviteyi kaydeden yenilikçi bir yaklaşımla, epilepsi nöbetlerinin sürekli kaydedebileceği bir teknolojiyi paylaşmıştır. Bu yenilikçi cihazlar, minimal invaziv olan ve uzun süre kafa derisinin altında kalabilen alt deri elektroensefalografi (EEG) sistemleridir. Bu yeni teknolojilerin, kulak çınlaması ve felç gibi hastalıklarda da kullanımına yönelik uyarlamaların devam ettiği ifade edilmektedir.

Aşağıda devam eden altı paragrafta Parker (2018) tarafından derlenen nöroteknolojideki önemli çalışmalara yer verilmiştir.

Beyin çipleri, Ohio Eyalet Üniversitesinden bilim adamları tarafından geliştirilmiştir. Bu sayede Dublin'den 23 yaşındaki genç bir adam, felçli elini düşüncelerini kullanarak hareket ettirebilmiştir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsünden bilim adamları, daha derin ve daha ince beyin stimülasyonları sağlayabilen manyetik bir dizi oluşturmak için metamateryaller kullanmıştır. Depresyon tedavisini iyileştirmeye yardımcı olabilecek ve insan beyninin işleyişiyle ilgili çalışmaları geliştirmeye yardımcı olabilecek prototipleri üretilmiştir (Parker, 2018).

Alzheimer'ın erken teşhisi için çalışmalar devam etmektedir. Beyindeki amiloidleri azaltmak için tasarlanmış deneysel ilaçları içeren terapiler ve biyobelirteçleri tespit etmek için kan testlerinin kullanımı devam etmektedir. Beynin yenilenmesinde ve onarımında kök hücre tedavisi kullanılması için çalışmalar devam etmektedir. Parkinson hastalığı, multipl skleroz ve Alzheimer hastalığı gibi dejeneratif motor hastalıklarının tedavisinde kök hücre tedavisinin kullanılması hedeflenmektedir (Parker, 2018).

Travma sonrası stres bozukluğunu, depresyonu, travmatik beyin hasarını ve bipolar bozukluğu hafifletebilecek ve şu anda test aşamasında olan kablosuz cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar, sinir mühendisliği alanındaki ilerlemenin bir göstergesidir. Bu cihazlar, beyin bozukluklarını ve nörolojik hastalıkları başarılı bir şekilde tedavi etmek için beyin sinyallerini manipüle ederek çalışmaktadır. Tıbbi gazlar, ketamin ve düşük alan manyetik uyarımı terapileri ile şiddetli psikiyatrik bozuklukların tedavisi söz konusu olabilecektir. Mikro kabarcıklarla birleştirilmiş, odaklanmış ultra ses,

Alzheimer ve beyin kanseri gibi durumların tedavisinde kullanılma potansiyeline sahiptir (Parker, 2018).

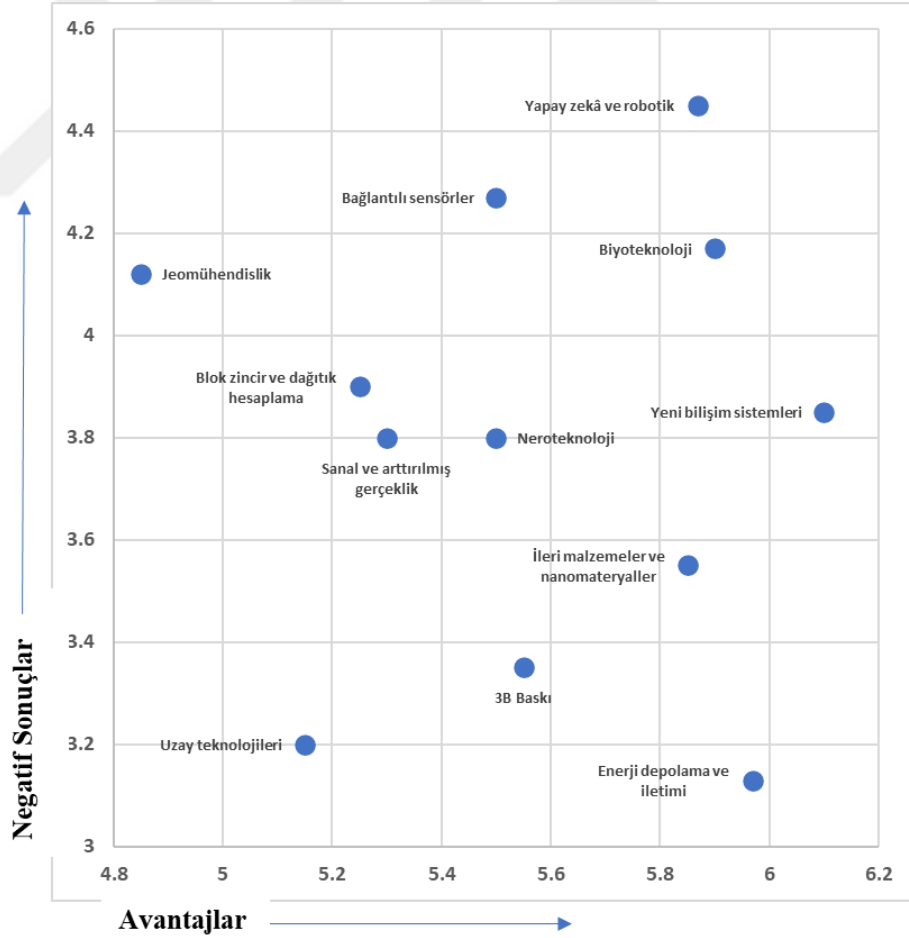
Omurilik sıvısı ve kan kullanarak bir dizi psikiyatrik ve nörodejeneratif bozukluk için beyin biyobelirteçleri tanımlaması çalışmaları devam etmektedir. Gen terapisi, Parkinson hastalığı, epilepsi ve ALS gibi birçok merkezi sinir sistemi hastalığı için hastalığa neden olan genlerin yerini almak veya kapatmak için kullanılabilecektir. MRI, PET, CT taramaları, floroskopi ve ultra ses gibi gelişmiş ve sofistike görüntüleme sistemleri, bir noktada beyin cerrahlarının non-invaziv olarak cerrahi hedefleri bulmasını ve iyi huylu, kötü huylu olanı ayırt etmesini sağlayacaktır (Parker, 2018).

Minimal invaziv olan ve farmasötik olmayan tedaviler, çok çeşitli psikiyatrik ve nörolojik durumların tedavisi için geliştirilmektedir. Bu tedaviler, elektrik darbelerinden ışıık darbelerine kadar değişmektedir. Bu tür tedaviler depresyondan Parkinson hastalığına kadar çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanılabilecektir. Düşük akımlı transkraniyal doğru akım uyarımı, kronik depresyon, ağrı ve şizofreniyi tedavi etmek için de kullanılabilecektir. İntravenöz immünomodülatörler, beyin kanseri hücrelerinin vücudun bağışıklık sistemi tarafından tanınmasını önlemeye yardımcı olan PD-1 gibi belirli protein türlerinin hareketini bloke etmek amacıyla kullanılabilecektir. Gelişmiş ve gelişmiş nörogörüntüleme yöntemleri, insan beyninin işleyişi ve psikiyatrik, nörolojik koşullar hakkında daha çok bilgiye ulaşmak için kullanılabilecektir (Parker, 2018).

Bağırsak mikrobiyotası ile nörolojik ve psikiyatrik hastalıklar arasında bağlantı kurmak amacıyla çalışmalar devam etmektedir. Araştırma kapsamında bu amaçlara yönelik toplam 3,3 milyon mikrobiyom geni incelenmektedir. Çalışmalar başarılı olursa Parkinson hastalığı ve skleroz gibi hastalıklar için tedavi sağlanabilecektir. Nöro kontrollü biyonik bacak veya kol, kullanıcının sadece düşünerek bacağı veya kolu kullanmasına izin vermektedir. Bu teknoloji, amputeleri daha geniş hareket aralığı, daha doğal hareketler ve kayıp işlevlerin restorasyonu ile güçlendirecektir. Teknoloji doğru kullanılırsa beyinle etkili bir şekilde iletişim kurabilen yapay bir bacak veya kol tasarlamak mümkün olabilecektir. Beyindeki basıncı düzenleyen ve

ölçen nöral cihazları kullanılmaktadır. Bu teknoloji hidrosefali hastaları için son derece faydalı olacaktır (Parker, 2018).

Yeni teknolojiler insanlığa sunduğu sayısız avantajlara rağmen beraberinde birçok risk de barındırmaktadır. İşsizlik, çevre zararı, etik sorunlar, kötüye kullanım gibi konularda günümüzde tartışmalar hâlâ devam etmektedir. Birçok bilim insanı tarafından önümüzdeki yüzyıla damga vurması beklenen yeni teknolojilerin muhtemel risk ve avantajlarına Dünya Ekonomik Forumu 2017 yılı Küresel Risk Raporu'nda yer verilmiştir (Bk. Grafik 2). Negatif beklentileri en çok olan, başka bir deyişle en çok korkulan teknolojinin yapay zekâ olduğu görülmektedir. İlginçtir ki en büyük avantajları sunması beklenen ilk üç teknoloji içerisinde yine yapay zekâ görülmektedir. Enerji depolama ve iletimi teknolojileri, çevreye dair sunduğu potansiyel ile en avantajlı ikinci teknoloji olarak görülmekle birlikte muhtemel negatif sonuçları en az beklenen teknoloji olarak belirlenmiştir.



Grafik 2. Teknolojinin Algılanan Avantajları ve Negatif Sonuçları (WEF,2017a)

Otonom denilen sürücüsüz araçların tamamen insansız bir şekilde yolculuk yapabilmesi için testler devam etmektedir. Ancak bu teknoloji gerçek hayattaki trafik ortamında birçok sürprizle karşılaşabilecektir. Örneğin, sensörler her türlü hava şartlarında görüşü ve veri akışını sürdürmelidir veya üzerine farklı yazılar yazılmış bir trafik işaretine karşı hazırlıklı olmalıdır (McDermid, 2020). Sensörlerle ilgili problemlerin ve hata oranının en aza indirildiği durumda dahi önemli olan gelen verilerle verilmiş kararlar olacaktır. Buradaki görevli, belirli bir algoritmaya sahip ve aynı zamanda makine öğrenmesi yoluyla öğrenmeye devam eden yapay zekâdır.

Otonom araçlar ne kadar çok gerçek ortamda yolculuk yaparsa o kadar çok tecrübe ve yeni veriye ulaşacaktır. Bu durumda makine öğrenmesi yoluyla yapay zekâ kendini geliştirmeye devam edecek ve daha kusursuz sonuçlara ulaşabilecektir. 2009’da başlayan Google’ın sürücüsüz araba projesi bugün “Waymo” kimliği altında sürdürülmektedir. Waymo, slogan olarak “*Dünyanın en tecrübeli şoförünü yapıyoruz*” diyerek makine öğrenmesi, bulut, büyük veri ve nesnelerinin interneti yoluyla bir araya getirilen büyük birikimden bahsetmektedir.

Dünya genelinde sadece 2016 yılında 1,35 milyon insan trafik kazalarında hayatını kaybetmiştir. Bu kazaların neredeyse tamamı, örneğin ABD için %94’ü insan hatasından kaynaklanmaktadır. Zaman boyutundan bakılacak olursa trafikte bir yılda kişi başına harcanan zaman 54 saattir (Waymo, 2020). Google’ın ana şirketi Alphabet’e ait sürücüsüz otomobil şirketi Waymo, Ocak 2020 itibarıyla 20 milyon milden fazla otonom sürüş denemeleri yapıldığını bildirmektedir. Waymo, ilk otonom taksi aracının Arizona’da hizmete başladığını duyurmuştur (Global Tech, 2020). Ardından 27 Ekim 2020’de Daimler firması ile birlikte yürüttüğü sürücüsüz kamyon/tır programını duyurmuştur (Waymo, 2020).



Resim 4. İlk Sürücüsüz Ticari Taksi (Waymo, 2020)

Sağlık harcamaları, önleyici sağlıktan ziyade tedaviye yöneliktir ve sağlık harcamalarının çok büyük bir kısmı kronik hastalıklara yöneliktir. Dijital tıp alanında yapılan yenilikler sağlık harcamaları için önemli bir tasarruf vadetmektedir. Yalnızca kalp hastalığı, astım ve diyabet gibi kronik hastalar için uzaktan hasta izleme sistemi sayesinde ABD’de 200 milyar dolardan fazla tasarruf sağlanmıştır (Wellers, 2015). Bununla birlikte, yapılan projeksiyonlar, sağlık harcamalarının 2050’ye kadar en az ikiye katlanacağını öngörmektedir (Goerlich, 2015).

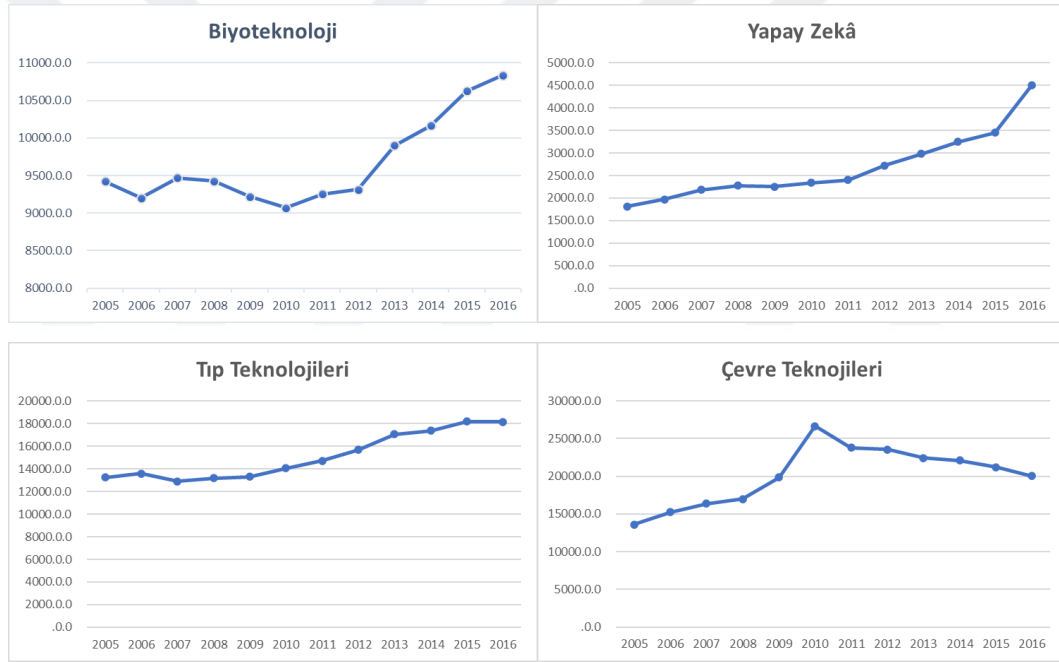
ABD’nin ünlü kanser merkezlerinden Memorial Sloan Kettering Kanseri Merkezi ile IBM arasında yürütülen çalışma ile IBM’nin ünlü Watson’u bilgi yarışmasından sonra tıp alanında çalışmaya başlamıştır. Kanser merkezindeki bir yılın ardından Watson, 1,5 milyon hasta kayıtları ile birlikte 600.000’in üzerinde tıbbi kanıt ve 42 tıp dergisinden 2 milyon sayfa metin ve onkoloji araştırmalarından klinik deneyimlerle donatılmıştır (Memorial, 2013). Araştırmanın sonunda Watson, doktorlar için tedavilerin hız ve kalitesini önemli derecede etkileyen iyi bir asistan olmuştur.

Büyük veri ve ileri analitik çözümlemeleri; hastalıklar, prognoz istatistikleri ve uygun tedavi alternatifleri için daha fazla seçenek sunacaktır (Özdoğan, 2017:36). Ancak dikkat edilmesi gereken ve genelde farklı yorumlanan bir noktanın vurgulanması gerekli görülmüştür. Şöyle ki makine öğrenimi doktorun bir alternatifi olarak sunulmamakta, doktorların daha doğru tercih yapabilmesine bir destek sağlamaktadır (Özdoğan, 2017:66).

Zhong vd. (2020), Science dergisinde Aralık 2020’de yayınlanan bir makalede, Google’ın kuantum bilgisayarını "Sycamore" makinesinden 10 milyar kat daha hızlı bir kuantum bilgisayar yaptığını duyurmuştur. Bu gelişmenin önemli olmasının nedeni, klasik bilgisayarlar tarafından binlerce yılda çözülebilecek türden problemlerin, kuantum bilgisayarlarla çözülmesinde 10 milyar kat hız kazanılmış olmasıdır. Henüz çok yeni olan bu gelişmenin kuantum bilgisayarlar için yeni bir kilometre taşı oluşturup oluşturmayacağını zaman gösterecektir.

Gelişmekte olan dijital teknolojiler, firmaların geleneksel operasyonel sorunlarına yeni çözümler sunmaktadır. Firmalar, Endüstri 4.0’ın merkezine oturan akıllı fabrika dönüşümünde, üretimi ve tedarik zincirlerini dijitalleştirmek için yeni teknolojilere başvurmaktadır. Akıllı fabrikaların ve akıllı üretimin merkezinde siber-

fiziksel sistemler yer almaktadır. Siber-fiziksel sistemler, birbirine bağı fiziksel varlıkları ve bilişsel yeteneklerini yönetmek için kullanılan dönüştürücü teknolojilerdir. Akıllı üretim sistemleri, tüketici taleplerini karşılamak için yüksek kaliteli, çok çeşitli, düşük maliyetlerle ve daha kısa sürede ürünler üretmek için senkronizasyon gerektirmektedir (Trappey vd., 2016:7356-57). Mevcut endüstriyel uygulamalarda siber-fiziksel sistemleri, üretim, lojistik ve hizmetlerle entegre etmek günümüzün fabrikalarını akıllı fabrikalara dönüştürecek ve verimliliğini arttıracaktır (Lee vd., 2015:18). Yeni teknolojilerle ilgili araştırmalar her geçen gün hızını arttırmaktadır. Bu durum patent istatistikleri üzerinden de rahatlıkla görülebilmektedir (bk. Grafik 3).



Grafik 3. IP5 Patent Sayılarının Değişimi 2005-2016 (OECD Stat, 2020)

Nesnelerin İnterneti, gündelik nesneler arasında bir ağ oluşturarak onları, birçok sektöre ve topluma önemli faydaları olacak akıllı cihazlara dönüştürebilecektir. Nesnelerin interneti halihazırda buzdolaplarından termostatlara ve sokak lambalarına kadar 7 milyar cihazdan oluşmakta ve yakın zamanda 50 milyar nesneye ulaşması beklenmektedir (WEF, 2018a). Günümüzde tüketiciler, daha çok ev kameraları, akıllı saatler ve spor cihazları ile nesnelerin internetinin bir parçası olmaktadır. Endüstriyel

nesnelerin internetinin 2030 yılına kadar küresel ekonomiye 14 trilyon dolar ekleyeceği tahmin edilmektedir (WEF, 2016).

Nesnelerin interneti yerine “Her şeyin İnterneti” ya da “Endüstriyel İnternet” kavramlarına da rastlamak mümkündür. Nesnelerin internetinin vadettiği değişimler gerçekleşirse küresel lojistik ve nakliye masraflarında %30-50, kişisel hareketlilik ve ulaşımında %30-70, enerji, ısınma ve klima giderlerinde %40-50 oranında tasarruf sağlaması beklenmektedir (Leonhard, 2016).

Nesnelerin internetinin bu kadar hayatın içinde olması mahremiyet ve güvenlik konusunda çeşitli endişeleri de beraberinde getirmektedir. İnternete bağlı nesnelerin kontrollerinin yasadışı olarak ele geçirilmesi, akıllı nesneler tarafından kaydedilen kişiye özel bilgilerin üçüncü kişilerin eline geçmesi ve kötüye kullanılması bu risklerde başı çekmektedir. İnternet vasıtasıyla sınırlar ötesinden kontrol edilebilen nesnelerin suça iştiraki durumunda yetkili kolluk veya mahkemelerin nasıl tespit edileceği de ayrı bir tartışma konusu olacaktır.

Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2020a) tarafından hazırlanan özel bir raporla, sanal hastalardan ağrısız iğnelere, tüm genomların sentezlenmesine ve dijital tıbbı kadar önümüzdeki üç ila beş yıl içinde dünyayı en çok etkileyecek ilk 10 teknoloji seçilmiştir. Covid-19 sonrası yaşanan tecrübeler bu teknolojilerin önemini bir kez daha dile getirmektedir. Bu raporda Covid-19 ile ilgili gelişmeler şöyle özetlenmiştir:

- *İsviçreli bir grup, Çinli bilim adamları tarafından yüklenen genetik diziyi yeniden üreterek tüm COVID-19 genomunu sentezleyebilmiştir.*
- *Covid-19 aşısının klinik denemelerine geçerken, yaşayan insanlar yerine sanal hastalar, başarılı aşı adaylarını belirlemeye, maliyetleri düşürmeye ve araştırmayı hızlandırmaya yardımcı olabilecektir. Ayrıca, kusurlu aşı adaylarının yaşayan gönüllüler üzerinde test edilmesini de önleyecektir.*
- *Dijital tıbbı ilişkin botlar, salgın döneminde Covid-19 semptomları ve tedavileri hakkında 200 milyondan fazla soruyu yanıtlamıştır.*

Yakın Geleceğimize büyük etki yapması beklenen ilk 10 teknoloji şöyle sıralanmıştır (WEF, 2020a):

Sanal Hastalar: Yaşayan insanlar yerine sanal hastalar, aşı denemelerini daha hızlı ve ucuz hale getirebilir. Bu teknoloji, deney için gereken insan denek sayısını önemli ölçüde azaltacaktır.

Ağrısız Enjeksiyonlar ve Testler için Mikro İğneler: Bu küçük iğneler ağrısız enjeksiyonlar ve kan testi vadediyor. Mikro iğneler sinir uçlarına dokunmaz. Süreç, maliyetli ekipmana veya çok fazla eğitime ihtiyaç duymadığından, normalde en son tıbbi teknolojileri almayan alanlarda kullanılabilirler.

Tüm Genom Sentezi: Tüm genom sentezleme, hücre mühendisliğini dönüştürecektir. Genomumuzu yazma yeteneği, kaçınılmaz olarak doktorların genetik hastalıkları iyileştirmesine yardımcı olacaktır.

Dijital Tıp: Dijital tıp, hastaların zihinsel ve fiziksel sağlığını tespit eden ve izleyen bir uygulama koleksiyonudur. Bu uygulamalar ve botlar, geleneksel tıbbi geliştirebilir ve sağlık hizmetlerine sınırlı erişimi olan hastalara destek sağlayabilir.

Elektrikli Havacılık: Elektrikli tahrik motorları doğrudan karbon emisyonlarını ortadan kaldıracaktır. Bu teknoloji aynı zamanda yakıt maliyetlerini %90'a kadar, bakımı %50'ye kadar ve gürültüyü yaklaşık %70 oranında azaltabilir. Şu anda yaklaşık 170 elektrikli uçak projesi devam ediyor.

Düşük Karbonlu Çimento: En yaygın kullanılan insan yapımı malzeme olan beton, yapılı dünyanın çoğunu şekillendiriyor. Çimento üretimi bir ülke olsaydı, Çin ve ABD'den sonra üçüncü en büyük emisyon kaynağı olurdu. Araştırmacılar, tarifi değiştirerek, farklı malzemeler kullanarak ve karbon yakalama ve depolama teknolojilerini kullanarak daha düşük karbonlu yaklaşımlar üzerinde çalışıyorlar.

Güneş Enerjili Kimya: Bu yaklaşım, karbondioksit atığını fosil yakıttan üretilen gerekli kimyasallara dönüştürmek için güneş ışığını kullanır. Bu yaklaşım, emisyonları iki şekilde azaltabilir: İstenmeyen gazı hammadde olarak kullanmak ve fosil yakıtlar yerine enerji kaynağı olarak güneş ışığını kullanmak.

Yeşil Hidrojen: Mevcut hidrojen üretme yöntemleri çevre açısından verimli değildir. Elektroliz yoluyla üretilen yeşil hidrojenin, mevcut işlemlerin aksine hiçbir yan ürünü yoktur. Yeşil hidrojen, yüksek enerjili yakıta ihtiyaç duyan endüstrileri dönüştürebilir.

Mekânsal Hesaplama: Uzaysal bilgi işlem, insan-makine ve makine-makine etkileşimlerini yeni bir düzeye çıkarmak için gerçeklik uygulamalarını ve sensörleri

bir araya getirecek. Bu yetenekleri birleştirir ve nesnelerin hareketlerini ve etkileşimlerini kontrol ederek bir kişinin dijital ve fiziksel dünyada gezinmesine izin verir.

Kuantum Algılama: Kuantum sensörler, köşelerde "görebilen" otonom araçlar, su altı navigasyon sistemleri, volkanik aktivite ve depremler için erken uyarı sistemleri ve günlük yaşam boyunca bir kişinin beyin aktivitesini izleyen taşınabilir tarayıcılar sağlar.

Günümüzün derin öğrenme ağlarında büyük ilerleme kaydedilmiştir. Ancak karmaşık bir modelin eğitilmesi ve çalıştırılmasının maliyeti milyonlarca doları bulabilir. Enerji ihtiyacı da ayrı bir sorunsaldır. Bu performans sorununu aşmak için gerekli yeni algoritmalarda Kasım 2020’de önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Yapay zekâ araştırma şirketi Numenta, sinirbilimden türetilen algoritmaları kullanarak, doğrulukta herhangi bir kayıp olmaksızın derin öğrenme ağlarında çarpıcı bir performans artışı elde etmiştir. Numenta, beyin kaynaklı algoritmaları kullanarak derin öğrenme ağlarında 50 kat hız iyileştirmesi sağlamıştır (Numenta, 2020).

Elektrikli otomobiller pazarıyla yakından tanınan Tesla’nın ünlü CEO’su Elon Musk “Hyperloop” projesinde önemli bir gelişme kaydetmiş ve Hyperloop 2020 sonunda canlı yolcularla birlikte ilk seferini başarıyla tamamlamıştır. İlk insanlı denemesi 172 km/s hızla yapılan Hyperloop’un 1.080 km/s hıza ulaşması hedeflenmektedir (Hyperloop, 2020). Hyperloop, ulaşım sorununa farklı bir çözüm önerisi getiren ve bilim-kurgu filmlerinde görmeye alıştığımız kapsül içerisinde yolculuktur. İçinde yolcular bulunan kapsüllerin, manyetik alan teoremlerinden yararlanarak bir tüpün içerisinde hızlıca hareket etmesi prensibine dayanmaktadır. 500 metrelik tüp sisteminde yapılan ilk denemede 300 kilometre hıza ulaşmayı başaran proje, 400 kilometrelik bir yolu 25 dakikaya indirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsülün saatte 920 kilometre hızla yol alması anlamına gelmektedir. Şu anda en gelişmiş hızlı trenlerin 600 km/s hıza ulaşabildiği düşünüldüğünde bu önemli bir hız olacaktır (Seyrek, 2019:60-68). Los Angeles- San Fransisco arası 615 km’dir ve otomobille 6 saatlik, uçakla 1 saat 28 dakikalık bir yolculuktur. Hyperloop’la birlikte bu yolculuğun 43 dakikaya inmesi hedeflenmektedir (Hyperloop, 2020).



Resim 5. Hyperloop Kapsül ve Tüneli (Hyperloop, 2020)

Pittsburgh Üniversitesi araştırmacılarından Pantanowitz vd. (2020), bir yapay zekâ programı kullanarak prostat kanserini tanıma ve karakterize etme konusunda %100'e yakın bir doğruluğa ulaştığını duyurmuştur. Yapay zekâyı eğitmek için prostat kanseri hastalarının biyopsilerinden alınan, bir milyondan fazla lekeli doku lamı görüntüleri kullanılmıştır. Uzman patoloğlar, yapay zekâya sağlıklı ve anormal doku arasında nasıl ayırım yapılacağını öğretmek için her görüntüyü etiketlemiştir. Algoritma tamamlandığında yapay zekânın, prostat kanserini tespit etmede %98 duyarlılık ve %97 özgüllük gösterdiği görülmüştür (Pantanowitz vd., 2020).

“İnsanlar ve makineler” ya da “teknolojiye karşı insanlık” gibi ifadeler kullanıldığında akla ilk gelen teknoloji yapay zekâdır. Teknolojiye karşı insanlığın geleceğine dair birçok tartışmanın da ana odağı, yapay zekâ ve robotik teknolojiler olmuştur. 1997 yılında “Deep Blue” isimli yapay zekânın dünya satranç şampiyonunu yenmesiyle birlikte yapay zekânın ne kadar akıllı olabileceği yeniden tartışılmaya başlanmıştır. 2005'te Asimo isimli robot, restoranlarda servise başlamış; 2009'da Google, ilk sürücüsüz aracını tanıtmıştır. 2011'de “Watson”, Jeopardy adlı bilgi yarışmasının efsanevi yarışmacılarını yenmiş ve 2016'da 30 milyon hamle içeren bir veri tabanına sahip “Alpha Go”, satranç benzeri zekâ oyunu olan “Go” oyununda kendi kendini eğiterek insan rakibine karşı oyunu kazanmıştır (Makridakis, 2017). Yapay zekâ araştırmaları son yıllarda daha çok hızlanmıştır ve yakın zamanda kaydedilen ilerlemeler yapay zekâya yapılan yatırımları arttırmıştır. Örneğin, Microsoft firması OpenAI firması ile birlikte yürüteceği “Azure AI” yapay zekâ projesine 1 milyar dolar yatırım yapmıştır (Microsoft, 2019). İlerleyen paragraflarda yapay zekâ ve robotik teknolojilerinde son yıllarda elde edilen bazı başarılarından örneklerle yer verilmiştir.

Liverpool Üniversitesindeki araştırmacılar, bir dizi araştırma problemini çözebilecek bir robotla çalıştıklarını açıklamıştır. Bu robot, kendi başına deneyler yaparak neredeyse 24 saat çalışabilmektedir. Bir sonraki kimya deneyinin hangisi olacağına kendisi karar verebilen robot araştırmacı, şimdiden yeni bir katalizör keşfetmiştir (Burger vd., 2020). Massachusetts Teknoloji Enstitüsündeki araştırmacılar, yapay zekâdan yararlanarak yeni bir antibiyotik ilaç keşfi için yaptıkları araştırmada başarıya ulaşmışlardır. 100 milyon kimyasal bileşiği tarayabilen bilgisayar modeli, bir makine öğrenimi algoritması kullanarak güçlü ve yeni bir antibiyotik bileşiği belirlemiştir (Stokes vd., 2020).

İngiliz biyoteknoloji firması Exscientia ve Japon ortağı Sumitomo Dainippon Pharma, obsesif-kompulsif bozukluğu olan hastaları tedavi etmek için yapay zekâ ile oluşturulan yeni bir ilacın, insanlı klinik araştırmalarına geçtiğini duyurmuştur (Sumitomo, 2020). Arap bankacılık şirketi Bank ABC, Yeni Zelanda teknoloji şirketi Soul Machines ile iş birliği içinde, müşterilere çevrimiçi olarak yardımcı olacak tamamen özerk bir yapay zekâ kişiliği olan "Fatema"nın hizmete başladığını duyurmuştur. Fatema, Soul Machines tarafından, şirketin "Dijital DNA" teknolojisini kullanan ilk sentetik dijital insandır. Son derece gerçekçi arayüzlerin üretimini mümkün kılan teknoloji ile Fatema'nın görünümü ve kişiliği, Bank ABC tarafından belirlenen özellikler ve nitelikleri yansıtacak şekilde dijital gen havuzundan oluşturulmuştur (Soul Machines, 2018)

Ağustos 2019'da, Hindistan'ın Bangalore şehrinde müşterilere bir robot ekibi tarafından hizmet verilen yeni bir restoran açılmıştır. Her masaya, müşterilerin siparişlerini verebilecekleri ve robotları çağırabilecekleri bir tablet bırakılmıştır. 50 kişiye kadar misafir ağırlayabilen restoranın ekibi, bir kullanıcı ve beş taşıyıcı olmak üzere toplam altı robottan oluşmaktadır (The Economic, 2019).



Resim 6. Robotların Çalıştığı Bir Restoran (The Economic, 2019)

Covid-19 salgını döneminde yapay zekâ teknolojileri ve araçları birçok konuda kilit rol oynamıştır (OECD,2018):

- *Virüsü anlama, ilaçlar ve tedavilerle ilgili tıbbi araştırmaları hızlandırma;*
- *Virüsü tespit etme, teşhis etme ve evrimini tahmin etme;*
- *Gözetim ve temas takibi yoluyla virüsün yayılmasını önlemeye veya yavaşlatmaya yardımcı olma;*

- *Kişiselleştirilmiş bilgi ve öğrenim yoluyla sağlık krizine yanıt verme;*
- *Kurtarmayı izleme ve erken uyarı araçlarını iyileştirme.*

Cerebras Systems, daha önce imkânsız olan hızlarda ve ölçekte yapay zekâ araştırmasına olanak tanıyan, şimdiye kadar yapılmış en büyük çipi üretmiştir. 46,225 mm² çip ile şimdiye kadar yapılmış en büyük GPU'dan 56 kat daha büyük, 400.000 çekirdek ile 78 kat daha fazla çekirdek, 18 GB yonga üzerinde SRAM ile 3000 kat daha fazla bellek, 100 Pb/s ara bağlantı ile 33.000 kat daha fazla bant genişliğine sahip 1.2 trilyondan fazla transistör içeren çipin yapay zekâ teknolojilerine önemli bir hız kazandırması beklenmektedir (Cerebras, 2020).

Günümüzde 4,5 milyara ulaşan internet kullanıcısı, web üzerinde olağanüstü sayıda veri oluşturmakta ve Covid-19 döneminde bu sayı önemli ölçüde artmaktadır. Covid-19 öncesinde de artış döneminde olan e-ticaret, salgın döneminde büyük bir patlama yapmıştır. Salgın döneminde çevrimiçi alışverişte dakikada yaklaşık 1 milyon doların harcandığı tahmin edilmektedir. Amazon, bu talebi karşılayabilmek için bir dakikada 6.659 paket göndermektedir (Martin, 2019).

Uzaktan çalışma ihtiyacının artması, Zoom ve Microsoft Teams gibi araçlara olan ilgiyi de arttırmıştır. Yine salgın döneminde her bir dakikada 208 bin Zoom ve 52 bin Microsoft Teams kullanıcısı bu aracı programları kullanmaktadır (Aran, 2020). İnternet trafiğini daha iyi canlandırabilmek adına internet üzerinde bir dakikadaki ortalama kullanıma yer verilmiştir (Martin, 2019): İnternet üzerinde her 60 saniyede,

- *4,5 milyon Youtube ve 700 bin saat Netflix içeriği izlenmekte,*
- *1 milyon kez Facebook'a ve 347 bin kez Instagram'a girilmekte,*
- *18 milyon Hangout ve 41 milyon Whatsapp mesajı gönderilmekte,*
- *Google ve App Store'dan 390 bin uygulama indirilmekte,*
- *1 milyon dolarlık e-ticaret alışverişi yapılmakta,*

- *Google’da 3,8 milyon arama yapılmakta,*
- *188 milyon e-posta gönderilmekte,*
- *87 bin tweet atılmaktadır.*

We Are Social ve Hootsuite tarafından yayınlanan 2020 yılı “Küresel Dijital Görünüm Raporu” internetin tüm dünyayı nasıl sardığını ve internette hangi amaçla zaman geçirdiğimizi tüm açıklığıyla ortaya koymaktadır. Raporda yer verilen genel internet kullanımı ve alışkanları ile ilgili Kemp (2020) tarafından derlenen çarpıcı verilere aşağıda yer verilmiştir.

Ocak 2020 itibariyle dünya çapında internet kullanan insan sayısı 4,54 milyara, sosyal medya kullanıcısı sayısı 3,80 milyara ulaşmıştır. Bununla birlikte toplam dünya nüfusunun yüzde 40'ından biraz fazlası olan yaklaşık 3,2 milyar insanın hâlâ internete erişimi yoktur. Ortalama internet kullanıcısı günlük 6 saat 43 dakikayı çevrim içi olarak geçirmektedir. Günde yaklaşık 8 saat uykuya ayırdığımızı farz edersek uyanık hayatımızın yüzde 40'ından fazlasını internette geçirdiğimiz anlamına gelmektedir. Üstelik bu sürenin üçte birinden fazlası sosyal medyada geçirilmektedir. Bununla birlikte internette geçirilen zaman, ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Filipinler'deki internet kullanıcıları günde ortalama 9 saat 45 dakika harcarken bu süre Japonya'da günde sadece 4 saat 22 dakikadır. Filipinler günlük 4 saat sosyal medyada zaman harcarken Japonya için bu süre sadece 45 dakikadır.

Küresel olarak 5,19 milyardan fazla insan cep telefonu kullanmaktadır. İnternet kullanımının yaklaşık yarısı mobil telefonlar üzerinden olmaktadır. Dünyadaki İnternet kullanıcılarının yüzde 92'sinin, mobil cihazlardan internete erişimi bulunmaktadır. İnsanların cep telefonlarını kullanarak geçirdikleri günlük 3,7 saatin yaklaşık yarısı sosyal medya ve iletişim uygulamalarında harcanmaktadır.

We Are Social ve Hootsuite tarafından yayınlanan raporun Türkiye ile ilgili sayfalarında da Türkiye’ye ilişkin çarpıcı verilere yer verilmektedir. Raporda yer verilen ve Bayrak (2020) tarafından derlenen, Türkiye’ye ilişkin verilere aşağıda yer verilmiştir.

Türkiye’de 62 milyon internet ve 54 milyon sosyal medya kullanıcısı bulunmaktadır. Türkiye’de her 10 kişiden 9’unun mobil cihazı bulunmaktadır. Bu cihazların %89’u akıllı telefonlardan oluşmaktadır. Bilgisayar sahipliği oranı ise

%67'dir. Türkiye'de internet kullanıcıları internette 7,5 saat, sosyal medyada ve televizyon başında 3 saat vakit geçirmektedir. Online müzik dinleme süresi ortalama 1,5 saate, oyun konsolunda oyun oynama süresi ise 1 saate yakındır.

İnternet kullanıcılarının %93'ü İnternet'te online video izlemekte ve %45'i vlog yayınları ile vakit geçirmektedir. Sosyal medyada ortalama 3 saate yakın vakit harcanmakta ve bir kullanıcı başına ortalama 9 sosyal medya hesabı bulunmaktadır. Kullanıcıların %88'i sosyal medya paylaşımları ile etkileşime geçmektedir. İnternet kullanıcılarının %81'i online ürün araması yapmakta ve %84'ünün online mağaza ziyaretleri gerçekleştirmektedir. Bu adımları gerçekleştiren her 10 kişiden 6'sı online alışveriş işlemini tamamlayarak bir ürün satın almaktadır.

“İnsanlık tarihi perspektifinden konuşacak olursak bu kadar büyük vaatler ve potansiyel tehlikeler içeren bir dönem yaşamadık” (Schwab, 2016:10)

İşler bu defa farklı mı? Teknolojik değişimin etkileri hakkındaki tartışmalar James Watt'ın buhar gücüyle çalışan motoru icadından bu yana devam etmektedir. Ancak son yıllarda, özellikle Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) dönemine başladığımızda dair görüşlerin artmasıyla birlikte, bu değişimin diğerlerinden farklı olduğu/olacağı tartışılmaya başlanmıştır. *“İşler bu defa farklı mı?”* başlıklarıyla açılan tartışmalar, teknoloji iyimserlerini ve karamsarlarını yeni bir tartışmanın içerisinde bırakmıştır (Balsmeier ve Woerter, 2019; Ford, 2018; Furman, 2016; ILO, 2016; Mokyr vd., 2015).

Artık dünyanın yeni bir yıkıcı değişim evresine girmekte olduğu fikri, tüm kamu ve özel sektör bileşenlerinde tartışılmaktadır (Schwab, 2018:23). Özellikle yapay zekâ ve nesnelerin internetinin bu teknoloji devrimini diğerlerinden farklı kılabilceği savunulmaktadır. İyimserler, yapay zekânın kendisinden önce gelen teknolojilerden farklı olmadığını ve makinelerin insan emeğinin yerini alacağına dair yüzyıllardır süren korkuların temelsiz olduğunu, ayrıca makinelerin daha önce hayal edilmeyen yeni işler yarattığını ve gelirleri artırdığını iddia etmektedir. Buna karşı çıkanlar, yapay zekânın farklı olduğunu, bilişsel görevlerde insanların yerine geçeceğini, insan istihdamının çoğunu gereksiz hale getirerek kitlesel işsizliğe veya daha iyi bakış açısıyla boş zaman özgürlüğüne yol açabileceğini savunmaktadır (Furman, 2016).

Joy (2000) *“En güçlü 21. yüzyıl teknolojilerimiz- robotik, genetik mühendisliği ve nanoteknoloji- insanları, nesli tükenmekte olan bir tür yapmakla tehdit ediyor”* diyerek başladığı makalesinde makinelerin gittikçe daha akıllı hale geleceğine dikkat çekmiştir. Makineler giderek daha akıllı hale gelince, insanların tüm önemli kararları makinelerin almasına izin vereceğini ve bu kararların insanlar tarafından alınanlardan daha iyi sonuçlar getireceğini savunmaktadır. Bu durum, insanları makinelere daha bağımlı hale getirirken makineleri insanlar üzerinde daha etkili kılacaktır.

Yapay zekâda yaşanabilecek muhtemel “yapay zekânın insan zekâsını geçmesi” tekillik olarak adlandırılmaktadır. Tekillik, yapay zekâ ile ilgili karamsar görüşlerin merkezindedir. Çünkü böyle bir durumun gerçekleşmesi durumunda, insanların kendinden daha akıllı makineleri kontrol edemeyeceği ve artık kontrolün insanlardan makinelere geçeceği düşünülmektedir. Kurzweil (2005), 2020’lerin sonunda bilgisayarların insan zekâsına ulaşacağına, 2045’de ise tekilliğin gerçekleşeceğine inanmaktadır. Vinge (1993), tekilliğin 30 yıl içerisinde gerçekleşeceğini tahmin ettiği çalışmada, 2023 yılını işaret etmekte ve tekillik sonrasında insanlığın sonunun geleceğine inanmaktadır. Kurzweil (2005), insanlığın sonu konusunda bu kadar karamsar değildir. Tekillik sonrasında insanların, zekâlarını arttıran beyin implantları ile birlikte daha akıllı hale geleceğini ve makinelerle tamamen birleşeceğini düşünmektedir. Allen ve Graves (2011) ise tekilliğin yakın gelecekte gerçekleşmeyeceğine inanmaktadır.

Leonhard’a (2016:19) göre günümüzde üstel ve teknolojik değişimlerin etkileri geçmişe göre daha fazla hissedilmektedir bu yüzden yarın, dünün devamı olacak gibi görünmemektedir. Leonhard, bilim ve teknolojinin artış hızı eğrisinde yeni bir büküm noktasına ulaştığımıza ve bu noktadan sonra ilerlemenin üstel biçimde artacağını daha net olduğuna inanmaktadır. Bu nedenle insanlığın önümüzdeki 20 yıldaki değişiminin, geçtiğimiz 300 yıldan daha fazla olacağını savunmaktadır (Leonhard, 2016:189).

Günümüzde değişimin ve dönüşümün merkezinde donanım, yazılım ve bilgisayar ağları yer almaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:18). Dijital teknolojilerin, bu büyük değişim ve dönüşümü yaratması için gerekli temel yapıtaşları

tamamlanmıştır ve artık bir kırılma noktasına ulaşılmıştır. Brynjolfsson ve McAfee, bunu “ikinci makine çağı” olarak adlandırmaktadır.

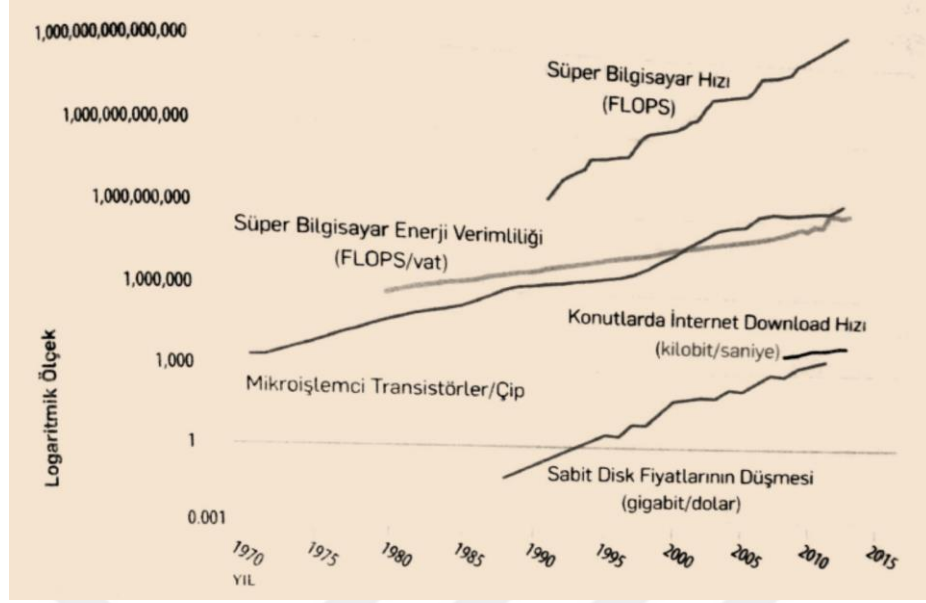
1.4.2. Moore Yasası

Sürücüsüz araçlar, doğru tedaviyi tavsiye eden yapay zekâ, laboratuvarla araştırma yapan robotlar, üç boyutlu baskıyla üretilmiş canlı dokular, akıllı saatler, akıllı evler, akıllı şehirler, birçoğu çok yakın zamanda ve birdenbire gündelik hayatımıza giren yeniliklerdir. Daha çok bilim-kurgu filmlerinde görmeye alıştığımız bu teknolojilerin, laboratuvar gelişimleri tamamlanmıştır ve bu teknolojiler, doğrudan gündelik yaşamımız içerisinde yerini almıştır. İnsanlık, teknolojik gelişmelerde ani bir kırılmanın yaşandığı bir dönemi yaşamaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:46).

Teknolojik değişimde yaşadığımız bu hızlı değişimde şu üç temel özellik önemli rol oynamaktadır: Üstel, birleştirici ve özyinelemeli (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:50; Leonhard, 2016:24-25). Teknolojinin üstel bir şekilde ilerlemesinin merkezinde Moore Yasası bulunmaktadır. Moore Yasası, temel olarak bilgisayarların işlem gücündeki artış hızına dair genel kabul görmüş bir kuraldır. Intel’in kurucu ortağı Gordon Moore, 1965 tarihinde yaptığı bu ünlü tahmininde şunu yazmıştır:

“Transistör başına minimum maliyeti oluşturan ‘çip başına düşen transistör’ sayısı her yıl yaklaşık iki kat artmaktadır. Kısa vadede bu oranın bu şekilde devam etmesi beklenebilir. Uzun vadedeyse artış oranıyla ilgili durum belirsizdir. Ancak en az on yıl boyunca sabit kalmayacağını düşündürecek hiçbir gerekçe bulunmamaktadır.” (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:52).

Çip başına düşen transistör sayısı 1 dolar verdiğinizde alabileceğiniz entegre devre temelli bilgi işlem gücünü ifade etmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:52). Moore (1965) yaptığı tahminde, bu miktarın her yıl iki katına çıktığı ve bu artışın en az 10 yıl devam edeceğini söylemiştir. Başka bir deyişle 10 yıl sonra ($2^{10}=1024$) bilgi işlem gücü 1024 kat fazla olacaktır. Moore, bu tahmini 10 yıl için yapmış olmasına rağmen, tahmin ettiği üstel değişim 40 yıl boyunca devam etmiştir. Moore, 1975 yılında bu tahminini, “her iki yılda bir” şeklinde revize etmiştir. Günümüzde ise bilgi işlem gücünün iki katına çıkması için gereken süre, 18 ay olarak kabul edilmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:53).



Grafik 4. Moore Yasası'nın Farklı Boyutları (Brynjolfsson ve McAfee, 2014)

Bu grafik, Moore Yasası'nın hem tutarlı hem de geniş kapsamlı olduğunu göstermektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Ayrıca yasanın sadece bilgi işlem gücünde değil birçok alanda geçerli olduğunu da göstermektedir.

Bilişim ve iletişim teknolojilerinde işlem gücü ile birlikte, bellek kapasiteleri ve fiber-optik kablolarda taşınabilecek dijital bilgi miktarı da sürekli katlanmaktadır (Ford, 2018:85). Moore Yasası ile birlikte güçlenen bilgi işlem donanımları sayesinde, zamanla bu teknolojileri kullanan cihazlar da ucuzlar, hızlanır, küçülür ve hafifler (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:65). Üstel değişimin izlerine teknolojinin hemen her alanında rastlamak mümkündür. Time dergisinin 1982'de kişisel bilgisayar yılın makinesi seçmesinin üzerinden yaklaşık 40 yıl geçmiştir. O yıllarda, bilgisayarlar karmaşık bir üretim planlama probleminin çözümü 82 yıl gerektirmekteydi. Günümüzde aynı problem bir dakikadan daha az bir zamanda çözülebilir hale gelmiştir. Bu, 43 milyon katlık bir gelişim demektir (Ford, 2018:63).

Üstel büyümeye benzer bir örnek olarak 1996'da tanıtılan, dünyanın ilk süper bilgisayarını ASCI Red, 55 milyon dolara mal olmuştu, 100 kabinden oluşuyordu ve 1 saatte 800 hanelik elektrik harcıyordu. 9 yıl sonra, aynı performansa sahip Sony Playstation 3, 500 dolardı, 10 cm² kadar yer kaplıyordu ve yalnızca 200 vat elektrik harcıyordu (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:62-63). DSC 100 Kodak'ın 1991'de satışa çıkardığı ilk SRL makineydi. 1.3 megapiksel çözünürlüğe sahip makinenin fiyatı

13.000 dolardı. Üstelik fotoğrafları kaydetmek için yanınızda taşımanız gereken 4,5 kg'lık bir hard disk bulunmaktaydı (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:65). Aradan geçen 30 yılın ardından, iletişim maksadıyla yanımızda taşıdığımız ve avuç içi boyutundaki cep telefonlarının kameraları 48 megapikselden fazla çözünürlük sunabilmektedir.

Bazı fizik kuralları gereği daha fazla küçülme mümkün olmadığından mikroçipler için Moore Yasası'nın sonunun geldiği söylenebilecektir. Ancak iletişim bant genişliğinden yapay zekâya ve derin öğrenmeye, kuantum işlemcilerden dağıtık hesap sistemlerine kadar birçok teknolojinin üstel tümleşik değişimlerine devam etmesi mümkün görünmektedir (Leonhard, 2016, 161).

Hızlı ilerleyen günümüz teknolojilerinin bir diğer özelliği de birleştirici ya da tümleştirici olmasıdır. Bu özellik, birkaç teknolojinin birleşerek bambaşka bir yenilik ortaya çıkarmasıdır. Yani teknolojilerin bir arada kullanılması ve birbirinden faydalanmasıdır. En büyük dönüşümler tümleşik yeniliklerde yaşanmaktadır. Büyük veri, nesnelerin interneti teknolojilerinden faydalanarak topladığı veriyi bulut üzerinde saklayabilmekte ve yine internet üzerinden aktarabilmektedir. Yapay zekâ ancak bu veriye ulaştığında akıllı, güncel ve işlevsel olabilecektir. Birçok teknolojiye yararlanan ve aynı zamanda birçok yeni teknoloji geliştirilmesine zemin hazırlayan yapay zekânın Moore Yasası'nın önüne geçmesi ve bilgisayar işlem gücünden iki kat daha fazla büyümesi beklenmektedir (Leonhard, 2016:27).

Günümüz teknolojilerinin bir diğer özelliği özyinelemeli olmasıdır. Derin öğrenme, makine öğrenmesi, makinelerin kendi kendini geliştirebilmesinin de önünü açacaktır. Bölüm içerisinde paylaşılan Alpha Go örneğinde yapay zekâ, kendisine tanımlanan algoritmalar sayesinde oyunu kazanmamıştır. Oyunu, ilk turdan itibaren kendi kendine oynayarak oyunda ustalaşmış ve birkaç turdan sonra usta bir oyuncu haline gelerek oyunu kazanmıştır.

Kelly (2016), robotların insanların yerini alması mizansenini yedi aşamada şöyle yazmıştır:

1. *Bir robot/ bilgisayar benim yaptığım işleri hayatta yapamaz.*
2. *Tamam, bu işlerden çoğunu yapabilir ama benim yaptığım her şeyi yapamaz.*
3. *Tamam, benim yaptığım her şeyi yapabilir, sık sık olduğu gibi bozulduğu zamanlar hariç.*

4. *Tamam, rutin işleri kusursuz şekilde yapıyor ama yeni görevler için onu eğitmem gerekiyor.*
5. *Tamam, tamam, eski sıkıcı işlerimi ona bırakabilirim, zaten bu işlerin insanlar için olmadığı açık.*
6. *Vay canına, benim eski işimi robotlar üstlendiğine göre, yeni işim çok daha ilginç ve kazançlı olacak.*
7. *Şu anda yaptığım şeyi bir robot/bilgisayarın yapamıyor olması ne mutlu.*

Kelly (2016), makinelere karşı yarışmamamız gerektiğini tavsiye etmekte, aksi halde kaybeden tarafın biz insanlar olacağına inanmaktadır. Çalışma hayatındaki arkadaşlarımızın %90'ının robotlar olacağı ve birçok işimizde artık onlara bağımlı olacağımız fikrini kabul etmemiz gerektiğini savunmaktadır (Kelly, 2016:72).

Yapay Zekâ ve robotlar gün geçtikçe hayatımıza daha çok girmektedir. Bilet alırken, film seçerken, e-alışveriş veya internet araması yaparken hep farkında olmadan yapay zekânın yönlendirmelerinden faydalanırız. İnsanlar ve robotlar arasındaki sınırın ne olacağını ve teknolojinin limitlerini kestirebilmek çok zordur. Varsayımlar, tahmin etmekten öteye geçememektedir. Levy ve Murnane (2004), örüntü tanıma ve karmaşık iletişim becerilerinin, insanların robotlara karşı üstünlüğünü koruyabileceği temel alanlar olmasını bekliyordu ve bu konudaki kitabı büyük ilgi görmüştür. Makinelerin yapamayacağı işler için tır şoförlüğü örneğini veren Levy ve Murnane'in bu örneği, Google Waymo projesi ile şimdiden geçersiz kılınmıştır. Gelişen yapay zekâ teknolojileri, bu tip sınırların da ötesine geçmeyi başarmış durumdadır.

Bu defa daha büyük teknolojileri ortaya çıkaran, daha büyük bir dijital devrimin varlığı iddia edilmektedir. Daha önceki Sanayi Devrimleri'nden daha güçlü ve çok yönlü, bu defa daha önceki teknolojilerle değiştirilen insan kas gücünden ziyade tamamen veya kısmen insan beyninin yerini alması söz konusudur (Schlogl ve Sumner, 2018:8). Şimdiye kadar görülmemiş emek tasarrufu potansiyeline sahip bir dizi genel amaçlı teknoloji söz konusudur. Üstelik bu defa değişim, daha önceden otomatikleştirilmesi zor olan karmaşık manuel işleri ve dikiş gibi beceri-yoğun işleri içermektedir. İnsan ve makine arasındaki ilişki, tamamlayıcı olmaktan çok öteye gitmekte hatta ikame edici hale gelmektedir.

2. BÖLÜM

TEKNOLOJİ VE İSTİHDAM İLİŞKİSİNİN İKTİSADİ BOYUTU

2.1. TARİHİ BAĞLAMDA TEKNOLOJİNİN İKTİSADİ ETKİLERİ

Teknik değişim ve zenginlik, tüketim, istihdam ve gelir dağılımı üzerindeki etkileri klasik iktisat teorisyenlerinin yazılarındaki ana temalardır. Sanayileşmiş ülkelerdeki büyümeye ilişkin yapılan ilk ekonometrik çalışmalar, büyümenin nedenini emek ve sermaye artışına değil, teknik ilerlemeye bağlamaktadır (Freeman ve Soote, 1997:4). Klasik iktisatta Adam Smith'in, makineleşmenin olumlu etkilerini ve piyasa ekonomilerinin kendi kendini düzenleyen doğasını vurgulayan iyimser bakış açısı hakimdir (Campa, 2018:24). Smith, çalışma ekonomisinin ilk defa tam sistematik olarak ele alınışını sağlamıştır ve geleneksel olarak emek ekonomistleri için önemli bir referans kaynağı olarak kabul edilmektedir (Boyd ve Huettinger, 2019:105).

2.1.1. Teknolojinin İktisadi Etkilerine Yönelik Yaklaşımlar

Smith'in, ünlü eseri *Ulusların Zenginliğinde* ele aldığı ve öncüsü olduğu “iş bölümü” kavramı, “teknik ilerlemenin tarihsel olarak ilk ve kavramsal olarak en basit şekli” olarak kabul edilebilecektir (Schefold, 1976:806). İş bölümü ve uzmanlaşma ile artan emek verimliliği sayesinde değişen yapıya dikkat çekmiş ve çocuk bir işçinin kendi işini koruma çabasıyla makineye nasıl müdahale ettiği örneğini anlatmıştır (Smith, 1776: 23-25).

“Daha iyi makinelerin sonucu olarak, daha fazla el becerisi ve daha düzgün bir iş bölümü ve dağıtımı ile, bunların tümü gelişimin doğal etkileri olan, belirli bir iş parçasını yürütmek için çok daha az miktarda emek zorunlu hale gelir ve yine de gelişimin sonucu olarak toplumun koşullarında, emeğin gerçek fiyatı çok önemli ölçüde artmalıdır, yine de miktardaki büyük düşüş, genellikle fiyatta olabilecek en büyük artışı telafi etmekten çok daha fazlasını yapacaktır.” (Smith, 1776:338).

Smith, emeğin makineleşmesinin işçi sınıfı için bir sorun olmayacağını, bununla birlikte kapitalistler ve toprak ağaları için önemli bir şans doğacağını düşünmektedir (Campa, 2018:25). Makinelerin artan kullanımını, belirli bir teknik

değişiklik türü ve gelecekte daha önemli hale gelmesi muhtemel bir gelişme olarak görmektedir (Brugger ve Gehrke, 2018: 669).

Smith'e göre teknik değişim, işgücü için tamamen zararlı değildir ve genel istihdamı arttırıcı yönde etkisi bulunmaktadır. Ancak bu etki, doğası gereği yalnızca vasıfsız işgücü için geçerli olacaktır. Smith, işten çıkarılanların yakın zamanda yeni bir iş bulacakları, hatta bir görev değişikliği ile eski işlerine devam edebilecekleri konusunda oldukça iyimser düşünmektedir (Brugger ve Gehrke, 2018: 667-669). İş bölümü sayesinde işgücü verimliliğinin artması, işçilerin makine gibi çalışmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte emek faaliyetindeki bu basitlik ve tekrarlama nedeniyle uzmanlaşma, yeni makinelerin icadına yol açmaktadır (Aspromourgos, 2008:139).

İmalatta haftalık çalışma saati, 1870'de 67 saatten 1940'ların ortalarında 42 saate düşürülmüştür. Thomas Mortimer (1772:104), insanları işinden edeceği endişesiyle makineleri asla görmemeyi dilediğini yazmıştır. Say (1803) süreç yeniliklerinin, makinelerin yeni kullanılmaya başlandığı alanlarda iş tasarrufu sağladığını, aynı zamanda onları üreten endüstrilerde yeni istihdam da yarattığını savunmaktadır. Ayrıca teknolojik ilerlemenin, yalnızca süreç değil, aynı zamanda ürün yeniliklerine de yol açarak yeni işlerin yaratılmasını desteklediğine inanmaktadır.

James Steuart (1767:122), üretimde yaşanan ani makineleşmenin geçici işsizliğe yol açabileceğini düşünmektedir. Ancak makineleşmenin avantajlarının olumsuz etkilerinden daha ağır bastığını ve sorunların çözülmesi için kamu politikalarına ihtiyaç olduğunu kabul etmektedir. Makineyi yalnızca, ekmeğini kazanmanın şu anki işinden başka bir yolu olmayan "bir adamı boşta kalmaya zorlayabileceği" durumlarda onaylamayacağını belirtmiştir. Steuart, teknolojik işsizliğin ancak yeniliğin çok aniden ortaya çıktığı durumlarda oluşacağını savunmuştur. O durumda bile istihdamdaki bu etkinin geçici olacağını, verimlilik artışı avantajlarının ise kalıcı olacağını vurgulamıştır (Mokyr vd., 2015:33).

John Stuart Mill, önce makineler tarafından yerinden edilen işçilerin başka bir yerde eşit derecede iyi bir istihdam fırsatı bulacaklarını savunmuş, daha sonra fikrini değiştirmiş ve makinelerin sayısının ve verimlilik artışın toplam emek talebini azaltabileceğini kabul etmiştir (Leontief, 1979:48). Ancak Mill, en azından zengin

ülkelerde, makinelerin çoğalmasının işçiler için zararlı değil yararlı olacağı sonucuna ulaşmıştır (Campa, 2018:28):

"Döner sermayenin ister demiryolları ister imalathaneler ister gemiler, makinalar, kanallar, madenler veya drenaj ve sulama işleri vasıtasıyla sabit hale dönüştürülmesi, herhangi bir zengin ülkede brüt üretimi veya işgücü için istihdam miktarını azaltma olasılığı yoktur" (Mill, 2009:252).

Mill, makineleri savunanların, makine yapımının kendisinin makinelerin neden olduğu istihdam kaybını telafi edeceği veya emek tasarrufu sağlayan aletlerin kullanılmasının daha az çalışmayı sağlayacağı yönündeki iddialarını reddetmiştir. Bununa birlikte Mill, teknolojik gelişmenin her derde deva olmayacağını ancak ulusların genel zenginliğini genişletmenin bir yolu olarak, nihai olarak faydalı olduğunu belirtmiştir (Noble, 1995:14).

Ricardo (1821:380), *Ekonomi Politikinin ve Vergilendirmenin İlkeleri* isimli ünlü eserinin üçüncü baskısına eklenen *"Makineler Üzerine"* adlı bölümde teknolojiye yönelik görüşünde önemli bir değişikliğe gitmiştir. Daha önceden makinelerin herhangi bir sektörde uygulanmasının yararlı olacağını düşünen Ricardo, fikir değişikliğini şu satırlarla dile getirmiştir:

"Kanıtlamak istediğim tek şey, makinelerin keşfi ve kullanımının brüt üretimde bir azalma yaratabileceği ve bu azalma ne zaman olursa olsun işçi sınıfına zarar verece, çünkü bunların bir kısmı işsiz kalacak ve istihdamı kullanacak fonlarla karşılaştırıldığında nüfusun bir kısmı gereksiz hale gelecektir" (Ricardo, 1821:286).

Ricardo, makineleşmenin yol açtığı bu değişimin zamanla işgücü ihtiyacını azaltacağını, oluşan yeni dengeden işçi sınıfının mağdur olacağını ve işgücü ihtiyacının nüfus artışının gerisinde kalacağını savunmuştur (Ricardo, 1817:282-291). Ayrıca beceri gereksinimi farklılığı nedeniyle yeni işlerin eski işleri karşılamayacağına dikkat çekmiştir. Ricardo'ya göre bu uyumsuzluk, teknolojik işsizliğin yanı sıra teknoloji kaynaklı friksiyonel ve yapısal işsizlik sorunlarını da beraberinde getirmiştir (Freeman ve Soete, 1997:449).

Ricardo teknolojik işsizliğin herhangi bir sektördeki teknolojik ilerlemenin gerekli bir sonucu olmadığını düşünmektedir. Bununla birlikte, makineye harcanan sermayenin işçiler için ödenecek fonlardan çıkarıldığı "ücret fonu" teorisi nedeniyle

istihdamı azaltabileceğini düşünmektedir. Ancak bu etkinin kısıtlı olduğunu ve uzun vadede verimlilik artışının daha yüksek tasarruflara ve nihayetinde emek talebinde artışa yol açacağını düşünmektedir (Mokyr vd., 2015:33).

McCulloch'a göre (1821), makinelerin üretime dahil olması emek talebini azaltamaz veya ücret oranını düşüremez. Ancak bazı durumlarda zorunlu iş değiştirmeye neden olabilir ki bu da sanayi tecrübesi olan bir işçi için büyük bir sorun teşkil etmeyecektir. McCulloch şöyle örneklendirmiştir: *Bir pamuk dokumacısının çuha veya keten dokumacısı olması kolaydır veya bir araba ya da saban yapımıcısına bir harman dövme makinesi yapmayı öğretmek çok sınırlı bir eğitim gerektirecektir.*

Malthus'a göre sermayenin bir işten diğerine yer değiştirmesiyle bir kayıp olacaktır. Geri kalan sermayenin tamamı doğrudan kullanılsa bile, miktar olarak daha az olacaktır. Daha büyük bir ürün vermiş olsa bile, eskisiyle aynı miktarda emeğe hitap etmeyecektir ve birçok kişi işsiz kalacaktır (Malthus, 1836:404.)

Marx, Smith'e paralel olarak teknolojik değişimin ağırlıklı olarak işgücünün vasıfsızlaştırılması olduğunu savunmaktadır. Nitelikli işgücünün yerini vasıfsız kadınlar, çocuklar veya kırsaldan kente yeni gelenler almaktadır. Bununla birlikte, Marx, Smith'in tam aksine, vasıfsızlaştırmanın teknik değişimin doğası gereği veya tesadüfen olmadığını, aksine bunun, kapitalistlerin vasıflı işçilerin pazarlık gücünü kırmak için kasıtlı olarak, kalifiye eleman gereksinimini ortadan kaldırmaya yönelik yenilikler aramasından kaynaklandığına inanmaktadır (Brugger ve Gehrke, 2018: 670). İngiltere'de grevler devam ederken yeni makinelerin icat edilmesi, kapitalistlerin uzman emeğin isyanını bastırmak için makineleri silah olarak kullandıklarını göstermektedir (Marx, 1847:167).

Marx, makinelerin insanı çalışmaktan kurtarmadığını ve ütopyacıların vaat ettiği gibi geniş bir refahı garanti etmediğini gözlemlemiştir. Hatta makinelerle birlikte gelen yeni düzende işçi sınıfının bir kısmının gelir kaybına uğradığını ve fabrika işçilerinin insanlık dışı sömürüldüğünü görmüştür. Makinelerin kolaylaştırdığı ağır işlerde, güçlü yetişkin erkeklerin yerine kadın ve çocukların çalıştırılması mümkün olmuştur.

Marx, fabrikalardan az sayıda kişinin iş bulmaya devam ettiği otomasyona uğramış fabrikalar diye bahsederken; işçilerin bir makinenin eklentisi gibi

yabancılaşan statüsüne değinmiştir. Marx, teknoloji güdümlü kapitalist gelişme sürecini bir “sefalet birikimi” olarak görmektedir ve bu argüman katıksız tekno-karamsarlıktır (Schlogl ve Sumner, 2018:17). Marx’a göre makinelerin sağladığı fayda üç yönlüdür: Daha az emek gücü ihtiyacı, daha düşük işgücü maliyeti (kadınlar ve çocukların işgücüne dahil olması ile), üretimin 7/24 devam edebilmesi (Campa, 2018:30). Marx, birçok iktisatçıdan farklı olarak teknolojinin sağladığı büyüme etkisinden ziyade makinelerin gelişmesi ile artan emeğin sömürsüyle ilgilenmiştir (Savuk, 2014:55).

Marx, teknolojik işsizliğin kapitalist bir sistem altında işçilerin yoksullaşması bağlamında, kısa vadede ciddi bir problem olabileceğine inanmaktadır. Ancak Marx için teknolojik gelişme, uzun vadede yaygın bir refaha yol açacak olan sosyal ve politik bir sürecin parçasıdır (Mokyr, 2015:34). Marx, kapitalist ekonomi düzeni içerisinde teknolojik yeniliklere özel bir önem atfederek “Burjuvazi, üretim araçlarında sürekli bir devrim yapmadıkça yaşayamaz” demektedir (Freeman ve Soote, 1997:3).

Keynes, 1930’da The Nation’ da yayınlanan makalesinde teknolojik işsizlik kavramından, sanki Ricardo ve Marx bu konuyu daha önce hiç tartışmamışlar gibi yepyeni bir illet olarak bahsetmiştir (Campa, 2018:34):

“Bazı okuyucuların adını henüz duymamış olabilecekleri ancak önümüzdeki yıllarda hakkında çok şey duyacakları yeni bir illete yakalanmaktayız. Bu illetin adı, teknolojik işsizlik. Keşfettiğimiz emek tasarrufu sağlayan araçların hızının, işgücü için yeni işler bulabilme hızından daha fazla olması nedeniyle bu durum işsizlik anlamına gelmektedir” John Maynard Keynes,1930 (Keynes, 2010).

Şuna da önemle belirtmek gerekir ki Keynes, teknolojiye karşı bu yaklaşımında karamsar değildir. Teknolojik işsizliğin yalnızca geçici bir durum olduğuna inanmaktadır. Bununla birlikte teknolojik ilerlemede insanlık için büyük bir kaynak görmektedir (Campa, 2018:34). Büyük buhran döneminde yaşanan uzun süreli işsizlik Keynes’in fikirlerini doğrular nitelikteydi ve 1929 krizinden yıllar geçmesine rağmen halen çok sayıda gönülsüz işsiz bulunmaktaydı ancak İkinci Dünya Savaşı ile birlikte ortaya çıkan ilave insan gücü ihtiyacı bu işsizliği azalmıştır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:203; Campa, 2018:35). Savaş sonrası çok geçmeden teknolojinin istihdam üzerindeki etkileri yeniden hissedilmeye başlanmıştır.

Keynes, fiyatların düşmesi nedeniyle tüketimin artacağı görüşüne katılmıyordu, tam aksine doygunluğa ulaşılması nedeniyle tüketimin azalacağını düşünüyordu (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:206). Daha öz ifade etmek gerekirse, marjinalist iktisatçılar teknolojik işsizlik sorununu inkâr ederken Keynesçiler bunun bir sorun olduğundan oldukça emindir ancak sorunun uygun kamu politikalarıyla çözülebileceğine de inanmaktadırlar (Campa, 2018:38).

Joseph Schumpeter, yenilik ekonomisinin kilit teorisyenlerinin başında gelmektedir. Schumpeter'in teknolojinin iktisadi etkisi hakkındaki görüşü, Solow (1957) tarafından geliştirilen neoklasik büyüme modelinden önce gelmiştir (Schlogl ve Sumner, 2018:8). Schumpeter, *"Ekonomik yapıyı içten sürekli olarak değiştiren, sürekli eskisini yok eden, durmadan yenisini yaratan endüstriyel mutasyon süreci"* için "yaratıcı yıkım" kavramını ortaya atmıştır. Bu yaratıcı yıkım süreci hakkında *"Kapitalizmin temel gerçeğidir."* diyen Schumpeter, *"Her kapitalist kaygının yaşamak zorunda olduğu şey."* diyerek yaratıcı yıkım gerçeğini ortaya koymuştur (Schumpeter, 1943:83). Schumpeter, yaratıcı yıkım ifadesini ilk kez 1942'de, yenilikçi kapitalist ürün ve yöntemlerin, eskilerinin yerini nasıl sürekli olarak değiştirdiğini açıklamak için kullanmıştır (McCraw, 2007:3).

Yaratıcı yıkım sürecinin ikili doğası nedeniyle Schumpeter, yeniliği yalnızca ilerlemeyi iten güç olarak değil, aynı zamanda tekrarlayan durgunlukların ve büyümenin ve diğer ekonomik büyüklüklerin döngüsel davranışının nedeni olarak görmektedir (Perez, 2003:23). Schumpeter, *Kapitalizm, Sosyalizm ve Demokrasi* adlı eserinde girişimciler açısından yeniliğinin önemine vurgu yapmıştır. Girişimcilerin ancak yenilik sürecine ayak uydurabilmesi sayesinde varlığını sürdürebileceğini savunmuştur. Yaratıcı yıkım süreci ile teknolojinin bir taraftan eskileri yok ederken diğer taraftan yenilerin öne geçtiğini anlatmıştır (Schumpeter, 1943:81-86). *Business Cycles* adlı bir diğer eserinde yeniliği kısaca "üretim fonksiyonunda değişiklik" olarak tanımlamıştır ve yeniliğin üretim sürecindeki önemini vurgulamıştır (Schumpeter, 1939:84).

John Hicks, teknolojinin yalnızca belirli durumlarda işsizlik üretebileceğini değerlendirmektedir. Bu durumu "yeni ekipman üretilmesi" gibi emek talebini azaltan spesifik bir örnekle açıklayan Hicks, girdinin emeği tamamlayıcı değil de emekle

ikame olması durumunda emek talebinin etkileneceğini, teknolojinin illa emek talebinde düşüşle sonuçlanmayacağını vurgulamaktadır (Hicks, 1946: 291).

Neoklasik büyüme modelinde teknolojik değişim, uzun vadeli ekonomik büyüme için kilit bir unsurdur. Solow (1957) modelinde büyüme, üretim girdilerindeki bir artışla (ör. işgücünün genişlemesi veya sermaye yoğunluğundaki bir artış) gerçekleşebilmektedir. İkinci bir yol ise toplam faktör verimliliği dinamikleri olarak bilinen otomasyon teknolojilerindeki yeniliğin toplam faktör verimliliğini yükseltmede önemli bir faktör olarak kabul edilmesidir (Schlogl ve Sumner, 2018:10). Solow, toplam üretim fonksiyonunda emek ve sermaye artışı ile açıklanamayan tüm çıktı büyümelerini geniş bir teknik değişim kategorisine bağlamıştır (Granstrand, 1994:13). Solow'un büyüme modelinde emek ve sermaye dışındaki açıklanamayan artış, literatürde "Solow Artığı" olarak kabul edilmektedir. Solow, büyümedeki açıklanamayan bu kısmın teknolojiden kaynaklandığını kabul etmiş ve dışsal bir etki olarak kabul ettiği teknolojinin büyümede büyük bir etkisinin olduğunu kabul etmiştir.

Nobel ödüllü iktisatçı Robert Solow (1957), 20. yy. ilk yarısında teknik ilerlemenin ABD ekonomik büyümesinin yaklaşık yüzde 80'ini oluşturduğunu tahmin etmiştir. Solow modeli, otomasyon nedeniyle daha fazla çıktının uygun rekabet koşullarında daha düşük fiyatlara dönüşmesi gerektiğini öne sürmektedir. Düşük fiyatlar talebin artmasına yol açacak ve bu da daha fazla istihdam anlamına gelecektir. Başka bir deyişle ilk bakışta istihdamdan tasarruf sağlayan otomasyon teknolojileri, nihayetinde net istihdam artışı ile sonuçlanabilecektir (Schlogl ve Sumner, 2018:11). Şunu da önemle belirtmek gerekir ki tüm emeğin makinelerle ikame edilmesi eşit derecede kolay ve mümkün olmayacaktır. Bu konudaki yaygın görüş teknolojinin beceri yanlı ve beceri tamamlayan olduğu yönündedir (Acemoğlu, 2018a, 2018b, 2010; Card, 2002; Piva vd.,2006; Tinbergen, 1974, 1975).

Nobel ödüllü iktisatçılardan Leontief, makinelerle ilgili görüşlerini şu satırlarla dile getirmiştir:

"Bilgisayarlar ve robotlar, fiziksel görevlerin yerine getirilmesinde mekanik gücün yerini aldığı gibi, zihinsel işlevlerin uygulanmasında da insanların yerini alıyor. Zaman geçtikçe giderek daha karmaşık zihinsel işlevler makineler tarafından yerine getirilecektir. En güçlü işçiler veya koşum hayvanları tarafından bile

gerçekleştirilemeyecek olan hafriyat işlerine atanan büyük buldozerlerden farklı olarak güçlü bilgisayarlar artık insan zihninin gerçekleştiremeyeceği zihinsel işlemleri gerçekleştiriyor. Artık belirli talimatları izleyerek görevini yerine getiren herhangi bir işçi, prensip olarak bir makine ile değiştirilebilir. Bu, atların tarımsal üretimdeki rolünün önce azaltılması ve ardından traktörlerin devreye girmesiyle ortadan kaldırılması gibi, üretimin en önemli faktörü olarak insan rolünün de azalacağı anlamına gelir.” (Leontief, 1983:3-4)

Nobel ödüllü iktisatçılardan Leontief (1983), teknoloji nedeniyle işini kaybeden çalışanların, gerekli eğitimler sonrasında başka bir sektörde iş bulabileceği teorisini, ulaşım ve tarımda işlerini kaybeden atların başka bir sektörde yeniden değerlendirilebileceği teorisi kadar geçersiz bulmaktadır.

1987 yılında Ulusal Bilimler Akademisi adına bir grup iktisatçı tarafından yazılan rapordaki görüşler, Leontief'in beklentileri gibi karamsar değildir. Raporda, teknolojinin üretimde maliyetleri düşürmesinden kaynaklı, malın fiyatının ucuzlayacağı ve bu durumun çıktı talebini arttıracacağı görüşü hakimdir. Çıktıdaki bu artışın, üretimi de arttıracacağı ve dolayısıyla ilave istihdam yaratacağı, bu şekilde verimlilik artışından kaynaklı istihdam azalmasının telafi edileceği savunulmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:203).

Mabry ve Sharplin (1986), rekabetçi piyasalarda teknolojik ilerleme nedeniyle yaşanan işsizliğin geçici olduğunu ve işçilerin işleri özgürce değiştirme yeteneğinden kaynaklı, doğal bir sonuç olduğunu belirtmiştir. Çok sayıda işin yok edilmek üzere olduğu tahminlerini olası bulmayarak böyle bir durum söz konusu olsa bile, bu kadar uzun vadeli işsizliğin kesinlikle gayri iradi olmayacağını vurgulamaktadır. Bununla birlikte geçmişte yaşanan daha kısa çalışma günleri, daha kısa çalışma haftaları ve aileden daha az çalışan bulunması senaryolarını mantıklı görmektedir (Mabry ve Sharplin, 1986:1). Kısaca yazarlara göre, uzun vadeli gayri iradi işsizlik yoktur ve kısa vadeli işsizlik ise teknolojik ilerlemeden değil kamu politikalarından kaynaklanmaktadır (Campa, 2018:40).

Makinelerin sanayiye girdiği ilk yıllardan itibaren makinelerin insanlığı nasıl etkileyeceğine dair endişe ve tartışmalar devam etmektedir. Makinelere karşı ilk eylemler, günümüzdeki karşılığı tekstil sektörü olan ve makinelerin imalatta

kullanılmaya başlandığı ilk sektörde kendisini göstermiştir. Karl Marx'ın ünlü başyapıtı *Kapital*'in onbeşinci bölümünde yer alan makineye karşı isyanlar 17. ve 18. yüzyılda Avrupa'nın her yerine yayılmıştır (Marx, 1867:263-265):

17. yüzyılda Almanya'da icat edilen ve kurdeleler ve süslemeler ören makineye karşı işçiler isyan etmiştir. 19 Şubat 1685 tarihli bir imparatorluk fermanı ile dört ila altı parça dokuyan akıllı bir tekstil makinesinin kullanımı tüm Almanya'da yasaklanmıştır ve makineler Hamburg'da Senato'nun emriyle yakılmıştır. 1630'larda, Londra yakınlarında bir Hollandalı tarafından inşa edilen rüzgarla çalışan bir kereste fabrikası, halkın aşırılıklarına yenik düşmüştür. Suyla çalışan kereste fabrikaları, 18. yüzyılın başlarında bile, halkın muhalefetini büyük bir güçlkle aşmıştır. Everett, su gücüyle çalışan ilk yün kesme makinesini inşa etmesinin ardından (1758), işten atılan yüz bin kişi tarafından ateşe verilir. Daha önce yün tarayarak hayatını idame ettirmiş olan elli bin işçi, Arkwright'ın yün kabartma fabrikalarına ve yün tarama motorlarına karşı Parlamente'ye dilekçe vermiştir.

2.1.2. Luddizm ve Luddist Eylemler

1811 ile 1812 yılları arasında efsanevi bir lider olan Ned Ludd önderliğinde hareket eden imalat işçileri, Nottingham bölgesinde (İngiltere) binden fazla fabrikayı yıkmıştır. Bu eylemler zincirinde makinelerin parçalanması hiçbir zaman hareketin tamamı değildi ancak kesinlikle eylemlerin merkezidi ve bu strateji seslerinin duyurulmasında oldukça etkili olmuştur. Luddist eylemler, bir nevi sendikal hakların doğmasından önceki toplu pazarlık aracı olmuştur (Orhan ve Savuk, 2014:12). Münferit eylemlerle başlayan direniş, kısa bir zaman içerisinde, kalıcı sonuçları olan büyük bir hareketi ortaya çıkarmış ve Luddist hareket tarihteki yerini almıştır (Noble, 1995:9).

Fakat günümüzde Luddizmi değerlendirme şeklimiz, Luddistler tarafından şekillendirilmemiştir. Noble'a (1995:11) göre cesur Luddistler aldanmış, acınası, tehlikeli ve deli olarak gösterilmiştir. Luddistlere karşı izlenen stratejiler, işçilerin dikkatini ve düşmanlığını makinelerden ve siyasi sistemden uzaklaştırmaya yönelik olmuştur. Bu sayede Luddistler zamanla unutulmuş ve "Luddist" terimi kötü bir lakap olarak kalmıştır. Belli bir zaman sonra, Luddist olarak adlandırılmak; gerçekten ciddi

olmadığın, ilerlemeyi durdurabileceğine inandığın, hatta çılgın olduğun anlamına geliyordu (Noble, 1995:22).

Muhafazakâr ekonomi düşünürleri, teknolojinin hızlı ilerlemesinden korkan kişileri "Luddist" olarak etiketlemektedir. Ancak gerçek Luddistler, 1800'lerin başında, insanlığın geniş yelpazesini ilk kez geçim seviyesinin üzerine çıkarmak için tekstil makinelerini ve ilerleyen teknolojinin diğer sembollerini yok eden eğitimsiz çalışanlardır (Mabry ve Sharplin, 1986:1). Günümüzde ise Luddizm savunucuları genellikle işçi sınıfına mensup değildir ve genellikle yüksek eğitimli insanlardan oluşmaktadır.

Noble (1995:3-23), Luddistlerin sanıldığı kadar teknoloji düşmanı olmadığını, içinde bulunduğu şartların onları makinelere karşı direnmeye zorladığını iddia etmektedir. Zira onların makineye karşı verecekleri tepki, üç seçenekle sınırlıydı: ”*Kendileri ve aileleri için açlık, üretim araçlarının merhametsiz sahiplerine karşı şiddet veya üretim araçlarının yok edilmesi*”. Üçüncü seçenek, işsizlikle ilgili tepkilerini ifade etmenin en yumuşak yolu görünmekteydi (Campa, 2018:23). Riccardo Campa’ya (2018) göre bu seçeneğe kıyasla siyasi otoritelerin tepkisi açıkça daha az yumuşaktır ve İngiliz hükümetinin Luddistler için ölüm cezası uygulaması fenomeni böyle bir olaydır. Bir makinenin suikastına karşı bir insanın suikastı aynı seviyeye getirilmiştir.

Aslında Luddist isyanları, makineleşmeden ziyade genel olarak düşük ücretler ve iş uygulamaları ile ilgili olarak Nottingham'da başlamıştır. Lancashire'da yaşanan makinelerin kırılması, sanayicilerle çalışanları arasındaki anlaşmazlıkta makinelerin uygun bir hedef olmasının bir sonucu gibi görünmektedir (Mokyr vd., 2015:35). Luddistler, tek başına teknolojiye değil, aynı zamanda yeni teknolojinin yansıttığı sosyal değişimlere karşılardır. İşçilerin sorunu, imalata yeni dahil olan makinelerden ziyade ekonomik kriz, depresyon, işsizlik, ücretlerin düşürülmesi, vasıflı işlerin ortadan kaldırılması, ürünlerin kalitesinin düşmesi ve fabrika sisteminin kendisine yöneliktir (Noble, 1995:7).

2.2. İŞGÜCÜ VE ÜCRET KUTUPLAŞMASI

Yeni teknolojilerin işgücü üzerindeki nicel etkisi önemli bir boyuttur. Ancak teknolojik değişimin işgücü üzerindeki etkisi sadece emek tasarrufu veya ilave iş yaratma potansiyeli ile ilgili değildir. Teknolojik ilerlemenin farklı çalışan kategorileri üzerindeki nitel etkisi de uygun politika çıkarımları yapabilmek için önemli bir boyuttur. Bu husustaki temel tartışma konusu, teknolojik yeniliklerin beceri yanlı olması ve bu özelliği nedeniyle farklı vasıflardaki işçiler için farklı etkilere sahip olmasıdır. Bu bağlamda işgücü piyasalarında 1990’ların ortalarından itibaren başlayan üç önemli eğilimden söz etmek mümkündür. Bu eğilimler: hizmetler sektörü istihdamında büyüme, işgücü kutuplaşması ve ücret kutuplaşmasıdır (Akçomak ve Gürcihan, 2013:4).

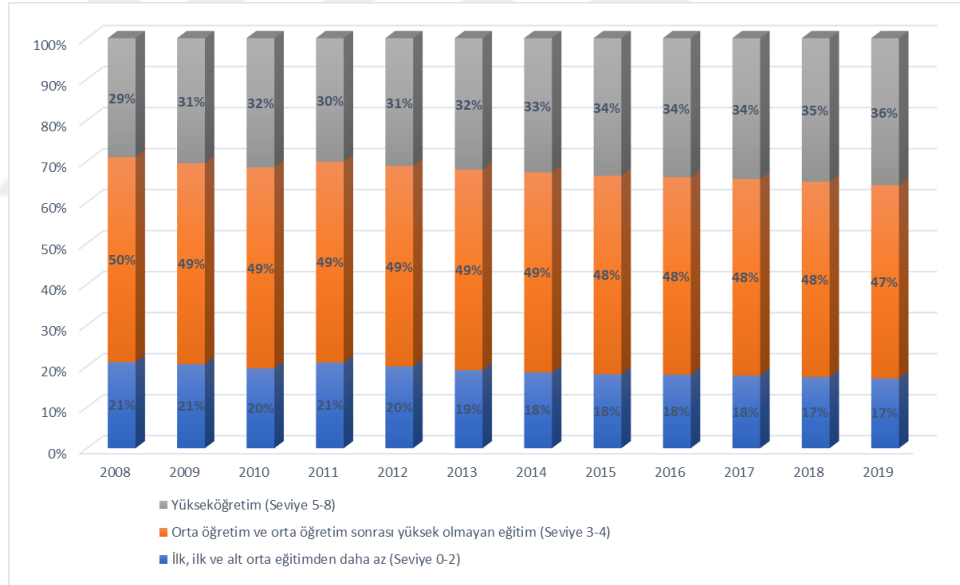
Bir firmada yenilik sürecinde ne kadar fazla nitelik kullanılırsa bu firmanın yeni ürünler ve pazar yenilikleri getirme olasılığı daha yüksek olacaktır (Peters, 2016:277). Bununla birlikte, yenilik faaliyetleri ile ortaya çıkan yeni ürünler ve süreçler, işgücü piyasasında talep edilen nitelik türlerini de değiştirmektedir. Yeni teknolojilerin gelişmesi literatürde eğitilmiş, yetenekli ve deneyimli olmayı kasteden vasıflı işgücüne olan talebi arttırmıştır (Barış ve Uzay, 2019:36). İşgücü üzerindeki bu eğilim literatürde “işgücü kutuplaşması” olarak adlandırılmaktadır. Teknolojik değişim işgücündeki beceri seviyeleriyle doğrudan bağlantılıdır. Değişim sürecinde, işgücü piyasası belirli becerileri tercih etme eğilimindeyken diğer becerileri değersizleştirmekte ve bazılarını ise gereksiz kılmaktadır.

2.2.1. Beceri Yanlı ve Rutin Yanlı Teknolojik Değişim

Griliches (1969) ve Welch (1970) tarafından literatüre kazandırılan “*Beceri Yanlı Teknolojik Değişim (BYTD)*” hipotezi, nitelikli işgücü ile teknolojik değişim arasındaki ilişki ve tamamlayıcılığı ele almıştır ve verimli teknoloji kullanımının nitelikli işgücü gerektirdiğini savunmaktadır (Haile vd., 2017:3). Modern büyüme teorisinde beceri yanlı teknolojik değişim, üretim işlevinde vasıflı işgücünü vasıfsız işgücüne tercih eden bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Bu teoriye göre, nitelikli emeğin nispi marjinal üretkenliğini ve dolayısıyla nispi ücretini artıran, tarafsız olmayan, yanlı bir teknolojik değişim söz konusu olmaktadır. Bu teori, yeni

teknolojilerin etkili ve verimli bir şekilde uygulanması için uygun beceriler gerektirdiği görüşünü desteklemektedir (Vivarelli, 2014:138).

Avrupa Birliği (AB) ülkeleri için özellikle son on yılda hızlanan beceri yanlı teknolojik değişimle, yüksek-öğretimli vasıflı işgücünün istihdamdaki payı giderek artmaktadır (bk. Grafik 5). 2008 yılında %29 olan yüksek-eğitimlilerin istihdamdaki payının 2019 yılında yaklaşık %25’lik bir artışla %36’lara yükseldiği görülmektedir. Bununla birlikte düşük vasıflıların istihdamında son on yılda belirgin bir azalma görülmüştür. Düşük vasıflı işçilerin istihdamdaki payı %21 seviyelerinden %17’ye düşmüştür. Bu değişim vasıfsız işgücünden vasıflı işgücüne doğru yaşanan kaymayı başka bir deyişle işgücü kutuplaşmasını net bir şekilde göstermektedir. Beceriye dayalı ve emekten tasarruf eden süreç yeniliği olması durumunda, uyarlayıcı mesleki eğitim politikaları uygulanmadıkça vasıflı işgücünün kıtlığı, vasıfsız işçiler arasında işsizliğe neden olabilecektir (Vivarelli, 2014:138).



Grafik 5. Avrupa Birliği Ülkeleri için İstihdam ve Beceri Seviyeleri 2008-2019 (Eurostat, 2020 veri bankasından yararlanılarak oluşturulmuştur).

Vasıflı işgücüne yönelik artan nispi talebin en önemli nedenleri küreselleşme ve teknolojik değişimdir (Haile vd., 2017:4). Herhangi bir fikir birliği olmamasına rağmen, çalışma ekonomistleri genellikle beceri yanlı teknolojik değişimin ana etken olduğuna inanmaktadır. Bu inanç, üç faktörün birleşimine dayanmaktadır: Beceri yoğun sektörlerde istihdam geçişleri, vasıflı işgücünün nispi maliyetindeki artışa

rağmen vasıflı işgücüne doğru yaşanan sektörel değişimler ve teknolojik değişim göstergeleri ile artan beceri talebi arasında sektör içinde güçlü bir korelasyon varlığıdır (Berman vd., 1998:2).

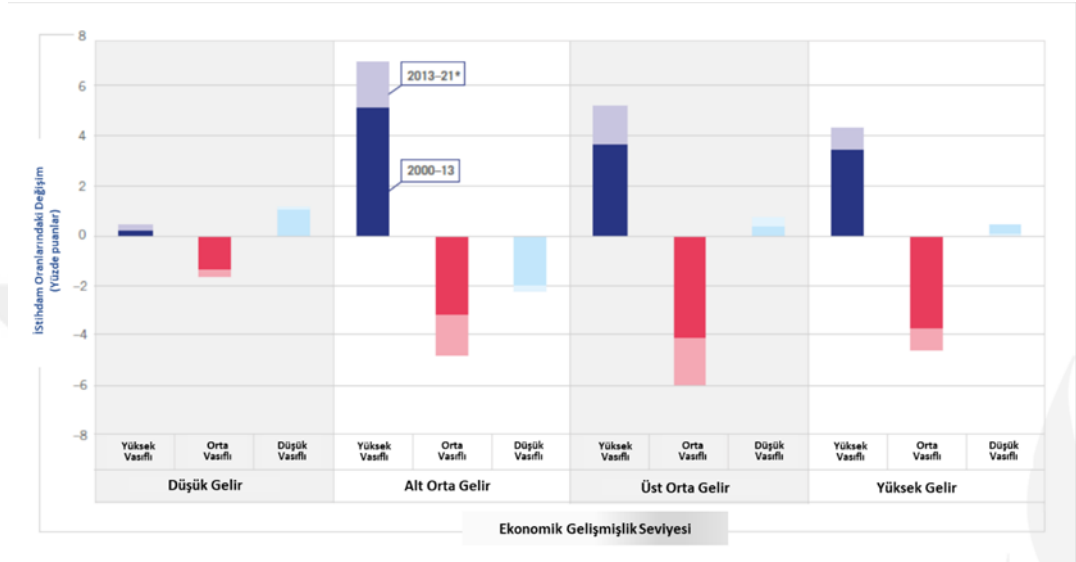
BYTD hakkındaki literatür, teknolojinin özellikle endüstrileşmiş ülkelerde, vasıfsız işgücü talebinde azalmaya yol açabileceğini göstermektedir. Farklı ülkelerde yapılan birçok ampirik çalışma teknolojik değişimin vasıfsız işgücü üzerindeki etkilerini doğrulamaktadır: Almanya (Falk ve Seim, 2001), ABD (Agenor ve Aizenman, 1997), İtalya (Piva, Santerelli ve Vivarelli, 2005), İspanya (Aguirregabiria ve Alonso-Borrego, 2001), Kanada (Gera, Gu ve Lin, 2001), Türkiye (Meschi, Taymaz ve Vivarelli, 2011 ve 2016), Etiyopya (Haile, Srouer ve Vivarelli, 2017). BYTD teorisine göre, vasıflı işçiler teknolojik değişime daha fazla adapte olabildikleri için işlerini kaybetme olasılıkları daha düşükken, düşük vasıflı işçiler teknolojik değişime daha az uyum sağlayabildikleri için otomasyon risklerine karşı daha duyarlıdırlar (Hoedemakers, 2017:12).

Teknolojinin işgücü kutuplaşması üzerindeki etkisini inceleyen diğer hipotezler, öncülüğünü Autor vd.'nin (2003) yaptığı “*Rutin Yanlı Teknolojik Değişim*” ve “*Görev Yanlı Teknolojik Değişim*”dir. Acemoğlu ve Autor (2010), bilişsel, rutin ve rutin olmayan işler olarak yapılan ayrımın, vasıflı/vasıfsız ayrımından daha uygun olacağını öne sürmektedir. Yaptıkları ayrımla dört tür görevi: Analitik ve etkileşimli rutin olmayan görevler, analitik ve etkileşimli rutin görevler, manuel rutin görevler ve manuel rutin olmayan görevler olarak sınıflandırmıştır. Acemoğlu ve Autor (2010), bilişsel veya manuel bir karaktere sahip olup olmadığına bakılmaksızın rutin iş ve görevlere olan talebin, ABD için önemli ölçüde düştüğünü göstermiştir.

2.2.2. İşgücü Kutuplaşması

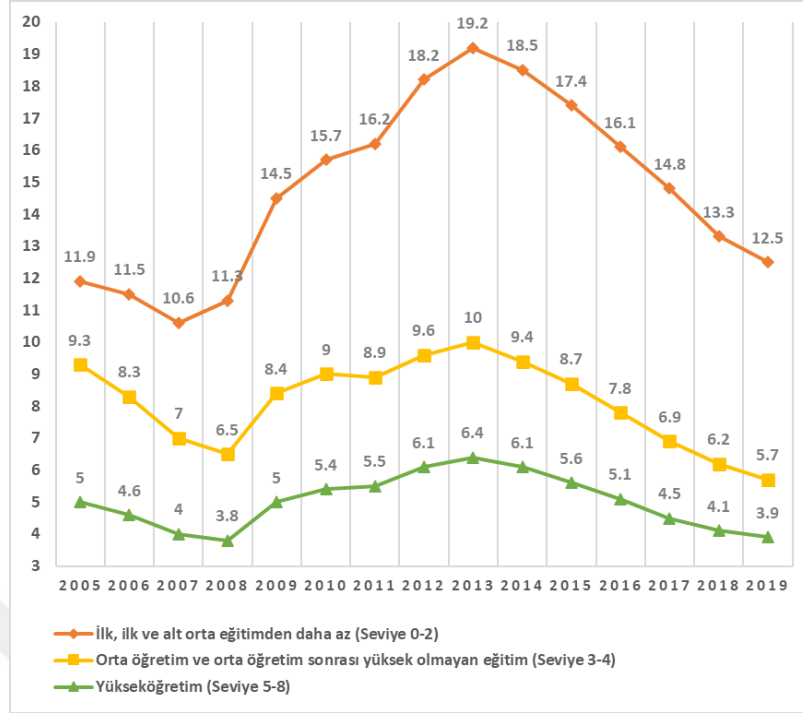
İşgücü kutuplaşması, gelir dağılımının hem altında hem de üstünde istihdam artışı ve orta gelir grubu için de istihdam azalışı ile karakterize edilen bir olgudur (Fonseca vd., 2018:318). Dünya genelinde yaşanan işgücü kutuplaşması Grafik 6’da gösterilmiştir. Ancak en düşük ücretli işlerin rutin işler olarak değerlendirilmemesi gerekmektedir. Şöyle ki üretim bandındaki düşük vasıflı işçilerin işleri rutin sayılabilecektir ancak en düşük ücret grubunda yer almayan zanaat işleri ve büro işleri

de rutin işler arasında sayılabilecektir. Bununla birlikte en düşük ücret sınıfında yer alan ev işleri, otel görevlisi, kişisel bakım, yaşlı bakım işleri doğası gereği rutin değildir (Goos vd., 2010:2). Sonuç olarak en yüksek ve en düşük ücretli işlerde daha hızlı istihdam artışı ve orta düzey işlerde daha yavaş büyüme ile kutuplaşma yaşanmaktadır.



Grafik 6. Dünya Geneline Yaşanan İşgücü Kutuplaşması *2021 tahmini (ILO, 2018)

AB için işsizlik ve beceri seviyelerindeki ilişkiye bakıldığında da vasıflı işgücünün lehine oluşan tablo göze çarpmaktadır (bk. Grafik 7). 2008 ekonomik krizinden sonra yaşanan işsizlik artışından en fazla vasıfsız işgücünün etkilendiği görülmektedir. Kriz dönemi (2008) ile işsizliğin tekrar azalma eğilimine girdiği 2013 yılı arasındaki beş yıllık dönemde, vasıfsız işgücündeki işsizlik yaklaşık 7 puan (%11,3 - %19,2) artmıştır. Aynı dönemde vasıflı işgücündeki işsizlik artışı yalnızca 2 buçuk puandır (%3,8 - %6,4). Ancak orantısal olarak bakıldığında her iki grup için de birbirine yakın ve yaklaşık %70’lik bir artış söz konusudur. Bu nedenle vasıflı işgücünün lehine oluşan kutuplaşmayı kriz sonrasında oluşan normalleşme sürecinde aramak daha doğru olacaktır. Bu bakış açısıyla 2008 ve 2019 yılı işsizlik oranları dikkate alınmıştır. Vasıflı işgücündeki işsizlik oranı 10 yıllık dönemde neredeyse sabit kalmıştır (artmamıştır), orta vasıflı işgücündeki işsizlik ise azalma göstermiştir. Bununla birlikte vasıfsız işgücündeki işsizlik aynı dönemde artış göstermiştir. Bu şekilde teknolojinin beceri yanlı değişim etkisinin vasıflı işgücünden yana kutuplaşması AB ülkeleri için görülebilmektedir.



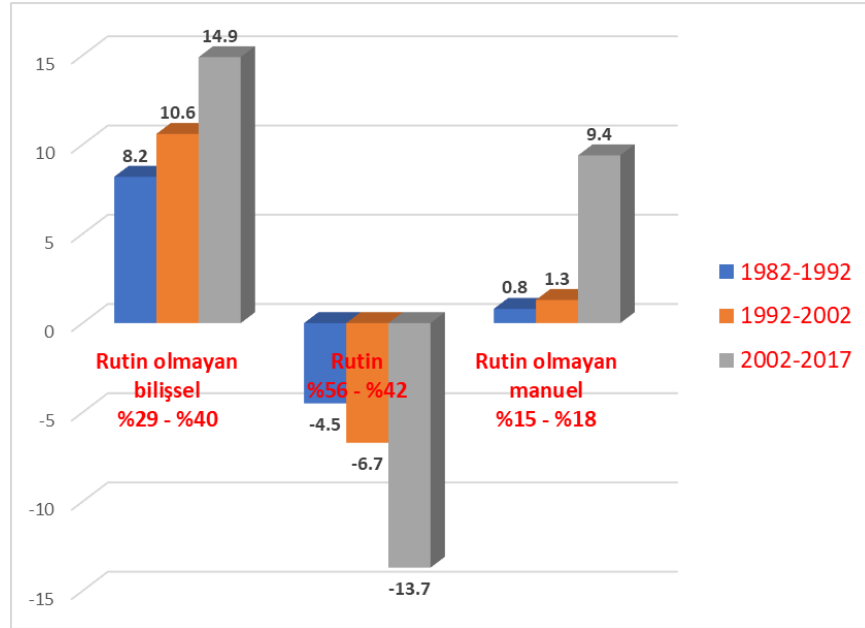
Grafik 7. Avrupa Birliği Ülkeleri için İşsizlik ve Beceri Seviyeleri 2005-2019
(Eurostat, 2020 veri bankasından yararlanılarak oluşturulmuştur).

Goos ve Manning (2007) teknolojinin, tipik olarak “rutin olmayan bilişsel beceriler” gerektiren, iyi ücretli ve vasıflı işlerde ve tipik olarak “rutin olmayan manuel beceriler” gerektiren düşük ücretli ve en düşük vasıflı işlerde nispi talebin artmasına yol açtığını iddia etmektedir. İşgücü kutuplaşması ile açıklanan bu süreçte, tipik olarak rutin manuel ve bilişsel beceriler gerektiren ve orta vasıflı işlere olan talep de düşecektir. Bir diğer çalışmada ise Goos vd., (2014), 1993-2010 döneminde Avrupa’da yaşanan işgücü kutuplaşmasında teknolojik yeniliğin, rutin görevleri yerine getiren işçilere olan talebi azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Balsmeier ve Woerter (2019) İsviçre için yaptığı işgücü kutuplaşması analizinde, yüksek vasıflı işgücü için artan talep ve orta vasıflı işgücü için azalan talep şeklinde, literatürle uyumlu bulgular elde etmiştir. Ancak literatürde yüksek vasıflı mesleklerin yanında düşük vasıflı işgücü için de artış beklenmesine rağmen bu çalışmada, düşük vasıflı işgücüne olan talepte bir azalma görülmüştür. Bu durum, firmaların dijitalleşmeye yaptığı yatırım ve makine tabanlı teknolojilerin (robotlar, 3D baskı vb.), düşük vasıflı işçilere olan talepteki düşüşe neden olduğu şeklinde açıklanmıştır.

Michaels vd. (2010); ABD, Japonya ve dokuz Avrupa ülkesinde 1980-2004 yılları için teknoloji temelli kutuplaşmaya dair bulgular elde etmiştir. Araştırmada, teknoloji büyümesine sahip endüstrilerde, yüksek eğitilmiş işçilere olan nispi talepte artış ve orta eğitilmiş işçiler için nispi talepte düşümlere rastlanmıştır. Teknolojinin rutin olmayan analitik görevleri tamamladığı ancak rutin olmayan manuel görevleri (temizlik, bahçe işleri, çocuk bakımı vb.) etkilemeden rutin görevlerin yerini aldığı görülmüştür.

Autor (2010), ABD için yaptığı araştırmada istihdam ve ücretlerin hem yüksek eğitilmiş profesyonel, teknik ve yönetsel mesleklerde hem de düşük eğitilmiş yemek servisi, kişisel bakım ve koruyucu hizmet gibi mesleklerde 1980'den itibaren arttığını gözlemlemiştir. İlave olarak, orta vasıflı beyaz yakalı büro, idari ve satış mesleklerinde ve orta vasıflı, mavi yakalı üretim, zanaat ve operasyonel mesleklerde istihdam ve ücretlerde azalma olduğunu tespit etmiştir. Bununla birlikte ABD için istihdamın yüksek vasıflı ve düşük vasıflılar lehine kutuplaştığı sonucuna ulaşmıştır. Jaimovich ve Siu (2012) ise 1980'ler sonrasında belirginleşen işgücü kutuplaşmasının işsiz iyileşmelerle bağlantılı olduğunu savunmaktadır. İşgücü kutuplaşmasının, en yüksek ve en düşük ücretli mesleklerde artan istihdam yoğunlaşmasına karşı orta ücretli mesleklerde azalmaya neden olduğunu gözlemlemiştir (bk. Grafik 8).



Grafik 8. ABD’de İstihdamın Mesleklere Göre Değişimi (Jaimovich ve Siu, 2012).

Tüzemen (2019), işgücü kutuplaşması ve doğal işsizlik oranı ile ilgili yaptığı çalışmada, ABD’de doğal işsizlik oranının 1994’den 2017 yılına kadar %0,5 azalarak %4,5 olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışmasına istinaden yaptığı tahminle, demografik ve teknolojik değişiklikler nedeniyle doğal işsizlik oranının 2022'ye kadar %4,4'e kadar düşebileceğini tahmin etmiştir.

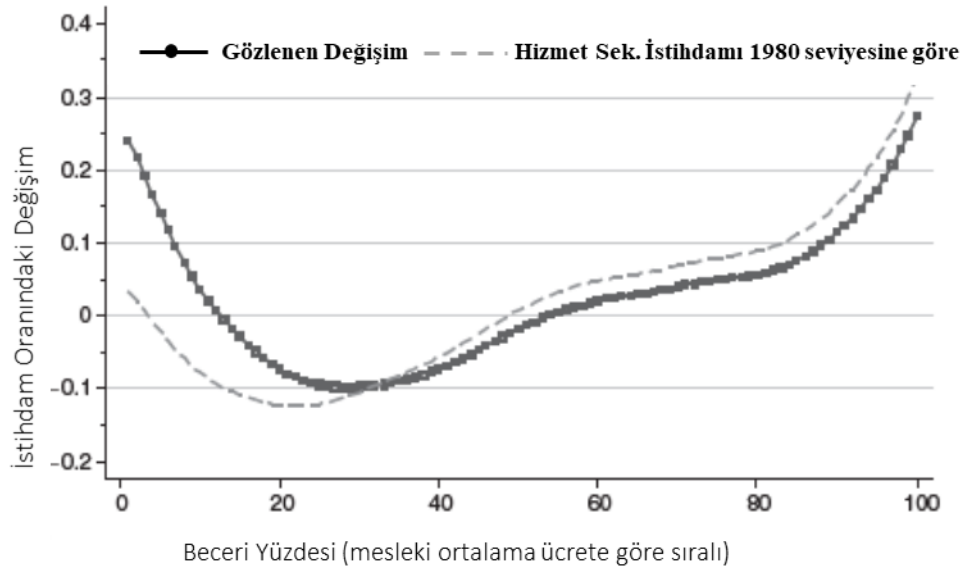
2.2.3. Ücret Kutuplaşması

ABD, İngiltere ve birçok Avrupa ülkesiyle benzer şekilde Portekiz için de 1990'ların ortalarından itibaren işgücü kutuplaşmasına rastlanmıştır (Fonseca vd., 2018). Ücret kutuplaşmasının da eşlik ettiği işgücü kutuplaşması 1995'ten 2007'ye orta vasıflı işçileri etkilemiştir ve hem istihdam hem de ücretlerde nispi azalma görülmüştür. Fonseca vd. (2018) bu kutuplaşmanın teknoloji odaklı olduğuna dair kanıtlar da ortaya çıkarmıştır. Bulgularında bu düşüşün daha çok rutin manuel işlerde görüldüğü, rutin bilişsel işler için istihdam azalmasının nispeten düşük olduğu görülmüştür.

Robotlar ve diğer bilişim teknolojileri daha önce insan işgücü tarafından gerçekleştirilen görevleri devraldıkça, işlerin geleceği ile birlikte ücretlerin geleceği konusunda da endişeler artmıştır (Acemoğlu ve Restrepo, 2020a). Endüstrileşmenin en yoğun olduğu altı AB ülkesi için ortalama nominal brüt saatlik ücret, 1995 ile 2007 yılları arasında 9,25€ 'dan 12,11€' ya yükselmiştir. Yüksek vasıflı meslekler için ücretler önemli ölçüde artmıştır ancak orta ve düşük vasıflı işçiler için ücret artışları ücret kutuplaşmasında derinleşmeye işaret etmemektedir (Chiacchio vd., 2018:14). Chiacchio vd. (2018) yaptıkları çalışmada işgücü kutuplaşmasının net izlerini görmelerine rağmen ücret kutuplaşmasında farklı sonuçlara ulaşmıştır. Nitelikli tarımda işçiler için az bir ücret artışı varken diğer orta vasıflı meslekler, diğer gruplara göre önemli bir kazanç artışı yaşamıştır. Daha ilginç bir bulgu olarak teknolojik değişimden çok etkilendiğine inanılan tesis ve makine operatörlerinin ortalama olarak en yüksek ücret artışı yaşadığı sonucuna ulaşılmıştır.

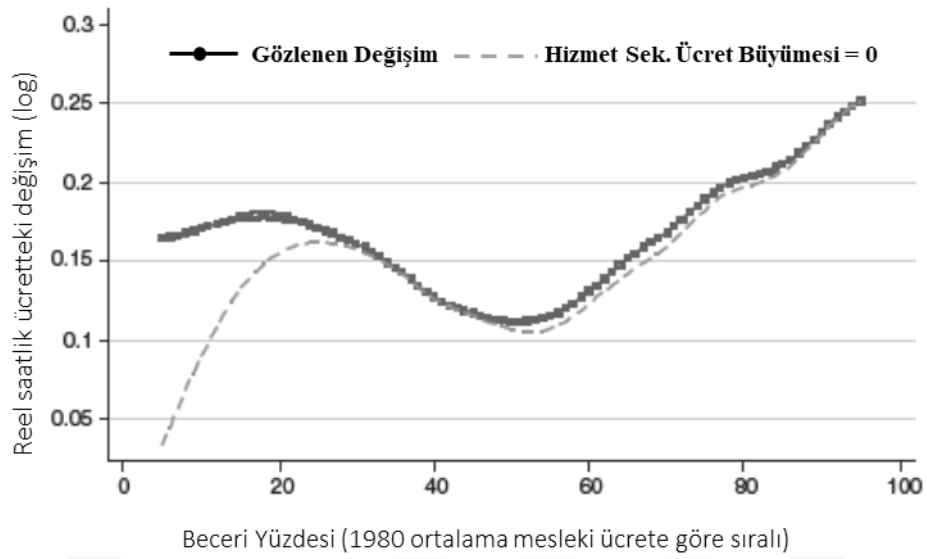
Autor ve Dorn (2013), 1980 ve 2005 yılları arasında ABD istihdam ve ücretlerindeki kutuplaşmayı ele alarak ABD için, beceri yanlı teknolojik değişim görüşüyle tutarlı sonuçlar elde etmiştir. Analizde, en üst iki beceri çeyreğinde yer alan

mesleklerde ve ortalama beceri seviyesinin altında yer alan mesleklerde ve özellikle en düşük beceri çeyreğinde yer alan mesleklerde belirgin bir istihdam artışı ortaya koyulmuştur. Ele alınan dönemde istihdam değişiklikleri U biçimindedir. Başka bir deyişle orta seviyelerde nispi düşüslere karşı uç seviyelerde belirgin artışlar görülmüştür (bk. Grafik 9). Autor ve Dorn'a (2013:1555) göre bu işgücü kutuplaşması ABD'ye özgü bir model değildir ve son 25-35 yılda birçok sanayileşmiş ülkede benzer kutuplaşma yaşanmıştır.



Grafik 9. Beceri Yüzdesine Göre İstihdamdaki Değişim (Autor ve Dorn, 2013).

İşgücü kutuplaşması nedeniyle düşük vasıflı mesleklerin çoğunda ücret ve istihdamda durgunluk veya düşüş görülmesine rağmen, düşük vasıflı hizmet mesleklerindeki büyüme nedeniyle, hizmet sektöründe önemli bir istisnaya rastlanmaktadır (Autor ve Dorn, 2013:1589). İşgücü kutuplaşması ile paralel olarak ücret kutuplaşmasının izleri de U şekliyle dikkat çekmektedir (bk. Grafik 10). Ücret kutuplaşması, uç bölgelerde dik bir ücret büyümesi ve ortaya yakın düşük bir ücret büyümesi ile ortaya çıkmaktadır.



Grafik 10. Beceri Yüzdesine Göre Ücretlerdeki Değişim (Autor ve Dorn, 2013).

Autor ve Dorn (2013) yaptıkları çalışmada üniversite mezunu olmayan çalışanlar arasında hizmet mesleklerinde çalışılan saatlerin payının yüzde 50'den fazla arttığını ortaya koymuştur. Autor ve Dorn'a (2013:1589) göre ABD istihdam ve ücret dağılımlarının uç bölgelerinde yaşanan kutuplaşma ve büyümenin önemli bir nedeni hizmet sektöründe yaşanan değişimdir. Makineler, yüksek eğitilmiş işçiler tarafından gerçekleştirilen işler için tamamlayıcı rol oynarken rutin işleri yapan işçiler için ikame olarak karşılına çıkmaktadır. Autor ve Dorn'a (2013:1590) göre, bu durum karşısında düşük vasıflı çalışanlar, işgücü arzlarını otomatikleştirilmesi zor olan hizmet mesleklerine (büyük ölçüde el becerisine, kişilerarası iletişime ve doğrudan fiziksel yakınlığa dayandığı için) yeniden tahsis etmiştir.

Sanayileşmiş ekonomilerde 1980 sonrasında ücret eşitsizliğinin yükselişine eşlik eden kalıcı paradokslardan biri, daha az eğitilmiş işçilerin reel ücretlerinin sürekli azalmasıdır (Autor, 2019:1). Literatür, işgücü piyasasında değişen becerilere yönelik talep üzerinde yaşanan kutuplaşmanın, ücret ve beceri dağılımının ortasındaki işçiler için, en altta ve en üstte yer alanlara göre daha kötü performansa sahip olduğunu göstermektedir (Michaels vd., 2010:20). Ücret kutuplaşmasının neticesinde çalışanlar, daha önce var olan orta vasıf işlerine göre ya daha düşük seviyede ya da daha yavaş artan ücretlerle beceri seviyelerinin altındaki işlere yönlendirilmektedir (Schlogl ve Sumner, 2018:9).

Lankisch vd. (2019:162) otomasyonun etkilerini küreselleşme ile birlikte değerlendirmiş ve işgücü ve ücret kutuplaşmasını günümüz dış ticaret koşullarıyla şöyle değerlendirmiştir:

“Öncelikle düşük vasıflı işgücü girdisi gerektiren malların üretimi emeğin bol ve ücretlerin düşük olduğu ülkelere kolaylıkla kaydırılabilir. Günümüzde azalan nakliye maliyetleri ve azalan tarifeler nedeniyle bu mallar daha ucuza iç pazara geri ihraç edilebilir. Sonuç olarak düşük vasıflı işgücü talebinin yüksek olduğu firmalar, düşük ücretli ülkelere yoğunlaşma eğilimindedir. Bunun aksine, ağırlıklı olarak vasıflı işgücü girdisi gerektiren malların üretiminin yurt dışına kaydırılması zordur. Bunun nedeni, düşük ücretli ülkelere yüksek vasıflı işgücünün kıt olmasıdır. Bu nedenle, yüksek vasıflı yoğun mal üreten firmalar, işçilerin iyi eğitilmiş ve ücretlerin yüksek olduğu ülkelere yoğunlaşmaktadır. Bu, yüksek ücretli ülkelerin perspektifinden, küreselleşmenin düşük vasıflı işgücü talebinde bir düşüşe ve yüksek vasıflı işgücü talebinde bir artışa yol açtığı anlamına gelir. Sonuç olarak yüksek vasıflı işçilerin ücretleri daha da artmakta ve düşük vasıflı işçilerin ücretleri düşmektedir.”

Acemoğlu ve Restrepo (2018a) yüksek ve düşük vasıflı işçilerin otomasyon sürecinde makinelerle rekabet ettiği göreve dayalı bir model sunmuştur. Otomasyonun doğrudan etkilediği emek türünü değiştirerek ücretini düşürdüğü tespit edilmiştir. Bununla birlikte dalgalanma etkileri sayesinde otomasyonun diğer çalışanların gerçek ücretini de etkilediği gözlemlenmiştir. Düşük beceri için otomasyon ücret eşitsizliğini arttırırken yüksek beceri otomasyonu ücret eşitsizliğini her zaman azaltmaktadır. Dolayısıyla otomasyonun her iki emek türünün gerçek ücretini azaltamayacağı ancak doğrudan etkilenen faktörün ücretini azaltabileceği sonucuna ulaşılmıştır. DeCanio'nun (2016) araştırma sonuçları, insan ve robotik emek arasındaki ikame esnekliğinin 1,7-2,1 aralığından daha büyük olması durumunda, robotların çoğalmasının ücretler üzerinde baskı oluşturacağını göstermektedir.

Özellikle 1980 sonrasında düşük vasıflı işçilerin gerçek ücretlerinde önemli düşüşler gözlenmiştir (Acemoğlu ve Autor,2010). Lordan ve Neumark (2018), asgari ücret artışlarının otomatikleştirilebilir işlerde, düşük vasıflı işçilerin yerini makinelerin alması sürecini teşvik ettiğini tespit etmiştir. Bu durumun düşük vasıflı işçiler için ya işsiz kalmaya neden olduğu ya da daha kötü şartlarda yeni bir işle sonuçlandığı

gözlemlenmiştir. Tam aksine, aynı durumun yüksek vasıflı işçiler için ise bir fırsat oluşturduğu anlaşılmıştır.

İmalat teknolojilerinde en büyük devrimi yaratması beklenen yapay zekânın yaygınlaşmasının ücretler üzerindeki etkisi, toplam üretim ilişkilerinin biçimi ile birlikte, insan ve robotik emek arasındaki ikame esnekliğine bağlıdır (DeCanio, 2016:280). Acemoğlu ve Restrepo (2020a), farklı görevlerin üretiminde robotların insan emeğiyle rekabet ettiği bir model kullanarak robotların istihdamı ve ücretleri azaltabildiğini göstermiştir. 1990 ve 2007 yılları arasında endüstriyel robot kullanımındaki artışın ABD yerel işgücü piyasaları üzerindeki etkisini analiz eden ve ilk defa 2017 yılında yayınlanan çalışma, 2020’de güncellenerek tekrar yayınlamıştır. Son çalışmadaki tahmin sonuçlarına göre, bin işçi başına ilave bir robot kullanımı istihdam/nüfus oranını yaklaşık 0,2 puan (ABD için yaklaşık 400bin iş) ve ücretleri %0,42 oranında düşürmektedir. Robotların ve yapay zekâ temelli diğer teknolojilerin imalat sanayisinde kullanımının hızla arttığı bir dönemde bu tahmin oldukça önemli bir uyarı niteliği taşımaktadır.

Endüstri 4.0 ile birlikte gelen ve yeni gelecek teknolojilerle birlikte eşitsizliğin artması, tekel gücünün kullanımı gibi farklı şekillerde olabilecektir. Örneğin: Arama motoru ve reklamcılığında pazarın %90’ına Google’ın hâkim olması veya mobil sosyal medya kullanımında Facebook’un %79’luk payı ya da e-kitap pazarında Amazon’un piyasanın %75’ine hâkim olması (Schwab, 2018:44). Yukarıda ayrıntılı bahsedilen beceri yanlı ve rutin yanlı teknolojik değişimler ise istihdam boyutuyla eşitsizliği artırabilecek temel mekanizmalardır. Çünkü bunlar, belirli işgücü gruplarını destekler nitelikte olmasına karşın düşük vasıflı işçilerin istihdam edilebilirliğini önemli derecede azaltmaktadır.

2.3. TELAFİ MEKANİZMALARI

Klasik iktisatçılar "*işçi sınıfının, emek tasarrufu sağlayan bir makinenin ortaya çıkmasıyla ilgili ilk acıların olumlu sonuçlarla telafi edildiği teorisini*" geliştirmiştir (Schumpeter, 1954:652). Marx, bu teoriyi “telafi teorisi” (theory of compensation) olarak adlandırmıştır. Marx bu teorinin babaları olarak James Mill, John McCulloch, Robert Torrens, Nassau W. Senior, ve John Stuart Mill’in isimlerini sıralamaktadır

(Campa, 2018:26). Klasik iktisatçılar yaklaşımı tartışmalı olmakla beraber Ricardo'yu teorisinin ilk babası saymaktadır.

Campa (2018:25) telafi mekanizmasına ilişkin bu teoriyi şöyle özetlemektedir: *“Yeni makinelerin işgücü tasarrufu sağlaması durumunda söz konusu makinelerin üretimi için insan gücüne ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca, başlangıçta yeni üretim süreçleri emek tasarrufu sağlıyorsa maliyetlerin ve dolayısıyla sunulan malların fiyatının düşürülmesi yoluyla talebi ve işleri artırır. Son olarak, gelir ve harcama arasında mükemmel bir özdeşlik olduğu varsayılmaktadır ve bu nedenle teori, fabrikalarda ve çiftliklerdeki işgücünün azalmasından kaynaklanan büyük gelirlerin, kapitalistler ve toprak ağaları tarafından tüketim mallarına daha fazla taleple sonuçlanacağını ve böylece yeni işler yaratacağını varsaymaktadır.”*

Teknolojinin istihdam üzerinde yarattığı olumsuz etkiye ilişkin telafi teorisinde altı farklı mekanizma vardır (Simonetti vd., 2000:28-29):

- *Yeni makineler aracılığıyla telafi mekanizması*
- *Fiyatların düşürülmesi yoluyla telafi mekanizması*
- *Yeni yatırımlar yoluyla telafi mekanizması*
- *Ücretlerin düşürülmesi yoluyla telafi mekanizması*
- *Gelir artışı yoluyla telafi mekanizması*
- *Yeni ürünler aracılığıyla telafi mekanizması*

2.3.1. Yeni Makineler Aracılığıyla Telafi Mekanizması

Yeni makineler aracılığıyla telafi mekanizmasına göre, işçileri yerinden eden süreç yeniliğinde kullanılan yeni makinelerin üretilmesi yeni bir istihdam alanı yaratacaktır. Yeni makinelerin üretilmesi ancak işinden edilen işçilerin sağlayacağı işgücüyle mümkün olabilecektir (Say, 1803:87). Teoriye göre yeni teknoloji, bazı firmalar tarafından üretilmesi gereken yeni sermaye mallarını gerektirmektedir. Ancak yeni sermaye malları net yatırım yapılmadan sadece hurdaya çıkarılırsa sadece eski makinelerin üretim hatları yenileri ile ikame edilmiş olacaktır (Simonetti vd., 2000:29). Böyle bir durumda telafi mekanizmasından söz etmek mümkün olmayacaktır. Tamamen yeni makinelerin üretilmesi durumunda ise sermaye malları

sektöründe yeni bir üründen söz edilebilecektir ve bu şekilde süreç dönüşümü gerçekleşmiş ve yeni istihdam sağlanmış olacaktır (Vivarelli, 1995:28).

Yeni makineler aracılığıyla telafi mekanizması ancak sermaye malları endüstrilerinde köklü değişim dönemlerinde etkili olabilecektir. Talebin durgun ve teknolojik değişimin artış eğiliminde olduğu durumlarda ise yeni işgücü tasarrufu sağlayan makineler genellikle hurdaya çıkarılacaktır (Simonetti vd., 2000:29). Bu durumda ise yeni makineler yoluyla telafi mekanizması çalışmayacaktır. Eski makinelerin üretiminde çalışan işçiler yeni üretim hatlarına sevk edilmiş olacaktır (Vivarelli, 1995:28). Yeni makineler yüzünden işinde olan işçiler için ise bir telafi durumu söz konusu olmayacaktır.

2.3.2. Fiyatların Düşürülmesi Yoluyla Telafi Mekanizması

Teoriye göre fiyatların düşürülmesi yoluyla oluşacak bir telafi mekanizması ise şöyle işlemektedir: Süreç yenilikleri çalışanları işinden edebilecektir. Diğer taraftan bu yenilikler üretim birim maliyetlerinde ve dolayısıyla piyasa fiyatlarında önemli bir düşüş anlamına gelecektir (Vivarelli, 2004:125). Başka bir deyişle bu mekanizma iki aşamada çalışmaktadır. Birincisi, süreç yeniliğinin ürettiği birim maliyetlerdeki azalma, bir fiyat indirimine çevrilecektir. İkincisi, fiyatlardaki düşüş tüketicilerin mal talebini artıracak ve bu nedenle çıktıda bir artış yaratacaktır (Simonetti vd., 2000:28). Rekabetçi piyasada düşen fiyatlar ürünlere yönelik talebi artıracak ve bu durum üretimde ve dolayısıyla istihdamda artış anlamına gelecektir. Bu mekanizma, klasik ve neo-klasik iktisatçıların fikirlerinde genişçe bir yer bulmuştur. James Steuart (1767, 256) süreci şöyle özetlemektedir:

“Makinelerin piyasaya sürülmesinin fiyatları şaşırtıcı bir şekilde düşürdüğü görülmüştür. Eskiden basit işlemlerini yapmak için kullanılan yüzlerce kişiden ekmek alma etkisine sahiplerse, aynı zamanda binlerce kişiye ekmek verme etkisine de sahipler.”

Fiyatların düşürülmesi yoluyla oluşacak bir telafi mekanizmasının telafi edebilme potansiyelini ilk eleştiren iktisatçıları Malthus, Sismondi ve Mill olmuştur (Vivarelli, 1995:29). Bazı faktörler bu mekanizmanın etkinliğini engelleyebilecektir. Birincisi, yenilikçi firmalar yeterli pazar gücüne sahipse fiyat indirimi yapmayabilir;

ikincisi, Keynesyen anlayışa göre efektif talep doymuş olabilir ve fiyat indirimi onu canlandırmak için yeterli olmayabilecektir (Simonetti vd., 2000:28). Diğer taraftan yeniliğin yol açtığı ücretlerdeki düşüş, satın alma gücünü fiyat düşüşünden daha fazla etkileyebilecektir.

2.3.3. Yeni Yatırımlar Yoluyla Telafi Mekanizması

Telafi teorisinde bir diğer mekanizma yeni yatırımlar yoluyla telafi mekanizmasıdır. İlk olarak Ricardo (1821) tarafından ileri sürülen bu mekanizma, Alman okulunun analizinde merkezi konumdadır (Vivarelli, 2004:125). Schumpeter'in vurguladığı gibi yenilikçiler genellikle önemli miktarda tekolci kâr elde etmektedir (Simonetti vd., 2000:29). Elde edilen tekolci kârlar yeni girişimlere yeniden yatırıldığında ise ilave istihdam yaratacaktır. Başka bir deyişle, yenilik kâr getirecek ve kârlar yeni yatırımlar ve dolayısıyla yeni istihdam sağlayacaktır. Bu mekanizma Say Yasası ile yakından ilgilidir. Bu yasa, teknolojik değişimin daha düşük maliyetlere ve daha yüksek kârlara izin verdiği aynı dönemde, birikmiş kârların yatırıma çevrilmesini sağlamaktadır (Vivarelli, 1995:32). Mekanizmaya getirilen bazı eleştirilere göre, kârların yeniden yatırıma yönlendirilmemesi ya da kârların ücret artışı nedeniyle işçilerle paylaşılması söz konusu olabilecektir.

2.3.4. Ücretlerin Düşürülmesi Yoluyla Telafi Mekanizması

Bir diğer mekanizma, ücretlerin düşürülmesi yoluyla telafi mekanizmasıdır. Bu mekanizma, emek tasarrufu sağlayan teknolojilerin doğrudan etkisinin işgücü piyasasında yaşanacak bir fiyat ayarlamasıyla telafi edilebilmesine ilişkindir (Vivarelli, 2014:126). Neoklasik anlayışta, ücretlerdeki bir düşüş, emek talebinde bir artışa yol açacaktır (Simonetti vd., 2000:28). Bu argümanı teknolojik işsizliğe ilk uygulayan ise Wicksell olmuştur (Vivarelli, 1995:36). Telafi mekanizması, emeğin marjinal üretkenliğini arttırması ve bu nedenle firmaları daha fazla emek yoğun üretim tekniklerini kullanmaya teşvik ederek istihdamı artırması yoluyla çalışmaktadır.

Bu mekanizmanın etkinliğine ilişkin üç temel eleştirisi söz konusudur: *“Birincisi, sermayeyi emekle ikame etmek teknik olarak mümkün olmayabilir; ikincisi, Keynesyen yaklaşıma göre gerçek ücretlerdeki bir azalma, etkin talepte bir azalmaya*

ve daha fazla işsizliğe yol açabilir; üçüncüsü, işsizlikteki artışın gerçek ücreti ne ölçüde etkilediği, sendikaların rolü ve gücü gibi kurumsal faktörlere bağlı olacaktır.” (Simonetti vd., 2000:28). Bu mekanizmanın etkili olabilmesi için firmaların sermaye yoğunluğunu teknolojik kısıtlamalar olmaksızın seçebilmesi, ücretlerdeki azalmanın efektif talebi bastırmaması ve işsizlikteki bir artışın reel ücrette bir düşüş yaratması gerektirmektedir (Simonetti vd., 2000:28).

2.3.5. Gelir Artışı Yoluyla Telafi Mekanizması

Bir diğer mekanizma, gelir artışı yoluyla telafi mekanizması, Keynesyen ve Kaldorian gelenekler tarafından ortaya atılmıştır (Vivarelli, 2014:126). Yenilikler sayesinde elde edilen kârların bir kısmı sendikaların da etkisiyle işçilerin ücretlerinde artışa yol açacaktır. Artan gelirle birlikte artan tüketim, nihai olarak efektif talepte bir artışa neden olacaktır. Bu mekanizma, hem ücretlerin düşürülmesi yoluyla telafi mekanizması hem de yeni yatırımlar yoluyla telafi mekanizması ile çatışmaktadır (Simonetti vd., 2000:29).

2.3.6. Yeni Ürünler Aracılığıyla Telafi Mekanizması

Yenilik her zaman bir süreç veya organizasyonel değişiklik olarak karşımıza çıkmayabilir. Bazı durumlarda yenilik yeni ürünlerin yaratılması ve piyasaya sürülmesi olarak karşımıza çıkacaktır. Ürün yeniliği söz konusu olduğunda gerçekleşmesi beklenen telafi mekanizması, yeni ürünler aracılığıyla telafi mekanizması olarak anılmaktadır (Vivarelli, 1995:35). Yeni ürünlerle birlikte yeni ekonomik dallar ve ek iş ortaya çıkacaktır (Vivarelli, 2014:126). Makinelerin getirdiği genel endüstriyel değişimlerin doğrudan bir sonucu olarak yeni emek alanları yaratan tamamen yeni üretim dalları da oluşacaktır (Marx, 1867:445).

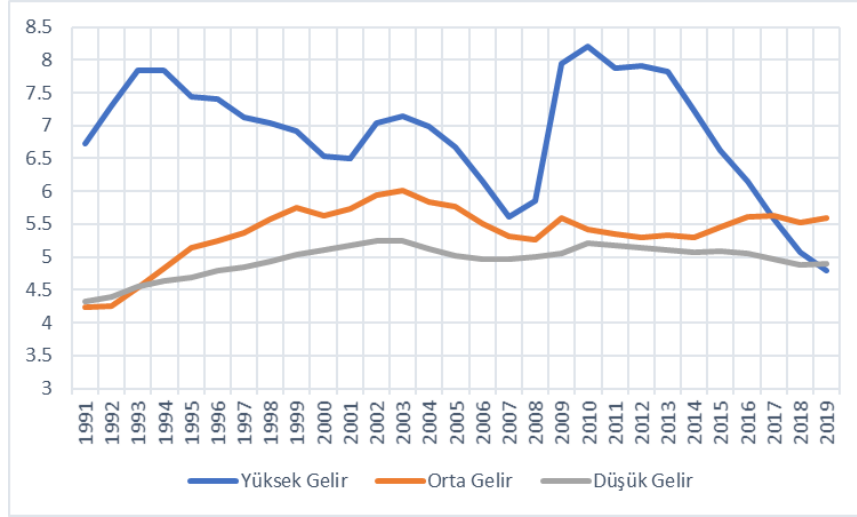
Marx dışında klasik iktisat okulu temsilcileri; teknolojik yenilikler sonucunda oluşan işgücü piyasasındaki etkilerin geçici olduğunu, bu etkilerin bazı telafi edici mekanizmalar yoluyla dengelenebileceğini savunmaktadır (Cengiz, 2020:163). Telafi teorisi, teknolojik değişim tarafından üretilen ve yeniliğinin ilk emek-tasarrufu etkisini kısmen veya tamamen dengeleyebilecek farklı piyasa telafi mekanizmalarına dayanmaktadır (Piva ve Vivarelli, 2018b: 15). Bu teori daha çok orta ve uzun vadede

etkili olabilecek telafi etki ve mekanizmalarını barındırmaktadır. Ancak yeterli bir birikimi ve serveti olmayan düşük gelirli için kısa vadeli etkiler de yıkıcı bir etkiye sahip olabilecek ve önemli sosyal sonuçlar ortaya çıkabilecektir.

Daha kısa olarak ifade etmek gerekirse ekonomik teori, teknolojik yeniliğin nihai istihdam etkisi açısından kesin bir cevaba ulaşamaz ve telafi mekanizmalarının, yeniliklerin neden olduğu teknolojik yer değiştirmeyi dengelemede etkili olabilmesi, rekabet düzeyi ve talep esnekliği gibi birçok eşzamanlı faktöre bağlıdır (Piva ve Vivarelli, 2018b: 16).

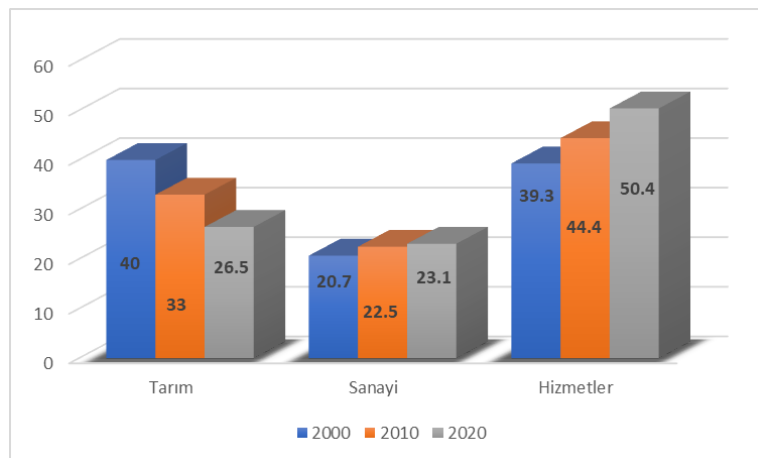
2.4. İSTİHDAMIN DÖNÜŞÜMÜ, ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR VE MESLEKLERİN GELECEĞİ

Küresel işsizlik oranı 2019'da yüzde 5,4 olarak gerçekleşmiştir ve önümüzdeki iki yıl boyunca bu seviyenin aynı kalacağı tahmin edilmektedir (ILO, 2020). İşsizlik oranlarında 2008 ekonomik krizi sonrasında yaşanan sert yükseliş ve devamında 2010 yılından itibaren yaşanan kademeli düşüş durma noktasına gelmiştir. Küresel işsizlik oranındaki bu önemli düşüş, çoğunlukla yüksek gelirli ülkelerden kaynaklanmaktadır (bk. Grafik 11). Şu husus gözden kaçırılmamalıdır ki yüksek gelirli ülkelerdeki istihdam artışı, işgücü üretkenliği artışının düşmesi pahasına gelmiştir ve yeni işler esas olarak işçi başına ortalama katma değer nispeten düşük olduğu hizmet sektöründe yaratılmıştır (ILO, 2020:12). Kırsal-kentsel farklılıklar ve teknolojik dönüşümler nedeniyle istihdamın dağılımındaki eşitsizlik gelecekte daha da şiddetlenebilecektir. Örneğin, Asya ve Pasifik ülkelerinde teknolojik ilerleme ve yeniliği teşvik etmek için tasarlanan politikalar, kentsel alanlarda nispeten yüksek düzeyde iş ve gelir yaratmaktadır (ILO, 2020:13).



Grafik 11. Küresel İşsizlik Oranı % (ILOSTAT, 2020).

Küresel ekonomide hizmetler sektörüne doğru önemli bir kayma mevcuttur. 2000 yılında dünya genelinde hizmetler sektöründe çalışanların istihdam oranı %39,3 olmasına rağmen, bugün dünya genelinde tüm çalışanların yarısından fazlası hizmetler sektöründe istihdam edilmektedir (bk. Grafik 12). Sektörel kaymanın önemli bir kısmının tarım sektöründeki azalmadan kaynaklandığı, sanayi sektöründe ise toplam istihdam içindeki payının son yirmi yılda çok fazla değişmediği görülmektedir. Hizmetler sektöründe yaratılan istihdam olanağı, teknoloji nedeniyle iş değiştirmek zorunda kalan ve otomasyon karşısında yetenekleri eski işlere uyumsuz hale gelen çalışanlar için önemli bir çözüm kapısı olmuştur. Bununla birlikte yeni teknolojilerle birlikte ortaya yeni çıkan birçok ilave hizmet sektörü de istihdamdaki bu kayma da önemli bir rol oynamaktadır.



Grafik 12. Küresel İstihdamın Sektörel Dağılımı % (World Bank, 2020).

2.4.1. Endüstriyel Robotlar

Martin Ford (2018), rekorlar kıran kitabı *Robotların Yükselişi*'nde “*Gelecekte çok sayıda robot ve insanlar için az sayıda iş olacaktır.*” diyerek robotların hızlı artışına dikkat çekmiştir. Benzer şekilde Brynjolfsson ve McAfee (2014), birçok dile çevrilen ve çok ses getiren kitapları *İkinci Makine Çağı*'nda robotlar için “*Yakında yakınınızdaki montaj hatlarına, depolara ve koridorlara geliyorlar*” diyerek robotların imalattaki hızlı artışından söz etmiştir. Andrew Edwards (2015) “*Robotların saldırısı başladı. Ancak lazer ışınlarıyla ve bakterilerle durdurulmayacaklar. Dünyalı olacaklar ve yaptırabilecekleri her türlü işi yapacaklar.*” diyerek insanlığı, robotların işgaline karşı hazır olması gerektiğine dair uyarmaktadır.

Kevin Kelly (2012) “*Gelecekte size robotlarla ne kadar iyi çalıştığınıza bağlı olarak ödeme yapılacaktır. İş arkadaşlarınızın yüzde doksanı görünmeyen makineler olacak.*” diyerek robotların kaçınılmaz olduğunu ifade etmiştir. Kelly, “*... yarınki görevinizin bir kısmı yapılacak yeni şeyler bulmak, yapmak ve tamamlamak olacak, daha sonra bu işler de robotlar için tekrarlayan rutin işler haline gelecek.*” sözleriyle robotların iş alanlarının artmaya devam edeceğini, ancak insanlığın da bunun karşısında boş durmadan yeni işler üreteceğini ifade etmiştir.

Chiacchio vd.'nin (2018) AB endüstriyel robot pazarının yüzde 85,5'ini kapsayan analizinde tespit ettikleri, robotların istihdam üzerindeki olumsuz etkisi, önemli bir bulgudur. Araştırmada bin işçi başına ilave bir robotun istihdam oranını 0,16 ile 0,2 puan arasında azalttığı görülmüştür. Acemoğlu ve Restrepo (2020a) tarafından yapılan analizde de benzer şekilde endüstriyel robotların, ABD yerel işgücü piyasalarında istihdam ve ücretler üzerinde olumsuz etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonucuna göre, bin işçi başına ilave bir robot kullanımı istihdam/nüfus oranını yaklaşık 0,2 puan (ABD için yaklaşık 400bin iş) azaltmaktadır.

Graetz ve Michaels'ın (2015) 17 ülkeyi kapsayan analizinde ise endüstriyel robotların ilgili ülkelerde işgücü verimliliğini ve katma değeri arttırdığı tespit edilmiştir. Yapılan analizde endüstriyel robotların ekonomik büyümeye yaklaşık %10 katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak toplam istihdam üzerinde olumlu veya olumsuz önemli bir etkiye rastlanmamıştır.

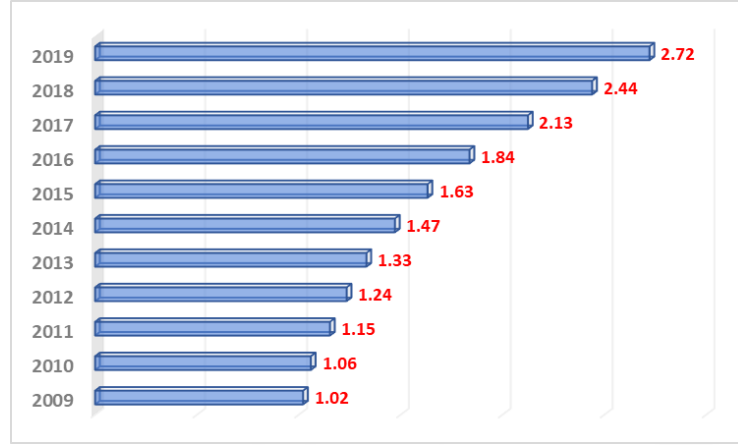
Murphy (2000) robot için yaptığı tanımlamada “*Akıllı bir robot, özerk olarak çalışabilen mekanik bir yaratıktır.*” demiştir. Yazılım ve programlamadaki büyük ilerlemeler ve yapay zekânın giderek diğer teknolojilerle entegre olması sayesinde robotik sistemler, daha önce insanların üstlendiği birçok görevi daha uygun maliyetlerle ikame edebilmektedir. Diğer taraftan otomasyon artık endüstride standartlaştırılmış ürünlerin üretimiyle sınırlı değildir ve giderek daha fazla hizmet sektöründe değer yaratma süreçlerinde yer almaktadır.

Robotların hizmet sektöründe yer alması, otomatik üretimin eski paradigmalarını yeniden perspektif haline getirmiştir. Bu şekilde robotlar, ikame etmekten öteye geçerek insan ve makine arasındaki iş birliğine doğru kaymaya başlamıştır (Decker vd., 2017:348). Daha önceden yalnızca rutin manuel ve bilişsel görevleri yerine getirebilen robotlar, günümüzde rutin olmayan manuel ve bilişsel görevleri de yerine getirmeye başlamıştır. İşgücündeki bu kutuplaşma çalışanların eğilimlerini de etkileyecektir. Örneğin, Dirican’ın (2015:571) varsayımına göre düşük vasıflı çalışanlar, satın alma güçlerindeki azalma nedeniyle ve robotlara karşı şanslarının olmayacağını düşünecekleri için gelecekte eğitim seviyelerini arttırma eğiliminde olmayacaktır (Dirican, 2015:571).

Daha çok teknolojinin neden olduğu ve daha az çalışana ihtiyaç duyulan işsiz büyüme sadece kısa vadeli ve daha rekabetçi şirketler tarafından daha fazla istihdam yaratılacaktır (Qureshi ve Syed, 2014:199). Hizmet sektörü otomasyon nedeniyle işinden olan çalışanlar için önemli bir alternatif olmuştur. McKinsey Araştırma Enstitüsünde yapılan araştırmada, 2030 yılına kadar 75 milyon ila 375 milyon çalışanın (küresel işgücünün yüzde 3-14’ü) mesleki kategorilerini değiştirmekle karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (Manyika vd., 2017).

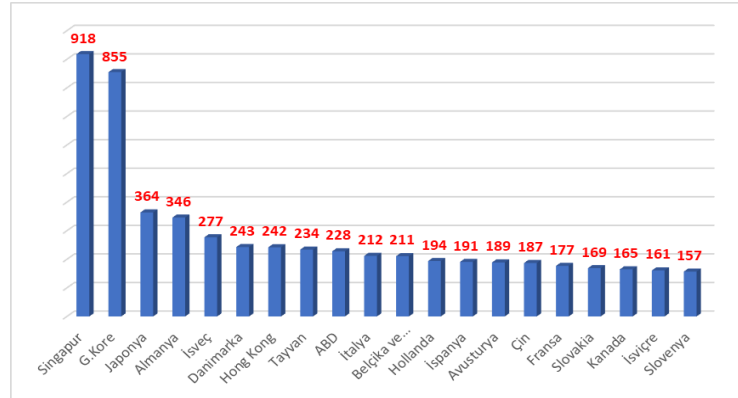
Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR) tarafından hazırlanan ve 24 Eylül 2020 tarihinde yayınlanan *2020 Dünya Robotik Raporu*, dünya genelinde fabrikalarda çalışan endüstriyel robot sayısının bir önceki yıla göre %12’lik bir artışla 2,72 milyona (2,722,077) ulaştığını ilan etmiştir. Rapora göre, 2019 yılında 373.240 ilave robot üretime dahil olmuştur. 2014 yılından 2019 yılına kadar son beş yılda endüstriyel robot sayısı ortalama %11 artmıştır (bk. Grafik 13). Robotların artış oranı yıllık trendler bazında değişmekle birlikte son on yılda robotların sayısı her zaman artış eğiliminde

olmuştur. 2009 yılı verilerini baz aldığımızda endüstriyel robotların sayısının son on yılda yaklaşık üç katına çıktığı görülmektedir.



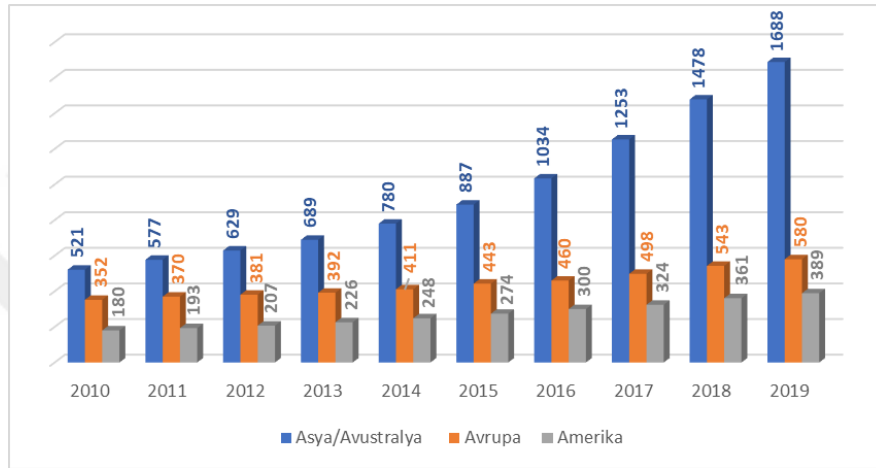
Grafik 13. Endüstriyel Robotların Son 10 Yıldaki Artışı *milyon (IFR, 2020).

Endüstriyel robotların Çin, Japonya, ABD, Güney Kore ve Almanya'dan oluşan beş büyük pazarda toplandığı görülmektedir. Bu ülkeler, küresel çapta endüstriyel robotların %73'üne sahiptir (IFR, 2020). Özellikle Çin, tüm robotların 1/3'üne sahip olarak adeta endüstriyel robot cenneti olmuştur. Çin, endüstriyel robot pazarında en fazla robota sahip ülkedir. Ancak 10.000 işçi başına düşen endüstriyel robot sıralamasında Çin gerilerde kalmaktadır (bk. Grafik 14). 2019 yılı itibarıyla endüstriyel robot yoğunluğunun en fazla olduğu beş ülke sırasıyla Singapur, Güney Kore, Japonya, Almanya ve İsveç olmuştur. Dünya genelinde en çok endüstriyel robota sahip olan Çin'de ise 10.000 çalışan başına 187 robot düşmektedir. Bu oran ABD, Kanada, Fransa gibi sanayileşmiş ülkelerin robot yoğunluğuna yakın ortalama bir seviyedir.



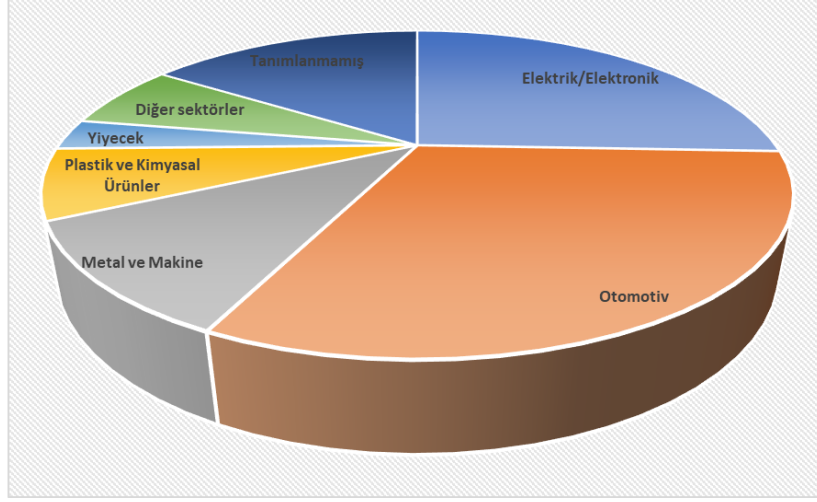
Grafik 14. Robot Yoğunluğunun Ülkelere Dağılımı *10.000 işçi başına (IFR, 2020).

Endüstriyel robotların coğrafi dağılım trendi son on yılda benzer seyretmektedir. Robotların büyük bir çoğunluğu Asya ve Avustralya kıtalarında yer almaktadır (bk. Grafik 15). Daha sonra sırasıyla Avrupa ve Amerika gelmektedir. Dünya genelinde robotların %65'i Asya/Avustralya, %21'i Avrupa ve %14'ü Amerika'da yer almaktadır. Endüstriyel robotların insan çalışanları işinden edebilme potansiyeli göz önüne alındığında, bu robotların coğrafi dağılımları da ayrı bir öneme sahiptir.



Grafik 15. Endüstriyel Robotların Coğrafi Dağılımı * 1.000 (IFR, 2020).

Endüstriyel robotların sektörel dağılımına bakıldığında otomotiv endüstrisi, bu robotların en yoğun olduğu sektör olarak görülmektedir. 2019 yılı verilerine göre tüm endüstriyel robotların yaklaşık %31'i bu endüstride bulunmaktadır (bk. Grafik 16). Yalnızca 2019 yılında 105.379 adet robot otomotiv endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır (IFR, 2020). Robot kullanımının otomotivden sonra en yoğun olduğu sektörler elektrik/elektronik ve metal/makine sektörleri, sırasıyla %25 ve %10'luk kullanım oranlarına sahiptir.



Grafik 16. Endüstriyel Robotların Sektörlere Dağılımı (IFR, 2020).

IMF özel dersinde konuşan Daron Acemoğlu (2020), yeni işler yaratma potansiyeli konusundaki yaygın görüşe rağmen, son dönemde gerçekleşen otomasyonun ve akıllı teknolojilerin, yarattığından daha fazla iş kaybettirdiğine dikkat çekmektedir. Bu konuda yapay zekâ tasarımlarının etkisine dikkat çeken Acemoğlu, yapay zekânın işgücü tasarrufuna odaklandığını düşünmektedir. Faktör verimliliği artışındaki yavaşlamaya da dikkat çeken Acemoğlu, son dönemdeki yeniliklerin 2000’li yıllardaki gibi faktör verimliliğinde önemli bir artış sağlamadığına vurgu yapmaktadır. Bu durumun aşırı otomasyondan kaynaklandığına inanan Acemoğlu, artık devletler için *Refah Devleti 3.0*’a geçme zamanının geldiğini değerlendirmektedir.

2.4.2. Otomasyon Sürecinin Etkileri

Bununla birlikte, IGM Panelinden (2014) elde edilen sonuçlara göre teknoloji ve istihdam konusunda çalışmaları ile tanınan uzmanlar, genel olarak tarihi süreçte otomasyonun belirgin bir şekilde istihdamı azaltmadığını düşünmektedir (bk. Tablo 11).

Tablo 11. Otomasyonun İstihdama Etkilerine Yönelik Görüşler

Soru: İlerleyen otomasyon ABD'de tarihi süreçte istihdamı azaltmamıştır.			
İsim	Üniversite	Cevap	Güvenilirlik
Barry Eichengreen	Berkeley	Kesinlikle Katılıyorum	10
Nancy Stokey	Chicago	Kesinlikle Katılıyorum	10
Daron Acemoglu	MIT	Katılıyorum	9
Joseph Altonji	Yale	Kesinlikle Katılıyorum	9
Hilary Hoynes	Berkeley	Katılmıyorum	9
Steven Kaplan	Chicago Booth	Katılıyorum	9
David Autor	MIT	Kesinlikle Katılıyorum	8
Abhijit Banerjee	MIT	Kesin Değil	8
Markus Brunnermeier	Princeton	Katılıyorum	8
Judith Chevalier	Yale	Katılıyorum	8
Janet Currie	Princeton	Katılıyorum	8
Angus Deaton	Princeton	Kesinlikle Katılıyorum	8
Bengt Holmström	MIT	Katılıyorum	8
William Nordhaus	Yale	Katılıyorum	8
Larry Samuelson	Yale	Katılıyorum	8
Robert Shimer	Chicago	Kesinlikle Katılıyorum	8
Liran Einav	Stanford	Kesin Değil	7
Austan Goolsbee	Chicago	Katılıyorum	7
Michael Greenstone	Chicago	Katılıyorum	7
Oliver Hart	Harvard	Katılıyorum	7
Kenneth Judd	Stanford	Katılıyorum	7
Anil Kashyap	Chicago	Katılıyorum	7
Jose Scheinkman	Columbia	Katılıyorum	7
Carl Shapiro	Berkeley	Katılıyorum	7

Kaynak: IGM Forum (2014).

Acemoğlu'na (2020) göre COVID-19 pandemi süreci, orta vadede aşırı otomasyona doğru ilerlemekte olan eğilimleri şiddetlendirebilecektir. Ancak devlet politikaları ve düzenlemeleri yoluyla teknolojik değişimin yönünü belirleyecek olan, toplum içindeki bireyler ve piyasa içindeki firmalardır. Bu değişimin yönünü doğru belirleyebilmek için ihtiyacımız olacak en önemli şey, bize yol gösterecek yeni bir kurumsal çerçeve olacaktır (Acemoğlu, 2020).

Konu ile ilgili gerek kamuoyunun gerekse araştırmacıların her yıl yakından takip ettiği ve Dünya Ekonomik Forumu'nun düzenli olarak yayınladığı *Mesleklerin Geleceği Raporu'nun* 2020 sayısı, istihdamın geleceğine dair şu önemli noktalara vurgu yapmaktadır (WEF, 2020b):

- *İşgücü beklenenden daha hızlı otomasyona uğramakta ve insanlar ile makineler arasındaki yeni iş bölümünün önümüzdeki beş yıl içinde küresel çapta 85*

milyon işi etkilemesi beklenmektedir. Bu değişim 15 sektör ve 26 ekonomide orta ve büyük ölçekli işletmelerde yaşanacaktır,

- *Robot devriminin 97 milyon yeni iş yaratması beklenmektedir,*
- *2025'te analitik düşünme, yaratıcılık ve esneklik ihtiyaç duyulan en önemli beceriler ve veri ve yapay zekâ, içerik oluşturma ve bulut bilişim sayesinde en çok aranan meslekler olacaktır,*
- *En rekabetçi işletmeler, mevcut çalışanların becerilerini geliştiren ve yenileyenler olacaktır,*
- *COVID-19 işgücü piyasasının beklenenden daha hızlı değişmesine neden olmuştur,*
- *COVID-19, geleceğin iş dünyasının gelişini hızlandırmıştır. Otomasyon ve COVID-19 durgunluğunun sonuçları işgücü piyasalarında mevcut eşitsizlikleri derinleştirmiş ve 2007-2008 küresel mali krizinden bu yana istihdamda elde edilen kazanımları tersine çevirmiştir.*

Teknolojinin istihdam üzerindeki etkilerine dair sıkça kullanılan bir örnek, banka veznedarları yerine otomatik vezne makinelerinin (bankamatik) kullanılmaya başlanmasıdır. Bu süreçte bankamatik sayısı 15 yılda dört kat artarken, banka şubesi başına vezne sayısı yaklaşık üçte bir azalmıştır (Bessen, 2015). İlk bakışta bankamatikler banka memurunun işini devralmış gibi görünmektedir. Ancak durum bunun tam aksine banka veznedarları kredi, kredi kartı, yatırım gibi farklı branşlarda çalışmaya başladıkları için aynı dönemde banka çalışanlarının sayısı yaklaşık %10 artmıştır. Başka bir örnek Fransa'ya ilişkindir. Fransa'da internet nedeniyle 15 yıl içinde 500.000 iş ortadan kaybolmuşken yerine 1,2 milyon yeni iş ortaya çıkmıştır. Başka bir deyişle internet yok ettiği her 1 iş için 2,4 yeni iş yaratmıştır (MGI, 2011b).

Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR, 2017), robotların verimlilik ve istihdama katkılarına ilişkin yayınladığı raporda robotların üretkenliği ve rekabeti artırdığını bildirmiştir. Robotların hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülke ekonomilerinin belkemiği olan küçük ve orta ölçekli (KOBİ) işletmeler için özellikle önemli olduğuna vurgu yapılmaktadır. Büyük şirketler için de robotların, rekabet

güçlerini artırmalarına olanak sağladığı belirtilmiştir. Otomasyonun potansiyel istihdam etkileri ile literatürde yapılmış birçok tahmin çalışması bulunmaktadır (bk. Tablo 12).

Tablo 12. Otomasyonun İstihdama Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Bulgular
Frey ve Osborne (2013,2017)	ABD için istihdamın %47'si otomasyon riski altındadır.
Arntz vd. (2016)	OECD ülkelerinde istihdamın %9'u otomasyon riski altındadır.
Chang ve Huynh (2016)	ASEAN ülkelerinde beş işten üçü büyük bir otomasyon riski altındadır.
PWC (2017)	2030 yılından önce otomasyona uğrama riski olan mesleklerin oranı ABD (%38), Almanya (%35), İngiltere (%30) ve Japonya (%21) olarak tahmin edilmiştir.
WEF (2017b)	Bahreyn ve Suudi Arabistan (%46), BAE (%47), Kuveyt (%41), Mısır (%49), Fas ve Türkiye (%50) ve Katar (%52) otomasyona duyarlı olduğu tahmin edilmektedir.
Carbonero (2018)	Robotlar küresel istihdamda %1,3'lük bir düşüşe yol açmaktadır.
Chiacchio (2018)	Bin işçi başına ilave bir robotun istihdam oranını 0.16 ile 0.20 puan arasında azalttığı görülmüştür.
Pouliakas (2018)	AB için işçilerin %14'ünün çok yüksek bir otomasyon riskiyle karşı karşıya olduğu tespit edilmiştir.
PWC (2018)	Slovakya (%44) ve Slovenya (%42) gibi bazı Doğu Avrupa ülkeleri nispeten yüksek otomasyon riski vardır. Bununla birlikte Finlandiya gibi İskandinav ülkeleri (%22) ve Güney Kore gibi Asya ülkeleri (%22) nispeten daha düşük potansiyel otomasyon riskine sahiptir.
Acemoğlu ve Restrepo (2020a)	Bin işçi başına ilave bir robot kullanımı istihdam/nüfus oranını yaklaşık 0,2 puan (ABD için yaklaşık 400bin iş) azaltmaktadır.

IFR (2017) raporuna göre istihdama yönelik en büyük tehdit, otomasyon değil rekabetçi kalamamaktır. Robotlar sayesinde üretkenliğin artması, yeni iş fırsatları yaratabilecektir ve bu durum talepte artışa yol açabilecektir. Otomasyon, genel olarak işgücü talebinde bir artışa ve ücretler üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Robotlar

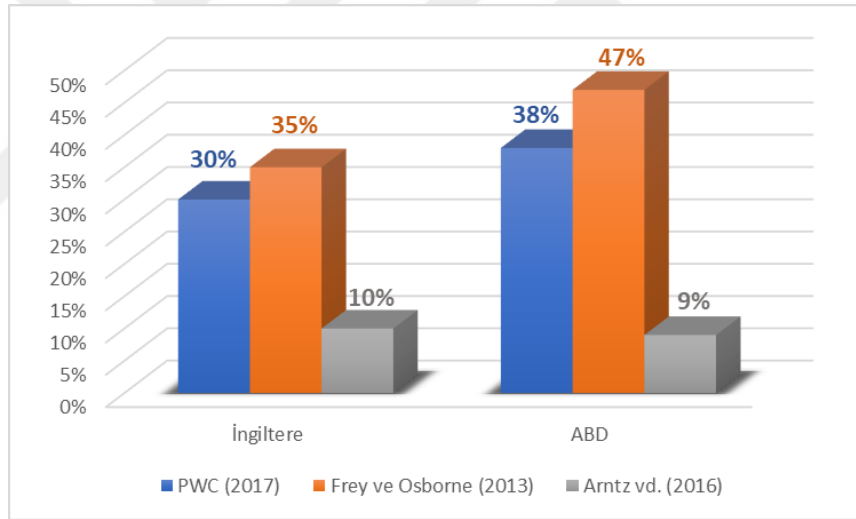
emek tamamlayıcı ve artırıcı konumdadır ve gelecekte insanların robotlarla iş birliği içerisinde çalıştığı bir iş ortamı beklenmektedir.

10.000 çalışan başına 346 birim ile Alman imalat endüstrisindeki robot yoğunluğu, dünya çapında dördüncü en yüksek düzeydedir (IFR, 2020). Aynı zamanda Almanya'da istihdam edilen kişi sayısı, birleşmeden bu yana en yüksek rakamlara ulaşmış durumdadır (IFR, 2018). Dolayısıyla endüstriyel robotların hızla yayılması, robot yoğunluğunun en fazla olduğu ülkelerden biri olan Almanya için istihdam rakamlarında bir boşluk yaratmamış, sektörde kaybedilen işlerin yerine yeni işler kazandırılmıştır. Almanya'da dijitalleşme nedeniyle kaybedilen her iş karşılığında 2,6 yeni iş ortaya çıkmıştır (DE, 2015).

Avrupa Ekonomik Araştırma Merkezi (ZEW) tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarına göre Almanya'da makine kullanımındaki artış, istihdamın %1 oranında artmasına izin vermiştir. Ankete katılan şirketlerden alınan ayrıntılara dayanarak ZEW, endüstride daha fazla otomasyon ve dijitalleşme ile 2021 yılına kadar bu etkinin artarak devam edeceğini ve istihdamda %1,8'lik bir artış yaratacağını tahmin etmektedir (IFR, 2018). Bununla birlikte Aydın (2020) 47 ülke üzerinden yaptığı analizde, bir birimlik robot artışının toplam istihdamda %0,7'lik bir düşüşe neden olduğu ve bu etkinin gelişmiş ülkelerde %3,1'lik oranla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Oxford Ekonomi Topluluğu tarafından yapılan ekonometrik modellemede yeni kurulan her robotun, ortalama olarak 1,6 imalat işçisinin yerini aldığı tespit edilmiştir (Oxford, 2019). Ayrıca 2030'a kadar, robotlaşma nedeniyle dünya çapında 20 milyon imalat işçisinin daha yerinden edilebileceği tahmin edilmektedir. İnsan işçilerden robotlara geçen işlerin daha çok tekrara dayalı işler olduğu ve yaratıcılık ve sosyal zekâ gerektiren işlerin dönüşüm anlamında daha az risk altında olduğu vurgulanmıştır. Frey ve Osborne (2013) tarafından yapılan hesaplamalara dayanarak, İsviçre için benzer bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizin sonuçlarına göre İsviçre'de mevcut işlerin %48'i otomasyona uğrayabilme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte son yirmi beş yılda kaybedilen işlerden daha fazla iş yaratıldığı ve ülkede istihdamın arttığı görülmüştür (Jensen ve Koch, 2015).

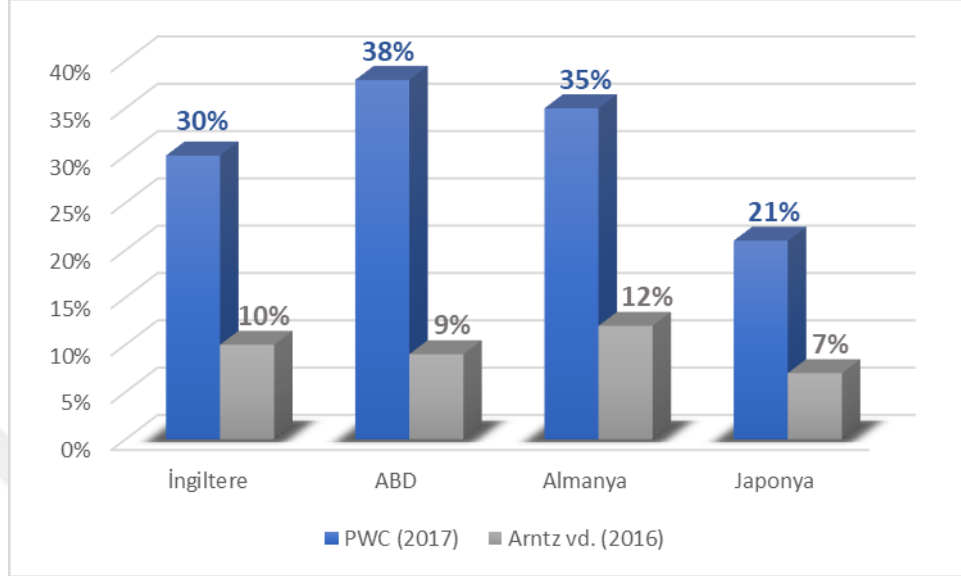
Bir araştırma kuruluşu olan PricewaterhouseCoopers'ın (PWC) İngiltere için hazırladığı ekonomik görünüm raporunda robotların istihdama etkisine dikkat çekilmektedir. Sonuçlar, İngiltere'de işlerin yaklaşık %30'unun, 2030'ların başında potansiyel olarak yüksek otomasyon riski altında olabileceğini göstermektedir (PWC, 2017). Ancak otomasyonun etkisi ile ilgili Frey ve Osborne (2013, 2017) tarafından yapılan ve bu konuda en çok atıf yapılan çalışmada İngiltere için otomasyon etkisi %35 bulunmuştur. Arntz vd., (2016) meslek temelli bir yaklaşımla aynı araştırmayı tekrar etmiştir. Bu defa İngiltere için otomasyon riski yalnızca %10 olarak bulunmuştur (bk. Grafik 17). Arntz vd., (2016), üç nedenle bu tahminlerin teknolojik değişimden kaynaklanan gerçek veya beklenen iş kayıplarıyla aynı olmaması gerektiğini öne sürmektedir: Birincisi, bu süreç birçok koşuldan etkilenen yavaş bir süreçtir; ikincisi, işverenler yeni işlere uyum sağlayabilir; üçüncüsü, teknolojik gelişmeler de yeni işler yaratabilir (Arntz vd., 2016:4).



Grafik 17. İngiltere ve ABD’de Yüksek Otomasyon Riski Altında Olan İşlerin Oranı

Robotların yükselişi, dünya çapında endüstriyel istihdam üzerinde şimdiden derin bir etki yaratmıştır. PWC’nin (2017) araştırmasında 2030 öncesinde otomasyona uğrama potansiyeli yüksek işlerin oranı, ABD için %38, Almanya için %35 ve Japonya için %21 olarak tahmin edilmektedir. Bu riskler, en yüksek nakliye ve depolama (%56), imalat (%46) ve toptan ve perakende (%44) gibi sektörlerde görülmüştür. Sağlık ve sosyal hizmet gibi sektörlerde (%17) ise risk daha düşük bulunmuştur. PWC (2018) tarafından yapılan çalışmada, otomasyon riski kısa dönemde finansal hizmet mesleklerinde nispi olarak daha yüksekken uzun dönemde ulaştırma sektöründeki

meslekler otomasyona karşı daha hassas görünmektedir. Aynı ülkeler için Arntz vd. (2016) tarafından meslek temelli bir yaklaşımla yapılan analizde ise otomasyon riskleri sırasıyla %9, %12 ve %7 bulunmuştur (bk. Grafik 18).

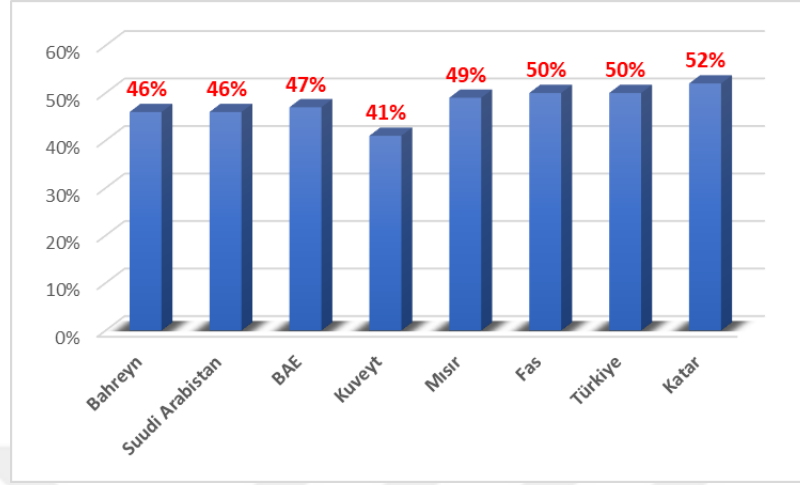


Grafik 18. Farklı Ülkelerde Yüksek Otomasyon Riski Altında Olan İşlerin Oranı

Hallward-Driemeier ve Nayyar (2018) tarafından yapılan başka bir araştırmaya göre, işlerin yüzde 20'sinden daha azı tamamen yok olma riski altındadır. Başka bir araştırmada Chang ve Hyunh (2016), Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN) ülkelerinde beş işten üçünün büyük bir otomasyon riski altında olduğunu tespit etmiştir. PWC (2018) tarafından yapılan otomasyon araştırmasına göre, Slovakya (%44) ve Slovenya (%42) gibi bazı Doğu Avrupa ülkeleri nispeten yüksek otomasyon riskine sahiptir. Bununla birlikte, Finlandiya gibi İskandinav ülkeleri (%22) ve Güney Kore gibi Asya ülkeleri (%22) nispeten daha düşük potansiyel otomasyon riskine sahiptir. Türkiye ise %33'lük bir otomasyon riskiyle 29 ülkenin bulunduğu listede orta sıralarda yer almaktadır.

Dünya Ekonomik Forumu tarafından geleceğin mesleklerine ilişkin yayınlanan raporda (WEF, 2017b), Bahreyn ve Suudi Arabistan (%46), BAE (%47), Kuveyt (%41), Mısır (%49), Fas ve Türkiye (%50) ve Katar (%52) ülkelerinin önemli bir otomasyon riski altında olduğu görülmüştür (bk. Grafik 19). Bu değişimle birlikte Körfez İşbirliği Konseyi ülkelerindeki temel becerilerin %21'inin ve Türkiye'deki

temel becerilerin ise %41'inin 2015'te ihtiyaç duyulan becerilere kıyasla daha farklı olacağı tahmin edilmektedir (WEF, 2020b).



Grafik 19. Türkiye ve Ortadoğu Ülkelerinde Otomasyon Riski Altında Olan İşler

Robot endüstrisine, yalnızca otomasyona geçiş ve insanların yaptığı işlerin elinden alınması olarak bakılması son derece yanlış olacaktır. Endüstriyel robotlar, otomasyon yoluyla üretimin verimliliğine sağladığı katkı ve diğer doğrudan ve dolaylı endüstriyel etkiler nedeniyle her yıl milyonlarca yeni iş alanları yaratmaktadır. Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR, 2013) tarafından yapılan çalışmada robot endüstrisinin, 2008-2011 yıllarını kapsayan üç yıllık dönemde dünya çapında 8 ila 10 milyon yeni iş yarattığı hesaplanmıştır (bk. Tablo 13).

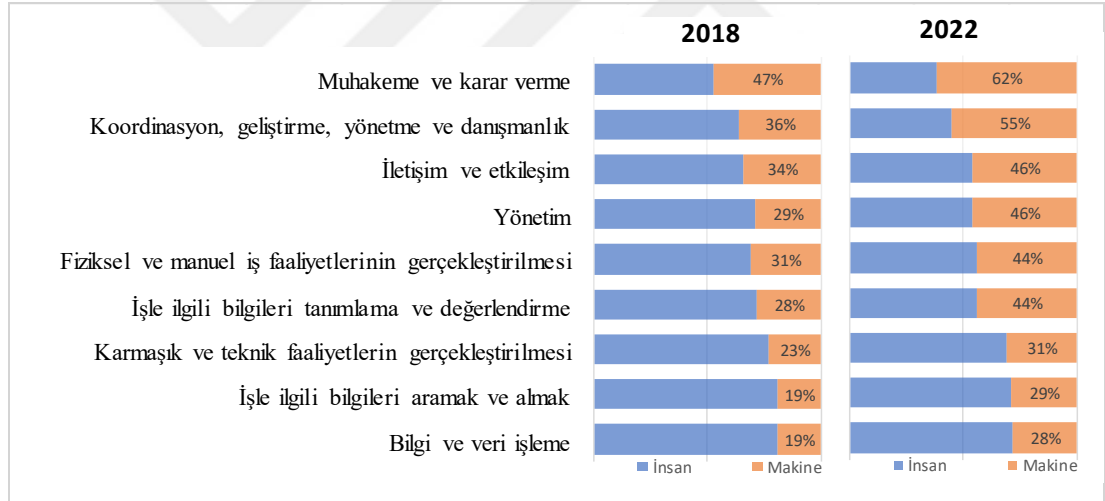
Tablo 13. 2008-2011 Arasında Robotların Kullanımı Sayesinde Yaratılan İşler

Uygulama Türü	İş Sayısı
Robotik endüstrisi ve operasyonlarında	300,000
Hassasiyet veya tutarlılığın [bazen maliyet dahilinde] robot gerektirdiği durumlarda	2-3 milyon
Kötü çalışma koşullarının robot kullanımıyla aşıldığı yerlerde	150.000-300.000
Robot kullanmayan bir sektörün dünya açısından rekabetçi olmayacağı yerlerde	2-3 milyon
Yeni ürünler ve hizmetler tarafından oluşturulan alt işlerde	3-5 milyon
Toplam	8-10 milyon

Kaynak: IFR (2013)

2.4.3. Mesleklerin Geleceği

Makineler gün geçtikçe insanlar tarafından yürütülmekte olan birçok görevi devralmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2018b) tarafından yayınlanan 2018 yılı *Geleceğin Meslekleri Raporu*'na göre, raporda yer alan 12 sektördeki toplam çalışma saatlerinin ortalama %71'i insanlar tarafından, %29'u makineler tarafından gerçekleştirilmektedir. 2022'ye kadar bu ortalamanın insanlar tarafından gerçekleştirilen görev saatleri için %58'e ve makineler için %42'ye kayması beklenmektedir. Makinelerle ilgili beklenen potansiyel görev değişimin görevlere göre dağılımı Grafik 20'de verilmiştir. 2022 sonrasında muhakeme ve karar verme ile koordinasyon, geliştirme, yönetime ve danışmanlık işlerinde makinelerin insanlardan daha yüksek oranda çalışacağı tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmaya göre toplam istihdam etkisi, yeni doğan sektörlerde %11 artışa karşılık, devredilen görevlerin bulunduğu sektörlerde %10 azalışa işaret etmektedir.



Grafik 20. İnsan ve Makine Çalışma Saatleri Oranları *2022 projeksiyon (WEF,2018b)

Makinelerle insanlar arasında yaşanması beklenen potansiyel görev değişimleri nedeniyle 2022 yılına kadar 75 milyonluk bir istihdam kaybına karşılık 133 milyon yeni istihdam yaratılacağı tahmin edilmektedir (WEF, 2017b). Bu değişim süreci, tüm çalışanların en az %54'ünü 2022'ye kadar yeni beceriler kazandırmaya zorlayacaktır. WEF (2017b) tarafından yapılan tahminlere göre çalışanların %35'i altı aya kadar, %9'u altı-on iki ay arasında, %10'u ise bir yıldan fazla, yeniden becerilere yönelik ek eğitim almak zorunda kalacaktır.

Gelecekte işçilerde aranacak bazı temel beceriler: Bilişim sistemleri bilgisi, veri ve bilgi işleme yetkinliği, istatistiki bilgi birikimi, organizasyonel durumları ve iş süreçlerini kavrama yeteneği, modern arayüzlerle (insan-robot arayüzü gibi) iletişim kurabilme becerisi olacaktır (Özdoğan, 2017:70). Jensen ve Koch (2015) ise gelecekte ihtiyaç duyulan becerileri yaratıcılık, sosyal etkileşim ve yüksek düzeyde müşteri hizmeti gerektiren yetenekler olarak sıralamıştır. Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2017b) tarafından hazırlanan ve 2022'ye kadar becerilerde yaşanması beklenen değişim trendi Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. 2018 ve 2022 İlk On Beceri Taleplerinin Karşılaştırılması

2018	2022 Artan Trend	2022 Azalan Trend
Analitik düşünce ve yenilik Karmaşık problem çözme Eleştirel düşünme ve analiz Aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri Yaratıcılık, özgünlük ve inisiyatif Detaylara dikkat, güvenilirlik Duygusal zekâ Akıl yürütme, problem çözme ve fikir oluşturma Liderlik ve sosyal etki Koordinasyon ve zaman yönetimi	Analitik düşünce ve yenilik Aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri Yaratıcılık, özgünlük ve inisiyatif Teknoloji tasarımı ve programlama Eleştirel düşünme ve analiz Karmaşık problem çözme Liderlik ve sosyal etki Duygusal zekâ Akıl yürütme, problem çözme ve fikir oluşturma Sistem analizi ve değerlendirmesi	El becerisi, dayanıklılık ve hassasiyet Hafıza, sözel, işitsel ve uzamsal yetenekler Finansal, maddi kaynakların yönetimi Teknoloji kurulumu ve bakımı Okuma, yazma, matematik ve aktif dinleme Personel yönetimi Kalite kontrol ve güvenlik bilinci Koordinasyon ve zaman yönetimi Görsel, işitsel ve konuşma yetenekleri Teknoloji kullanımı, izleme ve kontrol

Kaynak: WEF (2018b).

Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2020 yılında yayınlanan *Mesleklerin Geleceği Raporu* 'nda ise 2025 için en önemli 15 beceri şöyle sıralanmıştır (WEF, 2020b):

- *Analitik düşünce ve yenilik*
- *Aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri*
- *Karmaşık problem çözme*
- *Eleştirel düşünme ve analiz*
- *Yaratıcılık, özgünlük ve girişim*
- *Liderlik ve sosyal etki*
- *Teknoloji kullanımı, izleme ve kontrol*
- *Teknoloji tasarımı ve programlama*
- *Esneklik, stres toleransı ve esneklik*
- *Akıl yürütme, problem çözme ve fikir oluşturma*
- *Duygusal zekâ*
- *Sorun giderme ve kullanıcı deneyimi*
- *Servis oryantasyonu*
- *Sistem analizi ve değerlendirme*
- *İkna ve müzakere*

Avrupa Komisyonu Dijital Girişimcilik Forumu tarafından hazırlanan Avrupa Endüstri ve Girişimlerin Dijital Dönüşümü Raporu'nda (DE, 2015), dijital teknolojilerden faydalanan firmaların rakiplerine göre 10 kata kadar daha fazla verimlilik sağladığı tespit edilmiştir. Avrupa'da yaşanan dijital dönüşümün 400.000 ila 1,5 milyon yeni iş yaratma potansiyeli taşıdığı, GSYH'yi %6 arttırabileceği ve kamu harcamalarını %15 ile %20 oranında azaltabileceği düşünülmektedir (DE, 2015). Boston Danışmanlık Grubu tarafından yayınlanan başka bir çalışmada insanlar ve makineler arasındaki etkileşimin, üretim hızını %30, verimliliği ise %25 artırarak kitlesel üretimi yeni bir döneme taşıması beklenmektedir (BCG, 2015). Teknolojinin istihdamdaki rolüne meslekler bazında bakıldığında dijital dönüşümün etkisi hemen görülecektir (bk. Tablo 15).

Tablo 15. Sektörler Arasında Artan ve Azalan Talepte İlk 20 İşin Rolü

<i>Artan Talep</i>	<i>Azalan Talep</i>
<i>Veri Analistleri ve Bilim Adamları</i>	<i>Veri Giriş Görevlileri</i>
<i>Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uzmanları</i>	<i>İdari ve İcra Sekreterleri</i>
<i>Büyük Veri Uzmanları</i>	<i>Muhasebe, Defter Tutma ve Bordro Memurları</i>
<i>Dijital Pazarlama ve Strateji Uzmanları</i>	<i>Muhasebeciler ve Denetçiler</i>
<i>Proses Otomasyon Uzmanları</i>	<i>Montaj ve Fabrika İşçileri</i>
<i>İş Geliştirme Uzmanları</i>	<i>İşletme Hizmetleri ve İdare Yöneticileri</i>
<i>Dijital Dönüşüm Uzmanları</i>	<i>Müşteri Bilgileri ve Müşteri Hizmetleri Çalışanları</i>
<i>Bilgi Güvenliği Analistleri</i>	<i>Genel ve Operasyon Yöneticileri</i>
<i>Yazılım ve Uygulama Geliştiriciler</i>	<i>Mekanik ve Makine Tamircileri</i>
<i>Nesnelerin İnterneti Uzmanları</i>	<i>Malzeme Kaydı ve Stok Tutma Görevlileri</i>
<i>Proje yöneticileri</i>	<i>Finansal Analistler</i>
<i>İşletme Hizmetleri ve İdare Yöneticileri</i>	<i>Posta Hizmetleri Memurları</i>
<i>Veri tabanı ve Ağ Uzmanları</i>	<i>Satış Temsilcisi</i>
<i>Robotik Mühendisleri</i>	<i>İlişki Yöneticileri</i>
<i>Stratejik Danışmanlar</i>	<i>Banka Vezneleri ve İlgili Memurlar</i>
<i>Yönetim ve Organizasyon Analistleri</i>	<i>Kapıdan Kapıya Satış, Sokak Satıcıları</i>
<i>FinTech Mühendisleri</i>	<i>Elektronik ve Telekom Kurulum-Tamir</i>
<i>Mekanik ve Makine Tamircileri</i>	<i>İnsan Kaynakları Uzmanları</i>
<i>Organizasyonel Gelişim Uzmanları</i>	<i>Eğitim ve Geliştirme Uzmanları</i>
<i>Risk Yönetimi Uzmanları</i>	<i>İnşaat İşçiliği</i>

Kaynak: WEF (2020b).

Araştırmalar genel olarak mesleklerin geleceğinde yedi önemli profesyonel kümelenmeyi tanımlamaktadır: veri ve yapay zekâ, bakım ekonomisi, yeşil ekonomi, mühendislik ve bulut bilişim, insanlar ve kültür, ürün geliştirme, satış, pazarlama ve içerik. Bu kümelenmenin önümüzdeki üç yıl içinde 6,1 milyon yeni iş fırsatı sağlaması beklenmektedir (WEF, 2020c).

Otomasyon, büyüme için yararlı bulunurken eşitsizlik için ise kötü bir etmendir (Berg vd., 2018). Son teknolojik gelişmelerde dikkat edilmesi gereken önemli bir

ayrıntı, yapay zekâ ve diğer yeni teknolojilerin, emeğin verimli bir şekilde istihdam edilebileceği yeni görevler yaratmaya *odaklanmamış* olmasıdır. Bu farklılık, işgücü talebinin durgunlaşması, milli gelirdeki işgücü payının düşmesi, eşitsizliğin artması ve verimlilik artışının azalması ile sonuçlanmaktadır. Mevcut eğilim, yapay zekâyı daha fazla otomasyon yönünde geliştirmeye odaklanmaktadır. Bu durum, daha iyi ekonomik ve sosyal sonuçları olabilecek bir yapay zekâ potansiyelinin değerlendirilememesi anlamına gelmektedir (Acemoğlu ve Restrepo, 2019a).

Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2018b) tarafından yapılan araştırmada, 2018-2022 döneminde rutin tabanlı, orta vasıflı beyaz yakalı işlerin giderek daha fazla gereksiz hale gelmesi beklenmektedir (bk. Tablo 16). Örneğin, veri giriş görevlileri, muhasebe ve bordro görevlileri, sekreterler, denetçiler, banka vezne ve kasa çalışanları bu mesleklerden bazılarıdır. Yeni teknolojiler ve otomasyon sürecinde yaşanan gelişmelerin bir takım yeni mesleklerin de önünü açması beklenmektedir. Örneğin, veri analistleri, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları, büyük veri uzmanları bu mesleklerin başında yer almaktadır.

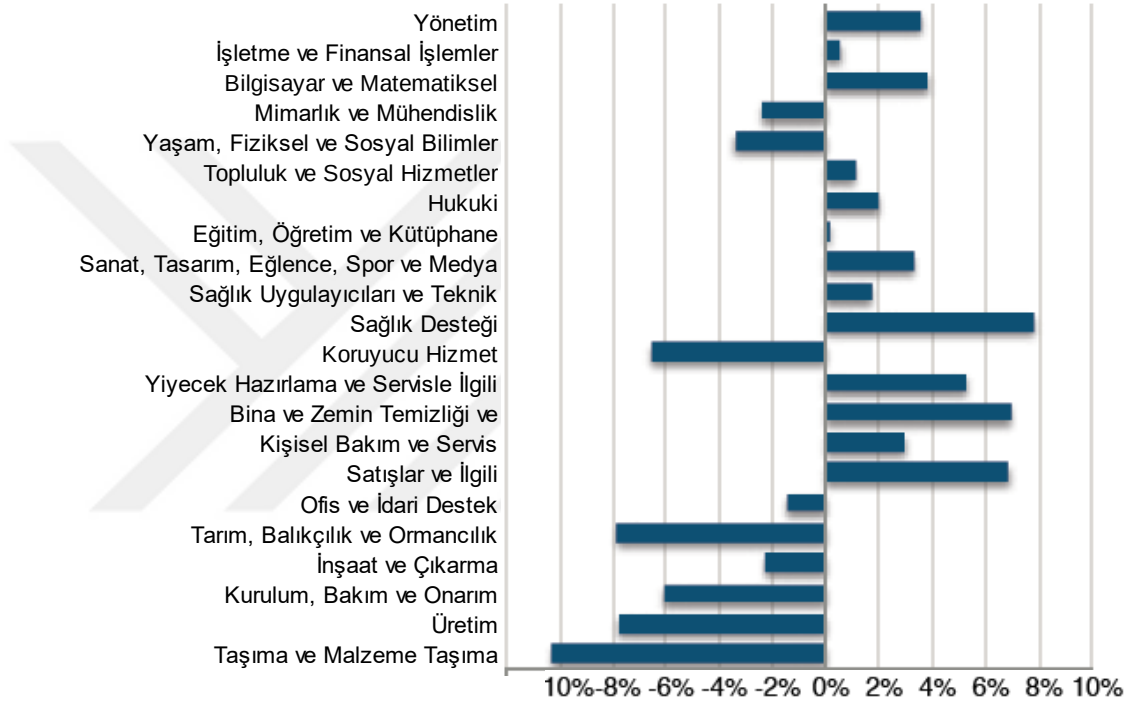
Tablo 16. Bazı Mesleklerde 2022'ye Kadar Beklenen Değişim

Sabit Roller	Yeni Roller	İhtiyaç Fazlası Roller
Genel Müdürler ve Üst Düzey Yöneticiler Genel ve Operasyon Yöneticileri * Yazılım ve Uygulama Geliştiriciler ve Analistler * Veri Analistleri ve Bilim Adamları * Satış ve Pazarlama Uzmanları * Satış Temsilcileri, Toptan ve İmalat, Teknik ve Bilimsel Ürünler İnsan Kaynakları Uzmanları Finans ve Yatırım Danışmanları Veri tabanlı ve Ağ Uzmanları Tedarik Zinciri ve Lojistik Uzmanları Risk Yönetimi Uzmanları Bilgi Güvenliği Analistleri * Yönetim ve Organizasyon Analistleri Elektroteknoloji Mühendisleri Organizasyonel Gelişim Uzmanları * Kimyasal İşleme Tesisi Operatörleri Yüksek Öğrenim Öğretim Elemanları Uyum Görevlileri Enerji ve Petrol Mühendisleri Robotik Uzmanları ve Mühendisleri Petrol ve Doğal Gaz Arıtma Tesisi İşletmecileri	Veri Analistleri ve Bilim Adamları * Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uzmanları Genel ve Operasyon Yöneticileri * Büyük Veri Uzmanları Dijital Dönüşüm Uzmanları Satış ve Pazarlama Uzmanları * Yeni Teknoloji Uzmanları Organizasyonel Gelişim Uzmanları * Yazılım ve Uygulama Geliştiriciler ve Analistler * Bilgi Teknolojisi Hizmetleri Proses Otomasyon Uzmanları İnovasyon Uzmanları Bilgi Güvenliği Analistleri * E-ticaret ve Sosyal Medya Uzmanları Kullanıcı Deneyimi ve İnsan-Makine Etkileşim Tasarımcıları Eğitim ve Geliştirme Uzmanları Robotik Uzmanları ve Mühendisleri İnsan ve Kültür Uzmanları Müşteri Bilgileri ve Müşteri Hizmetleri Çalışanları * Servis ve Çözüm Tasarımcıları Dijital Pazarlama ve Strateji Uzmanları	Veri Giriş Görevlileri Muhasebe, Defter Tutma ve Bordro Memurları İdari ve İcra Sekreterleri Montaj ve Fabrika İşçileri Müşteri Hizmetleri Çalışanları * İşletme Hizmetleri ve İdare Yöneticileri Muhasebeciler ve Denetçiler Malzeme Kaydı ve Stok Tutma Görevlileri Genel ve Operasyon Yöneticileri * Posta Hizmetleri Memurları Finansal Analistler Kasiyer ve Bilet Görevlileri Mekanik ve Makine Tamircileri Pazarlamacılar Elektronik ve Telekomünikasyon Kurulum ve Tamircileri Banka Vezneleri ve İlgili Memurlar Otomobil, Van ve Motosiklet Sürücüler Satış Temsilcileri ve Komisyoncuları Kapıdan Kapağa Satış Çalışanları, Haber ve Sokak Satıcıları ve İlgili Çalışanlar İstatistik, Finans ve Sigorta Memurları Avukatlar
* ile işaretlenmiş roller birden çok sütunda görünmektedir. Bu, bir sektörde istikrarlı veya azalan talep gördüklerini, ancak başka bir sektörde talep gördüklerini yansıtmaktadır.		

Kaynak: WEF (2018b).

Oxford ekonomistleri ve Cisco firması tarafından yapılan ortak çalışmada Oxford&Cisco (2017), otomasyonun yer değiştirme etkisinin 2027 yılına kadar

çalışanların %8,4'ünü (yaklaşık 11 milyon çalışan) etkileyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan araştırmada, bilgi işlem ve matematik altyapısı olan işçiler için talepte %4, sağlık hizmetleri destek işlerinde %8, inşaat ve bakım işlerinde ve satışlarda %7'lik bir artış tahmin edilmektedir. Ulaştırma ile ilgili mesleklerin istihdamında ise %10'dan fazla ve üretim işlerinde ise %8 azalma beklenmektedir. 2027 yılına kadar bazı meslek gruplarında beklenen talep artış ve azalışları Grafik 21'de gösterilmektedir.



Grafik 21. 2027'ye Kadar Beklenen Talep Değişiklikleri (Oxford&Cisco, 2017)

Oxford Martin okulundan iki araştırmacı olan Frey ve Osborne (2013) tarafından yapılan ve ABD'deki işlerin neredeyse yarısının otomasyon riski altında olduğunu gösteren çalışma büyük bir ilgi uyandırmıştır. Bu çalışmanın ardından farklı ülkelerin otomasyon risklerini ölçmeye yönelik birçok araştırma daha yapılmıştır (Arntz vd., 2016; Chang ve Hyunh, 2016; Hallward-Driemeier ve Nayyar, 2018; Jensen ve Koch, 2015; PWC, 2017; WEF, 2017b). Frey ve Osborne'nun çalışmasında 702 farklı meslek otomasyona karşı en az duyarlı olandan en çok duyarlı olan doğru sıralanmıştır. Bu şekilde otomasyonun meslekler bazında etkisine yönelik bir sayısallaştırma literatüre kazandırılmıştır. Bu sayısallaştırma sayesinde işgücü

piyasalarında yaşandığı iddia edilen işgücü kutuplaşması da net bir şekilde ortaya konulmuştur. İstihdamın yüksek gelirli ve bilişsel-yaratıcı nitelikteki işlerde ve düşük gelirli ve manuel işlerde artacağı, orta gelirli ve rutin- tekrarlanan işlerde ise azalacağı tahmin edilmiştir. Meslekler bazında otomasyonun etkileri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Otomasyona En Çok ve En Az Yatkın 10 Meslek Grubu

<i>En Çok Yatkın Olanlar</i>	<i>En Az Yatkın Olanlar</i>
<i>Tele pazarlamacılar</i>	<i>Akıl Sağlığı ve Madde Bağımlılığı Sosyal İşçileri</i>
<i>Vergi Danışmanları</i>	<i>Koreograflar</i>
<i>Sigorta Eksperleri</i>	<i>Doktor ve Cerrahlar</i>
<i>Hakemler ve Diğer Spor Görevlileri</i>	<i>Psikologlar</i>
<i>Mahkeme Katipleri</i>	<i>İnsan Kaynakları Yöneticileri</i>
<i>Restoran ve Kafe Garsonları</i>	<i>Bilgisayar Sistem Analistleri</i>
<i>Emlak Komisyoncuları</i>	<i>Antropologlar ve Arkeologlar</i>
<i>Tarım İşçileri Aracıları</i>	<i>Deniz Mühendisleri ve Bahriye Mimarları</i>
<i>Sekreterler ve İdari Asistanlar</i>	<i>Satış Yöneticileri</i>
<i>Kuryeler</i>	<i>Genel Müdürler</i>

Kaynak: Frey ve Osborne (2013).

Artan dijitalleşme ve otomasyon işlerin niceliği ile birlikte niteliğinde de önemli değişimlere neden olmuştur. Yeni teknolojilerle ortaya çıkan yeni meslekler, beceri gereksinimlerini ve geleneksel iş modellerini değiştirerek işlerin doğasını ve koşullarını da dönüştürmüştür (ILO, 2016). Rifkin (1995) “*Dünya tarihinde küresel nüfusa yönelik mal ve hizmetlerin üretilmesi için gittikçe daha az işçiye ihtiyaç duyulacak yeni bir döneme giriyoruz.*” diyerek günümüz otomasyon dünyasını yıllar öncesinden doğru tahmin etmiştir. 21. yy. teknolojik değişiminin ise daha önceki teknolojik devrimlerden çok daha hızlı ve istilacı olacağı tahmin edilmektedir. Çağımız genel maksat teknolojisi olan bilgisayarların, buharlı, elektrikli ve içten yanmalı motorlardan daha büyük bir etki yaratması beklenmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2011). 1990’larda üretimin düşük ücretli ülkelere kayması nedeniyle ABD tekstil sektöründe çalışan işçilerin dörtte üçü işinden olmuştur. 2009-2012 yılları arasında ise tekstil ihracatı %37 artmıştır. Bu durum otomasyon teknolojilerinin sağladığı ve ücretlerin en düşük olduğu ülkelerle bile rekabet edebilme gücünü göstermektedir (Ford, 2018:27).

Otomasyon, doğası gereği neden olduğu yer değiştirme etkisiyle üretimin görev içeriğini emek aleyhine değiştirmektedir. Dolayısıyla otomasyon her zaman katma değerdeki işgücü payını azaltmakta ve üretkenliği artırsa bile işgücü talebini azaltabilmektedir (Acemoğlu ve Restrepo, 2019b). Otomasyonun yer değiştirme

etkisinin dengelenmesi ise emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni görevlerin yaratılmasıyla mümkün olabilecektir. Yeni görevler, eski haline getirme etkisi nedeniyle üretimin görev içeriğini emek lehine değiştirecek ve her zaman emek payını ve emek talebini artıracaktır (Acemoğlu ve Restrepo, 2019b). Kısa vadede otomasyonun yanı sıra yeni görevler de eşitsizliğe neden olacaktır. Ancak yeni görevlerin yarattığı etki uzun vadede farklı olabilecektir çünkü yeni görevler daha sonra standartlaştırılacak ve düşük vasıflı emek tarafından kullanılacaktır. (Acemoğlu ve Restrepo, 2018c:1526). Acemoğlu ve Restrepo (2019b) göreve dayalı bir model oluşturarak yaptığı çalışmada ne insanlar için tüm işlerin tükeneyeceği ne de teknolojinin her zaman emek için avantajlı olacağı varsayımının doğru olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Teknolojik değişimin yüksek vasıflı, rutin olmayan veya düşük rutin mesleklerden yana olduğu, düşük vasıflı ve rutin mesleklerde istihdamı azalttığı yönünde bir eğilim görülmüştür (Dachs, 2018). Ortaya yeni çıkan teknolojiler, meslekler ve beceriler arasında karmaşık geri bildirim döngüleri vardır (WEF, 2018). Çağımızın becerileri yarının meslekleriyle eşleşmeyecek ve çalışanlar dinamik bir beceri edinme sürecine ayak uydurmaya mecbur kalacaktır. Daha eğitilmiş ve vasıflı işçiler, yeni teknolojilere daha iyi uyum sağlayabilecek ve daha yüksek reel ücretlerden yararlanabilecektir. Bununla birlikte daha az eğitilmiş çalışanlar, otomasyon maliyetlerinin daha fazlasını karşılayacak ve mevcut gelir ve servet eşitsizlikleri bu grup aleyhine artmaya devam edecektir (PWC, 2018).

Teknolojik değişimler, iş yaratan ve yok eden ve mevcut işlerin özellikle organize şeklini dönüştüren dinamik süreçlerdir (ILO, 2016). Yeni teknolojilerinin istihdam üzerindeki nihai potansiyel etkileri konusunda literatürde ortak bir görüş bulunmamaktadır. Tahminler, kullanılan yöntem ve varsayımlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yeni teknolojilerin kısa vadede istihdam üzerinde olumsuz etki yapma potansiyeli genel kabul görmesine rağmen uzun vadeli etkileri konusunda tartışmalar ve tahminlere yönelik çeşitli modelleme çalışmaları devam etmektedir. Ancak şu etki kesindir ki yeni teknolojiler çalışmanın doğasını bütün sektörlerde ve bütün mesleklerde değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu konudaki en önemli belirsizlik, otomasyonun emeği ikame gücü ve bu ikamenin ne kadar zaman alıp ne kadar ileriye gidebileceğidir (Schwab, 2016:44).

3. BÖLÜM

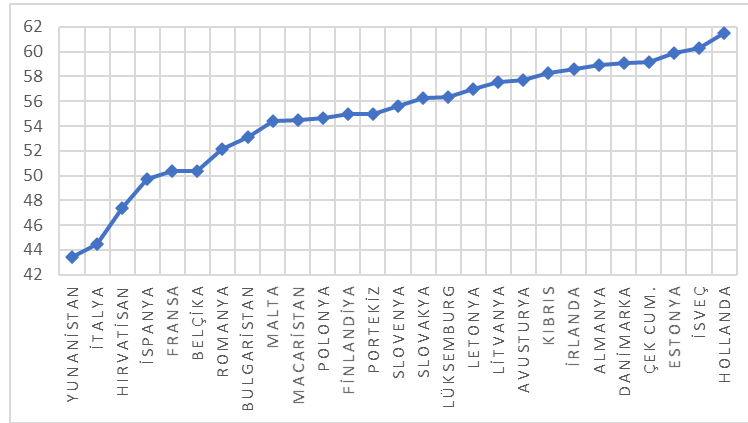
AVRUPA BİRLİĞİ VE TÜRKİYE BİLİM, TEKNOLOJİ, YENİLİK VE İSTİHDAM GÖRÜNÜMÜ

3.1. İSTİHDAM GENEL GÖRÜNÜMÜ

Bu bölümde Türkiye ve Avrupa Birliğinin istihdam genel görünümü, istihdamın sektörel dağılımı ve işsizlik oranları verileri ile yansıtılmaktadır.

3.1.1. Avrupa Birliği İstihdam Genel Görünümü

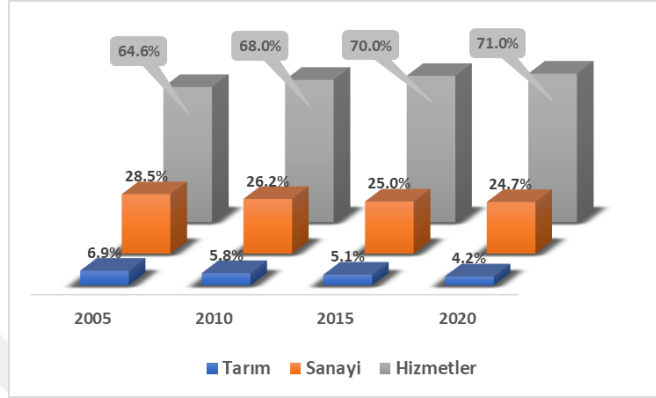
Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde işgücüne katılım oranı ağırlıklı ortalaması yaklaşık %53'dür. İstihdama katılım, Estonya, İsveç ve Hollanda'da %60'lara yükselirken Yunanistan, İtalya ve Hırvatistan'da %50 altına düşmektedir (bk. Grafik 22). AB ülkelerinde kısmi zamanlı çalışanların oranı 2020 yılı itibariyle yaklaşık %35, sabit ücretli ve maaşlı çalışanların oranı ise yaklaşık %84'dür (World Bank, 2020). Danimarka, Lüksemburg ve Estonya'da maaşlı çalışanların oranı %90 üzerindedir. Yunanistan ve Romanya'da ise maaşlı çalışanların oranı %70'in altındadır (World Bank, 2020).



Grafik 22. AB Ülkelerinde İşgücüne Katılım Oranları (World Bank, 2020)

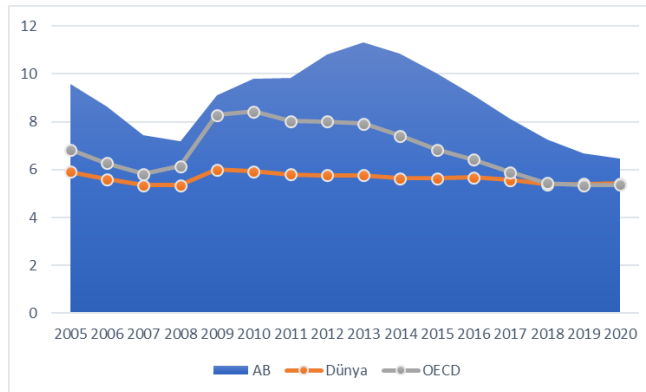
İstihdamın sektörlere dağılımında özellikle son yirmi yılda görülen dünya genelindeki kayma AB ülkelerinde de belirgin bir şekilde görülmektedir. Tarım sektöründeki istihdamın giderek azalması ve hizmetler sektöründeki istihdamın

giderek artması olarak karşımıza çıkan bu sektörel kayma 2000'ler sonrasında daha çok belirginleşmiştir (bk. Grafik 23). AB ülkelerinde 2005'te %65 civarında olan hizmetler sektörünün toplam istihdam içindeki payı 2020'de %71'e ulaşmıştır. Bu eğilimin tam aksine tarım sektörünün toplam istihdam içindeki payı aynı dönemi içerisinde %7 civarından %4'lere kadar düşmüştür.



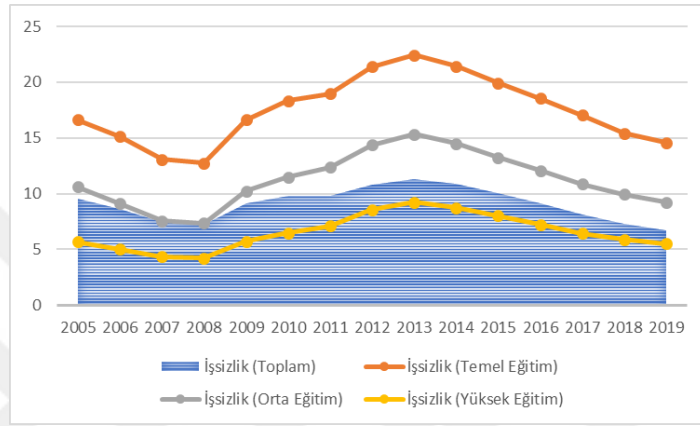
Grafik 23. Avrupa Birliğinde İstihdamın Sektörel Dağılımı (World Bank, 2020)

Dünya Bankası verilerine göre (2020), 2020 yılı işsizlik oranı dünya genelinde %5,42, OECD ülkelerinde %5,36 ve Avrupa Birliği ülkelerinde %6.44'tür. Son on beş yıldaki işsizlik oranlarında baktığımızda da AB ülkeleri işsizlik oranının her zaman OECD ve dünya ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir (bk. Grafik 24). 2008 yılında dünya genelinde yaşanan ekonomik kriz sonrasında OECD ülkelerindeki işsizlik uzun bir süre dünya ortalamasının üzerinde seyretmiştir. Ancak bu makas 2014 yılı sonrasında kapanmaya başlamış ve 2018 yılı sonrasında OECD ülkelerindeki işsizlik rakamlarının dünya ortalaması ile paralel hareket etmeye başladığı görülmektedir.



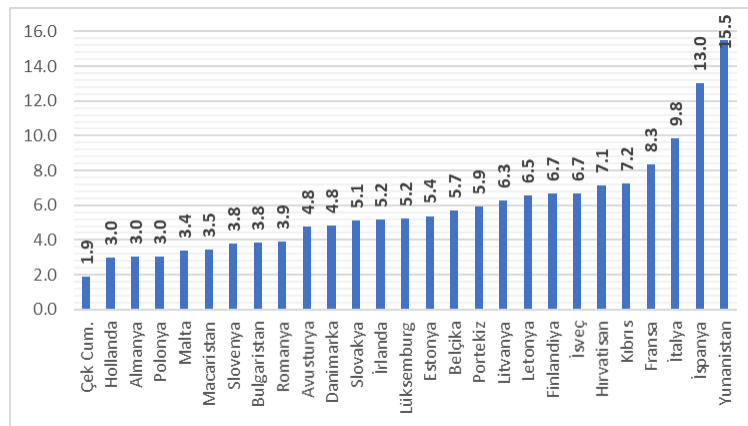
Grafik 24. İşsizlik Oranlarının Karşılaştırması (World Bank, 2020)

Avrupa Birliği genel işsizlik oranı 2005 yılında %9,56 olmasına rağmen bu oran 2020’de %6,45’e kadar düşmüştür. AB’de yaşanan işsizliğin eğitim seviyelerine göre dağılımına bakıldığında, işsizlik oranlarının eğitim seviyeleri ile ters orantılı olduğu görülmektedir (Grafik 25). 2019 yılında yüksek eğitilmişlerin yalnızca %5,5’i işsiz kalırken bu oran, orta eğitilmişler için %9,21 ve temel eğitilmişler için %14,55 olmuştur. İşsizliğin eğitim seviyelerine göre dağılımının son on beş yılda aynı trend içerisinde devam ettiği görülmektedir.



Grafik 25. Avrupa Birliğinde İşsizlik Oranları (World Bank, 2020)

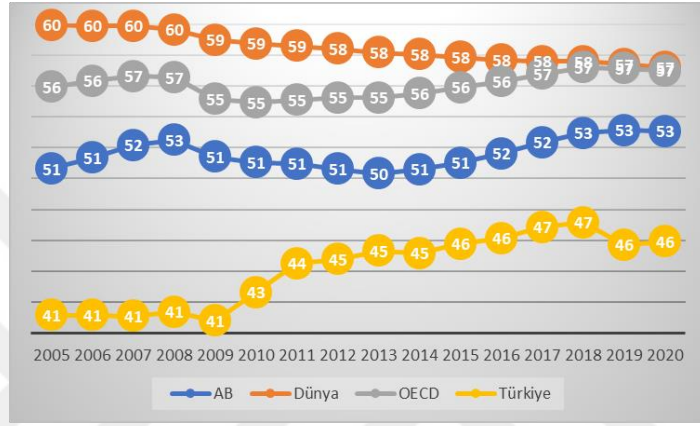
Avrupa Birliği ülkeleri içerisinde işsizliğin en düşük görüldüğü ülkeler Çek Cumhuriyeti, Hollanda, Almanya ve Polonya; işsizliğin en fazla görüldüğü ülkeler Yunanistan, İspanya ve İtalya’dır. Çek Cumhuriyeti’nde işsizlik oranı yalnızca %1,9’dur. Bununla birlikte önemli ekonomik sıkıntılarla karşı karşıya kalan Yunanistan’da işsizlik yaklaşık %15’e kadar çıkmaktadır.



Grafik 26. AB Ülkelerinde 2020 Yılı İşsizlik Oranları (World Bank, 2020)

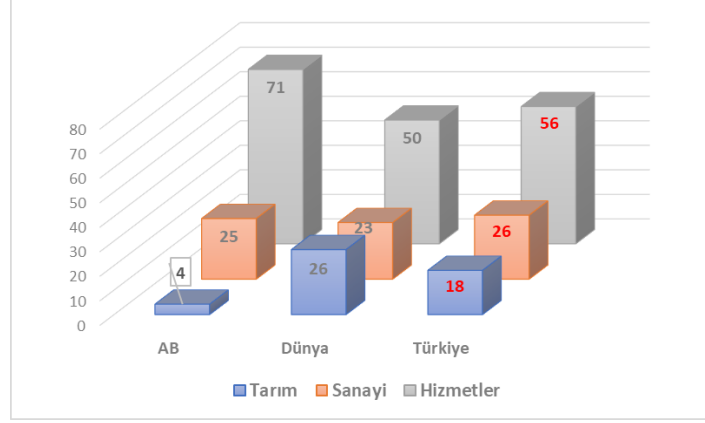
3.1.2. Türkiye İstihdam Genel Görünümü

Türkiye için işgücüne katılım oranlarının AB ülkeleri ağırlıklı ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte 2009 sonrasında işgücüne katılım oranlarının artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Son iki yılda Türkiye’de işgücüne katılım oranı yaklaşık %46 olarak belirlenmiştir (bk. Grafik 27). 2020 yılı için dünya genelinde ve OECD üyesi ülkelerde işgücüne katılım oranı ağırlıklı ortalaması %57, AB üyesi ülkelerde %53 olarak tespit edilmiştir (World Bank, 2020).



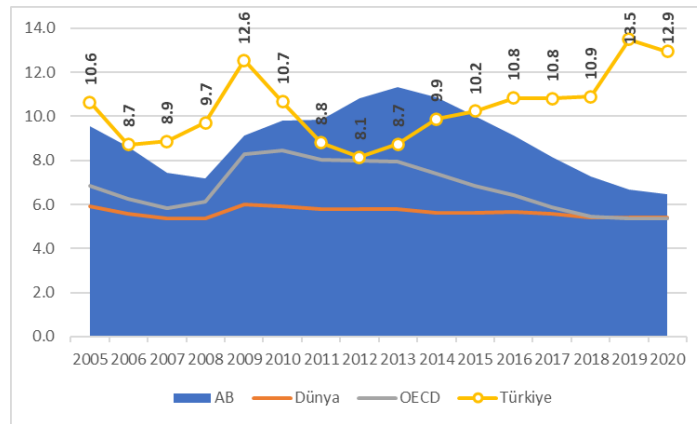
Grafik 27. İşgücüne Katılım Oranlarının Karşılaştırılması (World Bank, 2020)

Türkiye için istihdamın sektörel dağılımına bakıldığında, dünya ortalamasına benzer bir dağılım görülmektedir. Dünya Bankası verilerine göre (2020), 2012 itibariyle istihdamdaki payı %50’yi geçen hizmetler sektörünün, 2020 yılı itibariyle toplam istihdamdaki payı %56 olmuştur. Türkiye’de tarım sektörünün istihdam içindeki payı son on beş yılda %25’ten %18’lere düşmesine rağmen tarım istihdamının AB ortalamasının çok üzerinde olduğu görülmektedir (bk. Grafik 28). İstihdamda hizmetler sektörünün payı 2000 sonrasında önemli derecede artmış olmasına rağmen 2020 itibariyle %56’lık bir oran AB ağırlıklı ortalaması olan %71’in çok altında kalmaktadır. Türkiye’de kısmi zamanlı çalışanların oranı 2020 yılı itibariyle yaklaşık %23, sabit ücretli ve maaşlı çalışanların oranı ise yaklaşık %69’dur (World Bank, 2020).



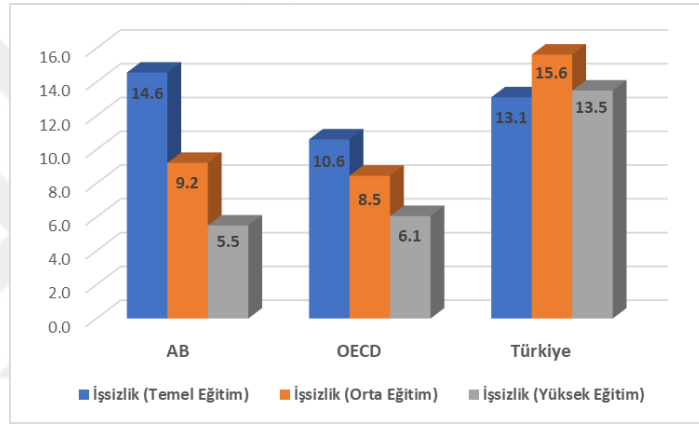
Grafik 28. İstihdamın Sektörel Dağılımı (World Bank, 2020)

Türkiye’de 2014-2018 yılları arasında işsizlik oranı %10-11 aralığında seyretmiştir. Ancak son iki yılda işsizlik oranları %13,5 ve %12,9 olarak tespit edilmiştir (World Bank, 2020). İşsizlik oranlarında 2010 sonrasında yaşanan düşüşle birlikte, 2011-2015 döneminde Türkiye’nin işsizlik oranları AB ortalamasında altında seyretmeyi başarmıştır. Ancak 2015 sonrasında işsizlikte yaşanan yükselme eğilimi ile birlikte Türkiye’de işsizlik oranı hem AB hem OECD hem de dünya ortalamasının üzerine çıkmıştır ve bu makasın giderek açıldığı görülmektedir (bk. Grafik 29). 2020 yılında yaşanan yüksek işsizlik oranı akıllara Covid-19 kaynaklı ekonomik durgunluk sürecini getirmektedir. Ancak Dünya Bankası verilerine göre 2020 yılında, AB’de ortalama işsizlik 2019’a göre azalmıştır, dünya ve OECD ülkelerinde ise 2019’la aynı kalmıştır. Türkiye için de bir önceki yıla göre işsizlik %13,5’ten %12,9’a düşmüştür. Yine de bu oran hem dünya ortalamasının hem de Türkiye’nin son on yılda yaşadığı işsizlik oranlarının çok üzerindedir.



Grafik 29. İşsizlik Oranlarının Karşılaştırılması (World Bank, 2020)

Avrupa Birliği ve OECD ülkelerinde eğitim seviyesi arttıkça o eğitim düzeyi için işsizlik oranları azalmaktadır. Örneğin 2019 yılında AB ülkeleri için işsizlik oranı temel eğitim seviyesinde %14,6, orta eğitim seviyesinde %9,2 ve yüksek eğitim seviyesinde %5,5'tir (bk. Grafik 30). Benzer şekilde OECD ülkelerinde de yüksek eğitimlilerde işsizlik oranı daha düşüktür. Türkiye için ise durum çok farklıdır. İşsizliğin yüksek eğitim seviyelerinde dahi çok farklı olmadığı hatta düşük eğitimli ve yüksek eğitimlilerde işsizlik oranının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Oysa AB ülkelerinde düşük eğitimlilerde işsizlik yüksek eğitimlilere göre üç kat daha fazladır. Türkiye'de ise yüksek eğitimlilerle temel eğitimlilerin işsiz kalma oranları birbirine çok yakındır.



Grafik 30. Eğitim Seviyelerine Göre İşsizlik (World Bank, 2020)

3.2. BİLİM, TEKNOLOJİ VE YENİLİK GÖSTERGELERİ

Bu bölümde Türkiye ve Avrupa Birliğinin bilim, teknoloji ve yenilik göstergeleri yansıtılmaktadır.

3.2.1. Avrupa Birliği Bilim, Teknoloji ve Yenilik Göstergeleri

Küresel yenilik endeksi sıralamasında AB ülkelerinden: Yüksek gelirli ekonomiler sınıfında İsveç (2), Hollanda (5), Danimarka (6), Finlandiya (7), Almanya (9); orta gelirli ekonomiler sınıfında Bulgaristan (37), Romanya (46) kendi ekonomileri içerisinde ilk ona girmeyi başarmıştır (WIPO, 2020). 2020 yılı için medyan değeri yaklaşık 30 olan ve 131 ülkenin yer aldığı küresel yenilik endeksi puan sıralamasında AB ülkelerinin yeri aşağıda Tablo 18'de verilmiştir.

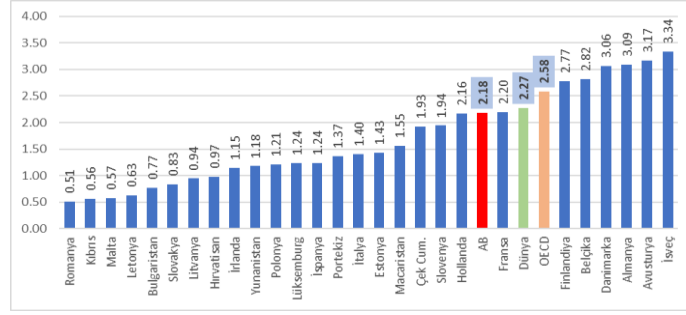
Bilim, teknoloji ve yenilik alanında yapılan endekslemelerde ve karşılaştırmalarda literatürde kullanılan birçok gösterge mevcuttur. Teknoloji ve yenilik girdisi olarak Ar-Ge ve çıktı olarak patent sayıları bu göstergelerden en sık kullanılanlarıdır. Bununla birlikte teknoloji ihracatı, bilimsel yayın ve atıf sayıları, Ar-Ge çalışan sayısı, BİT teknolojileri erişim ve kullanım istatistikleri gibi birçok gösterge bilim, teknoloji ve yenilik göstergesi olarak kullanılmaktadır.

Tablo 18. 2020 Küresel Yenilik Endeksi Sıralaması

Sıra	Puan (0-100)	Ülke	Sıra	Puan (0-100)	Ülke
2	62,47	İsveç	29	45,67	Kıbrıs
5	58,76	Hollanda	30	45,60	İspanya
6	57,53	Danimarka	31	43,51	Portekiz
7	57,02	Finlandiya	32	42,94	Slovenya
9	56,55	Almanya	35	41,53	Macaristan
12	53,66	Fransa	36	41,11	Letonya
15	53,05	İrlanda	37	39,98	Bulgaristan
18	50,84	Lüksemburg	38	39,95	Polonya
19	50,13	Avusturya	39	39,70	Slovakya
22	49,13	Belçika	40	39,18	Litvanya
24	48,34	Çek Cum.	41	37,27	Hırvatistan
25	48,28	Estonya	43	36,79	Yunanistan
27	46,39	Malta	46	35,95	Romanya
28	45,74	İtalya			

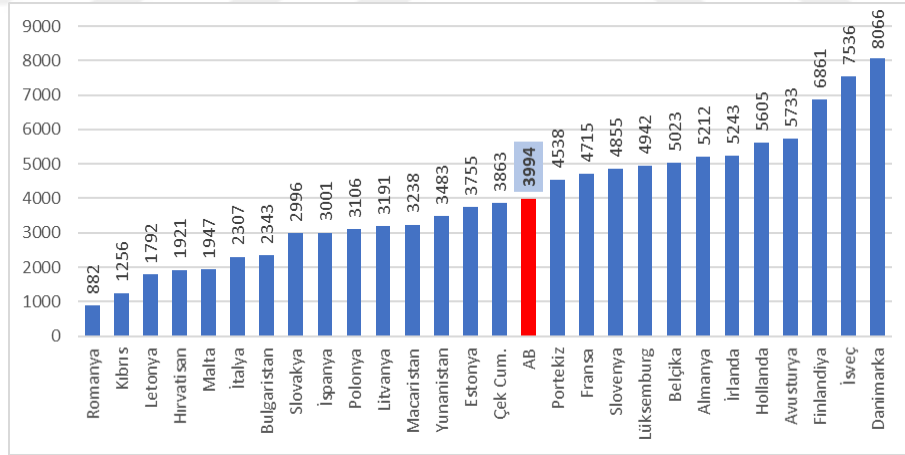
Kaynak: WIPO (2020)

Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı, ülkelerin Ar-Ge yatırımlarına verdiği önemin ve yatırımın en önemli göstergesidir. Ar-Ge payı en yüksek İsrail ve Güney Kore’de olup bu ülkelerdeki Ar-Ge payı %5’e çok yakındır. Bu iki ülke ile birlikte Ar-Ge payı %3 üzerinde olan toplam sekiz ülke bulunmaktadır. Diğer altı ülke: İsviçre (%3,37), İsveç (%3,34), Japonya (%3,26), Avusturya (%3,17), Almanya (%3,09) ve Danimarka’dır (%3,06) (World Bank, 2020). Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının AB ülkeleri için ağırlıklı ortalaması %2,18’dir. Dünya genelinde Ar-Ge payının %3’ten yüksek olduğu sekiz ülkeden dört tanesi AB üyesi ülkelerdir. AB üyesi ülkelerden sekizinin Ar-Ge payı %2’den yüksektir. Yirmi yedi AB ülkesinden on bir tanesinin Ar-Ge payı ise %1 ila %2 arasındadır. Ar-Ge payı %1’den düşük olan AB üyesi ülkelerin sayısı ise sekizdir (bk. Grafik 31).



Grafik 31. AB Ar-Ge Harcamalarının GSYH İçindeki Payı (World Bank, 2020)

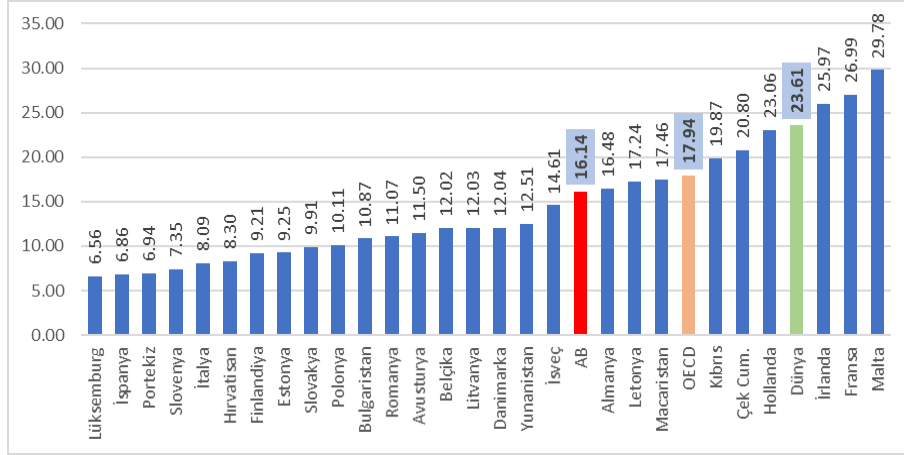
Yenilik ve teknolojiye yapılan Ar-Ge yatırımının bir diğer göstergesi de beşerî bir yatırım olan araştırmacı sayılarıdır. Karşılaştırmayı daha anlamlı hale getirmek için literatürde genellikle milyon kişi başına düşen araştırmacı sayısına bakılmaktadır. AB üyesi ülkelerden araştırmacı sayısının en yoğun ülkeler Danimarka, İsveç ve Finlandiya olarak görülmektedir (bk. Grafik 32). Araştırmacı sayısı AB ortalaması milyon kişi başına 3994 araştırmacıdır. Romanya, Kıbrıs, Letonya, Hırvatistan ve Malta'da milyon kişi başına düşen araştırmacı sayısı iki bin altındadır. Belçika, Almanya, İrlanda, Hollanda, Avusturya'da bu sayı 5 bin ila 6 bin arasında değişmektedir.



Grafik 32. AB Milyon Kişi Başına Araştırmacı Sayısı (World Bank, 2020)

Teknolojinin dış ticaret potansiyeli, bir ülkenin teknolojik kapasitesinin önemli bir göstergesidir. Teknoloji yeterliğe önemli oranda ulaşmış ülkeler, teknoloji-yoğun mallarını ihraç ederek bu yetkinliklerini ekonomik büyümede önemli bir katkıya dönüştürmektedir. Literatürde, teknoloji içeren ürünlerin sanayi ürünleri ihracatındaki payı kullanılmaktadır. İhraç edilen ürünlerin teknoloji içeriği yüksek, orta ve düşük

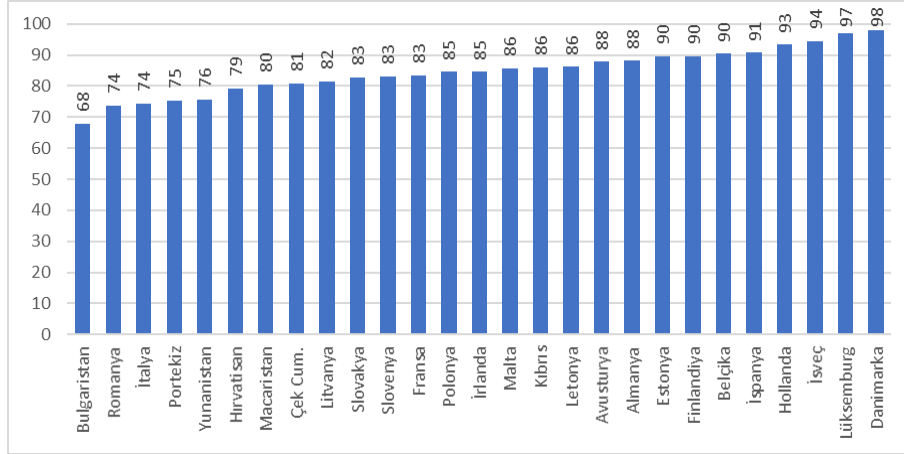
teknoloji ürünleri olarak ayrılmaktadır. Teknoloji ve yenilik göstergesi olarak ise daha çok yüksek-teknoloji ürün ihracatının payına bakılmaktadır (bk. Grafik 33).



Grafik 33. AB Yüksek-Teknoloji İhracatı Payı (World Bank, 2020)

Dış ticaret stratejileri nedeniyle teknolojik olarak en gelişmiş ülkenin en fazla yüksek-teknoloji ihracatı yapması beklenmemelidir. Teknolojik olarak yeterli olmasına karşın ülkelerin dış ticaret stratejisi nedeniyle, yüksek-teknoloji yerine orta veya düşük teknoloji ihracatına ağırlık verebilmesi mümkün görülmektedir. AB üyesi ülkeler için yüksek-teknoloji ihracatı ağırlıklı ortalaması %16,14'tür. Bu oran İrlanda, Fransa ve Malta'da %25'in üzerindedir. Sanayi malları ihracatı içinde yüksek-teknoloji ihracatı payının en düşük olduğu AB üyesi ülkeler Lüksemburg, İspanya ve Portekiz'dir. Bu ülkelerde yüksek-teknoloji ürünlerinin ihracatının payı %7'nin altındadır.

Teknolojik ürünlerin kullanım yoğunluğu ve teknolojiye erişim imkânları da önemli bir teknoloji ve yenilik göstergesidir. Literatürde bilgisayar sayısı, internete erişim oranı, internet hızı gibi çeşitli göstergeler kullanılmaktadır. Bilgiye erişimde en önemli kolaylığı sağlayan internete erişim imkânı ve bununla bağlantılı olarak bireysel internet kullanıcı sayısı da kullanılmakta olan göstergelerden birisidir. Bireysel internet kullanıcılarının oranı AB üyesi ülkelerinin önemli bir kısmında %85 üzerindedir. Bireysel kullanıcıların oranı Lüksemburg ve Danimarka'da %100'e çok yakındır. Bununla birlikte Bulgaristan, Romanya, İtalya gibi bazı AB üyesi ülkelerde bireysel kullanıcıların oranı %75'ten düşüktür.

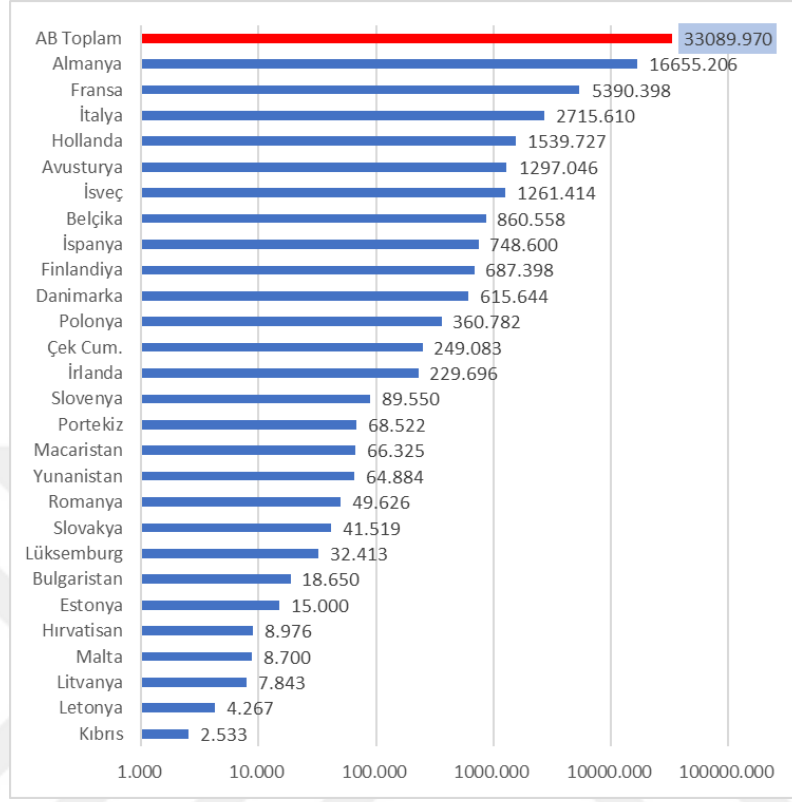


Grafik 34. AB Bireysel İnternet Kullanıcılarının Oranı (World Bank, 2020)

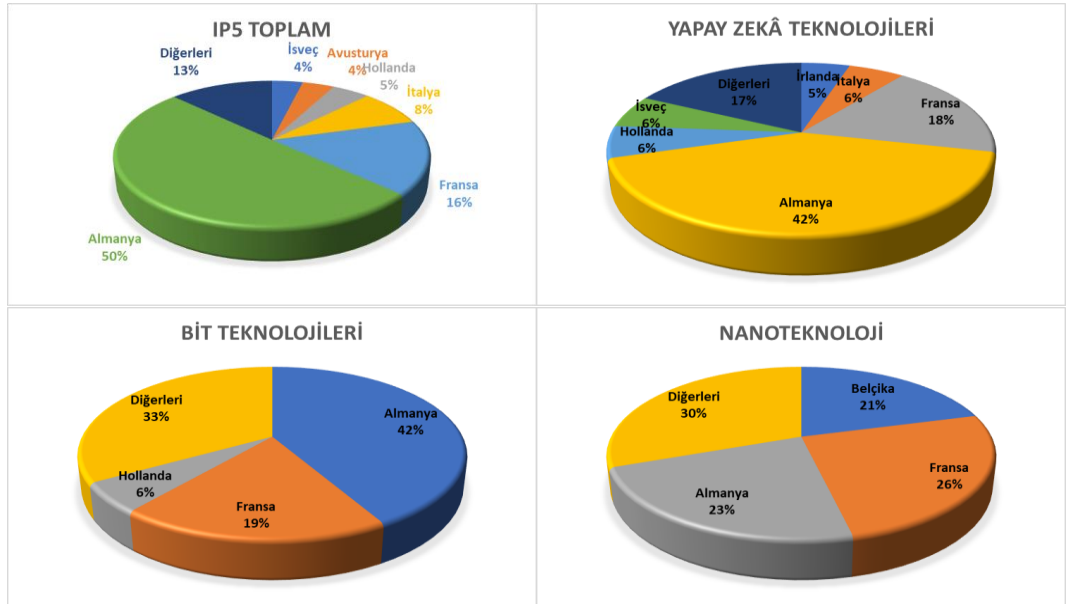
Ar-Ge istatistikleri ile birlikte literatürde en sık kullanılan teknoloji göstergesi patent istatistikleridir. Ar-Ge verileri, yenilik girdisine ilişkin bilgi sunarken patent verileri yenilik çıktılarına ilişkin bilgi sunmaktadır. Ancak her yeniliğin patente dönüşme imkânı olmayabilecektir. Bununla birlikte patent alma ihtiyacı sektörel olarak da çok değişkendir. Yapay zekâ, yazılım teknolojileri, nanoteknoloji, BİT teknolojileri gibi patent başvurularının yoğun olarak tercih edildiği sektörler bulunmaktadır. Bununla birlikte gıda, giyim gibi sektörlerde ise farklı bir mülkiyet hakkı koruma şekilleri olan tasarım ve marka başvuruları daha yoğun olarak görülmektedir.

Patent istatistikleri ile ilgili bir diğer değişken unsur, patent sınıflandırmaları ve ülkelerin uluslararası patent sınıflandırmalarında geçerli patentlere başvurma eğilimindeki değişkenliklerdir. Üçlü patent ailesi (*Triadic Patent Family*), IP5 (En büyük 5 ofiste geçerli patent sınıflandırması) ve Uluslararası Patent Anlaşması sınıflandırması (PCT) uluslararası karşılaştırmalarda kullanılabilecek başlıca sınıflandırmalardır. ABD Patent Ofisi (USPTO), Japonya Patent Ofisi (JPO) ve Avrupa Patent Ofisi (EPO) dünyada en büyük üç patent ofisidir ve dünya çapında geçerliliği en yüksek patentler bu ofislerden verilmektedir. Değindiğimiz üçlü patent ailesi gibi sınıflandırmalar ise bu ofislerin tamamında veya bir kısmında geçerli patentleri içermektedir. Örneğin, üçlü patent ailesi sınıflandırması, en büyük üç ofisin tamamında geçerli patentleri kapsamaktadır. IP5 sınıflandırması ise en büyük beş ofiste geçerli patentleri kapsamaktadır (üç büyük ofise ilave olarak Kore ve Çin Patent

ofisleri). AB üyesi ülkeler için IP5 sınıflandırmasındaki patent sayıları Grafik 35'te verilmiştir.



Grafik 35. IP5 Patent Sayılarının Dağılımı *logaritmik ölçekli (OECD Stat, 2020)

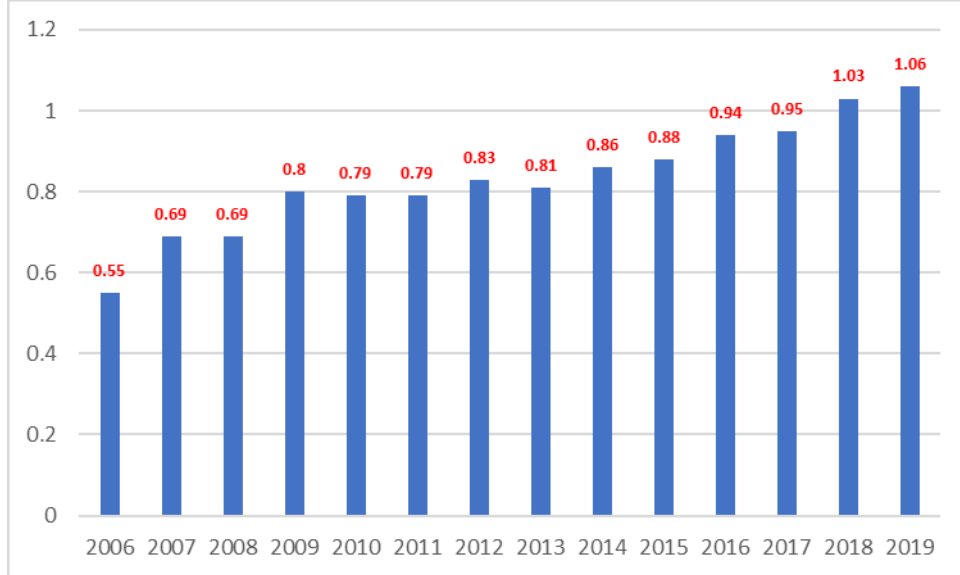


Grafik 36. Teknolojilere Göre IP5 Patent Sayıları (OECD Stat, 2020)

AB üyesi ülkelerde alınan toplam patentlerin yarısının tek başına Almanya tarafından alındığı görülmektedir. Almanya'nın en yakın rakibi %19'la Fransa ve %8 ile İtalya'dır. Patentlerin teknoloji dağılımlarına bakıldığında yine Almanya'nın yapay zekâ ve BİT teknolojilerinde ilk sırada olduğu görülmektedir (bk. Grafik 36). Nanoteknoloji patentlerinde ise Fransa ilk sırada, Almanya ikinci sıradadır. Belçika %21 ile nanoteknoloji patentlerinde önemli bir paya sahip olarak göze çarpmaktadır.

3.2.2. Türkiye Bilim, Teknoloji ve Yenilik Göstergeleri

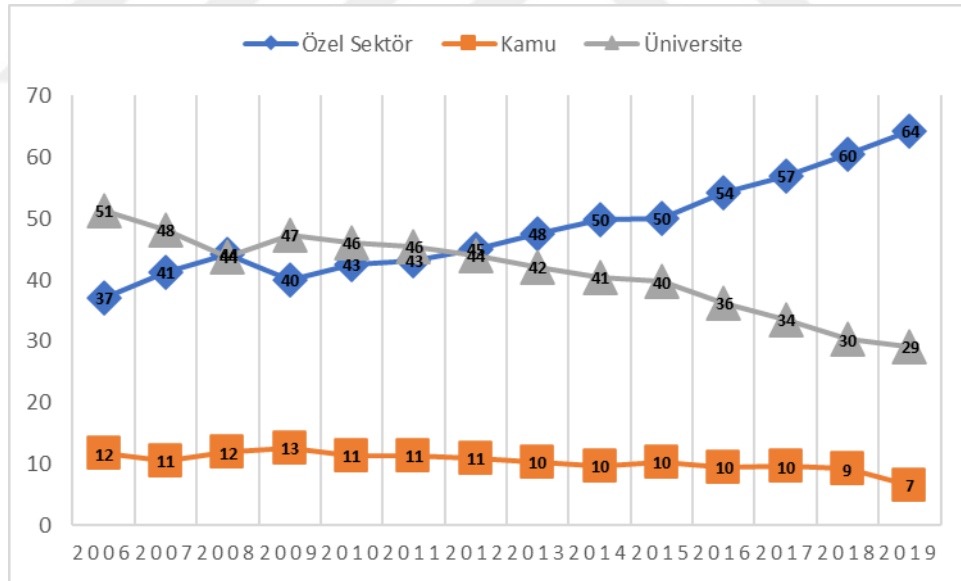
Türkiye'de yapılan Ar-Ge harcamalarının tutarı 2019 yılında yaklaşık 50 milyar ₺'na ulaşmıştır (TÜBİTAK, 2020). Bu rakam, kişi başına düşen Ar-Ge harcamasının 300 \$'a (Satın Alma Gücü Paritesine Göre) ulaştığına işaret etmektedir. Türkiye için kişi başına düşen Ar-Ge harcaması son on yılda devamlı artış göstermiştir. 2009 yılında 123 \$ olan kişi başına düşen Ar-Ge harcaması tutarı son on yılda yaklaşık üç kat artış göstermiştir. Uluslararası karşılaştırmalarda sıkça kullanılan Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payına bakıldığında son iki yılda bu oranın %1'i geçtiği görülmektedir (bk. Grafik 37). Gelişmiş ülkelerde çoğunlukla %2,5-4 aralığında görülen bu oranda yıllara sair bir ilerleme görülmekteyse de bu oran Ar-Ge harcamalarının GSYH içinde yeterli bir paya sahip olmadığını göstermektedir.



Grafik 37. Ar-Ge Harcamalarının GSYH İçindeki Payı (TÜBİTAK, 2020)

Ar-Ge harcamalarının tutarı 2006 yılında yaklaşık 15 milyar ₺ (2020 sabit fiyatlarıyla) iken günümüzde bu miktar üç kattan fazla artış göstermiştir. Ancak bu oran gelişmiş ülkelere nazaran halen çok yetersizdir. Ar-Ge harcamalarında özel sektörünün payının 2012 sonrasında önemli bir artış ivmesi yakaladığı görülmektedir (bk. Grafik 38). Ar-Ge harcamalarına gerçekleştirilen sektörler bazında bakıldığında, özel sektörün payının %37'lerden %64'lere çıktığı görülmektedir. Kamu ve yüksek öğretim sektörünün payı ise giderek azalmaktadır. 2019 yılında Ar-Ge harcamalarının; %64,2'si (32 milyar ₺) özel sektör, %29,2'si (15 milyar ₺) üniversiteler, %6,6'sı (3 milyar ₺) kamu tarafından yapılmıştır.

Özel sektör tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının payının artması Türkiye'de girişimcilik ve yenilik faaliyetlerinin özel sektör tarafından giderek daha çok benimsendiğini göstermektedir. Ar-Ge harcamaları bir nevi geleceğe yapılan yatırım niteliğindedir. Çok durumda kısa vadede etki göstermeyeceği gibi bazı durumlarda da başarısızlıkla sonuçlanarak yalnızca bir sonraki çalışmalar için bir tecrübe olarak kalabilecektir.

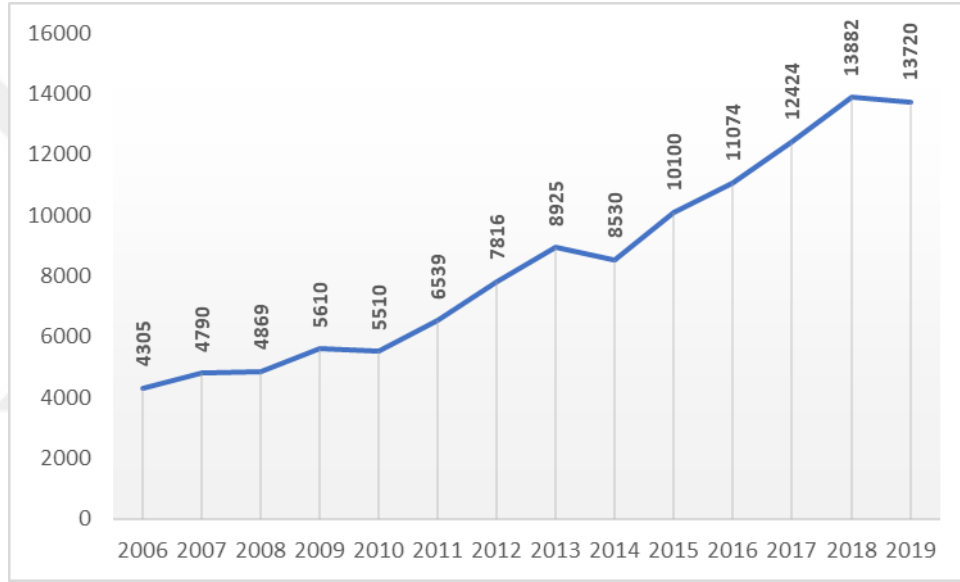


Grafik 38. Sektör Bazında Ar-Ge Harcamaları Oranı (TÜBİTAK, 2020)

Ar-Ge harcamaları, teknoloji ve yenilik göstergelerinde en sık kullanılan girdi göstergesidir. Çıktı göstergesi olarak ise en yaygın olarak patent istatistiklerinden yararlanılmaktadır. Patent, başarıya ulaşan Ar-Ge çalışmalarının önemli bir meyvesidir ve sağladığı mülkiyet hakları ile birlikte elde edilen başarıdan ticari kazanç

sağlanması da önünü açmaktadır. Türkiye’de sınai mülkiyet haklarında son dönemde önemli ivme yakalanmıştır ve uluslararası patent, marka, tasarım ve faydalı model başvurularında önemli bir artış yaşanmıştır.

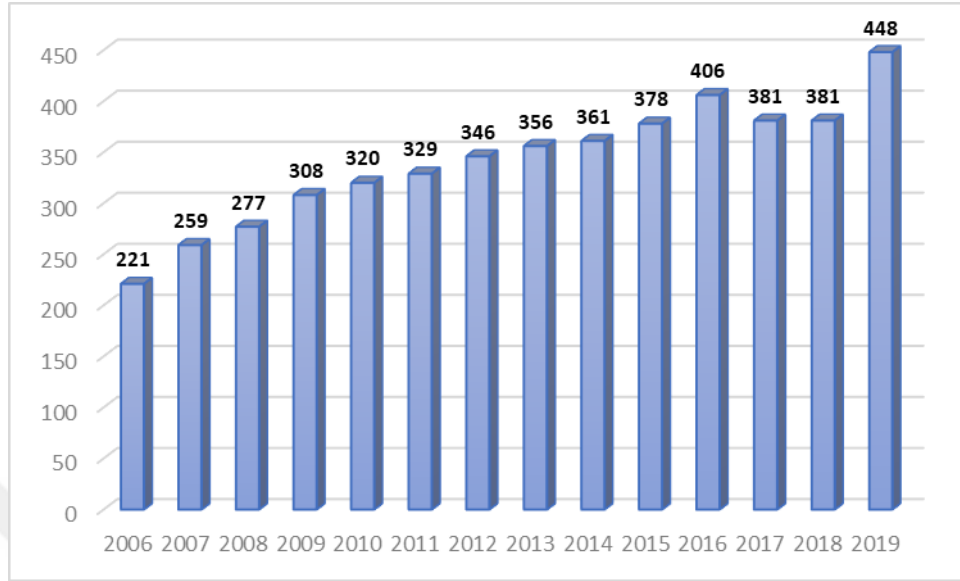
Türk Patent ve Marka Kurumuna yapılan patent başvuruları son on yılda devamlı artmıştır. 2006 yılında bu kuruma yapılan yerli ve yabancı toplam patent başvuru sayısı 5.165 iken bu sayı 2019 yılında 19.916’ya ulaşmıştır (TÜBİTAK, 2020). Benzer şekilde patent tescilleri de önemli bir artış ivmesi yakalamıştır (bk. Grafik 39). 2006 yılında 4.305 patent tescil edilirken 2019 yılında 13.720 patent tescili yapılmıştır.



Grafik 39. Türk Patent ve Marka Kurumu Patent Tescilleri (TÜBİTAK, 2020)

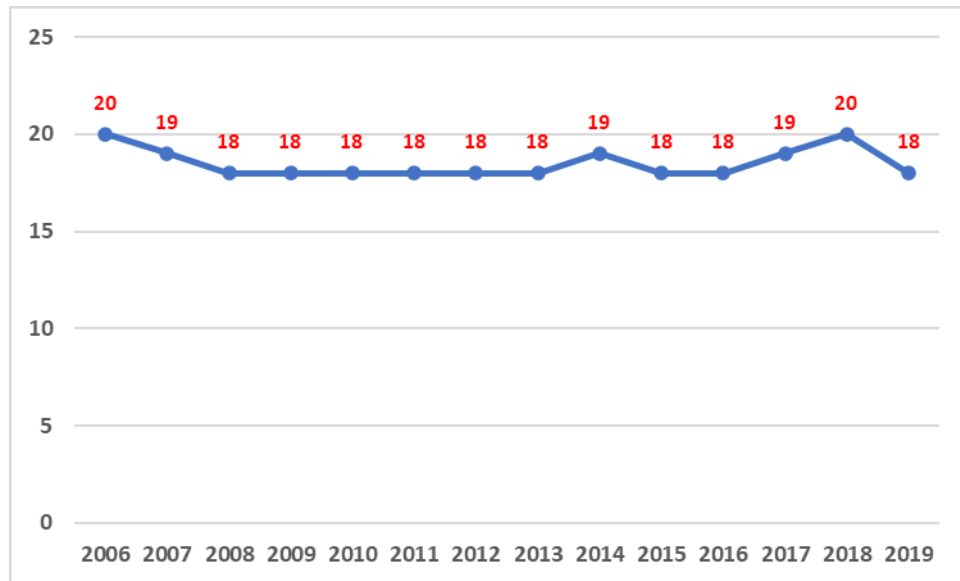
Bilim, teknoloji ve yenilik göstergelerinde yararlanılan bir diğer veri o ülkede üretilen bilimsel yayınların nitelik ve niceliğidir. Bilimsel yayın sayıları ile birlikte bu yayınlara yapılan atıflar da yapılan karşılaştırmalarda veri olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de milyon kişi başına düşen yayın sayısı son on yılda 1,5 kat artmıştır (bk. Grafik 40). Milyon kişi başına düşen yayın sayısı 2006 yılında 221 iken bu sayı 2019 yılında 448 olmuştur. 2012-2018 yılları arasında bu sayının 350-400 bandında sıkıştığı, milyon kişi başına 400 yayın sayısına ise sadece 2016 ve 2019 yıllarında ulaşıldığı görülmektedir. Türkiye kaynaklı bilimsel yayın sayısı 2006 yılında 15 bin, 2010 yılında 23 bin, 2015 yılında 29 bin ve 2019 yılında 37 bin olmuştur. Bilimsel yayın sayısı 2017 ve 2018 dışında her yıl artarak katlanmıştır. Bu artış, 2018 yılına

kadar küçük miktarlarda iken 2019 yılında bir önceki yıla göre Türkiye kaynaklı yayın sayısı yaklaşık % 20 artmıştır.



Grafik 40. Türkiye'de Milyon Kişi Başına Bilimsel Yayın Sayısı (TÜBİTAK, 2020)

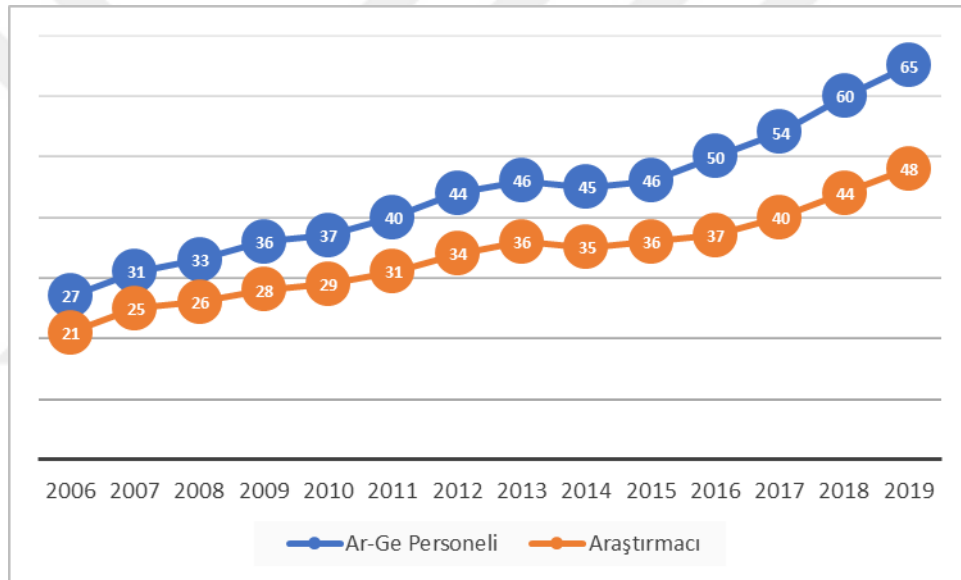
Türkiye’de yayın sayılarında yaşanan küçük değişiklikler, her ne kadar olumlu bir gelişme olarak görülse de dünya genelinde benzer eğilimin hâkim olmasından dolayı Türkiye’nin dünya sıralamasındaki yeri genelde sabit kalmıştır. 2006-2019 yılları arasında Türkiye’nin bilimsel yayın bakımından dünya sıralamasına dokuz yıl 18’inci, üç yıl 19’uncu, iki yıl 20’nci olduğu görülmektedir (bk. Grafik 41).



Grafik 41. Bilimsel Yayında Türkiye'nin Dünya Sıralaması (TÜBİTAK, 2020)

Türkiye’de yayın sayısının bir önceki yıla göre %20 arttığı 2019 yılında dahi Türkiye 18’inci sıradan yükselememiştir. Bu durum, Türkiye ile birlikte tüm dünya genelinde bilimsel yayınlarının sayısında önemli bir artış yaşandığının da önemli bir göstergesidir. Bu nedenle Türkiye için bilimsel yayın sayılarındaki artış önemli bir başarı kriteri olarak değerlendirilmemeli, dünya yayın artış ortalamasının önüne geçerek sıralamada daha üst basamaklarda yer almak hedeflenmelidir.

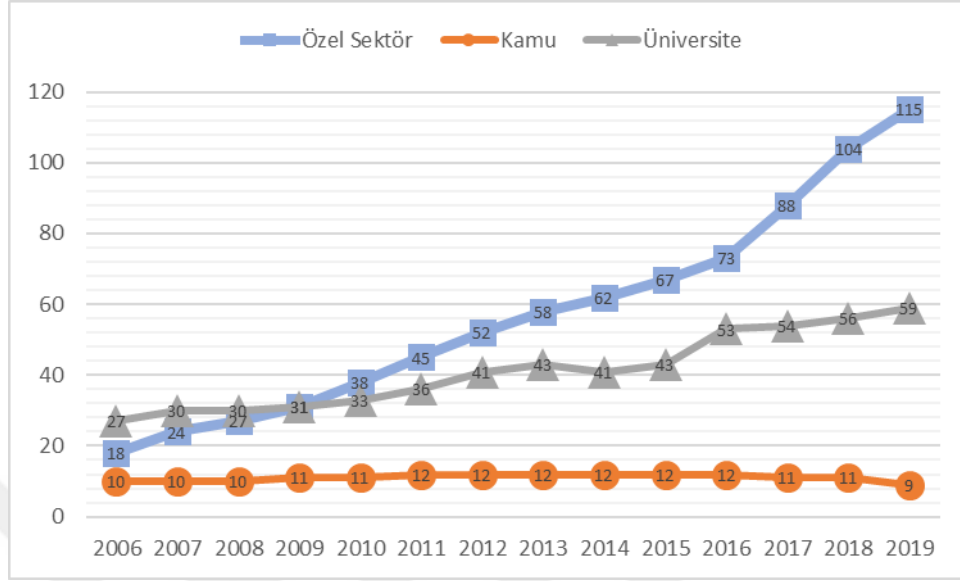
Ar-Ge insan kaynağının Türkiye’de özellikle son beş yılda önemli oranda arttığı görülmektedir. 2019 yılında 10 bin çalışan kişi başına düşen Ar-Ge personeli sayısı 65, araştırmacı sayısı 48 olmuştur (bk. Grafik 42). Son on yıl içerisinde araştırmacı ve Ar-Ge personeli sayısının ikiye katlandığı anlaşılmaktadır.



Grafik 42. 10 Bin Çalışan Başına Düşen Ar-Ge İnsan Kaynağı (TÜBİTAK, 2020)

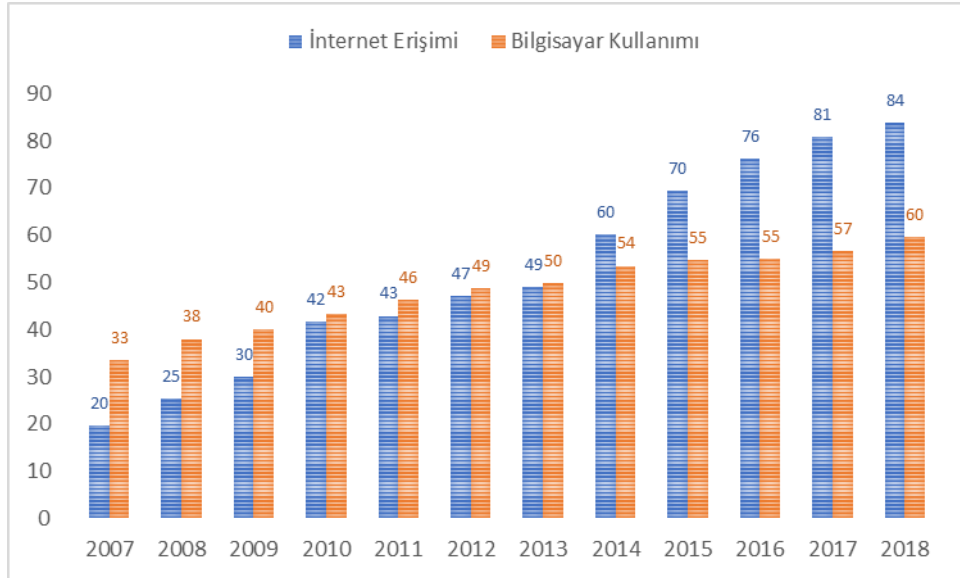
Ar-Ge insan kaynağının sektörel dağılımına bakıldığında, 2010 yılına kadar neredeyse aynı olan özel sektör ve üniversite Ar-Ge insan kaynağı arasındaki fark giderek açılmaktadır. 2006 yılında Ar-Ge insan kaynağı, kamuda 10 bin, özel sektörde 18 bin, üniversitelerde 27 bin olmasına karşın; 2019 yılında kamuda 9 bin, özel sektörde 115 bin, üniversitelerde 59 bin olmuştur (bk. Grafik 43). Kamu ile özel sektör ve üniversiteler arasındaki makasın giderek açılmaya devam ettiği görülmektedir. Bu durum, özel sektörde Ar-Ge’nin giderek daha çok benimsendiği ve Ar-Ge için beşerî sermaye yatırımlarının da arttığını göstermektedir. Ar-Ge, devlet dışında özel sektörler

tarafından yapılmaya devam edildiği sürece bu yatırımların ticari kazançlara etkisi giderek artacaktır.



Grafik 43. Ar-Ge İnsan Kaynağının Sektörel Dağılımı *1000 kişi (TÜBİTAK, 2020)

Gelişen teknolojinin yaygın bir şekilde kullanımı, birçok dünya ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de giderek artmaktadır. Türkiye’de hanelerde internete erişim son beş yılda çok hızlı bir ivme kazanmıştır ve %80 üzerine çıkmıştır (bk. Grafik 44).



Grafik 44. Hanelerde İnternet Erişimi ve Bilgisayar Kullanımı (TÜİK, 2020)

Bilgi toplumu istatistiklerinde bir diğ er önemli veri olan hanelerde bilgisayar kullanımı oranı da son beş yıldı yaklaşık olarak %50'lerden %60'lara yükselmiştir. Aynı dönemde internete erişim imkânı ise %50'lerden %84'e yükselmiştir. Bu durum bilgisayar dışında, başta cep telefonu olmak üzere diğ er elektronik cihazlarla da internete erişimin yaygın olduğunu göstermektedir. Birinci bölümde değinilen ve Türkiye için çok yaygın kullanımı olan sosyal medyanın bu istatistikteki payı yüksektir. Zira Türkiye'de internete erişim maksatları içerisinde ilk sırayı sosyal medya kullanımı almaktadır (ayrıntılı bilgi için bk. Bölüm 1 Başlık 4).



4. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

4.1. LİTERATÜRDEKİ AMPİRİK ÇALIŞMALAR

Teknolojinin istihdam ve işsizlik üzerindeki olası etkileri devamlı gündemde kalmayı başaran tartışma konularından birisi olmuştur. Bu tartışmaya ilişkin literatürde birçok ampirik çalışmaya ulaşmak mümkündür. Literatür, temelde firma düzeyi (mikro) ve ülke düzeyi (makro) çalışmalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Mikro düzeydeki çalışmaların bir kısmı firma düzeyinde çalışmalardan diğer kısmı sektörel çalışmalardan oluşmaktadır.

Gerek firma seviyesinde gerekse makro seviyede ürün yenilikleri başlıca öneme sahiptir. Ürün yeniliği ile desteklenmeyen süreç yenilikleri zamanla ekonomik durgunluğa ve nihayetinde teknolojik işsizliğe yol açacaktır (Christensen ve Lundvall 2004: 2). Mikro düzeyde yapılan çalışmaların önemli bir çoğunluğunda ürün yeniliğinin istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu, süreç yeniliğinin ise istihdam üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmüştür. Ar-Ge ve teknolojik yeniliğin işgücü üzerinde etkilerine dair yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu, firma düzeyinde yani mikro-ekonometrik modellemelerden oluşmaktadır.

Bu konuda ampirik boyutta yapılmış makro çalışmalar, literatürde yok denecek kadar az sayıdadır ve yapılan çalışmalarda genellikle net sonuçlara ulaşamadığı görülmektedir. Bu durum, oluşturulacak modelde en önemli kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır. İncelenen çalışmalarda da bu konuda makro düzeyde bir analiz yapmanın zorluklarına yer verildiği görülmektedir. Çalışma sayısının az olması, uygun parametrelerin seçilmesinin zorluğu ve bugüne kadar net sonuçlar elde edilememiş olması, bu konuda makro düzeyde çalışmanın diğer temel kısıtları olarak kabul edilmektedir.

Ampirik boyutta çalışmalara ilişkin literatür, makro (ülke düzeyi) çalışmalar ile firma düzeyi ve sektörel düzeyde çalışmalar olmak üzere iki alt başlıkta ele alınacaktır.

4.2. MAKRO (ÜLKE DÜZEYİ) ÇALIŞMALAR

Teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkilerini ele alan makro düzeydeki çalışmalar çok az sayıdadır. Bu husus; bu etkinin analizinde, makro seviyede çalışmanın ortaya çıkardığı birçok kısıtlayıcı faktörden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte teknolojinin işgücü piyasasında yarattığı toplam ve genel etkiyi görebilmek ancak makro seviyede yapılacak bir analizle mümkün olabilecektir. Makro seviyede yapılacak analizde karşılan temel kısıtlar: Teknoloji değişkeninin seçilmesindeki belirsizlik, literatürde faydalanılabilecek çalışmanın çok az sayıda olması, kontrol değişkeni seçimindeki belirsizlikler, araç değişkenleri seçiminde kullanılacak parametrelerdeki belirsizlikler ve mevcut çalışmaların önemli bir çoğunluğunda kesin bulgulara ulaşılamamış olmasıdır. Teknolojik yeniliğin istihdam ve işsizlik üzerindeki etkileri üzerine yapılan literatürdeki makro çalışmalar Tablo 19’da yer almaktadır.

Tablo 19. Teknolojik Yeniliğin İstihdam ve İşsizlik Üzerindeki Etkileri Üzerine Yapılan Makro Çalışmalar

YAZARLAR	ETKİLENEN		TESPİT EDİLEN İLİŞKİ YÖNÜ			
	İstihdam	İşsizlik	Poz.(+)	Neg.(-)	İlişkisiz	Belirsiz
Sinclair (1981)	X					X
Layard ve Nickell (1985)	X		X			
Pini (1995)	X			X		
Vivarelli (1995)	X		X	X		
Simonetti vd. (2000)	X			X		X
Tancioni ve Simonetti (2002)	X					X
Feldmann (2013)		X	X			
Evangelista vd. (2014)	X		X		X	
Aguilera ve Barrera (2016)	X		X			
Gregory vd. (2016)	X		X			
Matuzeviciute vd. (2017)		X			X	
Cang (2017)	X				X	
Krouise (2018)		X	X			
Karaliute (2019)		X		X	X	

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Literatürde yapılan birçok analizde, teknoloji ile işsizlik veya istihdam arasındaki ilişki istatistiki olarak ortaya konulamamış ve analiz sonuçları belirsiz kalmıştır (Sinclair, 1981; Simonetti vd., 2000; Tancioni ve Simonetti, 2002), bazı

analizlerde ise bu iki değişkenin ilişkisiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Cang, 2017; Evangelista vd., 2014; Karaliute, 2019; Matuzeviciute vd., 2017). Sinclair (1981) teknolojinin istihdamı her iki yönde de etkileyebileceği sonucuna ulaşırken Vivarelli (1995) bu etkinin İtalya için olumsuz, ABD için olumlu olduğunu tespit etmiştir. Pini (1995), Simonetti vd. (2000) ve Feldmann (2013) ise bu etkinin kısa vadede olumsuz olmasına karşın uzun vadede telafi edilebilecek seviyede olduğuna işaret etmektedir. Krousie (2018), teknolojik değişimin işsizliği arttırdığı ancak bu etkinin çok küçük miktarda olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Gregory vd. (2016) ve Karaliute (2019) teknolojinin işsizliği azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Layard ve Nickell (1985) ve Aguilera ve Barrera (2016) ise istihdam üzerindeki bu olumlu etkinin çok küçük olduğu sonucunu elde etmiştir. Evangelista vd. (2014) yalnızca hizmetler sektörü için teknolojinin istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu, bu etkinin diğer sektörlerde görülmediği sonucuna ulaşmıştır.

Sinclair (1981), ABD için yaptığı araştırmada talep esnekliği, reel ücretlerin esnekliği ve faktör ikame esnekliğine göre teknik ilerlemenin (teknolojinin) istihdamı her iki yönde de etkileyebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Layard ve Nickell (1985) İngiltere için 1954-1983 yıllarını kapsayan araştırmasında işsizliğin temel etkileri üzerinde durmaktadır. Teknik ilerlemenin (teknolojinin), işsizlik üzerinde etkisi de bu araştırmanın bir parçası olmuştur. Sonuç olarak çalışma, farklı endüstrilerdeki farklı teknik ilerleme oranlarına bağlı olarak teknolojinin istihdam üzerindeki etkisinin değişebileceğini savunmaktadır. Bulguları teknik ilerlemenin emek artırıcı yönde olduğudur ancak tahmini işgücü talebi esnekliği bire çok yakın olduğu için istihdam üzerindeki bu etkinin sabit sermaye göz önüne alındığında ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabul edilmektedir.

Pini (1995), 1960-1990 yıllarını kapsayan araştırması ile altısı Avrupa Topluluğu üyesi¹, 3 'ü önemli sanayileşmiş ülkeler² olmak üzere 9 OECD ülkesinde, açık ekonomilerde teknolojik gelişme ve büyüme ilişkisi ile birlikte teknolojik gelişmenin istihdam üzerindeki etkisini ampirik boyutta incelemiştir. Elde ettiği bulgularla fiziksel sermaye birikimi yoluyla yenilik sürecinin istihdam üzerinde

¹ Belçika, Fransa, İtalya, Hollanda, İngiltere ve Batı Almanya.

² Kanada, Japonya ve ABD.

olumsuz etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ancak doğrudan veya dolaylı yollarla yenilik süreci tarafından uyarılan ihracat dinamikleri açısından bu süreçte uzun vadede bir telafi mekanizmasının varlığına işaret edilmektedir. Bu şekilde, kısa vadede teknolojinin olumsuz etkisi söz konusu iken uzun vadede ihracat etkileri yoluyla bu etki telafi edilebilecektir.

Vivarelli (1995) İtalya için 1967-1986 ve ABD için 1966-1986 yıllarını kapsayan verilerle zaman serisi analizi yapmıştır. İtalya için süreç yeniliğinin emek tasarrufu etkisinin baskın gelmesi nedeniyle teknoloji ve işsizlik arasında negatif bir ilişkiye ulaşmıştır. Diğer taraftan ABD için ürün yeniliğinin etkisiyle teknoloji ve istihdam arasında pozitif ilişkiye rastlamıştır.

Simonetti vd. (2000), dört OECD ülkesinde (ABD, İtalya, Fransa ve Japonya) 1965-1993 yılları verilerini kullanarak 3SLS yöntemi ile elde edilen tahminlerle analiz yapmıştır. Yapılan analizde yok olan işlerin, yaratıcı yıkım etkisiyle yaratılan yeni işlerle telafi edilmesini ve bu telafi sürecinde aktif olan telafi mekanizmalarının gücünü ortaya koymaktadır. Teknolojik yenilik ve istihdam ilişkisinin karmaşık ve birçok telafi mekanizması ile bağlantılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular: Süreç yeniliğinin istihdam üzerindeki ilk etkisinin her zaman olumsuz olduğunu ancak telafi mekanizmalarının etkisinin ülkelerin tarihi, kurumsal ve ekonomik yapılarına göre farklı etkiler gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Tancioni ve Simonetti (2002) İngiltere ve İtalya için teknolojik değişim, ticaret, büyüme ve istihdam ilişkisini analiz etmiştir. Fiyatlar, ücretler, yeni yatırım, yeni ürün, yeni makine ve ilave gelirler olarak sınıflandırdıkları altı telafi mekanizmasının teknolojinin istihdam üzerindeki etkisini nasıl azalttığını ampirik olarak ortaya koymaktadır. Her telafi mekanizmasının, her iki ülke için farklı sonuçları olduğunu ve İngiltere'nin süreç yeniliğine karşı İtalya'ya göre iki kat daha fazla etkilenir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, teknolojinin istihdam üzerindeki genel etkisi belirsiz kalmaktadır.

Feldmann (2013) yirmi bir sanayi ülkesi için 1985-2009 yıllarını kapsayan verilerle teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Elde ettiğı sonuçlar, teknolojik değişimin işsizliği önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir. Ancak bu

etkinin 3 yıl devam ettiği ve daha sonra ortadan kalktığı görülmektedir. Bu nedenle bu etkinin geçici bir etki olduğu kabul edilmektedir.

Evangelista vd. (2014) yirmi yedi AB ülkesi için 2004-2008 yıllarını kapsayan verilerle dijital teknolojilerin çeşitli ekonomik etkilerini analiz etmiştir. İstihdam boyutu da çalışmada analiz edilen makro değişkenlerden bir tanesi olmuştur. Çalışma, farklı yaş grupları ve dezavantajlı gruplar içerisinde yapılan ayrı analizlerden oluşmaktadır. Çalışma BİT altyapısının istihdam üzerindeki dolaylı ve daha derin etkilerini yakalamaya yoğunlaşmıştır. Yalnızca hizmetler sektörü için BİT altyapısının istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Arellano ve Bond yöntemi ile yapılan analizde hizmetler sektörü dışında BİT altyapısı ve istihdamın ilişkisiz olduğu görülmektedir.

Aguilera ve Barrera (2016) en yüksek Ar-Ge harcaması yapan altı Latin Amerika ülkesi³ için yaptığı panel veri analizi ile kişi başına düşen GSYH, asgari ücret, eğitim harcaması, Ar-Ge harcaması ve işsizlik oranı ilişkisini incelemiştir. 1996-2011 yılları arasındaki verileri kapsayan analiz sonucunda: Bu ülkelerde teknoloji gelişiminin henüz işsizliği arttıracak seviyede olmadığı, hatta bu ülkeler için teknoloji artışının çok düşük miktarda da olsa istihdama olumlu katkı sunduğu tespit edilmiştir.

Gregory vd. (2016) 1999-2010 döneminde yirmi yedi AB ülkesini kapsayan analizinde, makinelerin insanlara karşı yarışını ele almıştır. Yapılan analiz, rutin-ikame teknolojik değişimin işgücü talebi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. AB ülkeleri için rutin-ikame teknolojik değişimin işgücü talebini olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu artış, söz konusu dönem için yaklaşık 11,6 milyon yeni iş olarak tespit edilmiştir. Ancak şu husus açıkça vurgulanmıştır ki: Bu artış emeğin sermaye ile yer değiştirmedeğini göstermemektedir. Bu değişim, artan ürün talebi ve yayılma etkisiyle fazlaca dengelenmiştir ve nihai olarak iş talebinde artışı sağlamaktadır.

Matuzeviciute vd. (2017) yirmi beş Avrupa ülkesinde 2000-2012 yıllarını kapsayan verilerle teknolojik yeniliğin işsizlik üzerindeki etkilerini araştıran panel veri analizi yapmıştır. Yapılan analizde, teknolojik yenilik değişkeni olarak üçlü patent ailesi sayıları ve Ar-Ge harcamaları yoğunluğu kullanılmıştır. Her iki teknoloji

³ Arjantin, Brezilya, Kolombiya, Kosta Rika, Panama ve Uruguay.

değişkeni ile yapılan analizlerde teknoloji ve işsizlik arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Söz konusu değişkenlerin gecikmeli değerleri ile yapılan analizler de aynı sonuçları vermiş ve herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Cang (2017) tarafından yapılan çalışmada, elli bir ABD eyaleti için eyalet seviyesinde teknolojik yeniliklerin istihdam üzerindeki etkileri, 19 yıllık makro veriler ışığında incelenmiştir. Analiz sonucunda, teknolojik yenilikler ve işsizlik arasında toplam düzeyde bir ilişki bulunamamıştır. Bununla birlikte eyaletler arasında teknolojik yeniliklerinin etkilerinin değişkenlik gösterdiği ve daha az kentleşmiş, daha az teknoloji meraklısı olan eyaletlerin teknoloji nedeniyle iş kaybından daha fazla etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla, bu eyaletler teknolojinin yeni işler yaratma fırsatından daha az yararlanabilecektir.

Krousie (2018) ABD için eyalet seviyesinde ve 2002-2013 yılları kapsayan verilerle teknolojik değişimin işsizlik üzerindeki etkisini araştırmıştır. Cang (2017) tarafından yapılan çalışmanın devamı niteliğinde bir analiz yapılmıştır. Analizde; GSYH, asgari ücret, eğitim harcamaları, suç oranları, sendika üyeliği, işsizlik ödeneği ve fakirlik oranı değişkenlerinden kontrol değişkeni olarak faydalanılmıştır. İki aşamalı en küçük kareler yöntemi ile yapılan analizde ABD için teknolojik değişim ile işsizlik arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Başka bir deyişle, teknolojik değişimin bu ülkede işsizliği arttırdığı ancak bu etkinin çok küçük miktarda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Karaliute (2019), 28 AB ülkesinde, 1992-2016 yılları arasında teknolojik yeniliğin işsizlik üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapılan panel veri analizinde, S-GMM yöntemi kullanılarak 48 farklı model üzerinden tahminler elde edilmiştir. Teknoloji değişkeni olarak patent ve Ar-Ge harcamalarından faydalanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda: Eğitim seviyesine ve kullanılan teknoloji değişkenine göre değişmekle birlikte, teknolojinin işsizlik üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ar-Ge harcamaları değişkeninin süreç yeniliği göstergesi olarak kullanıldığı analizde, bu etkinin negatif korelasyonlu olduğu yani teknolojinin işsizliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Eğitim seviyelerine göre yapılan analizde ise bazı eğitim seviyelerinde teknolojik değişim ve işsizlik arasında ilişki bulunamamıştır.

4.3. SEKTÖREL VE FİRMA DÜZEYİ ÇALIŞMALAR

Yeniliğin etkisiyle istihdamda meydana gelen değişimler, yenilik sonucunda ortadan kaybolan işler marifetiyle azalan istihdam ve yaratıcı yıkım etkisiyle ortaya çıkan ilave yeni işlerden ibarettir. İstihdamdaki toplam etkiyi belirleyen de bu etkilerden hangisinin baskın olduğuyla ilgilidir. Şöyle ki; yeniliğin etkisiyle yeni ortaya çıkan işlerin kaybolan eski işlerden fazla olması durumunda yenilik, toplam istihdam üzerinde pozitif bir etki yapacak ve istihdam artacaktır. Aksi durumda da toplam istihdam azalacak ve yeniliğin istihdam üzerindeki toplam etkisi negatif olacaktır.

Literatürde mevcut mikro düzeydeki çalışmalar, firma düzeyinde ve sektör düzeyinde yapılan çalışmalar olmak üzere iki alt başlıkta incelenmiştir. Firma düzeyinde ve sektörel olarak yapılan ampirik çalışmaların özet tablosu bölüm sonunda Tablo 20 ve Tablo 21’de verilmiştir. Her iki düzeyde de yapılan çalışmaların önemli bir kısmında yeniliğin istihdam üzerindeki etkisi, yeniliğin türüne göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu ayırım, genel olarak ürün yeniliği ve süreç yeniliği bazında yapılmıştır. Yeniliğin istihdam üzerinde yarattığı negatif ve pozitif etkileri, yer değiştirme etkisi ve telafi mekanizması ile de izah etmek mümkündür. Hem süreç yeniliğinin hem de ürün yeniliğinin sonucunda ortaya çıkan işgücü tasarrufu sağlayan ve istihdamı azaltan etki “Yer Değiştirme Etkisi”dir. Bu etki artan teknoloji sayesinde daha verimli üretim yapılması nedeniyle verimlilik etkisi olarak da adlandırılmaktadır. Yenilik sonucunda ilave yeni işler sayesinde istihdamı canlandıran etki ise “Telafi Etkisi” olarak adlandırılmaktadır (Dachs ve Peters 2014: 215).

Firma düzeyinde yapılan ampirik çalışmaların önemli bir kısmında, ürün yeniliğinin istihdam üzerindeki etkisi pozitif olarak bulunmuştur (Dachs ve Peters, 2014; Evangelista ve Vezzani, 2011; Falk, 2015; Greenan ve Guellec, 2000; Hall vd., 2008; Harrison vd., 2014; Kwon vd., 2015; Lachanmaier ve Rottman, 2011; Meriküll, 2008; Smolny, 1998; Van Reenen, 1997; Yang ve Lin, 2008). Başka bir deyişle, ürün yeniliği istihdamı arttırıcı bir etki yapmaktadır. Ancak bazı meslek gruplarının bu durumun istisnası olarak görüldüğü ampirik çalışmalar da mevcuttur (Cirillo vd., 2018).

Süreç yeniliğinin istihdam üzerindeki etkisi ise ürün yeniliğinden farklıdır. Firma düzeyinde yapılan ampirik çalışmaların büyük bir çoğunluğunda, süreç yeniliğinin istihdam üzerindeki negatif etkisi doğrulanmıştır (Dachs ve Peters, 2014; Falk, 2015; Harrison vd., 2014; Kwon vd., 2015; Van Reenen, 1997; Yang ve Lin, 2008). Süreç yeniliği neticesinde ortadan kaybolan işlerin yeni yaratılan işlerden daha fazla olmasından dolayı toplam istihdam etkisinin negatif olduğu görülmektedir.

Sektörel düzeyde yapılan çalışmalarda da firma düzeyi çalışmalarla paralel sonuçlar elde edilmiştir. Firma düzeyi çalışmalarla benzer şekilde, ürün yeniliğinin istihdam üzerindeki pozitif etkisi, sektörel düzeyde yapılan analizlerde de doğrulanmıştır (Aubert-Tarby vd., 2017; Bogliacino ve Pianta, 2010; Brouwer vd., 1993; Cirillo vd., 2018; Greenan ve Guellec, 2000; Huo ve Feng, 2010; Meriküll, 2008; Peters, 2005; Piva ve Vivarelli, 2018a; Üçdoğruk, 2016). Aynı şekilde, süreç yeniliğinde baskın olan işlerin yok edilmesi etkisi, sektörel analizlerde de istihdamın negatif etkisine işaret etmektedir (Bogliacino ve Pianta, 2010; Cirillo vd., 2018; Huo ve Feng, 2010; Peters, 2005).

Literatür, genel olarak ürün yeniliğinin pozitif, süreç yeniliğinin negatif etkisini işaret etmesine rağmen yapılan bazı çalışmalarda hem ürün hem süreç yeniliğinin pozitif etkilerine rastlanmaktadır. Hem ürün hem süreç yeniliğinin istihdam üzerindeki pozitif etkisi firma düzeyinde yapılan çalışmaların (Evangelista ve Vezzani, 2011; Lachanmaier ve Rottman, 2011; Yang ve Lin, 2008) yanı sıra sektörel düzeyde yapılan çalışmalarda da (Üçdoğruk, 2016) benzer şekilde görülmüştür. Meriküll (2008) tarafından Estonya’da hem sektörel hem firma düzeyinde yapılan çalışmada, her iki yenilik türünün de istihdam üzerindeki pozitif etkilerine rastlanmıştır.

Yenilik faaliyetlerinin istihdam üzerindeki etkilerini ampirik olarak inceleyen çalışmaların bir kısmında Ar-Ge harcamaları araç değişkeni kullanılırken diğer kısmında patent değişkeni kullanılmaktadır. Yenilik göstergesi olarak, Ar-Ge harcamaları yeniliğe yapılan yatırım ve girdi göstergesi, patent kazanımları ise marka, tasarım ve faydalı model gibi yeniliğin çıktısını gösteren önemli sınai haklardandır. Literatürde yapılan birçok çalışmada (Coad ve Rao, 2011; Gera vd., 2001; Greenhalgh vd., 2001; Pieroni ve Pompei, 2008a; Van Roy vd., 2018, Yang ve Lin, 2008) patentin bir yenilik çıktısı olarak istihdam üzerinde olumlu etkilerine rastlanmaktadır. Ampirik

boyutta yapılan bazı çalışmalarda hem patentin hem Ar-Ge harcamalarının istihdam üzerindeki olumlu etkiye sahip olduğu aynı analiz kapsamında ortaya konulmuştur (Coad ve Rao, 2011; Gera vd., 2001; Greenhalgh vd., 2001; Yang ve Lin, 2008).

İstihdam üzerinde yenilikler sonucunda oluşan etkilerin ampirik olarak analiz edilmesi, her zaman sonuç vermemektedir. Analiz değişkenlerinin seçiminde yapılacak bir değişiklik (örneğin hizmet sektörü yerine imalat sektörü verilerinin kullanılması gibi) bazı durumlarda paralel sonuçlar verirken bazı durumlarda ters yönlü ilişkinin varlığına işaret edebilmekte, hatta bazı durumlarda istihdam ve yenilik arasında istatistiki olarak anlamlı sonuçlara ulaşamamaktadır. Yenilik ve istihdam arasındaki ilişkinin ispatlanamadığı firma düzeyinde ampirik çalışmalar (Demir ve Alpaslan, 2016; Klette ve Forre, 1998; Piva vd., 2005) olduğu gibi, sektörel düzeyde (Autor vd., 2003; Goux ve Maurin, 2000; Graetz ve Michaels, 2015) çalışmalar da mevcuttur.

Farklı ülkelerde firma düzeyinde yapılan ampirik çalışmaların birçoğunda yenilik faaliyetlerinin istihdam üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (ABD (Doms vd., 1997), Arjantin, Şili ve Uruguay (Zuniga ve Crespi, 2013), Almanya (Falk ve Seim, 2001), AB ülkeleri (Piva ve Vivarelli, 2018b; Bogliacino, 2014), Avrupa ülkeleri (Bogliacino vd., 2012), Etiyopya (Haile vd., 2017), İngiltere ve Avustralya (Blanchflower ve Burgess 1998), İspanya (Aguirregabiria ve Alonso-Borrego, 2001; Alonso-Borrego ve Collado, 2002; Ciriaci vd., 2016), İtalya (Casavola vd., 1996; Piva ve Vivarelli, 2005; Barbieri vd., 2018), Türkiye (Meschi vd., 2011 ve 2016)).

Sektörel düzeyde yapılan ampirik çalışmalarda da firma düzeyi analizlerde olduğu gibi, yenilik faaliyetlerinin istihdam üzerinde yarattığı olumlu etki, istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (ABD (Autor ve Dorn 2013), Avrupa ülkeleri (Bogliacino ve Vivarelli, 2012; Falk ve Hagsten, 2018), Türkiye (Aydın, 2018), Portekiz (Fonseca vd., 2018)).

Literatür genel olarak yeniliğin istihdam üzerinde pozitif etkisine işaret etmekle birlikte, firma düzeyinde yapılan bazı analizlerde, yeniliğin negatif istihdam etkisine rastlanmıştır (Vivarelli vd., 1996; Aldieri ve Vinci, 2018a ve 2018b). Piva vd. (2006) tarafından İtalya makine sektöründe, Baccini ve Cioni (2010) tarafından İtalya

tekstil sektöründe ve Michelacci ve Lopez-Salido (2007) tarafından ABD imalat sektöründe yapılan firma düzeyi çalışmalarda da Ar-Ge'nin istihdam üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Sektörel düzeyde yapılan analizlerde; imalat sektöründe (Morrison vd., 2001; Chiacchio vd., 2018), hizmet sektöründe (Evangelista ve Savona, 2002), imalat ve hizmet sektöründe (Goos vd., 2014), ulaşım ve haberleşme sektöründe (Yıldırım ve Kostakoğlu, 2014), yerel işgücü piyasalarında (Acemoğlu ve Restrepo, 2020a) ve gelişmiş ülkelerde yirmi iki farklı sektörde yapılan çalışmada (Vivarelli vd., 1996) teknoloji ve yenilik faaliyetlerinin, istihdam üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmektedir. Michaels vd. (2014), ABD, Japonya ve dokuz Avrupa ülkesinde yaptığı analizde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin, yüksek eğitilmiş işçilere olan talebi belirgin bir şekilde artırırken düşük eğitilmiş işçilere olan talebi hızla azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Griliches (1969) ve Welch (1970) tarafından literatüre kazandırılan “*Beceri Yanlı Teknolojik Değişim*” hipotezi, nitelikli işgücü ile teknolojik değişim arasındaki ilişki ve tamamlayıcılığı ele almaktadır ve verimli teknoloji kullanımının nitelikli işgücü gerektirdiğini savunmaktadır (Haile vd., 2017: 3). Beceri yanlı teknolojik değişim hakkındaki literatür, özellikle gelişmiş sanayi ülkelerinde BİT teknolojileri, Ar-Ge ve ticari açıklıktaki artışların daha az eğitilmiş işçi talebinde azalmaya yol açabileceğini göstermektedir. Ülke düzeyinde yapılan birçok ampirik çalışmada, beceri yanlı teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkileri doğrulanmaktadır: Almanya (Falk ve Seim, 2001), ABD (Agenor ve Aizenman, 1997), İtalya (Piva vd., 2005), İspanya (Aguirregabiria ve Alonso-Borrego, 2001), Kanada (Gera vd., 2001), Türkiye (Meschi vd., 2011 ve 2016), Etiyopya (Haile vd., 2017).

4.3.1. Sektörel Düzeydeki Çalışmalar

Brouwer vd. (1993) Hollanda’da imalat sanayisinde faaliyet gösteren 859 firma üzerinde, 1983-1988 döneminde yaptığı araştırmada, yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Ağırlıklı olarak ürün-odaklı Ar-Ge yapan firmalarda, istihdamın ortalamanın üzerine çıkmasına rağmen Ar-Ge yoğunluğunu arttıran firmalarda, istihdamın çok az da olsa negatif etkilendiği tespit edilmiştir. Ürün yeniliği

yapan küçük firmalardaki istihdam artışının büyük firmalara göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Vivarelli vd. (1996) İtalyan imalat sektöründeki yeniliklerin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışmada, süreç yeniliği etkinliğinin ürün yeniliği karşısında daha baskın olmasından dolayı, İtalyan imalat sektöründe teknolojinin, istihdam üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. ABD, Japonya, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya ülkelerini kapsayan çalışmanın sektörel boyutunda da paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Van Schaik ve De Groot (1998) çift işgücü piyasasına sahip iki sektörlü bir içsel büyüme modeli geliştirmiştir. Firmalar arasındaki rekabetteki değişimin aynı anda büyümeyi ve işsizliği nasıl etkilediği ele alınmıştır. Farklı yüksek teknoloji firmalarının ürün çeşitleri arasındaki ikame esnekliğinin artması piyasa gücünü azaltırken daha yüksek büyümeye yol açmakta ancak iş beklentilerini azaltmaktadır. Diğer taraftan eğer piyasaya giriş engelleri varsa piyasadaki rakiplerin sayısındaki artış (giriş engellerinin kaldırılması nedeniyle) daha düşük büyümeye yol açmaktadır ancak istihdam üzerindeki etkisi belirsiz olarak tespit edilmiştir.

Goux ve Maurin (2000) 1970-1993 dönemi için Fransa'da vasıfsız işçilere yönelik talepteki düşüşünün sebebini araştırmıştır. Bu düşüşün yaklaşık 2/3'ünün, vasıfsız işçilerin en yüksek oranla çalıştığı endüstriler için, iç talebin durgunluğundan kaynaklandığı bulunmuştur. Başka bir deyişle bu düşüş, mal ve hizmetlere yönelik iç talebin sanayi bileşimindeki değişiklikten kaynaklanmaktadır. Teknik ilerlemelerin işgücü piyasasındaki değişime etkisi nötr olarak bulunmuştur. Piyasada yüksek vasıflı ve eğitimli işçilere yönelik artan talebin sonucunda yaşanan ikame etkisinin bir diğer neden olduğu tespit edilmiştir. Yeni teknolojiler, özellikle bireysel endüstrilerde ve mesleklerde vasıfsız işgücü yerine nitelikli işgücünün ikamesine elverişli görülmemiştir. Ayrıca araştırmadaki bulgular ABD verileri ile karşılaştırılmıştır ve eşitsizlik yaratan sebeplerin ABD'den farklı olduğu ve bunun tek sorumlusunun teknik ilerlemeler olmadığı tespit edilmiştir.

Şener (2000 ve 2001) denge işsizliğin genel bir denge modelini oluşturmuştur. Yapılan çalışmada, vasıflı ve vasıfsız işçilere olan talepteki değişim ve bu değişimde teknoloji ve ticaret açıklığı gibi diğer etkenlerin rolü ele alınmıştır. Ticaretin

serbestleştirilmesi vasıfsız işgücünün işsizlik oranını arttırmaktadır ancak ekonomi genelindeki işsizlik oranı üzerinde belirsiz bir etkiye sahiptir. Teknolojik ilerlemenin istihdam üzerindeki etkisi iki farklı kategoride ele alınmıştır: Bunlardan birincisi, artan iş döngüsü nedeniyle yok olan işler, diğeri Ar-Ge çalışmalarında sayesinde ortaya çıkan yeni işlerdir.

Gera vd. (2001) Kanada endüstrilerinde teknolojik değişimin vasıflı işçilere olan göreceli talep üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yirmi altı sektör üzerinden yapılan bu araştırma, 1981-1994 yıllarını kapsamaktadır. Araştırma kapsamında yapılan analizde teknolojinin etkisini belirlemek için, Ar-Ge harcamaları, patent sayıları ve sermaye stoku değişiminden yararlanılmıştır. Analizde, şu iki temel soruya cevap aranmıştır: Birincisi, Kanada endüstrilerinde 1981-1994 döneminde beceri seviyelerinde artış olmuş mudur? İkincisi, bu artış beceri yanı sıra teknolojik gelişimden mi kaynaklanmaktadır? Analiz döneminde sermaye stoku, tekstil ve metalik olmayan mineraller endüstrileri dışında tüm endüstrilerde artmıştır. Bu dönemde üretimdeki artış en fazla elektrikli aletler, haberleşme, ulaşım ve toptan satış sektörlerinde görülmektedir. Ar-Ge harcamaları tüm sektörlerde artarken patent sayıları için birkaç sektörde azalma görülmektedir. Kanada endüstrilerinde beceri yanı sıra teknolojik değişiminin, 1981-1994 dönemi için beceri geliştirme sürecinin ardındaki en önemli itici güç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Morrison Paul ve Siegel (2001) ticaret, teknoloji ve dış kaynak kullanımının işgücü talebindeki değişim üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Analiz sonucunda işgücü yapısındaki en büyük değişimin teknoloji kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Teknolojinin emek yapısında yüksek eğitimli çalışanlar lehine bir etki yarattığı ve bu etkinin ticaret veya dış kaynak kullanımından daha güçlü olduğu görülmektedir. Bilgisayarlara ve Ar-Ge'ye yapılan yatırımlardaki artış, bir taraftan yüksek öğrenimi olmayan işçilere olan talebi azaltırken diğer taraftan yüksek öğrenime sahip işçilere olan talebi arttırmaktadır. Teknoloji değişkeni olarak bilgisayar ve Ar-Ge'nin etkileri önemli ölçüde birbiri ile tutarlı bulunmuştur. Ticaretin daha az eğitimli işçi talebi üzerinde olumsuz bir etkisi vardır ancak daha eğitimli işçi talebindeki artışa neden olduğu sonucuna ulaşılamamıştır.

Autor vd. (2003) 1960'lerden sonraki yaklaşık kırk yıllık dönemde bilgisayarlaşmanın ABD işgücü yapısını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Zaman serisi analizi kullanılarak yapılan analizde bilgisayarlaşma ve eğitilmiş işgücünün artan talebi arasında belirgin bir korelasyonun varlığına işaret edilmektedir. Araştırma, bilgisayarlaşmanın 1970'lerde 1960'lara göre yüksek eğitilmiş istihdamında daha hızlı büyümeye katkıda bulunduğunu ve bu etkinin 1980'lerde ve 1990'larda daha da arttığını göstermektedir. Bulgular, son teknolojik değişimin özellikle 1970'lerden bu yana istihdamın görev yapısı üzerinde hızlandırıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Postel-Vinay (2002) teknolojik ilerlemenin istihdam üzerindeki uzun vadeli ve kısa vadeli etkilerini incelemiştir. Analiz sonucunda, daha hızlı teknolojik değişimin, iş devir hızını arttırarak yeni işlerin karlılığını azaltmak suretiyle, uzun dönemli istihdam düzeyi üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmektedir. İlaveyen, bu etkinin kısa vadede istihdam üzerinde olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Evangelista ve Savona (2002) İtalya'da 1993-1995 döneminde faaliyet gösteren hizmetler sektörü firmalarında yeniliğin istihdam üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, hizmetler sektörünün genelinde yeniliğin istihdama olumlu katkı sağlamasına karşın İtalya'da bu durumun tersi bulunmuştur. Başka bir deyişle, İtalyan hizmet sektöründe ilgili dönemde yeniliğin, istihdam üzerinde olumsuz etkisinin olduğu görülmektedir.

Peters (2005) Alman imalat ve hizmet sektöründe yenilik ve istihdam büyümesi ilişkisini analiz etmiştir. Başarılı ürün yeniliklerinin istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu fark imalat sanayisinde hizmet sanayisine göre daha belirgin olmasına rağmen istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Süreç yeniliklerinin istihdam üzerindeki etkisi değişkendir ancak Alman imalat sanayisinde süreç yeniliğinin istihdam üzerindeki etkisi olumsuz olarak bulunmuştur.

Pieroni ve Pompei (2008) İtalyan ekonomisinde işgücü piyasası esnekliği ve yenilik arasındaki bağlantıyı analiz edilmiştir. Analiz sonucunda hem mavi hem de beyaz yakalı ücret seviyelerinin patent faaliyetleri üzerinde olumlu bir etki yaptığı görülmektedir. İşgücü piyasası hareketliliği istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte coğrafi farklılaşmadan elde edilen sonuçlar, patent etkinliğinin daha

önemli olduğu bölgelerde emek hareketliliğinin yenilik üzerinde olumsuz etki yaptığını göstermektedir.

Meriküll (2008) Estonya’da imalat ve hizmet sektöründe yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Analiz sonucunda hem firma düzeyinde hem de sektörel düzeyde yeniliğin istihdam üzerinde olumlu etkisinin olduğu ve bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Huo ve Feng (2010) on beş Avrupa ülkesi ve ilaveten Norveç’i kapsayan analizde, yenilik ve istihdam ilişkisine dair çıkarımlarda bulunmuştur. Yeni ürünlerin daha önce hayal bile edilemeyen tüketici taleplerini teşvik ettiği için yeni iş fırsatları yarattığını savunmaktadır. Genel literatürle uyumlu olarak: Ürün yeniliği yeni iş yaratma fırsatları ortaya çıkartırken, süreç yeniliği emek dostu doğasıyla iş tasarrufu sağlamakta, dolayısıyla istihdamın azalmasına neden olmaktadır.

Bogliacino ve Pianta (2010) sekiz Avrupa ülkesi için imalat sektörü ve hizmetler sektöründe yenilik ve istihdam ilişkisini analiz etmiştir. Yeni ürünler ve yeni pazarlar arama çabaları yeni işkolları sağlarken, süreç yeniliğinin iş kayıplarına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bu sonuçların tüm sektörler için geçerli olmayacağı, hizmet sektörü ve imalat sektörü ayrımının da anlamlı sonuçlar için yeterli olmayacağı belirtilmiştir.

Weiss ve Garloff (2011) beceri yanlı teknolojik değişimin işsizlik ve ücret eşitsizliği üzerindeki etkilerini ele almıştır. Genel olarak beceri yanlı teknolojik değişimin vasıfsız işsizleri olumsuz etkilediği ve işsizlik oranını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum vasıflı işçilerin artan verimlilik sonucunda daha fazla ücret elde etmesiyle vasıfsız işçilerin de daha fazla ücret talep etmesine yol açar. Ancak vasıfsız işçilerin ücretlerindeki artış verimlilik artışı ile karşılanmadığı için bu durum işsizliğe neden olmaktadır.

Bogliacino ve Vivarelli (2012) on beş Avrupa ülkesi için imalat ve hizmetler sektörüne ait yirmi beş sanayi kolunda, 1996-2005 yılları arasında yapılan, Ar-Ge harcamalarının istihdam üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Panel veri kullanılarak GMM-SYS yönteminden faydalanılmıştır. 2295 gözlemle yapılan analiz sonucunda Ar-Ge harcamalarının istihdamı pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Zuniga ve Crespi (2013) üç Latin Amerika ülkesinde yenilik stratejilerinin istihdam büyümesi üzerindeki etkilerini ele almıştır. Ele alınan üç stratejinin (kendin yap- satın al- yap ve satın al) istihdam üzerindeki etkileri farklı bulunmuştur. Kendi Ar-Ge'sini yapan firmalarda istihdam en yüksek seviyede ve olumlu etkilenmiştir. Bu etki, ileri-teknoloji üreten firmalarda daha fazla görülmüştür. Ayrıca bu etkinin küçük firmalarda da aynı şekilde geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada ürün yeniliğinin daha çok iç Ar-Ge çalışmaları ile, süreç yeniliğinin ise satın alınan Ar-Ge ile desteklendiği görülmektedir.

Autor ve Dorn (2013) 1980-2005 yıllarını kapsayan dönemde, ABD hizmet sektöründe düşük vasıflı hizmet mesleklerinin büyümesi ile birlikte aynı dönemde istihdam ve ücretlerde meydana gelen kutuplaşmayı analiz etmiştir. Bilgi teknolojisini benimsemiş ve rutin görevler konusunda uzmanlaşan yerel işgücü piyasaları, düşük vasıflı işgücünü hizmet sektörüne yönlendirerek bunların ücretlerinde artış sağlamış ve vasıflı işgücünün hizmet piyasasına girişlerini hızlandırmıştır. Analiz öncesi son yirmi beş yılda düşük kazançlı mesleklerin çoğunda durgun veya azalan kazançlar ve istihdam oranı görülmesine karşın ABD hizmet sektörünün bu durumun bir istisnası olduğu ortaya çıkmaktadır.

Michaels vd. (2014) ABD, Japonya, dokuz Avrupa Ülkesi için, yirmi yedi sektörde yaptığı araştırmada BİT'in işgücü kutuplaşmasına etkisini araştırmıştır. Yirmi beş yıllık dönemi kapsayan analizde BİT, yüksek eğitilmiş işçilere olan talebi belirgin şekilde arttırırken düşük eğitilmiş işçilere olan talebi hızla azaltmaktadır. Ayrıca yapılan analizde bu kutuplaşma etkisinde, ticari açıklığın da rolünün olduğu belirlenmiştir.

Goos vd. (2014) 1993-2010 döneminde on altı Batı Avrupa ülkesinde iş kutuplaşmasının nedenlerini incelemiştir. Batı Avrupa'daki istihdam yapısında yüksek ücretli profesyoneller ve yöneticiler için artan istihdam payları ile düşük ücretli kişisel hizmet çalışanları ve imalat ve rutin ofis çalışanlarının ise düşen istihdam paylarıyla birlikte kutuplaşma gözlenmiştir. Bulgular, bu kutuplaşmada rutin yanlı teknolojik değişimin etkisinin offshoring etkisinden daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır.

Yıldırım ve Kostakoğlu (2014) 1992-2008 dönemine ait verilerle Türkiye'de yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. VAR modeli kullanılarak yapılan

analiz, teknolojinin vasıflı işgücü talebini arttırmasına karşın vasıfsız işgücüne olan talebi bu orandan daha fazla azalttığını göstermektedir. Başka bir deyişle, analiz için seçilen ulaşım ve haberleşme sektöründe teknolojik ilerlemenin işsizlik üzerinde negatif etkisi olduğu görülmektedir.

Graetz ve Michaels (2015) 1993-2007 yılları arasında on yedi ülkeyi kapsayan araştırması ile endüstriyel robotların ekonomik çıktıları araştırılmıştır. Endüstriyel robotların ilgili dönemde ilgili ülkelerde işgücü verimliliğini ve katma değeri arttırdığı görülmektedir. Endüstriyel robotların, ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %10'a tekabül eden bir katkı sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca robotların hem toplam faktör verimliliğini hem de ücretleri arttırdığı, ancak toplam istihdam üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, toplam çalışma süresine büyük bir etkisi olmamasına karşın orta ve düşük vasıflı işgücünün ortalama çalışma saatlerini azalttığı görülmektedir.

Üçdoğruk (2016) Türk imalat sanayisinde 1995-2000 dönemi verilerini analiz ederek yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ileri-teknoloji, orta-teknoloji ve düşük-teknoloji firmaları ayrı ayrı ele alınmıştır. Düşük-teknoloji firmalarında daha belirgin olmak üzere ilgili analiz döneminde, Türk imalat sanayisi firmalarında hem süreç hem ürün yeniliklerinin istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Aubert-Tarby vd. (2017) basın sektöründe dijitalleşmenin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Dijitalleşme ve ürün yeniliğinin vekil değişkeni olarak online satışlar kullanılmıştır. İlginç bir şekilde, basın sektöründe daha fazla dijitalleşmenin iş kaybını azalttığını ve beklenenin aksine iş yaratma etkisinin daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışmaya göre dijitalleşme süreci, basın mensuplarının kazançlarını da arttırmaktadır.

Piva ve Vivarelli (2018) 1998-2011 yıllarına ait panel veri ile on bir Avrupa ülkesi için teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkisini analiz etmiştir. İmalat ve hizmetler sektörünü kapsayan ve GMM-SYS ve LSDVC yöntemlerinin kullanıldığı analizde: Ağırlıkla ürün yeniliğine bağlı olarak, Ar-Ge'nin istihdam üzerinde olumlu etki yaptığı tespit edilmiştir. Ancak istihdam üzerindeki bu olumlu etkinin tamamen orta ve ileri-teknolojili sektörlerle bağlı olduğu görülmüş, düşük teknolojili sektörlerde

hiçbir etki bulunamamıştır. Ayrıca sermaye oluşumunun istihdamla negatif ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Cirillo vd. (2018), 2002-2007 ve 2007-2011 yıllarını kapsayan iki dönemde beş Avrupa ülkesinde otuz altı imalat ve hizmet sektörü kolunda yaptıkları çalışmada iş döngüsü değişimini incelemiştir. Teknoloji, eğitim ve ücretlerin dört profesyonel grubun (yöneticiler, katipler, el sanatları ve el işçileri) değişimini nasıl şekillendirdiği analiz edilmiştir. İmalat sanayilerindeki yükseliş sırasında, yöneticiler dışındaki tüm profesyonel gruplar iş kayıpları yaşarken hizmetler sektöründe yeni işlerin ortaya çıktığı görülmüştür. Yeni ürünlerin sadece yöneticilerde istihdam yarattığı ve ücret artışlarının en düşük meslek grubu dışında istihdam yaratmayı yavaşlattığı tespit edilmiştir. Yeni süreç, analiz kapsamındaki tüm gruplarda yeniden yapılanma ve iş kaybını teşvik ederken, ürün yeniliği istihdam üzerindeki olumlu etkisini kaybetmektedir.

Falk ve Hagsten (2018), pazar yeniliğinin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Analiz sonucunda pazar yeniliğinin imalat sektöründe istihdam üzerinde olumlu bir etki yaptığı, yenilik nedeniyle cirodaki her %1'lik artışın istihdamda %1,6 artışa neden olduğu görülmüştür. Buna karşılık hizmet sektöründeki istihdam, yeni pazar ürünlerinden ziyade bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yeniliklerden faydalanmaktadır.

Aydın (2018) 1981-2015 döneminde teknolojik ilerlemenin Türkiye'de istihdam yapısına etkilerini analiz edilmiştir. ARDL modeli kullanılarak yapılan analizde teknolojik ilerlemelerin yüksek-öğrenimli vasıflı işgücüne olan talebi arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Chiacchio vd. (2018) AB endüstriyel robot pazarının yüzde 85,5'ini oluşturan altı AB ülkesinde endüstriyel robotların istihdam ve ücretler üzerindeki etkisini incelemiştir. Seçilen altı AB ülkesinde üretim süreçlerine robotların dahil edilmesiyle istihdam oranlarının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bin işçi başına bir ek robotun istihdam oranını 0,16-0,20 puan azalttığı hesaplanmıştır. Yerinden olma etkisinin özellikle orta eğitimli çalışanlar için belirgin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte robotların ücret artışına etkisine dair önemli sonuçlar elde edilememiştir.

Fonseca vd. (2018) 1986-2007 dönemi için Portekiz’de istihdam ve ücret kutuplaşmasını ele almıştır. Bu kutuplaşmanın önemli oranda teknoloji kaynaklı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. İstihdam etkisi, rutin manuel görevler ile rutin bilişsel görevler arasında ayırım yapılarak incelenmiştir. Rutin manuel istihdamda keskin bir düşüş ortaya çıkarken rutin bilişsel istihdamdaki düşüşün çok az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İmalat ve hizmet sektörleri arasındaki dramatik işgücü değişiminin, iki tür rutin görev için de göreceli talep üzerinde güçlü bir etki yarattığını göstermektedir.

Acemoğlu ve Restrepo (2020a) 1990-2007 döneminde endüstriyel robotların kullanımındaki artışın ABD yerel işgücü piyasalarında istihdam ve ücretler üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Analiz sonucunda sanayide robot kullanımındaki artışın hem istihdam hem de ücretler üzerinde olumsuz etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmadaki tahmin sonuçlarına göre, bin işçi başına ilave bir robot kullanımı istihdam/nüfus oranını yaklaşık 0,2 puan (ABD için yaklaşık 400bin iş) ve ücretleri %0,42 oranında düşürmektedir.

4.3.2. Firma Düzeyi Çalışmalar

Casavola vd. (1996) İtalya ekonomisinde firma düzeyinde teknolojik ilerlemenin işçilerin niteliklerine göre kazançları ile işgücü talebine etkilerini incelemiştir. 1986-1990 yıllarını kapsamakta olan panel veri analizi 35174 firma verisi ile sabit etkiler regresyonu kullanılarak yapılmıştır. Teknolojinin artması ile nitelikli işgücü talebi arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Ancak nitelikli işçilerin kazançlarında önemli bir artış görülmemiştir ve İtalya genelindeki ücret dağılımının ABD ve İngiltere’ye kıyasla aynı ölçüde artmadığı görülmüştür. İtalyan ücret pazarlık sisteminin özelliklerinin, kazanç dağılımındaki artışı engelleyebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Vivarelli vd. (1996) İtalyan imalat sektöründeki yeniliklerin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışmada süreç yeniliği etkinliğinin ürün yeniliği karşısında daha baskın olmasından dolayı İtalyan imalat sektöründe teknolojinin istihdam üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Doms vd. (1997) ABD’de firma düzeyinde yaptığı araştırmada, imalat sanayisindeki otomasyon teknolojilerinin kullanımının; ücretleri, mesleki eğitimi ve

verimliliği nasıl etkilediğini analiz etmiştir. Çalışmada iki farklı analizde iki farklı sonuç elde edilmiştir. Yatay kesit sonuçları, daha yoğun yeni teknoloji kullanan firmaların daha eğitilmiş işçi çalıştırdığını ve bu işçilerin %8-20 daha yüksek ücret aldığını göstermektedir. Panel veri analizi ise işçilerin niteliklerinin yükselmesi ile yeni teknolojilerin benimsenmesi arasında çok az korelasyon olduğunu göstermektedir.

Van Reenen (1997) İngiltere’de imalat sektöründe faaliyet gösteren 598 firma üzerinde 1976-1982 yıllarını kapsayan verileri kullanarak panel veri analizi yapmıştır. Teknolojik değişimin istihdam üzerinde belirgin ve olumlu bir etki yaptığı görülmüştür. Yeniliğin etkisine ayrı ayrı bakıldığında: Ürün yeniliğinin istihdam üzerinde olumlu etki gösterdiği, buna karşın süreç yeniliğinin çoğu zaman istihdamla ilişkisiz olduğu ya da çok az da olsa negatif etki yaptığı görülmüştür.

Smolny (1998) ürün ve süreç yeniliğinin firmalarda üretim, kapasite kullanımı, istihdam ve fiyatları nasıl etkilediğini analiz etmiştir. Analizde, Batı Almanya’da yer alan 2405 firma panel verisi kullanılmıştır. Yenilikçi firmaların daha başarılı olduğu, daha yüksek kapasite kullanımına ulaştığı, daha fazla üretim yaptığı ve istihdam artışının bu firmalarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca daha çok ürün yeniliği yapan firmaların daha sık istihdamı değiştirdiği, fiyatları ise daha az değiştirdiği ve fiyat rekabetini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Blanchflower ve Burgess (1998) İngiltere ve Avustralya için teknoloji ile istihdam arasındaki ilişkiyi araştırmış ve bu iki ülke için karşılaştırmalı bir analiz yapmıştır. Her iki ülke için de yeni teknolojilerin kullanılmasının istihdamla pozitif ilişkili olduğu görülmüştür. Yeni teknolojilerin istihdama katkısı Avustralya’da yılda yaklaşık %1,5 ve İngiltere’de ise %2,5 oranında bulunmuştur. Yeni teknolojinin sağladığı istihdam artışının daha büyük işyerlerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İngiltere’de istihdam artışı sendikalı sektörlerde sendika dışı sektörlerden daha düşük bulunmuştur. Ancak daha yüksek sendikalaşma oranına sahip Avustralya ekonomisinde böyle bir etki bulunamamıştır.

Klette ve Forre (1998) Norveç imalat sektöründeki Ar-Ge yatırımlarını analiz ederek yeniliğin istihdam yaratma ilişkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada genel sonuç olarak, Ar-Ge ve istihdam yaratma arasında kesin bir pozitif ilişki

bulunmamıştır. Bununla birlikte, 1984-89 yıllarında ileri-teknoloji endüstrilerinde istihdam yaratma en yüksek seviyelerde, 1990 hariç tüm yıllarda ise düşük-teknoloji endüstrilerinde istihdam yaratma oranları en düşük seviyelerde görülmüştür. 1982-92 dönemi boyunca Norveç firmaları göz önüne alındığında hem sektör hem de firma düzeyinde, en yüksek Ar-Ge yoğunluklu birimlerin imalat sektörünün geri kalanına göre istihdam açısından gerilediği görülmektedir.

Gatti (2000) yaptığı araştırmada, farklı kurumsal ortamlarda denge işsizlik ve yenilik kalıpları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yeniliğin istihdam üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Ancak bu ters etkinin yenilik faaliyetinin yoğunluğuna çok fazla bağlı olmayabileceğini ortaya koymuştur. Araştırmada yenilik faaliyeti olarak bilgi tabanlı ve ürün odaklı inovasyon fonksiyonları olmak üzere iki ana yenilik faaliyeti ele alınmaktadır.

Greenan ve Guellec (2000) firma düzeyi ve sektörel düzeyde yaptıkları analizde, 15186 Fransız firması için teknolojik yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Yenilikçi firma ve sektörlerin orta vadede (beş yıl) daha fazla istihdam yarattığını tespit etmiştir. Firma düzeyinde süreç yeniliğinin ürün yeniliğine göre daha fazla istihdam yarattığı, sektörel düzeyde ise bu durum tersinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum yaratıcı yıkım sayesinde ortaya çıkan ikame etkisiyle açıklanmaktadır.

Falk ve Seim (2001) firma düzeyinde beceri yoğunluğu ve bilgi teknolojisi arasındaki bağlantıyı araştırmıştır. Analiz, 1994-1996 döneminde 933 Batı Alman firmaları için hizmet sektöründe ve sabit/rastgele etkiler yöntemi ile tobit modellerini kullanmıştır. Ampirik bulgular bilgi teknolojilerine yatırım/ çıktı oranının daha yüksek olduğu firmalarda daha fazla sayıda yüksek vasıflı işçi kullanıldığını göstermektedir, ancak bu etki çok küçüktür. Başka bir deyişle, toplam çıktıda bilgi teknolojisi yatırımı oranı daha yüksek olan firmalar daha fazla üniversite mezunu istihdam etmektedir. Bu pozitif etki, bankacılık ve sigortacılık sektöründe önemli ölçüde daha büyük bulunmuştur.

Greenhalgh vd. (2001), Ar-Ge harcamaları, patent ve marka ile temsil edilen teknoloji aktiviteleri ile istihdam arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Analiz, 1987-1994 dönemini ve İngiltere’de imalat sanayisinde faaliyet gösteren yaklaşık 500 firmayı

kapsamaktadır. Analiz sonucuna göre: Patent ve marka almış olan ve ayrıca Ar-Ge harcaması yaptığını beyan eden firmaların birçoğu emsal firmalardan daha fazla istihdam sağlamaktadır. Artan Ar-Ge harcamalarının ve ilave her patentin marjinal etkisi istihdam üzerinde önemli bir katkıya sahiptir. Ar-Ge harcamalarının etkisi ileri-teknoloji firmalarında daha fazladır, oturmuş teknoloji firmalarında ise patentin istihdam üzerindeki etkisi daha fazla bulunmuştur.

Aguirregabiria ve Alonso-Borrego (2001) yaptıkları çalışmada, 1980'lerde OECD ülkelerinin çoğunda meydana gelen beyaz yakalı mesleklere yönelik beceri yanlı teknolojik değişim olgusunu ele almıştır. Çalışma; 1986-1991 dönemini kapsayan beş farklı işgücü girdisi, fiziki sermaye stoku, Ar-Ge ve teknolojik sermaye bilgilerini içeren 1080 İspanyol imalat firmasından oluşmaktadır. Firmaların olumsuz şoklarla karşılaştıklarında mesleki yapıdaki ana değişikliklerin daha da yoğunlaştığı görülmektedir. Bununla birlikte, firmalar olumlu şoklarla karşılaştıklarında teknolojik sermayeye yatırım yoğunluğu artmaktadır. Özellikle, üretim sürecinde yeni teknolojik sermayenin dahil edilmesi mesleki yapıda önemli değişikliklere yol açmaktadır. Beyaz yakalıların istihdam payındaki artışların çoğu durgunluk dönemlerinde yoğunlaşmıştır, ancak teknolojik sermayeye yapılan toplam yatırım konjonktürel görünmektedir. Çalışmadaki ampirik bulgular, yeni yenilikçi firmalar tarafından yeni teknolojilerin benimsenmesi kararının konjonktürel olduğunu ve mesleki yapı üzerinde eski yenilikçi firmaların teknolojik sermaye birikiminden çok daha güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Alonso-Borrego ve Collado (2002) 1990-1997 döneminde 1265 İspanyol imalat sektörü firmasında yeniliğin iş yaratma ve iş yok etme etkilerini araştırmıştır. Yenilikçi firmaların yok ettikleri işlere nazaran daha çok iş yarattıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca teknolojik çabanın net istihdam yaratma üzerinde olumlu bir etkisi olduğu ve yenilikçi firmalar için iş yıkımının kendine özgü şoklara karşı daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Piva ve Vivarelli (2005) firma seviyesinde yapılan analizle yeniliğin istihdam üzerinde olumlu etki yaptığını dair literatürde genel kabul görmüş hipotezi yeniden test etmektedir. Bu analizde bu hipotezin, İtalyan imalat sanayisinde olduğu gibi Ar-Ge dışı harcamalar yoluyla ara teknolojilerin uygulandığı durumlarda da geçerli olup

olmadığı test edilmiştir. GMM-SYS yöntemiyle yapılan analiz sonucunda, yeniliğin istihdam üzerinde pozitif etkisi olduğu ancak bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olmasına rağmen çok az olduğu görülmüştür.

Piva vd. (2005) orta teknoloji bir ülkede teknolojik değişim ve yeniden yapılanmanın beceri yanlılığının olası belirleyicileri olup olmadığını araştırmıştır. Beceri yanlılığının belirlenmesinde tek başına Ar-Ge'nin iddia edilen rolü ekonometrik tahminlerle doğrulanamamıştır. Ar-Ge ve örgütsel değişkenlerin birleştirilmesinin daha yüksek ve daha önemli bir etki sağladığı görülmüştür. Nitelik artışı, yalnızca teknolojik değişimin bir sonucu olmaktan ziyade yeniden yapılanma stratejisinin bir işlevi olduğunu göstermektedir.

Piva vd. (2006) İtalyan makine sektöründe “Beceri Yanlı Teknolojik Değişim” açısından “*Beceri Yanlı Örgütsel Değişim*”in önemine değinmiştir. Sonuçlar, teknolojik değişimin beceri yanlı olmaktan ziyade emek tasarrufu sağladığını göstermektedir. İtalyan makine sektöründe hem beyaz yakalılar hem de mavi yakalıları yeni teknolojilerin benimsenmesi ve yenilik yatırımlarından olumsuz etkilenmektedir. Başka bir deyişle hem vasıflı hem de vasıfsız işçiler teknolojik değişimden olumsuz etkilenmektedir. Bununla birlikte örgütsel değişimin vasıflı işçiler lehine asimetric bir etkisi olduğu ve yeni teknolojilerle ilişkilendirilebilecek örgütsel değişimin vasıflı işçilerle ilişkili olduğu görülmektedir.

Michelacci ve Lopez-Salido (2007) Solow büyüme modelini baz alarak teknolojiye uyum ve istihdam ilişkilerini VAR modeli ile analiz etmiştir. Yansız teknolojik ilerleme ve yatırım odaklı teknik ilerleme şoklarının etkileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Mikro seviyede teknoloji dinamiklerinin bazı özelliklerinin eşleştirilmesinden sonra teknolojideki yansız ilerlemelerin işlerin yok edilmesi, yeniden tahsisi ve işsizlikte artışa yol açtığı bulunmuştur. Buna karşılık yatırım odaklı teknolojik ilerlemelerin ise işlerin yok olmasını bir nebze azalttığını ve yeni işler yaratılmasında az da olsa olumlu katkı yaptığı sonucuna ulaşılmıştır.

Meriküll (2008) Estonya’da imalat ve hizmet sektöründe yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Analiz sonucunda hem firma düzeyinde hem de sektörel düzeyde yeniliğin istihdam üzerinde olumlu etkisinin olduğu ve bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Hall vd. (2008) 1995-2003 yıllarına ait firma verileri ile İtalyan imalat sanayisi firmalarında yeniliğin istihdam büyümesine katkılarını analiz etmiştir. Analiz, firmaların muhtemelen İtalyan işgücü piyasasının katılıklarından dolayı süreç yeniliğinin verimlilik artışı anlamında fayda sağlayamayabileceğini göstermektedir. Ayrıca İtalyan firmalarında süreç yeniliği sonucunda iş kaybettirme etkisinin önemli olmadığı kanıtlanmıştır. İlaveten, mevcut ürünler için ortalama üretkenlik artışının 2000 yılına kadar arttığını ve daha sonra düştüğünü ve İtalyan imalat sanayisi firmalarının, süreç yeniliğinden kaynaklanan verimlilik kazanımlarından tam olarak faydalanabilmeleri için, istihdamı yeniden konumlandırmada yetersiz kaldığına işaret edilmektedir. Analizde, 1995-2003 döneminde İtalya'daki istihdam artışının yaklaşık yarısının ürün yeniliği kaynaklı, diğer yarısının ise eski ürünlerin üretkenlik kazançlarındaki net satış büyümesi kaynaklı olduğu bulunmuştur. Genel sonuç olarak, süreç yeniliğinin iş kaybettirme etkisinin İtalya'da çok az olduğu buna karşın ürün yeniliğinin istihdamı artırdığı tespit edilmiştir.

Yang ve Lin (2008) Tayvan'daki teknolojik yeniliğin istihdam üzerindeki etkileri hakkında bazı ampirik bulgular sunmaktadır. Tayvan'da 1997-2003 dönemini kapsayan 518 firma verisi ile yenilikçi faaliyetler ve işgücü kompozisyonu hakkında firma düzeyinde panel veri analizi yapılmıştır. Yeniliğin ölçümünde Ar-Ge yatırımları veya patent sayıları kullanılmış ve yeniliğin istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu hem süreç yeniliği hem de ürün yeniliği bazında doğrulanmıştır. Ancak süreç yeniliğinin etkileri yüksek ve düşük Ar-Ge-yoğun endüstriler arasında farklılık göstermektedir. Süreç yeniliğinin istihdam etkisi, yüksek-Ar-Ge-yoğun endüstriler için önemli ölçüde pozitif ve düşük-Ar-Ge-yoğun endüstriler için negatif bulunmuştur. Ayrıca teknolojik yeniliklerin, nitelikli ve daha eğitimli çalışanlar lehine emek kompozisyonunda bir değişikliğe yol açtığı görülmektedir.

Baccini ve Cioni (2010) İtalya tekstil sektöründe bilgi ve iletişim teknolojilerinin nitelikli işgücü talebi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ampirik bulgular neticesinde bilgi ve iletişim teknolojileri girişi ile nitelikli işgücü arasında tekstil sektörü özelinde bir ilişki bulunamamıştır. Ancak teknolojinin emek tasarrufu doğası ampirik bulgularla doğrulanmıştır. Fiziksel sermayenin birçok durumda düşük vasıflı mesleklerin yerini aldığı ve hatta bazı durumlarda yüksek vasıflı mesleklerin

yerini aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Genel sonuç olarak teknolojinin tekstil sektöründe emek tasarrufu sağladığı görülmektedir.

Meschi vd. (2011) ticari açıklık, teknolojinin benimsenmesi ve vasıflı işgücü talebi arasındaki ilişkiyi Türk imalat firmalarında ele almıştır. Uluslararası açıklık ve nitelik talebinde eşzamanlı artış görülmüştür. Değişimin temel olarak sektör içi nitelik artışından kaynaklandığı görülmüştür. Ar-Ge harcamalarının nitelik artışına olumlu katkı sunduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca yurt dışından teknoloji transferinin, yabancı mülkiyetin, açıklığın ve ihracat statüsünün nitelik talebi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Evangelista ve Vezzani (2011) AB ülkelerinde imalat ve hizmet sektöründe istihdam ve yenilik ilişkisini analiz etmiştir. Analiz sonucunda, yeniliğin istihdam üzerindeki dolaylı etkisi olumlu, güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu etkinin gücü farklı yenilik türlerine göre değişmektedir. Ampirik bulgular hem teknolojik hem de örgütsel yeniliğin, istihdam üzerinde firmalarda büyüme performanslarını artırmak suretiyle olumlu bir etki yaptığını göstermektedir. Analizde süreç yeniliklerinin varlığının yeniliğin dolaylı olumlu istihdam etkilerini olumsuz etkilemediği (dengelemediği) de görülmüştür. Başka bir deyişle, süreç yeniliğinin de istihdam için olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yenilikçi firmaların yenilikçi olmayan firmalardan daha hızlı büyümesinin ve pazar paylarını ele geçirmesinin bu firmaların istihdamını arttırmak için temel oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Coad ve Rao (2011) ABD’de yüksek patent ortalaması olan ileri-teknoloji firmalarında yeniliğin istihdam üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Firma seviyesindeki yenilik faaliyetlerini Ar-Ge harcamaları ve patent ile değerlendiren analizde en küçük kareler ve ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi ile regresyon analizi yapılmıştır. Firma seviyesinde yenilik faaliyetlerinin ileri-teknoloji üretim yapan imalat sanayisi firmalarında istihdamı arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Lachanmaier ve Rottman (2011) 1982-2002 dönemi için Alman imalat sanayisi firmalarında firma düzeyinde yeniliğin istihdam üzerindeki etkisini analiz etmiştir. GMM yöntemiyle yapılan panel veri analizinde yeniliğin istihdam üzerinde olumlu etkisi olduğu bulunmuştur. Süreç yeniliğinin ürün yeniliğinden daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Gecikmeli veriler ile yapılan analizde de istihdam üzerindeki

bu olumlu etki teyit edilmiştir. Yenilik çıktısı, getirilen veya uygulanan yenilikler hakkındaki bilgilerle ve yenilik girdisi, inovasyon harcamalarıyla ölçülmüştür. Sonuçlara göre süreç yeniliğinin etkisi, ürün yeniliğinden daha yüksek olma eğilimindedir. Ayrıca birinci veya ikinci gecikme için tespit edilen etkiler daha önemli bulunmuştur.

Bogliacino vd. (2012) 677 Avrupa firmasında özel sektör Ar-Ge harcamalarının istihdam yaratma etkisini araştırmıştır. LSDVC yöntemiyle yapılan panel veri analizinde: İleri-teknoloji imalat sektöründe ve hizmetler sektöründe Ar-Ge'nin istihdam yaratma etkisi görülürken geleneksel sektörlerde bu duruma rastlanmamıştır.

Harrison vd. (2014) 1998-2000 yılları arasında Fransa, Almanya, İspanya ve İngiltere'den rastgele seçilen hizmet ve imalat sektöründeki yirmi bin firmada, süreç ve ürün yeniliklerinin istihdam artışı üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Süreç yeniliği verimliliği arttırmaktadır ve artan verimlilik işgücüne olan ihtiyacı azaltmaktadır. Ancak eski ürünlere olan talebin artması bu işgücü değişikliği etkisini telafi etme eğilimindedir ve yeni ürünlere olan talebin büyümesi yeni istihdam yaratmaktadır. Başka bir deyişle, eski ürünlere olan talep artışının getirdiği yeni istihdam, süreç yeniliğinin getirdiği iş tasarrufu etkisi telafi edecek ölçüde bulunmuştur.

Dachs ve Peters (2014) 16 Avrupa ülkesinde 2002-2004 yıllarını ve 64.600 firmayı kapsayan araştırmasıyla yeniliğin istihdam üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Bu analiz hem süreç yeniliği hem ürün yeniliği bazında yapılmıştır. Ayrıca bu etki, firmaların yerli-yabancı sahipliği durumuna göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Verimlilik artışı ve süreç yeniliği nedeniyle yabancı sermayeli firmalar, yerli firmalara göre daha yüksek iş kayıpları yaşamaktadır. Ayrıca ürün yeniliğinin istihdam yaratma etkisi yabancı sermayeli firmalarda daha büyüktür. Yabancı firmalarda mevcut ürünlerden doğan istihdam yaratıcı etki, süreç yeniliği ve verimlilik artışından kaynaklanan istihdam azalmasını bastırmaktadır. Bu şekilde yabancı sahipli firmalarda yeniliğin etkisiyle net istihdam artmaktadır. Ancak bu olumlu etki, yabancı sermayeli şirketlerde yerli firmalara göre daha düşük derecede bulunmuştur.

Bogliacino (2014) 2008-2008 yıllarına ait AB firma verilerini kullanarak yaptığı analizde yenilik ve istihdam ilişkisini incelemiştir. Ürün yeniliği ve süreç

yeniliği için firmaların Ar-Ge verilerinden vekil değişken olarak faydalanmıştır. Analiz sonucunda büyük firmalar tarafından yapılan yeniliklerin istihdam üzerindeki etkilerinin daha büyük ve pozitif olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca firma tarafından pazar payındaki herhangi bir artış için Ar-Ge'nin istihdam esnekliğinin de artma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Falk (2015) teknolojik ve örgütsel yeniliklerin istihdam artışı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma, 2006-2008 yılları arasında Avusturya imalat ve hizmet sanayisinde faaliyet gösteren firmalarda yapılmıştır. İmalat sektörü firmaları için ürün yeniliğinin iki yıl gecikmeli hali ile istihdam büyümesi arasında olumlu ancak azalan etki bulunmuştur. Hizmet firmaları için ürün yeniliğinin olumlu istihdam etkisi yalnızca yüksek şartlı istihdam büyüme oranları olan firmalar için gözlenmiştir. Süreç yeniliklerinin işgücü verimliliğindeki artışa bağlı olarak istihdam üzerinde olumsuz bir etkisi görülmüştür. Ayrıca organizasyonel ve pazarlama yeniliklerinin istihdamın artması üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır.

Kwon vd. (2015) Güney Kore'de seçilmiş 532 imalat sanayi firmasında yenilik faaliyetleri ile istihdam ilişkisini araştırmıştır. Analiz sonucunda ürün yeniliği faaliyetlerinin istihdam üzerinde önemli oranda olumlu katkı sağladığı, süreç yeniliğinin ise olumsuz katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada dört inovasyon faaliyeti (firma, ürün, organizasyonel ve kullanıcı merkezli inovasyon) kullanan firmalar ile ilgili veriler kullanılmıştır. Kullanıcı merkezli ve organizasyonel yenilik faaliyetleri yeni istihdam yaratmayla önemli ölçüde ilişkili bulunmamıştır.

Meschi vd. (2016) 1992-2001 döneminde Türkiye'de imalat sektöründe faaliyet gösteren 17.462 firma üzerinde araştırma yapmıştır. Yirmi yıllık dönem içerisinde Türk imalat sektöründeki istihdam niteliklerini ve ücretlerini etkilemede olası ticaret ve teknolojinin rollerini ampirik olarak araştırmıştır. Çalışmada teknoloji ve ticaret arasındaki ilişkinin istihdama olumlu katkı sağladığı görülmüştür. Yerli Ar-Ge faaliyetleri, ithal teknolojiler ve ihracat, vasıflı işgücü talebini artırmaktadır.

Ciriaci vd. (2016) yenilikçi ve yenilikçi olmayan firmaların istihdam büyüme modellerini karşılaştırmıştır. 2002-2009 dönemi için 3304 İspanyol firmasını kapsayan çalışmada: Yenilikçi, daha küçük ve daha genç firmaların, yüksek istihdam büyüme dönemlerini yakalamalarının, yenilikçi olmayan firmalardan daha olası olduğu

görülmüştür. Yüksek istihdam büyümesi yaratmayı başaran firmalar arasında sadece yenilikçi firmalar zaman içinde yüksek büyümeyi sürdürebilmişlerdir. Yenilikçi olmayan firmalar ise ekonomik performans açısından yenilikçilere göre daha hızlı bozulma eğilimindedir. Bu durum yenilikçi firmaların, yenilikçi olmayan firmalara göre daha fazla ve kalıcı işler yaratabileceklerini göstermektedir.

Demir ve Alpaslan (2016) Ar-Ge harcamaları, yenilik ve istihdam ilişkisini ele almıştır. Çalışmada dünyada en yenilikçi ve en çok Ar-Ge harcaması yapan yirmişer firma analize dahil edilmiştir. Analiz sonucunda, analize dahil edilen otuz bir firmada 2008-2012 dönemi için Ar-Ge harcamalarındaki artışın istihdam ve verimlilik artışı ile bir ilişkisine rastlanmamıştır.

Haile vd. (2017) Etiyopya imalat sanayisinde faaliyet gösteren 1940 firma üzerinde yaptığı çalışmada: Ticaret, doğrudan yabancı yatırım ve teknolojinin, istihdam ve işçi niteliklerindeki değişim üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Ticaret ve firmalarda yabancı mülkiyeti emek artırıcı bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla, Etiyopya imalat sektöründe küreselleşmenin olumsuz istihdam etkileri görülmemektedir.

Van Roy vd. (2018) 2003-2012 dönemi için Avrupa'dan yaklaşık yirmi bin patentli firmada yenilik faaliyetlerinin istihdam yaratma etkisini araştırmıştır. GMM-SYS yöntemiyle elde edilen analiz sonuçlarına göre yeniliklerin istihdam yaratma etkisi vardır. Bu analizde yenilik faaliyet göstergesi olarak atıf ağırlıklı patentler değişkeni kullanılmıştır. Yeniliğin istihdam üzerindeki olumlu etkisi, düşük teknoloji imalat ve hizmetlerde önemli olmamakla birlikte, yalnızca yüksek teknoloji imalat sektörlerindeki firmalar için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. *“Bu nedenle, patentli yeniliklerin, daha yüksek teknolojik fırsatlarla, yüksek talep esnekliği ve “ikame etkisi” üzerindeki “refah etkisinin” muhtemel baskınlığı ile karakterize edilen yeni ve gelişmekte olan sektörlerde emek dostu doğasını tam olarak sergilediği görülmektedir”* (Van Roy vd., 2018: 7).

Piva ve Vivarelli (2018b) JRC Scoreboard veri tabanındaki AB ülkelerinden en yüksek Ar-Ge yatırımı yapan bin Avrupa firması üzerinde teknolojinin istihdama etkilerini araştırmıştır. Teknoloji değişkeni olarak yalnızca Ar-Ge harcamaları kullanılmıştır. Analiz sonucunda, Ar-Ge harcamalarının emek dostu önemli bir etkisi olduğu ortaya çıkartılmıştır. Bununla birlikte bu olumlu istihdam etkisi tamamen orta

ve ileri-teknoloji sektörlerinden kaynaklanmakta ve düşük-teknoloji sektörlerinde herhangi bir etki bulunmamaktadır.

Aldieri ve Vinci (2018a) 2006 yılından bu yana yaşanan ekonomik kriz gibi bir mali şokun teknolojik işsizlik veya endüstriyel sektörler arasında istihdamın yeniden dağılımına etkilerini araştırmıştır. Araştırma; ABD, Japonya ve Avrupa olarak üç büyük ekonomi bölgesini ve 2002-2010 dönemine ait 879 ileri-teknoloji ve düşük-teknoloji firmasını kapsamaktadır. Analiz sonucunda kriz öncesinde ve 2006 sonrasında bilgi yayılımı etkilerinin ve diğer dışsallıkların istihdamı olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu durum yeniliğin bu dönem için yıkıcı bir etki yarattığını göstermektedir.

Aldieri ve Vinci (2018b) yeşil ekonomi yatırımlarının firma düzeyinde istihdama etkilerini araştırmıştır. Çalışma, 2002-2010 dönemi verileri ile AB ülkelerinde faaliyet gösteren Ar-Ge yoğun firmaları kapsamaktadır. Firmalar arasındaki teknolojik ilişki ölçüsünü belirlemek için çevre dostu patentlerin dağılımını kullanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular yeşil ekonomiden kaynaklanan yayılma etkisinin istihdam üzerinde olumsuz etkilerinin varlığına işaret etmektedir.

Barbieri vd. (2018) Ar-Ge harcamalarını ve somutlaşmış teknolojik değişimi dikkate alarak yenilik faaliyetinin istihdam üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma, 1998-2010 döneminde 265 yenilikçi İtalyan firmasını kapsamaktadır. Yenilik harcamalarının istihdama olumlu katkı sağladığı ancak somutlaşmış teknoloji değişim değişkeni analize dahil edildiğinde bu etkinin ortadan kaybolduğu görülmüştür. Ayrıca istihdam üzerindeki bu olumlu etkinin tamamen ileri-teknoloji sektörlerden ve büyük firmalardan kaynaklandığı, geleneksel sektörlerde ve KOBİ'lerde teknik değişim nedeniyle yeni iş oluşumunun olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 20. Teknoloji-İşsizlik/İstihdam İlişkisini Analiz Eden Firma Düzeyi Ampirik Çalışmalar

YAZARLAR	Sektör	Dönem	Ülke Adı/Grubu	Firma Sayısı	İSTİHDAMA ETKİSİ						
					Ar-Ge/ Patent Etkisi (+)	Ar-Ge/ Patent Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (+)	Süreç Yeniliği Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (-)	Süreç Yeniliği Etkisi (+)	İlişkisz/ Belirsiz
Casavola vd. (1996)	Tarımdışı Tüm Özel Sektör	1986-1990	İtalya	35174	x						
Vivarelli vd. (1996)	İmalat/Yenilikçi Firmalar	1981-1985	İtalya	8220		x					
Doms vd. (1997)	İmalat	1977-1992 1988-1993	ABD	10000	x						
Van Reenen (1997)	İmalat	1976-1982	İngiltere	598			x	x			
Smolny (1998)	İmalat	1980-1992	Batı Almanya	2405			x				
Blanchflower ve Burgess (1998)	Tüm sektörler	1989-1990	İngiltere Avustralya	2004 2061	x						
Klette ve Forre (1998)	İmalat	1982-1992	Norveç	4333							x
Greenan ve Guellec (2000)	İmalat	1986-1990	Fransa	15186	x	x	x				
Aguirregabiria ve Alonso-Borrego (2001)	İmalat	1986-1991	İspanya	1080	x						
Falk ve Seim (2001)	Hizmet	1994-1996	Batı Almanya	933	x						
Greenhalgh vd. (2001)	İmalat	1987-1994	İngiltere	500	x						
Alonso-Borrego ve Collado (2002)	İmalat	1990-1997	İspanya	1265	x						
Piva ve Vivarelli (2005)	İmalat	1992-1997	İtalya	575	x						
Piva vd. (2005)	İmalat	1989-1991	İtalya	400							x
Piva vd. (2006)	Makine	1996-2001	İtalya	22		x					

Tablo 20'nin Devamı

YAZARLAR	Sektör	Dönem	Ülke Adı/Grubu	Firma Sayısı	İSTİHDAMA ETKİSİ						
					Ar-Ge/ Patent Etkisi (+)	Ar-Ge/ Patent Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (+)	Süreç Yeniliği Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (-)	Süreç Yeniliği Etkisi (+)	İlişkisz/ Belirsiz
Michelacci ve Lopez-Salido (2007)	İmalat	1972-1993	ABD			x					
Hall vd. (2008)	İmalat	1995-2003	İtalya	9462			x				
Yang ve Lin (2008)	İmalat	1997-2003	Tayvan	516	x		x	x		x	
Meriküll (2008)	İmalat Hizmet	1994-2004	Estonya		x		x			x	
Baccini ve Cioni (2010)	Tekstil	1980-2000	İtalya	8326		x					
Coad ve Rao (2011)	Makine/Bilgisayar/ Elektrik-Elektronik Ulaşım/ Ölçüm Aletleri	1963-2002	ABD	4274	x						
Lachanmaier ve Rottman (2011)	İmalat	1982-2002	Almanya	6817	x		x			x	
Meschi vd. (2011)	İmalat	1980-2001	Türkiye	17462	x						
Evangelista ve Vezzani (2011)	İmalat/Hizmet	1998-2004	AB Ülkeleri	509008	x		x			x	
Bogliacino vd. (2012)	İmalat/Hizmet	1990-2008	Avrupa	677	x						
Zuniga ve Crespi (2013)	İmalat	1998-2009	Arjantin, Şili, Uruguay	5125	x						
Harrison vd. (2014)	İmalat/Hizmet	1998-2000	Fransa, Almanya, İspanya, İngiltere	20.000			x	x			
Dachs ve Peters (2014)	İmalat/Hizmet	2002-2004	16 Avrupa Ülkesi	64600			x	x			
Falk (2015)	İmalat/Hizmet	2006-2008	Avusturya	3070			x	x			
Kwon vd. (2015)	İmalat	2009-2011	Güney Kore	532			x	x			
Ciriaci vd. (2016)	Yenilikçi Olan/Olmayan Firmalar	2002-2009	İspanya	3304	x						
Meschi vd. (2016)	İmalat	1992-2001	Türkiye	17462	x						

Tablo 20'nin Devamı

YAZARLAR	Sektör	Dönem	Ülke Adı/Grubu	Firma Sayısı	İSTİHDAMA ETKİSİ						
					Ar-Ge/ Patent Etkisi (+)	Ar-Ge/ Patent Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (+)	Süreç Yeniliği Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (-)	Süreç Yeniliği Etkisi (+)	İlişkisz/ Belirsiz
Demir ve Alpaslan (2016)	Yenilikçi Firmalar	2008-2012	Dünya Geneli	31							x
Bogliacino (2014)	Yenilikçi Firmalar	2000-2008	AB Ülkeleri	1000	x						
Haile vd. (2017)	İmalat	1996-2004	Etiyopya	1940	x						
Barbieri vd. (2018)	Yenilikçi Firma	1998-2010	İtalya	265	x						
Van Roy vd. (2018)	İmalat/Hizmet	2003-2012	Avrupa	20.000	x						
Piva ve Vivarelli (2018b)	İmalat/Hizmet	2002-2013	AB Ülkeleri	1000	x						
Aldieri ve Vinci (2018a)	İleri/Düşük Teknoloji Firmalar	2002-2010	ABD, Japonya, Avrupa	879		x					
Aldieri ve Vinci (2018b)	Ar-Ge Yoğun Firmalar	2002-2010	AB Ülkeleri			x					

Kaynak: Yazar tarafından yapılan oluşturulmuştur.

Tablo 21. Teknoloji-İşsizlik/İstihdam İlişisini Analiz Eden Sektörel Düzeyde Ampirik Çalışmalar

YAZARLAR	Sektör	Dönem	Ülke Adı/Grubu	Firma Sayısı	İSTİHDAMA ETKİSİ						
					Ar-Ge/ Patent Etkisi (+)	Ar-Ge/ Patent Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (+)	Süreç Yeniliği Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (-)	Süreç Yeniliği Etkisi (+)	İlişkisz/ Belirsiz
Brouwer vd. (1993)	İmalat	1983-1988	Hollvea	859		x	x				
Vivarelli vd. (1996)	22 sektör	1981-1990	ABD, Japonya, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya			x					
Greenan ve Guellec (2000)	İmalat	1986-1990	Fransa	15186	x	x	x				
Goux ve Maurin (2000)	Tüm Sektörler	1970-1993	France								x
Gera, Gu ve Lin (2001)	26 Sektör	1981-1994	Kanada		x						
Morrison vd. (2001)	İmalat	1958-1989	ABD	450		x					
Autor vd. (2003)	Tüm Sektörler	1960-1998	ABD								x
Evangelista ve Savona (2002)	Hizmet	1993-1995	İtalya	6000		x					
Peters (2005)	İmalat/Hizmet	1998-2000	Almanya	2168			x	x			
Pieroni ve Pompei (2008a)	İmalat	1990-1996	İtalya		x						
Meriküll (2008)	İmalat/Hizmet	1994-2004	Estonya		x		x			x	
Bogliacino ve Pianta (2010)	İmalat/Hizmet	1994-2004	8 Avrupa Ülkesi				x	x			
Huo ve Feng (2010)	Tüm Sektörler (7 sektör hariç)	1992-2001	15 AB ülkesi + Norveç				x	x			
Bogliacino ve Vivarelli (2012)	İmalat/Hizmet	1996-2005	15 Avrupa Ülkesi		x						
Autor ve Dorn (2013)	Hizmet	1980-2005	ABD		x						
Michaels vd. (2014)	27 Sektör	1980-2004	ABD, Japonya, 9 Avrupa Ülkesi		x	x					
Yıldırım ve Kostakoğlu (2014)	Ulaşım/Haberleşme	1992-2008	Türkiye			x					
Goos vd. (2014)	İmalat/Hizmet	1993-200	16 Avrupa Ülkesi			x					

Tablo 21'in Devamı

YAZARLAR	Sektör	Dönem	Ülke Adı/Grubu	Firma Sayısı	İSTİHDAMA ETKİSİ						
					Ar-Ge/ Patent Etkisi (+)	Ar-Ge/ Patent Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (+)	Süreç Yeniliği Etkisi (-)	Ürün Yeniliği Etkisi (-)	Süreç Yeniliği Etkisi (+)	İlişkisz/ Belirsiz
Graetz ve Michaels (2015)	238 Sektör	1993-2007	17 Ülke								x
Üçdoğruk (2016)	İmalat	1995-2000	Türkiye				x			x	
Piva ve Vivarelli (2018a)	İmalat/Hizmet	1998-2011	11 Avrupa Ülkesi		x		x				
Cirillo vd.(2018)	İmalat/Hizmet	2002-2011	5 Avrupa Ülkesi				x	x	x		
Falk ve Hagsten (2018)	24 sektör	2002-2010	9 Avrupa Ülkesi		x						
Aydın (2018)	Tüm Sektörler	1981-2015	Türkiye		x						
Chiacchio vd. (2018)	İmalat	1995-2007	Finlandiye, Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, İsveç			x					
Fonseca vd.(2018)	İmalat/Hizmet	1986-2007	Portekiz		x						
Acemoğlu ve Restrepo (2020a)	Yerel İşgücü Piyasası	1990-2007	ABD			x					

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

5. BÖLÜM

EKONOMETRİK ANALİZ

Tezin bu bölümünde ampirik bir çalışmaya yer verilmiştir. Teknoloji ve işsizlik ilişkisine yönelik olarak yapılan ekonometrik analiz bu bölümde beş başlık altında ele alınmıştır. Birinci başlıkta analiz için neden dinamik panel yönteminin tercih edildiği ve bu yöntem içinde kullanılan metodolojilere yer verilmiştir. Yönteme ilişkin girişin ardından önce ikinci başlıkta veri seti ve ardından üçüncü başlıkta değişkenler tanımlanmış ve bu değişkenlere ilişkin literatüre kısaca yer verilmiştir. Daha sonra analizde kurulan model dördüncü başlıkta ve analiz sonuçları son başlıkta paylaşılmıştır. Analiz bulgularının verilmesi ve yorumlanmasının ardından analizin geçerliliği için gerekli varsayımlar test edilmiş ve bu test sonuçlarına analiz bulgularının ardından yer verilmiştir.

5.1. YÖNTEM: DİNAMİK PANEL ANALİZİ

Dinamik panel veri modellerini statik modellerden ayıran en temel özelliği, içerisinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerini barındırmasıdır. Otoregresif panel veri modellerinde bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri, dağıtılmış gecikmeli panel veri modellerinde ise bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerleri modele dahil edilmektedir (Tatoğlu, 2018: 113). Dinamik panel veri modellerini havuzlanmış en küçük kareler (POLS) yöntemi ile de tahmin etmek mümkündür. Ancak bağımlı değişkenin gecikmeli halinin modelde yer alması dışsalılık varsayımını ihlal etmektedir. Ayrıca modeldeki birim ve zaman etkileri de bu yöntemde ihmal edilmektedir. Bu nedenle POLS ile elde edilen tahminler sapmalı ve tutarsız olacaktır.

Dinamik panel veri modelinde, bağımlı değişkenin gecikmeli halinin modelde olması gözlenemeyen etkilerle korelasyonlu olmasına neden olmaktadır (Baltagi, 2005: 135-139). Bu durumda rassal etkiler tahmincilerinin bir varsayımı ihlal edilmiş olacaktır. Bu nedenle rassal etkiler yöntemi ile elde edilen tahminler de sapmalı ve tutarsız olacaktır.

Dinamik panel veri modellerinin tahmininde bağımsız değişkenler ile birim etkilerin korelasyonlu olmasına izin veren sabit etkiler tahmincileri kullanılabilmektedir. Çünkü sabit etkiler modelinde grup içi dönüşüm birim etkiyi ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte gölge değişkenli en küçük kareler tahmincileri ile de aynı sonuca ulaşılabilmektedir (Tatoğlu, 2018: 119). Ancak bu çalışmada kullanılan veriler kapsamında (birim boyutu (N) büyük ve zaman boyutu (T) küçük) Nickell'e (1981) göre $N > T$ durumundan dolayı gölge değişkenli en küçük kareler yönteminde "*Nickell Sapması*" ortaya çıkacaktır. Daha sonra yapılan Monte Carlo simülasyonları ise Nickell sapmasına rağmen parametrelerin düzeltilerek gölge değişkenli en küçük kareler yöntemi ile tutarlı tahminlerin yapılabileceğini göstermiştir. Nickell sapmasının düzeltilmesi için Kiviet (1995 ve 1999), Bun ve Kiviet (2003) ve Bruno (2005) düzeltmeleri kullanılmaktadır (Tatoğlu, 2018: 119).

Dinamik panel veri modellerinin tahmininde bağımsız değişkenler ile birim etkilerin korelasyonlu olmasına izin veren bir diğer yöntem, birinci farklar yöntemidir. Bu yöntemde yaygın olarak kullanılan tahmincilerden bazıları: Anderson ve Hsiao (1982) tahmincisi, Arellano ve Bond (1991) Genelleştirilmiş Momentler (GMM) tahmincisi, Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) Sistem Genelleştirilmiş Momentler tahmincisi (S-GMM) ve Keane ve Runkle (1992) tahmincileridir.

Anderson ve Hsiao (1981) ve Arellano ve Bond (1991) geliştirdikleri birinci fark dönüşümü yönteminde tüm araç değişkenlerin kullanılmamasından dolayı bütün moment koşullarının yerine getirilemeyeceğini tespit etmiştir. Buna çözüm olarak bu tip dinamik modellerin tahmini için gecikmeli değişkenlerden geçerli olanların tamamının araç değişken olarak kullanıldığı GMM tahmincisi yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemde tahmin iki aşamada yapılmaktadır: Birinci aşamada birinci fark modeli araç değişkenlerle dönüştürülmekte, ikinci aşamada dönüştürülen bu model genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir (Tatoğlu, 2018: 129). Bu dönüşümün zayıf kaldığını savunan Arellano ve Bover (1995), önceden belirlenmiş araç değişkenlere sahip modeller için alternatif bir dönüşüm modeli sunmuşlardır. Bu kapsamda Helmert'in dönüşümünü kullanarak birinci farklar yerine ortogonal sapmalar yönteminin daha kullanışlı olduğunu ortaya koymuşlardır (Arellano ve Bover, 1995: 41-42).

Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) araç değişkenlerin birinci farklarının sabit etkilerle korelasyonsuz olduğuna dair ilave bir varsayımında bulunarak Arellano ve Bond (1991) modelini geliştirmiştir. Geliştirilen bu yöntemle birlikte daha fazla araç değişkenle etkinlik artmıştır. Orijinal ve dönüştürülmüş eşitliklerden oluşan iki eşitlikli bu sistem S-GMM adını almıştır (Roodman, 2009b: 86-87).

Daha etkili ve tutarlı tahminler elde etmek için panel veri regresyonlarında S-GMM yöntemi kullanılmalıdır (Arellano ve Bover, 1995; Bogliacino ve Vivarelli, 2012; Bond vd., 2001; Hauk ve Wacziarg, 2009; Matuzeviciute vd., 2017). Monte Carlo simülasyonları ve asimptotik varyans hesaplamaları, bu genişletilmiş GMM tahmincisinin, temel ilk gelişmekte olan GMM tahmincisinin kötü performans gösterdiği durumlarda dramatik verimlilik artışları sağladığını göstermektedir. (Blundell ve Bond, 1998: 116)

Dinamik modelleri tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan ve bağımlı değişkenin gecikmeli olarak bağımsız değişkenler arasında yer aldığı model genel olarak aşağıda yer alan eşitlikte olduğu gibi gösterilmektedir (Hsiao, 2003: 69).

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + \beta' x_{it} + \alpha_i^* + \lambda_t + u_{it},$$

$$i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T,$$

Modelde y_{it} bağımlı değişkeni ve $y_{i,t-1}$ bağımlı değişkenin gecikmeli değerini, x_{it} sabit terimle birlikte açıklayıcı değişkenlerin $K \times 1$ vektörünü, β $K \times 1$ sabitlerin vektörünü, α_i^* gözlenemeyen bireysel etkileri, λ_t gözlenemeyen zamana özgü etkileri, u_{it} hata terimini ifade etmektedir.

Blundell vd. (2000) S-GMM ile ilgili yaptıkları çalışmada, bu yöntemin tahminlerin hassasiyetini artırmasının yanı sıra sonlu örneklem sapmasını da azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Cobb- Douglas üretim fonksiyonu ile yaptıkları analizde S-GMM yönteminin GMM yönteminin birçok dezavantajını giderdiğini ortaya çıkarmışlardır.

Teknolojinin istihdamla ilgili etkilerini ölçen çalışmalarda karşılaşılan temel problem içsellik problemidir. Bu durum, klasik ekonometrik modellerle elde edilen tahmin sonuçlarının sapmalı olmasına neden olmaktadır. Teknoloji-istihdam analizi ile ilgili çalışmalarda bu içsellikğin temel nedeni ölçüm hataları ve gözlenemeyen

etkilerin ihmal edilmesidir (Heijts vd., 2019: 4). Ayrıca coğrafi konum ve demografik özellikler gibi zamana bağlı olarak değişmeyen ülke karakteristikleri, açıklayıcı değişkenlerle korelasyonlu olabilmektedir (Mileva, 2007: 1). S-GMM yöntemi; küçük T büyük N içeren, içsellik problemi olan bağımsız değişkenler, değişkenler arasında otokorelasyon ve değişen varyans problemi olan durumlar için geliştirilmiştir (Roodman, 2009b: 86).

Dinamik panel verinin zaman boyutunun (T) küçük ve birim boyunun (N) büyük olduğu modellerde S-GMM yöntemiyle daha verimli sonuçlar alınmaktadır (Blundell ve Bond, 1998: 133). Bu çalışmada kullanılacak model: $N=23$ ve $T=13$ değerleriyle $N>T$ koşulu ile S-GMM modelinin temel özelliklerini taşımaktadır. Roodman'a (2009b) göre GMM tahminçileri genel olarak şu özellikleri taşıyan analizler için dizayn edilmiştir:

- *Küçük T ve büyük N panel verileri (Zaman boyutu küçük, ülke/birim boyutu daha büyük),*
- *Doğrusal bir fonksiyonel ilişki,*
- *Dinamik bir bağımlı değişken (Kendi geçmiş değerlerinden etkilenen),*
- *Tamamen dışsal olmayan bağımsız değişkenler (Hata teriminin geçmiş ve cari değerleriyle korelasyonlu),*
- *Sabit bireysel etkiler,*
- *Değişen varyans ve otokorelasyon varlığı.*

Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen dinamik panel analizi çalışmanın ampirik kısmının yöntemini oluşturmaktadır. Bu çalışmada dinamik modeli tahmin etmek için: Arellano ve Bover/ Blundell ve Bond “*Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini (S-DPD)*” bir ve iki aşamalı tahminçileri ve “*Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmini (S-GMM)*” bir ve iki aşamalı tahminçileri kullanılmıştır.

5.2. VERİ SETİ

Bu çalışmanın ampirik boyutu Türkiye ve yirmi iki AB ülkesini kapsamaktadır. AB ülkelerinden ilgili veri setinde verileri eksik olan ülkeler analiz kapsamı dışında

tutulmuştur (bk.⁴). Analizin zaman boyutu, 2005-2018 dönemini içeren on dört yılı kapsamaktadır. Tablo 22’de gösterilen değişkenlerden Sendikalaşma Oranı OECD Stat veri tabanından, Ücret Pazarlığı Koordinasyonu Visser (2019) veri tabanından ve geriye kalan diğer tüm değişkenler OECD Data veri tabanından alınmıştır. Analizde Tablo 22’de verilen değişkenlerin (k hariç⁵) doğal logaritmaları kullanılmıştır.

Tablo 22. Değişkenler ve Beklenen Korelasyon Tablosu

DEĞİŞKENLER			KAYNAK	BEKLENEN KORELASYON	
Bağımlı				(+)	(-)
Bağımsız	İşsizlik Oranı	u	OECD Data		
	Üçlü Patent Ailesi	p	OECD Data	X	X
	Ar-Ge Harcamaları	r	OECD Data	X	X
Kontrol	GSYH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla)	g	OECD Data		X
	Kamu İşsizlik Harcaması	ih	OECD Data	X	
	Vergi Takozu	vt	OECD Data	X	X
	TÜFE (Tüketici Fiyat Endeksi)	fe	OECD Data	X	X
	Sendikalaşma Oranı	s	OECD Stat	X	
	Doğrudan Yabancı Sermaye Girişi	sg	OECD Data		X
	Doğrudan Yabancı Sermaye Çıkışı	sç	OECD Data	X	X
	Reel Faiz Oranı	f	OECD Data		X
	Reel Döviz Kuru	d	OECD Data	X	
	Ücret Pazarlığı Koordinasyonu	k	Visser (2019)		X

5.3. DEĞİŞKENLER

Bu bölümde analizde kullanılan teknolojik yenilik değişkenleri ve kontrol değişkenleri tanımlanmış ve bu değişkenlere ilişkin literatür hakkında temel bilgiler sunulmuştur.

5.3.1. Teknolojik Yenilik Değişkenleri

Teknolojik yeniliği tam olarak ölçmek mümkün değildir. Özellikle makro seviyede yapılacak ampirik çalışmalarda teknolojik yenilik değişkenini belirlemek daha zordur (Vivarelli, 2014: 132). Yine de teknolojik yenilik göstergesi olarak

⁴ Türkiye ile birlikte analize dahil edilen AB ülkeleri: Almanya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan’dır.

⁵ k değişkeninde 1 ile 5 arasında değişen sayılar koordinasyon türünü vermektedir. Ayrıntısı değişkenlerin açıklamasında verilmiştir.

literatürde kabul gören çeşitli göstergeler mevcuttur. Ar-Ge harcamaları ve patent sayıları literatürde teknolojik ilerlemeyi ölçmede en yaygın kullanılan göstergelerdir (Grossman ve Helpman, 1993; Hall vd., 1986; Kortum, 1997; Lanjouw ve Schankerman, 2004; Stern vd., 2002). Özellikle mikro düzeyde yapılan analizlerin büyük bir kısmında Ar-Ge harcamaları değişkeninin kullanıldığı görülmektedir. Pakes ve Griliches (1984) ve Griliches vd. (1987) ise teknolojinin ölçülmesinde patent göstergesinin kullanılmasının önemine işaret etmektedir.

Literatürde teknolojik yenilik değişkeni olarak Ar-Ge harcamalarını tercih eden çalışmalar (Aguilera ve Barrera, 2016; Aydın, 2018; Brouwer vd., 1993; Cang, 2017; Gerçeker vd., 2020; Krouise, 2018; Mansfield, 1984; Simonetti vd., 2000; Vivarelli, 2015) olduğu gibi patent değişkenini tercih eden çalışmalar da bulunmaktadır (Feldmann, 2013; Griliches, 1998; Matuzeviciute vd., 2017; Porter ve Stern, 2000).

Teknolojik yenilik değişkeni olarak Ar-Ge harcamaları veya patent seçilmesi durumunda her hâlükârda kusursuz bir değişken elde edilmiş olmayacaktır. Şöyle ki yüksek Ar-Ge harcaması her zaman daha hızlı bir teknolojik gelişme getirmeyeceği gibi düşük düzeyde Ar-Ge harcaması da teknolojik ilerlemeyi yavaşlatmayacaktır. Yapılan Ar-Ge harcamalarının verimliliğini tespit etmeksizin teknolojik ilerlemeye doğrudan katkısını ölçmek mümkün olmayacaktır. Bununla birlikte ölçümü mümkün olmayan örtük bilgi gibi teknolojinin farklı boyutları da kullanılacak araç değişken de ihmal edilmek durumundadır.

Bu çalışmada, bir girdi göstergesi olarak Ar-Ge harcamaları ve teknolojik bir çıktı göstergesi olarak patent verileri kullanılmıştır. Patent verileri teknolojiye katkısı ispatlanmış ve belgelenmiş bir gösterge olarak tercih edilmiştir. Kullanılacak patent türü olarak Feldmann (2013) ve Matuzeviciute vd. (2017) tarafından yapılan makro analizlerde kullanılan Üçlü Patent Ailesi (TPF-Triadic Patent Family) patent sayıları tercih edilmiştir. Ar-Ge harcamalarında ise literatürde Ar-Ge yoğunluğu olarak kabul edilen Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı esas alınmıştır.

Kullanılacak patent değişkeninin sınıfının seçilmesi, özellikle makro çalışmalarda daha önemlidir. Şöyle ki kullanılan patent sınıflandırması analiz kapsamındaki tüm ülkelerin verileri ile karşılaştırabilmeli ve teknik, coğrafi veya

ulusal mevzuat farklılıklarından arındırılmış olmalıdır. TPF dünya çapında en büyük üç patent ofisinde⁶ tanınan aynı yeniliğe ait patentleri göstermektedir. TPF, 1985 yılından itibaren verilerine ulaşılabilen bir patent sınıflandırması olduğu için ekonometrik analizlerde daha çok tercih edilmektedir. Bu değişkene alternatif ve daha kapsamlı IP5 sınıflandırması olmasına karşın bu sınıflandırma henüz 2007 yılında oluştuğundan geçmiş yıllara ait sağlıklı verilere ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle bu analizde tercih edilmemiştir.

Patent istatistiği kullanmanın bazı dezavantajları vardır. Bunlar: Patentlerin bütün yenilik sürecini yansıtmaması, teknoloji alanlarına göre çok değişiklik göstermesi ve coğrafyalar arasındaki farklılıklar olarak sıralanmaktadır (Türkcan, 2011: 28). Patent başvurularının kurumsal ve bireysel olması dahi yenilik göstergesi açısından farklı yorumlanabilmektedir. Kurumsal patent başvuruları yenilik süreci ve böylece ekonomik büyüme ile doğrudan bağlantılıdır (Kleinknecht, 1997: 176). Feldmann (2013), patent kullanmanın dezavantajlarını şöyle sıralamıştır: Ürün ve süreç yenilikleri ayırt edilmemiştir, küçük ve orta büyüklükteki işletmeler patent almaya daha az eğilimlidir ve bazı sektörler patentlere daha çok bağımlıdır. Bu şekilde farklı ekonomik yapıdaki ülkelerin şirket yapıları ve sektörel dağılımlarına göre patente ilgileri değişebilmekte ve karşılaştırmalarda sapmalara neden olabilmektedir.

OECD (2009) patent istatistikleri el kitabında TPF'nin dezavantajı olarak zamanlılık problemi gösterilmiştir. ABD Patent Ofisine başvuru yapılmasından patent verilmesine kadar geçen sürenin 35-44 ayı bulduğuna dikkat çekilmiştir. Bu durum yaklaşık 3 yıllık bir gecikmeye neden olmaktadır. Bu anlamda yaklaşık 18 ayda işlemleri tamamlanabilen Uluslararası Patent Anlaşması (PCT) sınıfındaki patentlerin kullanılması bir alternatif olabilmektedir. Ancak TPF sınıflandırması, uluslararası pazarı etkileyen yenilikler ve kalite anlamında avantajının daha yüksek olmasından dolayı karşılaştırma için daha uygundur (OECD, 2009). TPF kullanılmasında en yaygın iki yöntem TPF sayılarının GSYH'ya oranlaması ya da nüfusa oranlanarak nüfus başına TPF sayılarının kullanılmasıdır. Bu çalışmada patent sayılarının nüfusa katkısı kullanılmıştır (1 milyon kişi başına düşen TPF).

⁶ ABD Patent Ofisi, Japonya Patent Ofisi ve Avrupa Patent Ofisi

5.3.2. Kontrol Değişkenleri

Doğrudan yabancı sermaye (DYS) girişlerinin işsizlik oranını azaltması beklenmektedir. Yapılan birçok ampirik çalışmada (Abor ve Harvey, 2008; Chang, 2007; Sharma ve Cardenas, 2019) işsizlik ve DYS girişleri arasındaki bu negatif ilişki doğrulanmıştır. Seyf'in (2000) AB ülkelerinde yaptığı çalışmada ise bu ilişki belirgin bir şekilde ortaya çıkmamıştır. DYS çıkışlarının etkileri için literatürde genel kabul görmüş bir etki söz konusu değildir. Yapılan bazı çalışmalar DYS çıkışlarının işsizlik üzerinde arttırıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşırken (Driffield vd., 2009; Elia vd., 2009; Hijzen vd., 2011), azaltıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar da (Barba Navaretti vd., 2010; Federico ve Minerva, 2008; Masso vd., 2008) mevcuttur. Bazı çalışmalar ise farklı analizlerde DYS çıkışlarının işsizlik üzerinde hem arttırıcı hem azaltıcı etkisi olabileceği sonucuna ulaşmışlardır (Bajo-Rubio ve Diaz-Mora, 2015; Harrison ve McMillan, 2011).

İşsizlik ve büyüme ilişkisi “Okun Yasası” olarak bilinen Okun’un (1962) ABD için yaptığı ampirik çalışması ile bilinmektedir. Okun, bu çalışmasında büyüme oranı ile işsizlik arasında ters yönlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Literatürde Okun sonrası bu ilişkinin geçerliliğini farklı ülke ve bölgelerde test eden birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı işsizlik ve büyüme arasındaki ters yönlü ilişki tezini desteklemektedir (Adanu, 2005; Kangasharju vd., 2012; Lee, 2000; Pierdzioc vd., 2011; Sögner, 2001; Sögner ve Stiassny, 2002). Bununla birlikte bazı ülkelerde yapılan çalışmalarda bu ilişkinin varlığı bulunamamıştır (Apergis ve Rezitis, 2003; Demirgil, 2010; Harris ve Silverstone, 2001; Lal vd., 2010). Bu çalışmada kişi başına düşen GSYH ile işsizlik oranı arasında ters yönlü ilişki beklenmektedir.

Vergi takozu, işçinin ücretindeki vergi ve sigorta primleri yükünü ifade etmektedir. Bir işçinin işverene maliyeti ile işçinin ele geçen net ücreti arasındaki farkın, işçinin işverene maliyetine oranı olarak hesaplanmaktadır. Ücret üzerindeki vergi ve sigorta yükünün artması veya azalması işsizlik üzerinde etkilidir. Bu nedenle politika yapıcılar tarafından takip edilen önemli bir değişkendir. Literatürde vergi takozu artışının işsizliği arttıracağını doğrulayan analizler mevcuttur (Dolenc ve Laporsek, 2010; Lehmann vd., 2013; Nickell, 2003, Radu vd., 2018; Separovic, 2009). Ancak vergi takozunun etkisi ülkelerin ekonomik yapılarına göre değişiklik

gösterebilmektedir. Berger ve Everaert (2010) tarafından on altı OECD ülkesinde yapılan analizde rekabetçi işgücü piyasalarına sahip ülkelerle yüksek ücret pazarlığı merkezileşmesi olan ülkelerde verginin etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Nickell (1997) vergi takozunun etkisinin daha çok vergi yükünü karşılayan tarafla ilgili olduğunu savunmaktadır.

Kamu işsizlik harcaması, geçici olarak işsiz kalan işgücünün bu süreçte maddi olarak desteklenmesi maksadıyla devlet kaynaklı olarak yapılan nakdi yardımlardır. İşsizlik ödeneklerinin artırılmasının işsizlik oranını artırması beklenmektedir. Literatürde bu konuda yapılan bazı ampirik çalışmalar (Ding, 2012; Fraile ve Ferrer, 2005; Nickell vd., 2005; Onodugo vd., 2017) bu hipotezi doğrulamaktadır.

Tüketici fiyat endeksi, enflasyonun temel göstergesidir. Enflasyonun işsizlikle ilişkisi öncelikle Phillips (1958) daha sonra Samuelson ve Solow (1960) tarafından geliştirilen Philips Eğrisi ile ortaya konulmuştur. Orijinal Philips eğrisinde nominal ücret artışları ile işsizlik arasında ters yönlü bir ilişki bulunurken (Phillips, 1958: 283), modifiye edilmiş Philips eğrisinde işsizlik ve enflasyon arasında ters yönlü bir ilişki bulunmuştur (Samuelson ve Solow, 1960: 192). Literatürde yapılan birçok çalışmada (Basarac vd., 2011; Kitov, 2007; Malikane ve Tshepo, 2014; Polat, 2019; Umair ve Ullah, 2013; Uysal ve Erdoğan, 2003; Vermeulen, 2017) ters yönlü bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlılığı doğrulanmıştır. Bununla birlikte bazı çalışmalarda (Alisa, 2015; Bayrak ve Kanca, 2013; Kuştepel, 2005) bu ilişkinin varlığı ispatlanamamıştır.

Sendikalaşma oranı, toplu pazarlık kapsamı ve ücret pazarlığı koordinasyonu, ücret pazarlığı sisteminin en temel özelliklerini taşımaktadır (Feldmann, 2003: 1112). Sendikalaşma oranı, sendikaya üye olan işçilerin tüm işgücü içindeki payını göstermektedir. Bu oran işsizliği iki şekilde etkileyebilir: birincisi daha yüksek ortalama ücretler, ikincisi daha sıkı bir ücret yapısıdır (Baccaro ve Rei, 2007: 538). Yapılan ampirik çalışmaların birçoğunda yüksek sendikalaşmanın işsizliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Baccaro ve Rei, 2007; Blanchard ve Wolfers, 2000; Vandaele, 2006).

Ücret pazarlığı koordinasyonu, yayılma etkisiyle birlikte koordine olmayan ücret pazarlıklarından daha düşük ücretlerin ortaya çıkmasını sağlar. Bu anlamda ücret pazarlığı koordinasyonu, işsizliğin daha az olmasına yardımcı olmaktadır. Ampirik

çalışmalarda ücret pazarlığı koordinasyonu ve işsizlik arasındaki ters yönlü ilişki doğrulanmıştır (Flanagan, 1999; Soskice, 1990). Çalışmada ücret pazarlığı koordinasyonu verileri Visser’den (2019) alınmıştır. 1-5 arasında değişen veriler şu anlama gelmektedir:

- 1- Büyük ölçüde bireysel firmalarla sınırlı parçalı pazarlıkları,
- 2- Karışık sanayi veya firma bazlı pazarlık, zayıf hükümet koordinasyonu,
- 3- Merkezi pazarlığa dayalı müzakere esasları,
- 4- Hükümet koordinasyonlu veya koordinasyonsuz büyük kuruluşlarla merkezi pazarlığa dayalı ücret normları,
- 5- Merkezi pazarlığa dayalı maksimum ve minimum ücret oranları.

Reel faiz oranlarındaki artışın yatırımları ve dolayısıyla işgücüne olan talebi azaltması beklenmektedir. Bierens ve Broersma (1993) tarafından yapılan ekonometrik analizde ABD, Japonya, Almanya, Kanada, İngiltere ve Fransa’da faiz oranlarındaki artışın işsizliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Reel döviz kuru şoku, yerli üretimi fiyat konusunda daha az rekabetçi kılacığından işsizliği arttırabilecektir. Frenkel ve Ros (2006) ve Bakhshi ve Ebrahimi (2016) tarafından yapılan ampirik çalışmalarda reel döviz kuru artışının işsizliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

5.4. MODEL

Bağımlı değişken u (işsizlik oranı %) ile birlikte bağımlı değişkenin gecikmeli değeri modele dahil edilmiştir ve model şu şekilde kurulmuştur:

$$u_{i,t} = \beta_1 u_{i,t-1} + \beta_2 g_{i,t} + \beta_3 ih_{i,t} + \beta_4 vt_{i,t} + \beta_5 fi_{i,t} + \beta_6 s_{i,t} + \beta_7 sg_{i,t} + \beta_8 sç_{i,t} + \beta_9 f_{i,t} + \beta_{10} d_{i,t} + \beta_{11} k_{i,t} + \beta_{12} p_{i,t} (\beta_{12} r_{i,t})$$

Modelde, u bağımlı değişken olarak işsizlik oranını (%), g gayrisafi yurt içi hasılayı (nominal kişi başı USD), ih kamu işsizlik harcamasını (% GSYH), vt vergi takozunu (% kişisel gelir), fe tüketici fiyat endeksini (2015=100), s sendikalaşma oranını (sendika üyesi işçiler/tüm işçiler), sg doğrudan yabancı sermaye girişini (% GSYH), $sç$ doğrudan yabancı sermaye çıkışını (% GSYH), f reel faiz oranını, d reel döviz kurunu (ulusal para/ USD), k ücret pazarlığı koordinasyonunu (5-Merkezi pazarlığa dayalı maks. ve min. ücret oranları, 4-Hükümet koordinasyonlu veya

koordinasyonsuz büyük kuruluşlarla merkezi pazarlığa dayalı ücret normları, 3-Merkezi pazarlığa dayalı müzakere esasları, 2-Karışık sanayi veya firma bazlı pazarlık, zayıf hükümet koordinasyonu, 1-Büyük ölçüde bireysel firmalarla sınırlı parçalı pazarlıkları), **p** üçlü patent ailesine dahil patent sayısını (1 milyon kişi başına), **r** Ar-Ge harcamasını (% GSYH) temsil etmektedir. Modelin kurulmasında, Feldmann (2013) ve onu takip eden Matuzeviciute vd.'nin (2017) çalışmalarından yararlanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistik tablosu Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. Tanımlayıcı İstatistik Tablosu

Değişken	Gözlem S.	Ort.	S.Sapma	Min	Max
u	335	2.079169	0.4313951	0.8080452	3.312991
g	336	10.42949	0.3886476	9.375476	11.62366
fe	336	4.539671	0.1137346	3.808882	4.93663
vt	336	3.726437	0.1407823	3.334971	4.026897
d	336	0.3968252	1.374612	-0.6936033	5.640215
f	330	2.071225	3.125192	-0.695	19.82847
k	312	2.458333	1.343627	1	5
sg	300	3.739803	0.6939563	2.31051	5.860215
sç	300	3.068822	1.306458	-0.544307	6.058159
ih	253	-0.3314892	0.8863415	-2.764621	1.268355
s	234	3.282843	0.7018318	1.842928	4.325456
p	311	2.15751	1.771701	-6.288879	4.682034
r	312	.3764946	.5327242	-.818857	1.321444

Bu çalışmada teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisini araştıran hipotez, iki ayrı modelle test edilecektir. Birinci modelde teknoloji değişkeni ve bağımsız değişken olarak **p** üçlü patent ailesine dahil patent sayısı (1 milyon kişi başına) kullanılacaktır. İkinci modelde yalnızca bağımsız değişken (teknoloji değişkeni) **r** Ar-Ge harcaması (% GSYH) olarak değiştirilerek hipotez aynı kontrol değişkenleri ile yeniden test edilecektir. Bu şekilde ilgili model hem teknoloji girdisi olarak kabul edilen bir değişkenle (Ar-Ge) hem de teknoloji çıktısı olarak kabul edilen bir değişkenle (Patent) test edilmiş olacaktır. Bu şekilde; araştırmanın iki yönlü bir bakış açısına izin vermesi, iki ayrı model ile elde edilecek sonuçların karşılaştırmaya imkân vermesi ve nihayetinde daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

5.5. ANALİZ SONUÇLARI

Patent ve Ar-Ge harcamaları teknolojik yenilik değişkenleri olarak iki ayrı modelle yapılan analiz sonuçları birinci model ve ikinci model başlıkları altında ayrı ayrı sunulmaktadır.

5.5.1. Birinci Model Analiz ve Bulguları

Birinci modelde teknolojik yenilik değişkeni olarak TPF kullanılmıştır. Patent değişkeni kullanılmasının avantajları ve dezavantajları “*Teknolojik Yenilik Değişkenleri*” başlığında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Analiz için dinamik panel yaklaşımı tercih edilmesinin nedenleri de “*Yöntem: Dinamik Panel Analizi*” başlığında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) “*S-DPD*” bir ve iki aşamalı tahmincileri ve “*S-GMM*” bir ve iki aşamalı tahmincileri kullanılarak elde edilen birinci modelin ilk tahmin sonuçları Tablo 24’de verilmiştir. İlk iki sütunda yer alan S-DPD sonuçları “*xtdpdsys*” komutu kullanılarak elde edilmiştir. Son iki sütunda verilen S-GMM sonuçları ise Roodman (2009 b) tarafından geliştirilen ve daha istikrarlı sonuçlar alınmasını sağlayan “*xtabond2*” komutu kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 24. Patent Bağımsız Değişkeni İçin İlk Tahmin Sonuçları

Değişken	S-DPD1*	S-DPD2*	S-GMM1*	S-GMM2*	Beklenen
L.u	0.420***	0.361***	0.365***	0.325***	+/-
g	-0.679***	-0.801**	-0.500***	-0.495**	-
fe	1.984***	2.197***	1.687***	1.696***	+/-
vt	-0.128	-0.0199	-0.172	-0.143	+/-
d	-0.0549**	-0.0551	-0.0627***	-0.0643**	+
f	0.00958**	0.00233	0.0201**	0.0241*	+
k	-0.0846***	-0.0646*	-0.0730***	-0.0836**	-
sg	-0.0362	-0.0172	-0.0505	-0.0522	-
sç	0.0137	0.0213	0.0385	0.0500	+/-
ih	0.371***	0.358***	0.233***	0.262***	+
s	0.0496	0.00403	-0.0366	-0.0831	+
P	0.00439	0.0110	-0.0317	-0.0210	+/-
dummy	-0.114***	-0.0935***	-0.146***	-0.160***	+/-
Gözlem S.	166	166	166	166	
N	23	23	23	23	
Wald	21682.92	17492.49	29578.14	18214.83	
AR (1)	0,08	0,3	0,57	0,53	
AR (2)	0,17	0,36	0,21	0,61	
Hansen			0,08	0,08	

* **S-DPD1:** Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini bir aşamalı tahmincileri.

S-DPD2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini iki aşamalı tahmincileri.

S-GMM1: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler bir aşamalı tahmincileri.

S-GMM2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler iki aşamalı tahmincileri.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) yönteminde iki aşamalı tahmincilerden elde edilen sonuçların aşağı doğru sapmalı olduğu bilinmektedir ve bu durum “xtabond2” analiz raporunda sistem tarafından uyarı olarak verilmektedir. Bu nedenle iki aşamalı varyans kovaryans matrisi için önerilen ve kullanımı en yaygın olan düzeltmelerden Windmeijer (2005) örnek düzeltmesi uygulanmış ve dirençli tahminciler elde edilmiştir. S-GMM analizlerinde türetilen araç değişkenlerin sayısının gözlem sayısına yakın veya fazla olması sapmalı tahminlere neden olabilecektir. Bu nedenle analizde araç değişken sayılarının gözlem sayısına yaklaşması nedeniyle “collapse” opsiyonu kullanılarak araç değişken sayısı azaltılmıştır. Analizde birinci farklar yönteminin neden olduğu veri kaybını azaltmak amacıyla birinci farklar yerine Arellano ve Bover (1995) tarafından önerilen “*ortogonal sapmalar*” kullanılmıştır. Bu yöntemde cari dönemden bir önceki dönemin

farkı yerine, değişkenin tüm gelecek değerlerinin ortalamasının farkı kullanılmaktadır (Tatoğlu, 2018: 136).

Elde edilen ilk sonuçlara göre kontrol değişkenlerinin birçoğunun her iki yöntemde de hem bir aşamalı hem iki aşamalı tahminlerde açıklama gücünün yüksek olduğu görülmüştür. Analizin temel amacı olan teknolojik yenilik değişkeninin (Patent) işsizlikle ilişkisinin her iki yöntemde de istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Kontrol değişkenlerinin analiz sonuçlarında, yöntemler arasında ve yöntem içinde bir ve iki aşamalı tahminlerde birbirine çok yakın değerler elde edilmesi analizin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması ve değişkenlerin işaretlerinin aynı yönlü olmasından dolayı yalnızca en anlamlı tahminlerin elde edildiği S-GMM iki aşamalı tahminlerinin değerleri ve işaretleri yorumlanmıştır. Kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH'nın (*g*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH'daki her %1'lik artışın işsizliği %0,50 azalttığı;

- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (*fe*) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Kuştepe, 2005; Bayrak ve Kanca, 2013; Alisa, 2015) ile uyumludur. Analize göre: TÜFE'deki her %1'lik artışın işsizliği %1,70 arttırdığı;

- İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (*vt*) ile işsizlik oranı ilişkisinin negatif yönlü bulunduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Reel döviz kuru artışının (*d*) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken bu analizde reel döviz kurundaki her %1'lik artışın işsizliği %0,06 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

- Reel faiz oranının (*f*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, reel faiz oranındaki her %1'lik artışın işsizliği %0,02 arttırdığı;

- Ücret pazarlığı koordinasyonunun (*k*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1’lik artışın işsizliği %0,08 azalttığı;
- Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (*sg*) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;
- Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (*sç*) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;
- Kamu işsizlik harcamasının (*ih*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,26 arttırdığı;
- Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin literatürde pozitif (+) olması beklenirken bu ilişkinin negatif (-) bulunduğu ancak bu sonucun istatistiki olarak anlamlı olmadığı;
- 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

GMM analizlerinde elde edilen sonuçların istikrarlı ve güvenilir kabul edilebilmesi için yapılması zorunlu olan testler bulunmaktadır. Arellano ve Bond (1991), Arellano ve Bover (1995) ve Blundell ve Bond’a (1998) göre araç değişkenlerin geçerliliği testi ve ikinci dereceden otokorelasyon testi yapılması zorunludur. Araç değişkenlerden yararlanan GMM analizinin geçerli olması için araçların dışsal olması en önemli varsayımdır. Hansen (1982) J testi ve Sargan (1958) testi, araç değişkenler için aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerli olup olmadığını test eden yaygın yöntemlerdir (Arellano, 2003: 193; Roodman, 2019a: 141; 2009b: 97). Aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerli olması, araç değişkenlerin dışsal olduğunu ve kalıntıların açıklayıcı değişkenlerle korelasyonsuz olduğunu göstermektedir (Tatoğlu, 2018: 148).

Bu analizde araç değişkenlerin geçerliliğini test etmek için Hansen (1982) J testi kullanılmıştır. Bu testte H_0 hipotezi “*Aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir*” şeklinde kurulmuştur. Test sonucunda H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla aşırı tanımlama kısıtları geçerlidir yani değişkenler dışsaldır. Kullanılan araç değişkenlerin dışsal olması kalıntıların açıklayıcı değişkenlerle korelasyonsuz

olduğunu göstermektedir (Tatoğlu, 2018: 148). Test sonucuna göre, modelin araç değişkenler açısından uygun olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuçların güvenilir olması için yapılması gerekli olan bir değer test, otokorelasyon testidir. Bu test için H_0 hipotezi “*Otokorelasyon yoktur*” şeklinde kurulmuştur. Birinci dereceden (AR1) ve ikinci dereceden (AR2) otokorelasyon sonuçlarına ayrı ayrı bakılması gerekmektedir. GMM analizlerinde AR1 için hipotezin reddedilmesi beklenen bir sonuçtur ve genellikle negatif otokorelasyon ile karşılaşılmaktadır. Ancak AR2 hipotezinin reddedilmemesi yani ikinci dereceden otokorelasyon olmaması önemlidir (Mileva, 2007: 7). Yapılan test sonucunda hem AR1 için hem AR2 için H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla modelde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur. Ayrıca analizde kullanılan Wald testi istatistiği de anlamlıdır ve modelin bir bütün olarak anlamlılığına işaret etmektedir.

Yapılan ilk analiz sonucunda teknolojik yenilik değişkeninin işsizlik oranı ile ilişkisinin istatistiki olarak anlamsız olması, bu ilişkinin varlığını test eden bir hipotez için elde edilmiş bir sonuçtur. Yine de bu ilişkisizliğin yalnızca kısa dönemde mi geçerli olduğunun tespiti, analizden daha kapsamlı sonuç çıkartılmasını sağlayacaktır. Özellikle teknoloji gibi gecikmeli olarak etki yaratabilecek, kısa süreli veya uzun süreli kalıcı etkiye neden olabilecek değişkenlerde bağımsız değişkenin gecikmeli etkisine de bakılmasının farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği değerlendirilmektedir. Örneğin, yeni ortaya çıkan bir yenilik, yok ettiği işgücü nedeniyle kısa dönem etkisi olarak işsizliği arttırabilecektir. Ancak uzun vadede yeni gelişen teknoloji ile birlikte yeni iş kolları ortaya çıkabilecek ve bu etkiyi ortadan kaldıracabilecektir. Hatta uzun dönemde teknolojinin etkisiyle artan verimlilik ve yeni iş kollarının daha fazla olması sebebiyle işsizliği azaltan etkiye dahi rastlanması mümkün olabilecektir.

Feldmann (2013) ve onu takip eden Matuzeviciute vd. (2017) çalışmalarında patentin gecikmeli etkisine bakarak etkinin uzun süreli mi yoksa kısa süreli mi olduğunu değerlendirmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde patentin gecikmeli değerinin etkisine bakılan yeni bir analiz daha yapılmıştır ve bu şekilde bu ilişki ve/veya ilişkisizliğin uzun süreli ve kısa süreli etkisi ayrı ayrı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan yeni analiz sonuçları Tablo 25’te yer almaktadır. Karşılaştırmanın daha tutarlı olması ve kullanılan yöntemlerin tercih sebebinin

geçerliliğini koruması nedeniyle model, aynı kontrol değişkenleriyle aynı yöntem ve parametreler kullanılarak yeniden tahmin edilmiştir.

Tablo 25. Patent Bağımsız Değişkeni İçin Son Tahmin Sonuçları

Değişken	S-DPD1*	S-DPD2*	S-GMM1*	S-GMM2*	Beklenen
L.u	0.327***	0.295***	0.371***	0.269***	+/-
g	-0.624**	-0.689	-0.365**	-0.417**	-
fe	1.766***	2.017**	1.228***	1.357***	+/-
vt	0.0687	-0.152	-0.0230	0.0105	+/-
d	-0.0778	-0.0761	-0.0743***	-0.0663***	+
f	0.00229	-0.000278	0.0160***	0.0165**	+
k	-0.0714***	-0.0524**	-0.0842***	-0.0823***	-
sg	-0.0667	-0.0694	-0.0500	-0.0516	-
sç	0.107*	0.137*	0.102**	0.120*	+/-
ih	0.344***	0.321***	0.236***	0.247***	+
s	0.00136	0.114	0.00452	0.00268	+
P	-0.0314	-0.0306	-0.0167	-0.0245	+/-
L.P	-0.0367**	-0.0435	-0.0607**	-0.0589**	+/-
L2.P	-0.0101	-0.0236	-0.0357	-0.0378	+/-
dummy	-0.114***	-0.103***	-0.136***	-0.131***	+/-
Gözlem S.	149	149	149	149	
N	23	23	23	23	
Wald	41317.26	1.17e+06	24783.83	24826.86	
AR (1)	0.0570	0.1683	0.339	0.720	
AR (2)	0.3362	0.7806	0.200	0.670	
Hansen			0.341	0.341	

* bk.Tablo 24 açıklamaları

Son analizde elde edilen tahminlere göre: Kontrol değişkenlerinin birçoğunun her iki yöntemde de hem bir aşamalı hem iki aşamalı analizlerde açıklama gücünün yüksek olduğu görülmüştür. Analizin temel amacı olan teknolojik yenilik değişkeninin (Patent) işsizlikle ilişkisinin ilk analizdeki sonuçlara paralel olarak her iki yöntemde de istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak üçlü patent ailesinin bir yıl gecikmeli hali, S-DPD bir aşamalı tahminlerinde ve S-GMM hem bir aşamalı hem iki aşamalı tahminlerinde istatistiki olarak %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Üstelik bu ilişki, teknolojinin işsizlik üzerinde genel olarak beklenen olumsuz etkisinin aksine işsizlik oranı ile negatif korelasyonlu olarak bulunmuştur. Başka bir deyişle teknolojinin 1 yıl gecikmeli etkisinde her %1'lik artışın

işsizliği %0,06 azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak 2 yıl gecikmeli ilişkiye baktığımızda bu etkinin yeniden ortadan kaybolduğu yani etkinin 1 yıl sonra gecikmeli olarak ortaya çıktığı ve kısa süreli geçici bir etki olduğu görülmüştür. *Bu bağlamda teknolojinin işsizlik üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı ve bu etkinin ikinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.*

İlk analizde ayrıntıları açıklanan Windmeijer (2005) örnek düzeltmesi ile dirençli tahminciler elde edilmiş ve “collapse” opsiyonu ile araç değişken sayısı sınırlandırılmıştır. Yine ilk analizde açıklandığı üzere “ortogonal sapmalar” kullanılmıştır. Kontrol değişkenlerinin analiz sonuçlarında, yöntemler arasında ve yöntem içinde bir ve iki aşamalı tahmincilerde birbirine çok yakın değerler elde edilmesi analizin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması ve değişkenlerin işaretlerinin aynı yönlü olmasından dolayı ilk analizde olduğu gibi yalnızca en anlamlı tahmincilerin elde edildiği S-GMM iki aşamalı tahmincilerinin değerleri ve işaretleri yorumlanmıştır. Kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH’nın (g) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH’daki her %1’lik artışın işsizliği %0,42 azalttığı;

- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (fe) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanılmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Alisa, 2015; Bayrak ve Kanca, 2013; Kuştepel, 2005) ile uyumludur. İlk bulgulara göre: TÜFE’deki her %1’lik artışın işsizliği %1,36 arttırdığı;

- İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (vt) ile işsizlik oranı ilişkisinin pozitif yönlü bulunduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Reel döviz kuru artışının (d) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken bu

analizde reel döviz kurundaki her %1’lik artışın işsizliği %0,07 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

- Reel faiz oranının (f) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, reel faiz oranındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,02 arttırdığı;

- Ücret pazarlığı koordinasyonunun (k) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1’lik artışın işsizliği %0,08 azalttığı;

- Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (sg) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (sç) işsizlik oranı ile ilişkisinin pozitif yönlü olduğu, %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu ve her %1’lik artışın işsizliği %0,12 arttırdığı;

- Kamu işsizlik harcamasının (ih) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,25 arttırdığı;

- Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin literatüre uyumlu olarak (+) bulunduğu ancak bu sonucun istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Sonuçların istikrarlı ve güvenilir kabul edilebilmesi için yapılması zorunlu olan ve ilk analizde ayrıntıları açıklanan testler bu analiz için de yapılmıştır. Hansen J testi sonucunda H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla aşırı tanımlama kısıtları geçerlidir ve değişkenler dışsaldır. Test sonucundan modelin araç değişkenler açısından uygun olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu analizde Hansen J testi değerleri ilk analize göre daha yüksek çıkmış ve Roodman (2009b) tarafından önerilen ideal değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir. Otokorelasyon testi sonucunda hem AR1 için hem AR2 için H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla modelde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur. Ayrıca analizde kullanılan Wald testi istatistiği de anlamlıdır ve modelin bir bütün olarak anlamlılığına işaret etmektedir.

5.5.2. İkinci Model Analiz ve Bulguları

Teknoloji değişkeni olarak p üçlü patent ailesine dahil patent sayısı (1 milyon kişi başına) kullanılarak yapılan analiz, aynı yöntemle teknoloji değişkeni olarak r Ar-Ge harcaması (% GSYH) kullanılarak yeniden yapılmıştır. Bu şekilde iki ayrı model ile birbirine yakın sonuçların elde edilmesi beklenmektedir. Beklenen şekilde elde edilecek sonuçların birbirine yakın olması durumunda sonuçların daha güvenilir ve karşılaştırılabilir olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca hem teknoloji girdisi hem teknoloji çıktısı değişkeni ile elde edilecek paralel sonuçlar iki yönlü bir yaklaşımla çıkarım sağlayacaktır.

Ar-Ge harcaması bağımsız değişkeni ile Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) “*S-DPD*” bir ve iki aşamalı tahmincileri ve “*S-GMM*” bir ve iki aşamalı tahmincileri kullanılarak elde edilen ilk tahmin sonuçları Tablo 26’da verilmiştir. İlk iki sütunda yer alan sistem “*Dinamik Panel Veri Tahmini*” sonuçları “*xtdpdsys*” komutu kullanılarak elde edilmiştir. Son iki sütunda verilen S-GMM sonuçları ise Roodman (2009b) tarafından geliştirilen ve daha istikrarlı sonuçlar alınmasını sağlayan “*xtabond2*” komutu kullanılarak elde edilmiştir. Analiz yönteminde ve komutların kullanım opsiyonunda birinci modeldeki tercihlere bağlı kalınmıştır.

Tablo 26. Ar-Ge Bağımsız Değişkeni İçin İlk Tahmin Sonuçları

Değişken	S-DPD1*	S-DPD2*	S-GMM1*	S-GMM2*	Beklenen
L.u	0.417***	0.358***	0.374***	0.320***	+/-
g	-0.714***	-0.783***	-0.525***	-0.481**	-
fe	1.929***	1.927***	1.699***	1.618***	+/-
vt	0.0278	0.215	-0.114	-0.0781	+/-
d	-0.0612	-0.0708	-0.0520***	-0.0558**	+
f	-0.00371	-0.00625	0.0164	0.0140	+
k	-0.0632***	-0.0600***	-0.0721***	-0.0678**	-
sg	-0.0367	-0.0181	-0.0716	-0.0669	-
sç	0.0744	0.0572	0.0593*	0.0668	+/-
ih	0.372***	0.361***	0.231***	0.258***	+
s	0.0193	0.0749	-0.0426	-0.0796	+
r	-0.228**	-0.184	-0.149***	-0.191***	+/-
dummy	-0.0806***	-0.0737***	-0.147***	-0.153***	+/-
Gözlem S.	167	167	167	167	
N	23	23	23	23	
Wald	12664.72	12443.48	21881.86	13400.76	
AR (1)	0,06	0,17	0,23	0,53	
AR (2)	0,08	0,25	0,06	0,42	
Hansen			0,11	0,11	

* **S-DPD1:** Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini bir aşamalı tahmincileri.
S-DPD2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini iki aşamalı tahmincileri.
S-GMM1: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler bir aşamalı tahmincileri.
S-GMM2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler iki aşamalı tahmincileri.
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Birinci modelde ayrıntılı açıklandığı üzere Arellano ve Bover (1995)/ Blundell ve Bond (1998) yönteminde iki aşamalı tahmincilerden elde edilen sonuçların aşağı doğru sapmalı olmasından dolayı iki aşamalı varyans kovaryans matrisi için önerilen ve kullanımı en yaygın olan düzeltmelerden Windmeijer (2005) örnek düzeltmesi yapılmış ve dirençli tahminciler elde edilmiştir. Ayrıca analizde araç değişken sayılarının gözlem sayısına yaklaşması nedeniyle “collapse” opsiyonu kullanılarak araç değişken sayısı azaltılmıştır. İlaveten birinci farklar yönteminin neden olduğunu veri kaybını azaltmak maksadıyla birinci farklar yerine Arellano ve Bover (1995) tarafından önerilen “*ortogonal sapmalar*” kullanılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre kontrol değişkenlerinin Tablo 26’da verilen 4 farklı yöntemde etkilerinin birbirine çok yakın olduğu ve işaretlerinin analizler arasında çoğunlukla birbirine uyumlu olduğu ve tutarlı olduğu görülmüştür. Yöntemlerin tamamında kontrol değişkenlerinin önemli bir kısmının istatistiki olarak anlamlı

olduğu ve modelin açıklama gücünün yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Analizin öncül amacı olan, temel bağımsız değişken ve teknolojik yenilik değişkeni olarak kullanılan Ar-Ge harcamalarının işsizlikle ilişkisinin her iki yöntemde de istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Bu ilişki negatif yönlüdür ve teknolojik yenilikteki ilerlemenin işsizliği arttırmadığı bilakis işsizliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonucuna dayanarak daha net olmak gerekirse Ar-Ge harcamalarının (r) işsizlik üzerindeki etkisinin istatistiki olarak %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu ve Ar-Ge harcamalarındaki her %1’lik artışın işsizliği yaklaşık olarak %0,2 azalttığı görülmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde ortaya çıkan yeni işlerin, teknoloji nedeniyle kaybolan işlerden daha fazla olmasının bu sonuca neden olması ihtimaller dahilindedir. Daha ayrıntılı yorumlar, analizlerin karşılaştırılmasından sonra bölüm sonunda yapılacaktır.

Analizde yer alan modelin açıklanmasında yararlanılan diğer kontrol değişkenlerinin sonuçlarına baktığımızda şu genellemeyi yapmak mümkündür: Yöntemler arasında ve yöntem içinde bir ve iki aşamalı tahminlerde birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir ve bu durum analizin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elde edilen sonuçlar birbirine yakın değerler içermektedir ve değişkenlerin etki yönünü gösteren işaretleri çoğunlukla aynı yöndedir. Bu nedenle en iyi tahmincilerin elde edildiği ve birinci modelde olduğu gibi S-GMM iki aşamalı tahmincilerinin değerleri ve işaretleri yorumlanacaktır. Bu bağlamda analizde yararlanılan kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH’nın (g) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH’daki her %1’lik artışın işsizliği %0,48 azalttığı;
- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (fe) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Kuştepli, 2005; Bayrak ve Kanca, 2013; Alisa, 2015) ile uyumludur. Analize göre: TÜFE’deki her %1’lik artışın işsizliği %1,62 arttırdığı;

- İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (*vt*) ile işsizlik oranı ilişkisinin negatif yönlü bulunduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Reel döviz kuru artışının (*d*) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken bu analizde reel döviz kurundaki her %1'lik artışın işsizliği %0,06 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

- Reel faiz oranının (*f*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Ücret pazarlığı koordinasyonunun (*k*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1'lik artışın işsizliği %0,07 azalttığı;

- Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (*sg*) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (*sç*) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Kamu işsizlik harcamasının (*ih*) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1'lik artışın işsizliği %0,26 arttırdığı;

- Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin literatürde pozitif (+) olması beklenirken bu ilişkinin negatif (-) bulunduğu ancak bu sonucun istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Birinci model sonunda da belirtildiği üzere GMM analizlerinde elde edilen sonuçların istikrarlı ve güvenilir kabul edilebilmesi için yapılması zorunlu olan testler bulunmaktadır. Arellano ve Bond (1991), Arellano ve Bover (1995) ve Blundell ve Bond'a (1998) göre araç değişkenlerin geçerliliği testi ve ikinci dereceden otokorelasyon testi yapılması zorunludur. Araç değişkenlerden yararlanan GMM analizinin geçerli olması için araçların dışsal olması en önemli varsayımdır. Bu

analizde araç değişkenlerin geçerliliğini test etmek için Hansen (1982) J testi kullanılmıştır. Bu testte H_0 hipotezi “*Aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir*” şeklinde kurulmuştur. Test sonucunda H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla aşırı tanımlama kısıtları geçerlidir, değişkenler dışsaldır. Kullanılan araç değişkenlerin dışsal olması kalıntıların açıklayıcı değişkenlerle korelasyonsuz olduğunu göstermektedir (Tatoğlu, 2018: 148). Test sonucundan modelin araç değişkenler açısından uygun olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuçların güvenilir olması için yapılması gerekli olan bir değer test, otokorelasyon testidir. Bu test için H_0 hipotezi “*Otokorelasyon yoktur*” şeklinde kurulmuştur. Birinci dereceden (AR1) ve ikinci dereceden (AR2) otokorelasyon sonuçlarına ayrı ayrı bakılması gerekmektedir. GMM analizlerinde AR1 için hipotezin reddedilmesi beklenen bir sonuçtur ve genellikle negatif otokorelasyon ile karşılaşmaktadır. Ancak AR2 hipotezinin reddedilmemesi, yani ikinci dereceden otokorelasyon olmaması önemlidir (Mileva, 2007: 7). Yapılan test sonucunda hem AR1 için hem AR2 için H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla modelde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur. Ayrıca analizde kullanılan Wald testi istatistiği de anlamlıdır ve modelin bir bütün olarak anlamlılığına işaret etmektedir.

Yapılan analiz sonucunda teknolojik yenilik değişkeninin işsizlik oranı ile ilişkisinin istatistiki olarak anlamlı olması önemli bir bulgu olarak değerlendirilmektedir. Negatif yönlü bu ilişkiye birinci modelde de ulaşılmıştır ancak birinci modeldeki bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olduğu ispatlanamamıştır. Bu analizde tespit edilen bu etkinin kalıcı bir etki mi yoksa geçici bir etki mi olduğunu öğrenmek, sonuçların daha sağlıklı yorumlanabilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Çünkü özellikle teknoloji gibi kısa süreli şok etkisi yaratabilecek veya gecikmeli olarak etki yaratabilecek ya da kısa süreli veya uzun süreli kalıcı etkiye neden olabilecek değişkenlerde bağımsız değişkenin gecikmeli etkisine de bakılmasının farklı sonuçlar ortaya çıkartabileceği değerlendirilmektedir. Örneğin, yeni ortaya çıkan bir yenilik, yok ettiği işgücü nedeniyle kısa dönem etkisi olarak işsizliği arttırabilecek veya yeni bir buluş kısa vadede kapsamlı bir iş kolu yaratabilecektir.

Teknolojinin işsizlik üzerindeki kısa dönem etkileri önemli bir sonuçtur ancak uzun dönemli etkileri özellikle politika yapıcılar için daha kritik bir sonuç olacaktır.

Feldmann (2013) ve onu takip eden Matuzeviciute vd. (2017) çalışmalarında teknolojinin gecikmeli etkisine bakarak etkinin uzun süreli mi yoksa kısa süreli mi olduğunu değerlendirmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde Ar-Ge harcamalarının gecikmeli etkisine bakılan yeni bir analiz daha yapılmıştır ve bu şekilde bu ilişkinin uzun süreli ve kısa süreli etkisi ayrı ayrı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan yeni analiz sonuçları Tablo 27’de yer almaktadır. Karşılaştırmanın daha tutarlı olması ve kullanılan yöntemlerin tercih sebebinin geçerliliğini koruması nedeniyle model, aynı kontrol değişkenleriyle, aynı yöntemlerle ve aynı parametreler kullanılarak tahmin edilmiştir. Birinci modelde olduğu gibi örnek düzeltmelerle dirençli tahminciler elde edilmiştir.

Tablo 27. Ar-Ge Bağımsız Değişkeni İçin Son Tahmin Sonuçları

Değişken	S-DPD1*	S-DPD2*	S-GMM1*	S-GMM2*	Beklenen
L.u	0.325***	0.319***	0.459***	0.408***	+/-
g	-0.723***	-0.732***	-0.408**	-0.339*	-
fe	2.057***	2.268***	1.408***	1.310***	+/-
vt	-0.0142	-0.362	-0.104	-0.0599	+/-
d	-0.0814	-0.0888	-0.0530***	-0.0612***	+
f	-0.00442	-0.00863	0.0205***	0.0138	+
k	-0.0705***	-0.0696***	-0.0826***	-0.0813***	-
sg	-0.0455	-0.0231	-0.0843**	-0.105**	-
sç	0.108**	0.0868	0.0655**	0.0630	+/-
ih	0.365***	0.333***	0.259***	0.307***	+
s	-0.0437	0.115	-0.0684	-0.127	+
r	-0.0345	-0.220	0.230**	-0.0151	+/-
L.r	-0.105	-0.0828	-0.138	0.156	+/-
L2.r	-0.0833	-0.0108	-0.232	-0.335	+/-
dummy	-0.0832***	-0.0994***	-0.151***	-0.133***	+/-
Gözlem S.	151	151	151	151	
N	23	23	23	23	
Wald	27894.91	2138.39	46164.70	17010.54	
AR (1)	0.037	0.137	0.25	0.27	
AR (2)	0.63	0.86	0.03	0.73	
Hansen			0.15	0.15	

* **S-DPD1:** Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini bir aşamalı tahmincileri.

S-DPD2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Dinamik Panel Veri Tahmini iki aşamalı tahmincileri.

S-GMM1: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler bir aşamalı tahmincileri.

S-GMM2: Arellano ve Bover / Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler iki aşamalı tahmincileri.

***p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Gecikmeli değerlerin ilave edildiği son analiz sonucundan elde edilen tahmincilere göre: Kontrol değişkenlerinin birçoğunun her iki yöntemde de hem bir aşamalı hem iki aşamalı analizlerde açıklama gücünün yüksek olduğu görülmüştür. Analizin temel amacı olan teknolojik yenilik değişkeninin (Ar-Ge) işsizlikle ilişkisinin ilk modeldeki sonuçlara paralel olarak S-DPD yönteminde ve S-GMM yönteminin iki aşamalı tahmincilerinde istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. (Ar-Ge harcamaları yalnızca S-GMM bir aşamalı tahmincilerinde istatistiki olarak %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır.) Bu sonuca göre teknoloji kısa vadede işsizliği azaltıcı etki yapmaktadır. Bu ilişkinin, teknolojinin işsizlik üzerinde genel olarak beklenen olumsuz etkisinin aksine işsizlik oranı ile negatif korelasyonlu olarak bulunması önemli bir bulgudur. Ancak teknolojinin 1 yıl ve 2 yıl gecikmeli olarak ilişkisine baktığımızda bu etkinin yeniden ortadan kaybolduğu yani etkinin yalnızca ilk yıl ortaya çıktığı ve kısa süreli geçici bir etki olduğu görülmüştür. *Bu bağlamda teknolojinin işsizlik üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı ve bu etkinin birinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.*

Gecikmeli değerlerle yapılan yeni analizde kontrol değişkenlerinin analiz sonuçlarında, yöntemler arasında ve yöntem içinde bir ve iki aşamalı tahmincilerde birbirine çok yakın değerler elde edilmesi analizin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması ve değişkenlerin işaretlerinin aynı yönlü olmasından dolayı ilk analizde olduğu gibi yalnızca en anlamlı tahmincilerin elde edildiği S-GMM iki aşamalı tahmincilerinin değerleri ve işaretleri yorumlanmıştır. Kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH'nın (g) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH'daki her %1'lik artışın işsizliği %0,34 azalttığı;
- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (fe) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanılmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Alisa, 2015; Bayrak ve Kanca, 2013; Kuştepel, 2005)

ile uyumludur. İlk bulgulara göre: TÜFE'deki her %1'lik artışın işsizliği %1,31 arttırdığı;

- İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (vt) ile işsizlik oranı ilişkisinin pozitif yönlü bulunduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Reel döviz kuru artışının (d) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken bu analizde reel döviz kurundaki her %1'lik artışın işsizliği %0,06 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

- Reel faiz oranının (f) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Ücret pazarlığı koordinasyonunun (k) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1'lik artışın işsizliği %0,08 azalttığı;

- Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (sg) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu, %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu ve her %1'lik artışın işsizliği %0,11 arttırdığı;

- Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (sç) işsizlik oranı ile ilişkisinin pozitif yönlü olduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Kamu işsizlik harcamasının (ih) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1'lik artışın işsizliği %0,31 arttırdığı;

- Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Sonuçların istikrarlı ve güvenilir kabul edilebilmesi için yapılması zorunlu olan ve ilk analizde ayrıntıları açıklanan testler, bu analiz için de yapılmıştır. Hansen J testi sonucunda H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla aşırı tanımlama kısıtları geçerlidir ve değişkenler dışsaldır. Test sonucundan modelin araç değişkenler açısından uygun olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu

analizde, Hansen J testi değerleri ilk analize göre daha yüksek çıkmış ve Roodman (2009b) tarafından önerilen ideal değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir. Otokorelasyon testi sonucunda hem AR1 için hem AR2 için H_0 hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla modelde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur. Ayrıca analizde kullanılan Wald testi istatistiği de anlamlıdır ve modelin bir bütün olarak anlamlılığına işaret etmektedir.

Teknoloji girdisini ve çıktısını temsil eden iki farklı teknoloji değişkeni kullanılmasına rağmen kurulan her iki modelde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle kontrol değişkenlerinin işsizlik üzerindeki etkilerinin büyüklüğüne ve korelasyonuna bakıldığında iki farklı modelin birbirine uyumlu ve tutarlı tahminler vermesi sonuçların güvenilirliğini arttırmaktadır. Kurulan iki model için gecikmeli ve gecikmesiz analiz sonuçları karşılaştırabilmek maksadıyla Tablo 28’de bir arada gösterilmektedir.

Tablo 28. İki Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Değişken	MODEL 1-1	MODEL 1-2	MODEL 2-1	MODEL 2-2	Beklenen
L.u	0.325***	0.269***	0.320***	0.408***	+/-
g	-0.495**	-0.417**	-0.481**	-0.339*	-
fe	1.696***	1.357***	1.618***	1.310***	+/-
vt	-0.143	0.0105	-0.0781	-0.0599	+/-
d	-0.0643**	-0.0663***	-0.0558**	-0.0612***	+
f	0.0241*	0.0165**	0.0140	0.0138	+
k	-0.0836**	-0.0823***	-0.0678**	-0.0813***	-
sg	-0.0522	-0.0516	-0.0669	-0.105**	-
s	0.0500	0.120*	0.0668	0.0630	+/-
ih	0.262***	0.247***	0.258***	0.307***	+
s	-0.0831	0.00268	-0.0796	-0.127	+
p	-0.0210	-0.0245			+/-
L.p		-0.0589**			+/-
L2.p		-0.0378			+/-
r			-0.191***	-0.0151	+/-
L.r				0.156	+/-
L2.r				-0.335	+/-
dummy	-0.160***	-0.131***	-0.153***	-0.133***	+/-

***p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Teknoloji değişkeni olarak patent ve Ar-Ge harcamalarının ayrı modeller kurularak analiz edilmesi sonucunda teknolojinin işsizlik üzerindeki etkileri üzerine birbirine uyumlu ve tutarlı bulgulara ulaşılmıştır. Patent değişkeni ile kurulan modelde teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisinin 1 yıl gecikmeli olarak görüldüğü, Ar-Ge harcamaları ile kurulan modelde ise bu etkinin aynı yıl görüldüğü anlaşılmaktadır. Bu etkinin ortak yönü ise bu etkinin negatif yönlü olduğu yani teknolojinin işsizlik üzerinde olumlu etkisi olduğu ve işsizlik oranını çok az da olsa azalttığı noktasındadır. Bir diğer önemli ortak nokta ise farklı zamanda ortaya çıkan bu etkinin geçici olduğu ve bir yıl sonra ortadan kalktığıdır. *Başka bir deyişle her iki modelde de teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisi kısa sürelidir ve bu etki uzun dönemde kaybolmaktadır.*

Yapılan bu analizler öncesinde yapılmış, havuzlanmış regresyon analizi, sabit etkiler ve rassal etkiler analizi sonuçları Tablo 29 ve Tablo 30’da; Huber-White standart hatalarla değişen varyans ve otokorelasyon varlığında dirençli sabit etkiler analizi, kalıntılı doğrusal regresyon modeli analizi, Driscoll-Kraay standart hatalarla otokorelasyon, birimlerarası korelasyon ve değişen varyans varlığında dirençli sabit etkiler analizi sonuçları Tablo 31 ve Tablo 32’de sunulmuştur. Analiz için bu yöntemler yerine neden dinamik panel ve S-GMM yöntemlerinin tercih edildiği “Yöntem: Neden Dinamik Panel Analizi” başlığında ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Tablo 29. OLS/FE/RE Yöntemi ile Elde Edilen Tahminler (Patent)

ÜLKE GRUBU: 23 Ülke (22 AB Ülkesi ve Türkiye)

YIL ARALIĞI: 2005-2018

BAĞIMLI DEĞİŞKEN: İşsizlik Oranı

BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN: Patent (Teknolojik Yenilik Göstergesi)

H0: Teknolojik Yenilikler İşsizliği Etkiler.

Değişken	(OLS) (Havuzlanmış)	(FE) (Sabit Etkiler)	(RE) (Rassal Etkiler)	Beklenen
g	-0.555***	-1.351***	-0.987***	-
fe	1.648***	1.860***	1.483***	+/-
vt	0.0135	1.529***	0.707**	+/-
d	-0.0953***	-0.377**	-0.116***	+
f	0.00620	-0.0258***	-0.0167*	+
k	-0.0858***	-0.0921***	-0.127***	-
sg	-0.0361	0.201*	0.0956	-
sç	0.138***	0.0547	0.0643	+/-
ih	0.232***	0.303***	0.300***	+
s	0.0946	-0.0162	-0.0568	+
P	-0.0184	0.0732**	0.0486	+/-
L.p	-0.128***	-0.0224	-0.0546**	+/-
L2.p	-0.0402	-0.00697	-0.0217	+/-
dummy	-0.173***	-0.0622	-0.0766	+/-
Gözlem S.	149	149	149	
N	23	23	23	
R²	0.747	0.796	0.775	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Hausman Test: Sabit Etkiler kullanılması uygundur.

F Testi: Model Anlamlıdır.

Wald Testi: Değişen varyans problemi vardır.

Wooldridge Testi: Otokorelasyon problemi vardır

Tablo 30. OLS/FE/RE Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Ar-Ge)

ÜLKE GRUBU: 23 Ülke (22 AB Ülkesi ve Türkiye)

YIL ARALIĞI: 2005-2018

BAĞIMLI DEĞİŞKEN: İşsizlik Oranı

BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN: Ar-Ge (Teknolojik Yenilik Göstergesi)

H0: Teknolojik Yenilikler İşsizliği Etkiler.

Değişken	(OLS) (Havuzlanmış)	(FE) (Sabit Etkiler)	(RE) (Rassal Etkiler)	Beklenen
g	-0.661***	-1.183***	-1.036***	-
fe	2.077***	2.059***	1.849***	+/-
vt	-0.0515	0.975**	0.455	+/-
d	-0.0712***	-0.527**	-0.104**	+
f	0.00708	-0.0227**	-0.0149	+
k	-0.0983***	-0.0393	-0.125***	-
sg	-0.0968*	0.272**	0.0896	-
sç	0.0739*	0.0562	0.0421	+/-
ih	0.285***	0.316***	0.327***	+
s	-0.0292	0.690***	-0.0302	+
r	0.139	0.347*	0.164	+/-
L.r	-0.110	0.201	0.0677	+/-
L2.r	-0.307	0.0662	-0.208	+/-
dummy	-0.218***	-0.0558	-0.0795	+/-
Gözlem S.	151	151	151	
N	23	23	23	
R²	0.705	0.790	0,746	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Hausman Test: Sabit Etkiler kullanılması uygundur.

F Testi: Model Anlamlıdır.

Wald Testi: Değişen varyans problemi vardır.

Wooldridge Testi: Otokorelasyon problemi vardır

Tablo 31. SE/HW/KR/DK Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Patent)**ÜLKE GRUBU:** 23 Ülke (22 AB Ülkesi ve Türkiye)**YIL ARALIĞI:** 2005-2018**BAĞIMLI DEĞİŞKEN:** İşsizlik Oranı**BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN:** Patent (Teknolojik Yenilik Göstergesi)**H0:** Teknolojik Yenilikler İşsizliği Etkiler.

Değişken	SE*	HW*	KR*	DK*	Beklenen
g	-1.351***	-1.351**	-1.265***	-1.351***	-
fe	1.860***	1.860*	1.867***	1.860***	+/-
vt	1.529***	1.529***	1.409***	1.529***	+/-
d	-0.377**	-0.377**	-0.0618	-0.377**	+
f	-0.0258***	-0.0258**	-0.0122	-0.0258***	+
k	-0.0921***	-0.0921**	-0.0550**	-0.0921***	-
sg	0.201*	0.201	0.342***	0.201**	-
sç	0.0547	0.0547	-0.272***	0.0547	+/-
ih	0.303***	0.303***	0.254***	0.303***	+
s	-0.0162	-0.0162	0.463*	-0.0162	+
P	0.0732**	0.0732*	0.0157	0.0732***	+/-
L.p	-0.0224	-0.0224	-0.00462	-0.0224	+/-
L2.p	-0.00697	-0.00697	0.00451	-0.00697	+/-
dummy	-0.0622	-0.0622	-0.0745**	-0.0622**	+/-
Gözlem S.	149	149	126	149	
N	23	23	22	23	
R²	0.796	0.796	0,787	0,796	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

***SE:** Klasik Sabit Etkiler (Grup içi tahminciler) tahmincisi kullanılmıştır.**HW:** Huber-White standart hatalarla değişen varyans ve otokorelasyon varlığında dirençli sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır.**KR:** Kalıntılı doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır.**DK:** Driscoll-Kraay standart hatalarla otokorelasyon, birimlerarası korelasyon ve değişen varyans varlığında dirençli sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır.

Tablo 32. SE/HW/KR/DK Yöntemi ile Elde Edilen Tahminciler (Ar-Ge)

ÜLKE GRUBU: 23 Ülke (22 AB Ülkesi ve Türkiye)

YIL ARALIĞI: 2005-2018

BAĞIMLI DEĞİŞKEN: İşsizlik Oranı

BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN: Ar-Ge (Teknolojik Yenilik Göstergesi)

H0: Teknolojik Yenilikler İşsizliği Etkiler.

Değişken	SE*	HW*	KR*	DK*	Beklenen
g	-1.183***	-1.183	-1.348***	-1.183***	-
fe	2.059***	2.059**	2.126***	2.059***	+/-
vt	0.975**	0.975	1.309***	0.975***	+/-
d	-0.527**	-0.527*	-0.0672	-0.527**	+
f	-0.0227**	-0.0227**	-0.0110	-0.0227**	+
k	-0.0393	-0.0393	-0.0576**	-0.0393	-
sg	0.272**	0.272**	0.319***	0.272***	-
sç	0.0562	0.0562	-0.261***	0.0562	+/-
ih	0.316***	0.316***	0.257***	0.316***	+
s	0.690***	0.690*	0.518**	0.690*	+
r	0.347*	0.347**	0.0243	0.347*	+/-
L.r	0.201	0.201	0.0577	0.201	+/-
L2.r	0.0662	0.0662	0.0309	0.0662	+/-
dummy	-0.0558	-0.0558	-0.0714**	-0.0558**	+/-
Gözlem S.	151	151	128	151	
N	23	23	23	23	
R²	0.790	0.790	0,806	0,790	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

***SE:** Klasik Sabit Etkiler (Grup içi tahminciler) tahmincisi kullanılmıştır.

HW: Huber-White standart hatalarla değişen varyans ve otokorelasyon varlığında dirençli sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır.

KR: Kalıntılı doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır.

DK: Driscoll-Kraay standart hatalarla otokorelasyon, birimlerarası korelasyon ve değişen varyans varlığında dirençli sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır.

SONUÇ

Gelişmekte olan teknolojiler çeşitli riskler ve belirsizlikler taşımaktadır. İnternet, sanal oyunlar ve sosyal ağların sağladığı zevk tuzakları, teknoloji bağımlılığında sadece buz dağının görünen yüzüdür. Beyin-bilgisayar bağlantısı sağlayan arayüzler, implantlar, nöral bağlantı arayüzleri, nesnelerin interneti, biyomühendislik ve genetik bilimleri ve daha birçok çığır açıcı ve insanın hayal gücünü bile zorlayan teknolojiler yeni bir dönemi başlatmıştır. Teknoloji üstel ve kontrolsüz bir hızla büyümektedir. Üstelik teknolojik gelişmeler artık durdurulamaz gibi görünmektedir. Çünkü insanoğlunun yeni bir şeyler deneme ve başarma güdüsü doğası gereğidir. Gelecekte hangi teknoloji ve buluşlarla karşılaşacağımız artık hayal gücümüzün sınırlarını dahi aşmaktadır. Yakın zamanda bilim-kurgu filmlerinde görmeye alıştığımız birçok teknoloji, gündelik hayatımızın içerisine yerleşmiş durumdadır.

Teknolojiyi yapabiliyoruz diye yapmalı mıyız? Yoksa teknolojiyi yapmadan önce bu teknolojinin insanlığa nasıl hizmet edeceğine mi odaklanmalıyız? Teknolojinin sağlayacağı kâr getirisi yerine insanoğlunun menfaatini mi ön planda tutmalıyız? Teknik olarak mümkün olduğunu varsaysak bile robot bir pilotun kullandığı uçakta ne kadar güvende hissedebiliriz? Ya da ameliyathanede kendimizi robot bir doktorun metal kollarına nasıl emanet edebiliriz? Human Longevity şirketi sahibi Peter Diamandis ölümsüzlük üzerinde büyük bütçelerle araştırmalarını sürdürmektedir. Peki, insanın ömrünü uzatmak mümkün hale gelse bile, sırf teknik olarak mümkün diye bir şeyi yapmalı mıyız? Einstein ölümüne birkaç ay kala, *“Hayatımda büyük bir hata yaptım. Bu da Başkan Roosevelt’e atom bombası yapılması tavsiye mektubuna attığım imzadır. Fakat mazeretim var: Almanların o bombayı daha önce yapma tehlikesiydi”* sözleriyle pişmanlığını paylaşmıştır. Benzer şekilde Nükleer fizikçi Robert Oppenheimer da atom bombasına sağladığı katkılardan dolayı büyük bir pişmanlık yaşadığını itiraf etmiştir.

William Gibson *“Teknoloji biz onları uygulayana dek ahlâken tarafsızdır.”* der. Teknoloji beraberinde birçok önemli etik sorunları da getirmektedir. Evet, teknolojinin etiği yoktur. Aslına bakılırsa etik sadece insanoğlunun umurundadır ve öyle de olmalıdır. Teknolojide etiği gözetecek olan da insandır. Sosyal normlar ve

inançlar sistemi insanlar için geçerlidir. Makineler, ancak insanların onlara yüklediği kadar bu değerleri gözetebilecektir. Daha açık olmak gerekirse, makineler için bu değerler yalnızca bir algoritmalar bütünüdür. Peki, insan olarak biz daha çok insan olmak yerine daha çok makineleşme yolunda mı ilerliyoruz? Yeni teknolojiler için harcadığımız zaman ve gayreti insanlığımızın temel değerlerini korumak için de harcıyor muyuz?

Bu tez beş ana bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümünde Ar-Ge ve yenilik kavramlarına ilişkin kavramsal bir çerçeve oluşturulmaktadır. Sanayi devrimi ile başlayan tekno-ekonomik paradigma dönüşümlerinde enformasyon toplumuna kadar yaşanan süreç tarihi perspektifte ele alınmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi ya da daha bilindik ismiyle Endüstri 4.0 çağı ve bu çağda geleceğe yön vermesi beklenen teknolojiler ayrı ayrı incelenmektedir. Bölümün devamında Moore Yasası kapsamında teknolojiye ulaşılan nokta değerlendirilmekte ve bu dönemin diğerlerinden farklı olup olmadığına dair tartışmalara yer verilmektedir. Bu dönemde yaşanan teknolojik gelişmelerin üstel artış ve benzersiz hızının bu dönemi diğerlerinden farklı kıldığı görülmektedir.

İkinci bölümde teknolojinin istihdamla ilişkisinin iktisadi boyutu ele alınmaktadır. Bu kapsamda, Klasik iktisatçılardan günümüze teknolojinin etkilerine ilişkin ortaya atılan yaklaşımlara yer verilmiştir. Bu görüşlerinin büyük bir çoğunluğunda teknolojiye ilişkin endişe ve korkular dikkat çekmektedir. Ancak tarihin hiçbir döneminde Keynes'in ortaya attığı kalıcı teknolojik işsizlik etkisi yaşanmamıştır. Teknolojinin etkisiyle işgücü piyasasından yaşanan işgücü ve ücret kutuplaşmasının ele alındığı dönemde vasıflı işçilerin lehine yaşanan değişim göze çarpmaktadır. Ancak özellikle son yirmi yılda işgücü kutuplaşmasının, yüksek ve düşük vasıflı işgücündeki talebi arttıran, orta vasıflı işgücündeki talebi azaltan bir yapıda olduğu görülmektedir. Her iki uçta yaşanan bu kutuplaşmanın istihdamda hizmetler sektörüne doğru yaşanan büyük kaymalardan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte hizmetler sektörünün son yirmi yıldaki büyümesi, özellikle teknoloji nedeniyle işinden olan çalışanlar için yeni bir iş olanağı sağlamıştır.

Teknolojinin etkilerine ilişkin telafi mekanizmalarının bu etkileri dengelemekte son derece etkin olduğu görülmektedir. Sadece imalat sektöründe robotlar nedeniyle milyonlarca işin yok edildiği düşünüldüğünde, telafi mekanizmalarının ne kadar etkili olduğu daha iyi anlaşılacaktır. Teknoloji bir taraftan kas gücü gerektiren işler başta olmak üzere rutin tekrarlanabilen işleri insanlardan devralmaktadır. Ancak artan verimlilik sayesinde yaşanan maliyet azalması ile daha etkin piyasalar ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra yeni makinelerin tasarımı, üretimi, yenilenmesi, geliştirilmesi ve bakımı gibi birçok yeni sektör ve yeni iş ortaya çıkmaktadır. Bu durum kaybedilen işlerin önemli derecede telafi edilmesine katkıda bulunmaktadır. Schumpeter'in yaratıcı yıkım olarak adlandırdığı sürecin bugüne kadar sağlıklı işlediği ve kalıcı işsizlik anlamında uzun ve belirgin bir dönemin yaşanmadığı görülmektedir.

AB ülkeleri ve Türkiye için istihdam, bilim, teknoloji ve yenilik görünümünün ele alındığı bölümde de teknolojinin etkisiyle yaşanan kalıcı bir işsizlik dönemine rastlanmamıştır. Geliştirilen görev tabanlı yeni modellerle otomasyonla ilgili yapılan korkutucu tahminlerin çok abartılı olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin, Frey ve Osborne tarafından yapılan ve çok tartışılan ABD'deki işlerin yarısının otomasyona maruz kalacağı tahmini yeni yapılan araştırmalarda %10 olarak bulunmuştur.

Literatür taramasına yer verilen dördüncü bölümde teknoloji ve istihdama ilişkin çalışmaların büyük bir çoğunluğunun firma seviyesinde ve sektörel bazda yapıldığı görülmektedir. Firma düzeyinde yapılan çalışmaların önemli bir kısmında ürün yeniliğinin istihdam üzerinde pozitif etkisi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte süreç yeniliğinin ise istihdam üzerinde negatif etki yaptığı görülmektedir. Sektörel düzeyde yapılan çalışmalar da firma düzeyinde yapılan çalışmalarla paralellik arz etmektedir. Ar-Ge, yenilik ve patentin istihdamla pozitif ilişkili olduğu çalışmaların çoğunlukta olduğu görülmektedir.

Tezin ampirik bölümünde, 2005-2018 yıllarına ait ve AB ülkeleri ile Türkiye'yi kapsayan veri seti ile teknoloji ve işsizlik ilişkisi, panel veri yöntemi ile analiz edilmektedir. Panel veri analizinde, Arellano ve Bover/ Blundell ve Bond "S-DPD" ve "S-GMM" bir ve iki aşamalı tahmincileri kullanılmıştır. Analiz bölümünde teknoloji değişkeni olarak Ar-Ge ve patent ayrı ayrı kullanılarak aynı model iki farklı

analizle test edilmiştir. Ar-Ge teknoloji girdisi, patent ise teknoloji çıktısı olarak kullanıldığında bu iki değişkenle birlikte yapılan iki ayrı modelin benzer sonuçlar vermesinin analizin güvenilirliğini arttıracakı değerlendirilmektedir.

Her iki modelin karşılaştırılabilir sonuçlar vermesi amacıyla, aynı kontrol değişkenleri ve aynı parametreler kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki model de: bağımlı değişken olarak işsizlik oranı (%); kontrol değişkenleri olarak, gayrisafi yurt içi hasıla (nominal kişi başı USD), kamu işsizlik harcaması (% GSYH), vergi takozu (% kişisel gelir), tüketici fiyat endeksi (2015=100), sendikalaşma oranı (sendika üyesi işçiler/tüm işçiler), doğrudan yabancı sermaye girişi (% GSYH), doğrudan yabancı sermaye çıkışı (% GSYH), reel faiz oranı, reel döviz kuru (ulusal para/ USD) ve ücret pazarlığı koordinasyonunu değişkenleri kullanılmıştır. Sendikalaşma Oranı OECD Stat veri tabanından, Ücret Pazarlığı Koordinasyonu Visser (2019) veri tabanından ve geriye kalan diğer tüm değişkenler OECD Data veri tabanından alınmıştır.

Arellano ve Bover/ Blundell ve Bond yönteminde iki aşamalı tahmincilerden elde edilen sonuçların aşağı doğru sapmalı olmasından dolayı, iki aşamalı varyans kovaryans matrisi için önerilen ve kullanımı en yaygın olan düzeltmelerden Windmeijer (2005) örnek düzeltmesi uygulanmış ve bu şekilde dirençli tahminciler elde edilmiştir. S-GMM analizlerinde türetilen araç değişkenlerin sayısının gözlem sayısına yakın veya fazla olması sapmalı tahminlere neden olabilecektir. Bu nedenle analizde araç değişken sayılarının gözlem sayısına yaklaşması nedeniyle “collapse” opsiyonu kullanılarak araç değişken sayısı azaltılmıştır. Analizde birinci farklar yönteminin neden olduğunu veri kaybını azaltmak amacıyla, birinci farklar yerine Arellano ve Bover (1995) tarafından önerilen “*ortogonal sapmalar*” kullanılmıştır.

Birinci modelde teknolojik yenilik değişkeni olarak üçlü patent ailesi kullanılmıştır. Modelde kullanılan kontrol değişkenlerinin birçoğunun açıklama gücünün her iki yöntemde de yüksek olduğu görülmüştür. Teknolojik yenilik değişkeninin (Patent) işsizlikle ilişkisinin her iki yöntemde de istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak özellikle teknoloji gibi gecikmeli olarak etki yaratabilecek, kısa süreli veya uzun süreli kalıcı etkiye neden olabilecek değişkenlerde bağımsız değişkenin gecikmeli etkisine de bakılmasının farklı sonuçlar ortaya

çıkartabileceği değerlendirilmiştir. Daha sonra bu ilişkisizliğin yalnızca kısa dönemde mi geçerli olduğunun tespiti için ikinci bir analiz yapılmıştır.

Yenilenen analizde teknolojik yenilik değişkeninin (Patent) işsizlikle ilişkisinin ilk analizdeki gibi istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak üçlü patent ailesinin bir yıl gecikmeli hali, S-DPD bir aşamalı tahminlerinde ve S-GMM hem bir aşamalı hem iki aşamalı tahminlerinde istatistiki olarak %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Üstelik bu ilişki, teknolojinin işsizlik üzerinde genel olarak beklenen olumsuz etkisinin aksine, işsizlik oranı ile negatif korelasyonlu olarak bulunmuştur. Başka bir deyişle, teknolojinin 1 yıl gecikmeli etkisinde her %1’lik artışın işsizliği %0,06 azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak 2 yıl gecikmeli ilişkiye bakıldığında, bu etkinin yeniden ortadan kaybolduğu yani etkinin 1 yıl sonra gecikmeli olarak ortaya çıktığı ve kısa süreli geçici bir etki olduğu görülmüştür. Bu bağlamda teknolojinin işsizlik üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı ve bu etkinin ikinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kontrol değişkenlerinin analiz sonuçlarında, yöntemler arasında ve yöntem içinde bir ve iki aşamalı tahminlerde birbirine çok yakın değerler elde edilmesi, analizin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması ve değişkenlerin işaretlerinin aynı yönlü olmasından dolayı, yalnızca en anlamlı tahminlerin elde edildiği S-GMM iki aşamalı tahminlerinin değerleri ve işaretleri yorumlanmıştır. Kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH’nın (g) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH’daki her %1’lik artışın işsizliği %0,42 azalttığı;

- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (fe) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanılmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Alisa, 2015; Bayrak ve Kanca, 2013; Kuştepel, 2005) ile uyumludur. İlk bulgulara göre: TÜFE’deki her %1’lik artışın işsizliği %1,36 arttırdığı;

▪ İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (vt) ile işsizlik oranı ilişkisinin pozitif yönlü bulunduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

▪ Reel döviz kuru artışının (d) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken, bu analizde reel döviz kurundaki her %1’lik artışın işsizliği %0,07 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

▪ Reel faiz oranının (f) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, reel faiz oranındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,02 arttırdığı;

▪ Ücret pazarlığı koordinasyonunun (k) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1’lik artışın işsizliği %0,08 azalttığı;

▪ Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (sg) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu ancak bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

▪ Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (sç) işsizlik oranı ile ilişkisinin pozitif yönlü olduğu, %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu ve her %1’lik artışın işsizliği %0,12 arttırdığı;

▪ Kamu işsizlik harcamasının (ih) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,25 arttırdığı;

▪ Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin literatüre uyumlu olarak (+) bulunduğu ancak bu sonucun istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

▪ 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Araç değişkenlerin geçerliliğini test etmek için yapılan Hansen J testi sonucunda, aşırı tanımlama kısıtlarının geçerli olduğu ve değişkenlerin dışsal olduğu görülmüştür. Test sonucundan modelin araç değişkenler açısından uygun olduğu ve

sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu analizde Hansen J testi değerleri Roodman (2009b) tarafından önerilen ideal değerlere yakın sonuçlar vermiştir. Otokorelasyon testi sonucunda modelde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Ayrıca analizde kullanılan Wald testi istatistiği de anlamlıdır ve modelin bir bütün olarak anlamlılığına işaret etmektedir.

İkinci modelde teknoloji değişkeni olarak üçlü patent ailesine dahil patent sayısı yerine Ar-Ge harcaması (% GSYH) kullanılarak farklı bir analiz yapılmıştır. Ancak yukarıda da vurgulandığı üzere, bu analizde de aynı model, aynı kontrol değişkenleri ve aynı parametreler kullanılmıştır. Analiz sonucunda, teknolojik yenilik değişkeni olarak kullanılan Ar-Ge harcamalarının işsizlikle ilişkisinin her iki yöntemde de istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Bu ilişki negatif yönlüdür ve teknolojik yenilikteki ilerlemenin işsizliği arttırmadığı bilakis işsizliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ar-Ge harcamalarının işsizlik üzerindeki etkisinin istatistiki olarak %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu ve Ar-Ge harcamalarındaki her %1'lik artışın işsizliği yaklaşık olarak %0,2 azalttığı görülmektedir. Birinci analizde olduğu gibi Ar-Ge harcamalarının gecikmeli etkisine bakılan yeni bir analiz daha yapılmıştır ve bu şekilde bu ilişkinin uzun süreli ve kısa süreli etkisi ayrı ayrı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Gecikmeli değerlerin ilave edildiği son analiz sonucundan elde edilen tahminlere göre: Kontrol değişkenlerinin birçoğunun açıklama gücünün her iki yöntemde de yüksek olduğu görülmüştür. Teknolojik yenilik değişkeninin (Ar-Ge) işsizlikle ilişkisinin birinci modeldeki sonuçlara paralel olarak, S-DPD yönteminde ve S-GMM yönteminin iki aşamalı tahmincilerinde istatistiki olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Ar-Ge harcamaları yalnızca S-GMM bir aşamalı tahmincilerinde istatistiki olarak %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır). Bu sonuca göre, teknoloji kısa vadede işsizliği azaltıcı etki yapmaktadır. Bu ilişkinin, teknolojinin işsizlik üzerinde genel olarak beklenen olumsuz etkisinin aksine işsizlik oranı ile negatif korelasyonlu olarak bulunması, önemli bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak teknolojinin 1 yıl ve 2 yıl gecikmeli olarak ilişkisine bakıldığında, bu etkinin yeniden ortadan kaybolduğu yani etkinin yalnızca ilk yıl ortaya çıktığı ve kısa süreli geçici bir etki olduğu görülmüştür. Bu bağlamda teknolojinin işsizlik

üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı ve bu etkinin birinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı, yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İkinci modelde kontrol değişkenlerinden:

- Kişi başına düşen GSYH'nın (g) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kişi başına düşen GSYH'daki her %1'lik artışın işsizliği %0,34 azalttığı;

- Enflasyon göstergesi olarak alınan tüketici fiyat endeksinin (fe) işsizlik oranı ile ilişkisi pozitif yönlü ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Philips eğrisinde öngörülen ters yönlü enflasyon-işsizlik ilişkisine rastlanılmamıştır. Ancak sonuçlar bu ilişkinin geçerliliğini yitirdiğine dair literatürde mevcut birçok ampirik bulgu (Alisa, 2015; Bayrak ve Kanca, 2013; Kuştepe, 2005) ile uyumludur. İlk bulgulara göre TÜFE'deki her %1'lik artışın işsizliği %1,31 arttırdığı;

- İşçinin ücretindeki vergi ve sigorta yükünü temsil eden vergi takozu (vt) ile işsizlik oranı ilişkisinin pozitif yönlü bulunduğu, ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Reel döviz kuru artışının (d) işsizlik oranı ile ilişkisi negatif yönlü bulunmuştur ve bu ilişki %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Literatürde genel olarak reel döviz kuru artışının işsizliği arttırması beklenirken, bu analizde reel döviz kurundaki her %1'lik artışın işsizliği %0,06 azaltacağı sonucuna ulaşıldığı ve bu etkinin çok küçük olduğu;

- Reel faiz oranının (f) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Ücret pazarlığı koordinasyonunun (k) literatürde beklenen işareti taşıdığı (-) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, her %1'lik artışın işsizliği %0,08 azalttığı;

- Doğrudan yabancı sermaye girişlerinin (sg) işsizlik oranı ile ilişkisinin literatüre uyumlu ve beklenen yönlü (-) olduğu, %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu ve her %1'lik artışın işsizliği %0,11 arttırdığı;

- Doğrudan yabancı sermaye çıkışlarının (sç) işsizlik oranı ile ilişkisinin pozitif yönlü olduğu ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı;

- Kamu işsizlik harcamasının (ih) literatürde beklenen işareti taşıdığı (+) ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu, kamu işsizlik harcamalarındaki her %1’lik artışın işsizliği %0,31 arttırdığı;
- Sendikalaşma oranı ile işsizlik oranı ilişkisinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı;
- 2008 yılı için oluşturulan kriz kukla değişkeninin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Elde edilen ampirik bulgular iki model ışığında bir arada değerlendirildiğinde; teknolojinin işsizlik üzerinde kısa süreli küçük ve olumlu bir etki yaptığı, ancak bu etkinin birinci modelde ikinci yıl sonunda, ikinci modelde ise birinci yıl sonunda ortadan kaybolmaya başladığı yani geçici bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojinin işsizliği arttırıcı bir etkisine rastlanmadığı gibi, küçük bir oranda da olsa telafi etkileri ile işsizliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak teknolojinin işsizlik üzerindeki etkisi kısa dönemde geçerlidir ve uzun dönemde ortadan kaybolmaktadır.

Bu analiz ile teknolojinin işsizlik üzerinde olumsuz etki yapacağına dair genel ön yargı yeniden sorgulanmıştır. Bununla birlikte, telafi mekanizmaları ve yaratıcı yıkım süreci ile teknolojinin az da olsa işsizliği azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ancak uzun vadeli etkilere bakıldığında, teknoloji ve işsizlik arasında istatistiki bir ilişki olmadığı görülmektedir. Keynes’in ortaya attığı “kalıcı teknolojik işsizlik” olgusu tarihin hiçbir döneminde yaşanmamıştır ve teknoloji ne kadar büyük bir etki yaratsa da istihdam bir şekilde dengelenmiştir. Keynes’ten günümüze dünya genelinde yaşanan işsizlik oranlarına bakıldığında da kriz dönemlerinin dışında teknolojik devrimlerden kaynaklı belirgin bir değişime rastlanmamaktadır. Elde edilen ampirik bulgular da bu durumu destekler niteliktedir ve son yirmi yılda teknolojinin etkisiyle kalıcı bir işsizlik yaşanmadığını istatistiki bulgularla ortaya koymaktadır.

Teknolojinin hızının ve etkisinin gelecekte ne olacağını şimdiden kestirmek olanaksızdır ancak tarih şunu göstermiştir ki insan işgücü değişen şartlara uyum sağlamak ve teknoloji ile değişen ve yeni ortaya çıkan iş dünyasında yeni işler bulmaya devam etmektedir. Teknolojinin sosyal ve etik değerler açısından bakıldığında, kaygı verici bir potansiyel barındırdığını kabul etmek yerinde olacaktır. Ancak eldeki veriler ışığında işsizlik anlamında teknoloji kaynaklı büyük bir endişeye yer olmadığı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte otomasyon sürecinin artarak

devam edeceğini, günümüz becerilerinin birçoğunun gelecekte yeterli olmayacağını ve yeni beceriler geliştirilmesi gerektiğini kabul etmek son derece yerinde olacaktır.

Acemoğlu, yaşadığımız bu dönem için teknolojinin regülasyonu, devlete yeni roller verilmesi ve bazı teknolojilerin öne çıkarılmasını içeren Refah Devleti 3.0 önerisini getirmiştir. Öncelikli teknolojiler olarak da yeşil teknolojiler ve yenilenebilir enerjiyi işaret etmektedir. Otomasyonla birlikte birçok işin ve görevin doğası değişecektir. Ancak diğer taraftan daha etkin piyasalar ve daha düşük maliyetler ortaya çıkmaktadır. Kaybolan işlerin yerine teknolojinin getirdiği yeni işler ve sektörler doğmaktadır. Brynjolfsson ve McAfee, çalışanlara makineler karşısında yarışmak yerine makinelerle birlikte yarışmayı öğrenmelerini tavsiye etmektedir. Teknolojinin durdurulamaz olduğu kabul edildiğinde bunun çok yerinde bir tavsiye olduğu görülmektedir.

Teknolojik değişim yönetişimi gerektirmektedir. Teknolojik gelişimin her kademesinde, geniş bir katılımı bu değişimin insanlığa sağlayacağı katkılar ve potansiyel zararlar ele alınmalıdır. Sırf yapılabildiği için teknoloji yapılmamalıdır. Doğanın ve insanlığın yaratılış gayesine uygun olmayan ve beraberinde birçok etik sorun getirebilecek teknoloji ve araştırmalardan uzak durulmalıdır. Teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin, insanoğlunun kapasitesi yaratıcının lütfu ile sınırlı kalacaktır. Bu sınır, çok yakın zamanda yaşadığımız Covid-19 salgını ile de kendisini göstermiştir. Son teknolojiler bile bir yılı aşkın süredir dünyayı ele geçiren ve gözle görülemeyecek kadar küçük bir virüs karşısında çaresiz kalmıştır. Üstelik bu virüs, hava yoluyla bulaşan türden bile değildir. Buna rağmen yayılması aylarca engellenememiştir. Virüsün doğal yollarla mı ortaya çıktığı yoksa insanoğlunun bir marifeti mi olduğu henüz kesinlik kazanmamıştır. Ancak kesin olan şudur ki, teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin insanoğlu her zaman yaratıcının sınırlarında kalacaktır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için farklı teknoloji değişkenleri ile teknoloji ve işsizlik ilişkisini analiz eden ampirik çalışmalar tavsiye edilmektedir. Örneğin farklı bir uluslararası patent sınıflandırması, endüstriyel robot sayıları, küresel yenilik endeksi gibi değişkenler kullanılarak yapılan analizler literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Bununla birlikte teknolojinin toplumsal ve sosyal etkilerine yönelik çalışmalar yapılması, teknolojinin bilimsel etiğinin açıkça tartışılması ve teknolojinin

regölasyonu için devlet müdahalesinin tartışılmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

Bu tezde analiz edilen teknoloji-işsizlik ilişkisi, teknolojinin iktisadi etkilerinin yalnızca bir boyutudur. Teknolojinin diğer iktisadi etkilerine ilişkin ampirik çalışmaların yapılması literatürdeki boşluğu doldurmak için elzemdir. Örneğin, beceri yanlı teknolojik değerışim, rutin yanlı teknolojik değerışim ve işgücü kutuplaşmasına ilişkin ampirik çalışmaların literatüre önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca teknolojinin etkilerini dengeleyen telafi mekanizmalarının etkilerini ayrı ayrı analiz eden çalışmalar literatürde yok denecek kadar azdır ve bu tür çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.



KAYNAKÇA

- Abor, J.-Harvey, S. K., (2008), “Foreign Direct Investment and Employment: Host Country Experience”, *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 1 (2), pp. 213–225.
- Acemoğlu, D., (2020), IMF Conference, Sixth Richard Goode Lecture: Remaking the Post-COVID World, December 4, 2020, <https://www.imf.org/en/News/Seminars/Conferences/2020/11/18/sixth-richard-goode-lecture-remaking-the-post-covid-world> (Erişim Tarihi: 10.12.2020)
- Acemoğlu, D.-Autor, D., (2010), “Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings”, *NBER Working Paper No. 16082*.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2018a), “Low-Skill and High-Skill Automation”, *Journal of Human Capital*, 12 (2), pp. 204-232.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2018b), “Artificial Intelligence, Automation and Work”, *NBER Working Paper No: 24196*, National Bureau of Economic Research Inc.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2018c), “The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment”, *American Economic Review*, 108(6), pp. 1488-1542.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2019a), The Wrong Kind of AI? Artificial Intelligence and the Future of Labor Demand, IZA Discussion Paper No: 12704, Institute of Labor Economics.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2019b), Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor, NBER Working Paper No: 25684, National Bureau of Economic Research Inc.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2020a), “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets”, *Journal of Political Economy*, 128 (6), pp. 2188-2244.
- Acemoğlu, D.-Restrepo, P., (2020b), "Unpacking Skill Bias: Automation and New Tasks", *AEA Papers and Proceedings*, 110, pp. 356-361.
- Adanu, K., (2005), “A Cross-province Comparison of Okun's Coefficient for Canada”, *Applied Economics*, 37 (5), pp. 561-570.

- Agenor, P.-R.-Aizenman, J., (1997), “Technological Change, Relative Wages, and Unemployment”, *European Economic Review*, 41, pp. 187-205.
- Aguilera, A.-Barrera, M.G.R., (2016), “Technological Unemployment: an Approximation to the Latin American Case”, *AD-Minister*, 29, pp. 59-78.
- Aguirregabiria, V.-Alonso-Borrego, C., (2001), “Occupational Structure, Technological Innovation, and Reorganization of Production, *Labour Economics*, 8 (1), pp. 43-73.
- Akçomak, S.-Gürçihan, B. H., (2013), “Türkiye İşgücü Piyasasında Mesleklerin Önemi: Hizmetler Sektörü İstihdamı, İşgücü ve Ücret Kutuplaşması”, *Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Çalışma Tebliği*, 13/21.
- Aldieri, L.-Vinci, C. P., (2018a), “Innovation Effects on Employment in High-Tech and Low-Tech Industries: Evidence from Large International Firms within The Triad”, *Eurasian Business Review*, 8, pp. 229-243.
- Aldieri, L.-Vinci, C.P., (2018b), “Green Economy and Sustainable Development: The Economic Impact of Innovation on Employment”, *Sustainability*, 10 (3541), pp. 1-11.
- Alisa, M., (2015), “The Relationship between Inflation and Unemployment: A Theoretical Discussion about the Phillips Curve”, *Journal of Business and Economics*, 3 (2), pp. 89-97.
- Allen, P.-Greaves, M., (2011), “The Singularity isn’t Near”, *Technology Review*, 12, pp. 7-8.
- Alonso-Borrego, C.A.-Collado, D., (2002), “Innovation and Job Creation and Destruction”, *Louvain Economic Review*, 68 (1-2), pp. 149-168.
- Anderson, T.W.-Hsiao, C., (1981), “Estimation of Dynamic Models with Error Components”, *Journal of the American Statistical Association*, 76, pp. 598-606.
- Anderson, T.W.-Hsiao, C., (1982), “Formulation and Estimation of Dynamic Models u-Using Panel Data”, *Journal of Econometrics*, 18, pp. 47-82.

- Apergis, N.-Rezitis, A., (2003), “An Examination of Okun's Law: Evidence From Regional Areas in Greece”, *Applied Economics*, 35 (10), pp. 1147-1151.
- Aran, A., (2020), *Here's What Happens Every Minute on the Internet in 2020*, World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2020/09/internet-social-media-downloads-uploads-facebook-twitter-youtube-instagram-tiktok> (Erişim Tarihi: 22 Kasım 2020).
- Arellano, M., (2003), *Panel Data Econometrics*, Oxford: Oxford University Press.
- Arellano, M.-Bond, S., (1991), “Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations”, *Review of Economic Studies*, 58, pp. 277-297.
- Arellano, M.-Bover, O., (1995), “Another Look at the Instrumental Variables Estimation of Error Component Models”, *Journal of Econometrics*, 68, pp. 29-51.
- Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016), *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- Aspromourgos, T., (2008), *The Science of Wealth: Adam Smith and the Framing of Political Economy*, London and New York: Routledge.
- Aubert-Tarby, C.-Escobar, O.R.-Rayna, T., (2017), “The Impact of Technological Change on Employment: The Case of Press Digitisation”, *Technological Forecasting & Social Change*, 128, pp. 36-45.
- Autor, D., (2010), “The Polarization of Job Opportunities in the Us Labor Market: Implications for Employment and Earnings”. *Center for American Progress and The Hamilton Project*.
- Autor, D., (2019), “*Work of the Past, Work of the Future*”, *AEA Papers and Proceedings 2019*, 109, pp. 1–32.

- Autor, D.H.-Dorn, D., (2013), “The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market”, *American Economic Review*, 103 (5), pp. 1553-1597.
- Autor, D.-Levy, F.- Murnane R., (2003), “The Skill-Content of Recent Technological Change: An Empirical Investigation”, *Quarterly Journal of Economics*, 118, pp. 1279-1333.
- Aydın, A., (2020), “Robots and Human Labor: Dynamics, Intergenerational Impacts and Inequality”, *Hacettepe University Graduate School of Social Sciences, Ph.D. Dissertation*, Ankara.
- Aydın, E., (2018), “Türkiye’de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz”, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16 (31), ss. 461-471.
- Baccaro, L.-Rei, D, (2007), “Institutional Determinants of Unemployment in OECD Countries: Does the Deregulatory View Hold Water?”, *International Organization*, 61 (3), pp. 527-569.
- Baccini, A.-Cioni, M., (2010), “Is Technological Change Really Skill-Biased? Evidence from the Introduction of ICT on the Italian Textile Industry (1980-2000)”, *New Technology, Work and Employment*, 25 (1), pp. 80-93.
- Bajo-Rubio, O.-Díaz-Mora, C., (2015), “On the Employment Effects of Outward FDI: the Case of Spain, 1995–2011”, *Applied Economics*, 47 (21), pp. 2127-2141.
- Bakhshi, Z.-Ebrahimi, M., (2016), “The Effect of Real Exchange Rate on Unemployment”, *Marketing and Branding Research*, 3 (2016), pp. 4-13.
- Balsmeier, B.-Woerter, M., (2019), “Is This Time Different? How Digitalization Influences Job Creation and Destruction”, *Research Policy*, 48 (8), 103765.
- Baltagi, B.H, (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*. 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Banger, G., (2018), *Endüstri 4.0 Uygulama ve Dönüşüm Rehberi*, Eskişehir: Dorlion Yayınları.

- Barba Navaretti, G.-Castellani, D.-Disdier, A.C., (2010), “How does Investing in Cheap Labour Countries Affect Performance at Home? Firm-level Evidence from France and Italy”, *Oxford Economic Papers*, 62, pp. 234-260.
- Barbieri, L.-Piva, M.-Vivarelli, M., (2018), “R&D, Embodied Technological Change, and Employment: Evidence from Italian Microdata”, *Industrial and Corporate Change*, 2018, pp. 1-16.
- Barış, S.-Uzay, N., (2019), “Yenilik Temelli Büyüme ve Gelir Eşitsizliği Üzerine Etkileri: Kuramsal Bir Yaklaşım”, *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 5(1), ss. 27-47.
- Basarac, M.-Blanka, S.-Petar S., (2011), “The Hybrid Phillips Curve: Empirical Evidence from Transition Economies”, *Finance a Uver*, 61, pp. 367-383.
- Başaran Özdemir, F., (2016), *Bilgi ve İletişim Sektörü*, İ.S. Akçomak, E. Erdil, M.T. Pamukçu ve M. Tiryakioğlu (Ed.), Bilim, Teknoloji ve Yenilik içinde (409-438). İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Bayrak, H., (2020), 2020 Türkiye İnternet Kullanımı ve Sosyal Medya İstatistikleri, Dijilopedi, <https://dijilopedi.com/2020-turkiye-internet-kullanimi-ve-sosyal-medya-istatistikleri/> (Erişim Tarihi: 22 Kasım 2020).
- Bayrak, M.-Kanca, O.C., (2013), “Türkiye’de Philips Eğrisi Üzerine Bir Uygulama”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8 (3), pp. 97-115.
- BCG (2015), *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, Boston Consulting Group, April 2015.
- Berg, A.-Buffie, E.F.-Zanna, L.F., (2018), “Should We Fear The Robot Revolution? (The correct answer is yes)”, *Journal of Monetary Economics*, 97, pp. 117-148.
- Berger, T.-Everaert, G., (2010), “Labour Taxes and Unemployment Evidence from a Panel Unobserved Component Model”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34 (3), pp. 354-364.
- Berman, E.-Bound, J.-Machin, S., (1998), “Implications of Skill-biased Technological Change: International Evidence”, *The Quarterly Journal of Economics*, 113 (4), pp. 1245-1279.

- Bessen, J. E. (2016). How computer automation affects occupations: Technology, jobs, and skills. Boston Univ. school of law, law and economics research paper, (15-49).
- Bessen, J., (2015), "Toil and Technology", *Finance&Development*, 52 (1), pp. 16-19.
- Bierens, H.-Broersma, L, (1993), "The Relation Between Unemployment and Interest Rate", *Econometric Reviews*, 12 (2), pp. 217–256.
- Blanchard, O.-Wolfers, J., (2000), "The Role of Shocks and Institutions in the Rise of European Unemployment: The Aggregate Evidence", *The Economic Journal*, 110 (462), 1–33.
- Blanchflower, D. G.-Burgess, S. M., (1998), "New Technology and Jobs: Comparative Evidence from a Two Country Study", *Economics of Innovation and New Technology*, 5 (2-4), pp. 109–138.
- Blundell, R. -Bond, S., (1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, 87, pp. 115-143.
- Blundell, R.-Bond, S.-Windmeijer, F., (2000), "Estimation in Dynamic Panel Data Models: Improving on the Performance of the Standard GMM Estimator", *Advances in Econometrics*, 15, pp. 53–91.
- Bogliacino, F., (2014), "Innovation and Employment: A Firm Level Analysis with European R&D Scoreboard Data", *Economia*, 15 (2014), pp. 141-154.
- Bogliacino, F.-Pianta, M., (2010), "Innovation and Employment: A Reinvestigation Using Revised Pavitt Classes", *Research Policy*, 39, pp. 799–809.
- Bogliacino, F.-Piva, M.-Vivarelli, M., (2012), "R&D and Employment: An Application of the LSDVC Estimator Using European Microdata", *Economics Letters*, 116, pp. 56-59.
- Bogliacino, F.-Vivarelli, M., (2012), "The Job Creation Effect of R&D Expenditures", *Australian Economic Papers*, 51 (2), pp. 96-113.
- Bond, S.-Bowsher, C.-Windmeijer. F., (2001), "Criterion-based Inference for GMM in Autoregressive Panel Data Models", *Economic Letters*, 73, pp. 379-388.

- Boyd, J. A.-Huettinger, M., (2019), “Smithian Insights on Automation and The Future of Work”, *Futures*, 111, pp. 104-115.
- Braman, S., (1993), “Harmonization of System: The Third Stage of Information Society”, *Journal of Communication*, 43 (3), pp. 133-140.
- Brouwer, E.-Kleinknecht, A.-Reijnen, J.O.N., (1993), “Employment Growth and Innovation at the Firm Level”, *Journal of Evolutionary Economics*, 3, pp. 153-159.
- Brownell, L., (2019), *Sacrificial Ink-Writing Technique Allows 3D Printing of Large, Vascularized Human Organ Building Blocks*, *Harvard Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering*, <https://wyss.harvard.edu/news/a-swifter-way-towards-3d-printed-organs>. (Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020).
- Brugger, F.-Gehrke, C., (2018), “Skilling and deskilling: technological change in classical economic theory and its empirical evidence”, *Theory and Society*, 47 (5), pp. 663–689.
- Bruno, G.S.F., (2005), “Approximating the Bias of the LSDV Estimator for Dynamic Unbalanced Panel Data Models”, *Economics Letters*, 87 (3), pp. 361-366.
- Brynjolfsson, E.-McAfee, A., (2011), *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Lexington, Massachusetts: Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E.-McAfee, A., (2014), *İkinci Makine Çağı: Akıllı Teknolojiler Devrinde Çalışma, İlerleme ve Refah* (Orj.The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies), Çev. L. Göktem, 2018, İstanbul: Türk Hava Yolları Yayınları adına Optimist Yayınları.
- Bun, M.J.G.-Kiviet J.F., (2003), “On the Diminishing Returns of Higher-Order Terms in Asymptotic Expansions of Bias”, *Economics Letters*, 79 (2), pp. 145-152.
- Burger, B. et al., (2020), “A Mobile Robotic Chemist”, *Nature*, 583 (7815), pp. 237-241.
- Campa, R., (2018), *Still Think Robots Can't Do Your Job*, Rome: D Editore.

- Cang, Y., (2017), "A Deep Dive into Technological Unemployment: A State-Level Analysis on the Employment Effect of Technological Innovations", *Senior Thesis*, Claremont McKenna College.
- Carbonero, F.-Ernst, E.-Weber, E., (2018), *Robots Worldwide: The Impact of Automation on Employment and Trade*, International Labour Office, Research Department Working Paper No. 36.
- Card, D.-Dinardo, J.E., (2002), "Skill-Biased Technological Change and Rising Wage Inequality: Some Problems and Puzzles", *Journal of Labor Economics*, 20 (4), pp. 733-783.
- Carlson, R., (2017), *Biyoteknolojinin İmkanları*, Megatech: 2050'de Teknoloji içinde (Ed.Daniel Franklin), Çev. Büşra Seyrek, 2019, İstanbul: Siyah Kitap.
- Casavola, P.-Gavosto, A.-Sestito, P., (1996), "Technical Progress and Wage Dispersion in Italy: Evidence from Firms' Data", *Annales d'Économie et de Statistique*, 41-42, pp. 387-412.
- Castells, M., (1996), *Enformasyon Çağı: Ekonomi, Toplum ve Kültür*, Cilt:1 (Ağ Toplumunun Yükselişi), 2.Baskı (2008), İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Cengiz, S.-Şahin, A., (2020), "Teknolojik İlerlemenin İstihdam Yaratmadaki Rolü Ve Önemi: Türkiye Örneği", *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 1 (45), ss. 160-172.
- Cerebras (2020), CS-1 is Powered by the Cerebras Wafer Scale Engine: The Largest Chip Ever Built, <https://www.cerebras.net/> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- Chang, J. H.-Huynh, P., (2016), *ASEAN in Transformation. The Future of Jobs at Risk in Automation*, International Labour Office(ILO), Bureau for Employers' Activities, Working Paper No 9.
- Chang, S.C., (2007), "The Interactions Among Foreign Direct Investment, Economic Growth, Degree of Openness and Unemployment in Taiwan", *Applied Economics*, 39 (13), pp. 1647-1661

- Chiacchio, F.-Petropoulos, G.-Pichler, D., (2018), “The Impact of Industrial Robots on EU Employment and Wages: A Local Labour Market Approach”, *Bruegel Working Paper*, 18 April 2018, Issue 02.
- Christensen, J.L.-Lundvall, B.-A., (2004), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance*, (Ed.Lundvall ve Christensen), Product Innovation -On Why And How It Matters For Firms And The Economy, Netherlands.
- Ciriaci, D., Moncada-Paternò-Castello, P.-Voigt, P., (2016), “Innovation and Job Creation: A Sustainable Relation?”, *Eurasian Business Review*, 6 (2), pp. 189–213.
- Cirillo, V.-Pianta, M.-Nascia, L., (2018), “Technology and Occupations in Business Cycles”, *Sustainability*, 10 (463), pp. 1-25.
- CiTi GPS (2017), *Technology At Work v3.0: Automating e-Commerce from Click to Pick to Door*, Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, Oxford Martin School, August 2017.
- Coad, A.-Rao, R., (2011), “The Firm-Level Employment Effects of Innovations in High-Tech Us Manufacturing Industries”. *Journal of Evolutionary Economics*, 21 (2), pp. 255–283.
- Dachs, B., (2018), “The Impact of New Technologies on the Labour Market and the Social Economy”, *The STOA Project*, the European Parliament's Science and Technology Options Assessment (STOA) Panel.
- Dachs, B.-Peters, B., (2014), “Innovation, Employment Growth, and Foreign Ownership of Firms”, *Research Policy*, 43 (1), pp. 214–232.
- DE (2015), *Digital Transformation of European Industry and Enterprises*, A report of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship, Digital Europe.
- De Lorenzo, V.-Danchin, A., (2008), “Synthetic Biology: Discovering New Worlds and New Words: The New and not So New Aspects of This Emerging”, *Research Field EMBO Reports*, 9 (9), pp. 822-827.
- DeCanio, S.J., (2016), “Robots and Humans– Complements or Substitutes?”, *Journal of Macroeconomics*, 49, pp. 280-291.

- Decker, M.-Fischer, M.-Ott, I., (2017), “Service Robotics and Human Labor: A first Technology Assessment of Substitution and Cooperation”, *Robotics and Autonomous Systems*, 87, pp. 348-354.
- Demir, A.Z.-Alpaslan, F., (2016), “Ar-Ge Ve Yeniliğin Finansal Performans Ve İstihdam Üzerine Etkileri”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9 (47), ss. 777-785.
- Demirgil, H., (2010), “Okun Yasası’nın Türkiye İçin Geçerliliğine Dair Ampirik Bir Çalışma”, *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2 (2), ss.139-151.
- Derry, T. K.-Williams, T. I., (1960), *A Short History of Technology from the Earliest Times to AD 1900*, New York: Oxford University Press.
- Desjardins, J., (2019), *How much data is generated each day?*, World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2019/04/how-much-data-is-generated-each-day-cf4bddf29f/> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2020)
- Ding, H., (2012), “Is Government's Help for Unemployed People Helpful for the Society? An Empirical Study on Macro Data of Public Unemployment Spending in OECD Nations” <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2185624>.
- Dirican, C., (2015), “The Impacts of Robotics, Artificial Intelligence On Business and Economics”, *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 195, pp. 564-573.
- Doğan, M., (2010), *Bilim ve Teknoloji Tarihi*, Ankara: Anı Yayınları.
- Dolenc, P.-Laporsek, S., (2010), “Tax Wedge on Labour and Its Effect on Employment Growth in the European Union”. *Prague Economic Papers*, 4 (2010), pp. 344-358.
- Doms, M.-Dunne, T.-Troske, K. R., (1997), “Workers, Wages, and Technology”, *The Quarterly Journal of Economics*, 112 (1), pp. 253-290.
- Dosi, G., (1982), “Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change”, *Research Policy*, 11(3), pp. 147-162.

- Dosi, G., (1988), *The Nature of the Innovative Process*, in Technical Change and Economic Theory (ed. Giovanni Dosi, Christopher Freeman, Richard Nelson, Gerald Silverberg, and Luc Soete, London), New York: Pinter Publishers.
- Driffield, N.-Love, J. H.-Taylor, K., (2009), “Productivity and Labour Demand Effects of Inward and Outward Foreign Direct Investment on UK Industry”, *The Manchester School*, 77, pp. 171-203.
- Duun-Henriksen, J. et al., (2020), “A New Era in Electroencephalographic Monitoring? Subscalp Devices for Ultra–Long-Term Recordings”, *Epilepsia*, 61(9), pp. 1805-1817.
- Edwards, A. V., (2015), *Digital is Destroying Everything: What the Tech Giants Won't Tell You about how Robots, Big Data, and Algorithms are Radically Remaking Your Future*, Lanham -Boulder -New York -London: Rowman&Littlefield.
- Elia, S.-Mariotti, I.-Piscitello, L., (2009), “The Impact of Outward FDI on the Home Country’s Labour Demand and Skill Composition”, *International Business Review*, 18, pp. 357-372.
- Eurostat (2020), Employment by Educational Attainment Level, Age and European Socio-Economic Group, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LFSA_ESEGED__custom_343003/default/table?lang=en (Erişim Tarihi: 11.12.2020).
- Evangelista, R.-Guerrieri, P.-Meliciani, V., (2014), “The Economic Impact of Digital Technologies in Europe”, *Economics of Innovation and New Technology*, 23 (8), pp. 802–824.
- Evangelista, R.-Savona, M., (2002), “The Impact of Innovation on Employment in Services: Evidence from Italy”, *International Review of Applied Economics*, 16, pp. 309-318.
- Evangelista, R.-Vezzani, A., (2011), “The Impact of Technological and Organizational Innovations on Employment in European Firms”, *Industrial and Corporate Change*, 21 (4), pp. 871–899.

- Falk, M., (2015), “Employment Effects of Technological and Organizational Innovations: Evidence Based on Linked Firm-Level Data for Austria”, *Jahrbücher Für Nationalökonomie Und Statistik*, 235 (3), pp. 268-285
- Falk, M.-Hagsten, E., (2018), “Employment Impacts of Market Novelty Sales: Evidence For Nine European Countries”, *Eurasian Business Review*, 8, pp. 119-137.
- Falk, M.-Seim, K., (2001), “The Impact of Information Technology on High-Skilled Labor in Services: Evidence from Firm-Level Panel Data”, *Economics of Innovation and New Technology*, 10 (4), pp. 289-323.
- Federico, S.-Minerva, G. A., (2008), “Outward FDI and Local Employment Growth in Italy”, *Review of World Economics*, 144, pp. 295–324.
- Feldmann, H., (2013), “Technological Unemployment in Industrial Countries”, *Journal of Evolutionary Economics*, 23, pp. 1099–1126.
- Flanagan, R. J., (1999), “Macroeconomic Performance and Collective Bargaining: An International Perspective”, *Journal of Economic Literature*, 37, pp. 1150-1175.
- Fonseca, T.-Lima, F.-Pereira, S. C., (2018), “Job Polarization, Technological Change and Routinization: Evidence for Portugal”, *Labour Economics*, 51, pp. 317-339.
- Ford, M., (2018), *Robotların Yükselişi: Yapay Zekâ ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi* (Orj. Rise of the Robots: The Threat of a Jobless Future) (Çev. Cem Duran), 3. Baskı. İstanbul: Kronik Kitap.
- Fraile, M.-Ferrer, M., (2005), “Explaining the Determinants of Public Support for Cuts in Unemployment Benefits Spending across OECD Countries”, *International Sociology*, 20 (4), pp. 459–481.
- Freeman, C.-Louça, F., (2001), *As Time Goes by: The Information Revolution and the Industrial Revolutions in Historical Perspective*, New York: Oxford University Press.
- Freeman, C.-Perez, C., (1988), *Structural Crises of Adjustment*, (ed. G. Dosi et al.), in *Technical Change and Economic Theory*, Londra: Pinter.

Freeman, C.-Soete, L., (1997), *Yenilik İktisadı* (Çev.Ergün Türkcan), 2003, Ankara: TÜBİTAK.

Frenkel, R.-Ros, J., (2006), “Unemployment and the real exchange rate in Latin America”, *World Development*, 34 (4), pp. 631-646.

Frey C.B.-Osborne M.A., (2017), “The Future Of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, 114, pp. 254-280.

Frey, C. B.-Osborne, M., (2015), *Technology at Work: The Future of Innovation and Employment*, Citi GPS, Oxford Martin School, February 2015.

Frey, C.B.-Osborne, M.A., (2013), “The Future Of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?”, *Oxford Martin School Working Papers*, September.

Furman, J., (2016), “Is this time different? The opportunities and challenges of artificial intelligence. presentation, AI Now: The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term”, https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/page/files/20160707_cea_ai_furman.pdf , New York, NY.

Fusion3 (2020), *How Much Does a 3D Printer Cost?*, Fusion3 Blog: 3D Printer Pricing, <https://www.fusion3design.com/how-much-does-a-3d-printer-cost/#:~:text=Most%20Entry%20Level%20and%20Hobbyist,depending%20on%20the%20printer's%20capabilities.> (Erişim Tarihi: 10 Kasım 2020).

Future (2020), *Largest 3D-printed Apartment Building in Europe*, 21 Nov 2020, <https://www.futuretimeline.net/blog/2020/11/21-largest-3d-printed-apartment-building-in-europe.htm> (Erişim Tarihi: 22 Kasım 2020).

Gatti, D., (2000), “Unemployment and Innovation Patterns: The Critical Role of Coordination”, *Industrial and Corporate Change*, 9 (3), pp. 521–544.

GE Aviation (2020), *Boeing 777x: Ge9x Engines With 300 3D Printed Parts Powers Largest Twin-Engine Jetliner In First Flight*, <https://3dprintingindustry.com/news/boeing-77x-ge9x-engines-with-300-3d->

printed-parts-powers-largest-twin-engine-jetliner-in-first-flight-167793/
(Erişim Tarihi: 10 Kasım 2020).

Gera, S.-Gu, W.-Lin, Z., (2001), “Technology and the Demand for Skills in Canada: An Industry-Level Analysis, *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d’Economie*, 34 (1), pp. 132–148.

Gerçeker, M.-Özmen, İ.-Mucuk, M., (2020), “Ar-Ge Harcamaları ve İşsizlik Arasındaki Nedenselliğin Ampirik Analizi: G7 Ülkeleri Örneği”, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 41 (2), pp. 413-431.

Giordano, J., (2012), *Neurotechnology: Premises, Potential and Problems*, Boca Raton: CRC Press.

Global Tech (2020), *Google’s Self-Driving Car Project, Waymo, has Launched its Autonomous Taxi in the Us*, 15 October, 2020, <https://www.startupdaily.net/2020/10/googles-self-driving-car-project-waymo-has-launched-its-autonomous-taxi-in-the-us/> (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2020).

Goerlich, K., (2015), *Digital Medicine: Healing Better in a Complex System*, Digitalist Magazine, 11 Nov 2015, <https://www.digitalistmag.com/digital-economy/digital-futures/2015/11/11/digital-medicine-healing-better-in-a-complex-system-2-03769114/> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).

Goos, M.-Manning, A., (2007), “Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain”, *Review of Economics and Statistics*, 89(1), pp. 118-33.

Goos M.-Manning A.-Salomons A., (2014), “Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring”, *American Economic Review*, 104, pp. 2509-2526.

Goos, M.–Manning, A.-Salamons, A., (2010), “Explaining Job Polarization in Europe: The Roles of Technology, Globalization and Institutions”, *Centre for Economic Performance*, Discussion Paper No 1026.

- Goux, D.-Maurin, E. (2000), “The Decline in Demand for Unskilled Labor: An Empirical Analysis Method and its Application to France”, *Review of Economics and Statistics*, 82 (4), pp. 596–607.
- Göksal, G., (2003), *İngiliz Sanayi Devrimi: Öncesi, Sonrası ve Etkileri*, İstanbul: Kora Yayınları.
- Göktürk, M.G., (2015), “Teknolojinin İşsizlik ve İstihdam Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği” *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir.
- Graetz, G.-Michaels, G., (2015), “Robots at Work”, *Centre for Economic Performance*, CEP Discussion Paper No 1335.
- Granstrand, O., (1994), *Economics of Technology*, Amsterdam: North-Holland.
- Greenan, N.-Guellec D., (2000), “Technological Innovation and Employment Reallocation”, *Labour*, 14 (4), pp. 547-590.
- Greenhalgh, C.-Longland, M.-Bosworth, D., (2001), “Technological Activity and Employment in a Panel of UK Firms”, *Scottish Journal of Political Economy*, 48 (3), pp. 260–282.
- Gregory, T.-Salomons, A.-Zierahn, U., (2016), “Racing with or Against the Machine? Evidence from Europe”, *SSRN Electronic Journal*, Discussion Paper No. 16-053.
- Grey, A., (2017), *5 Ways Brain Science is Changing Our World*, World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/5-ways-brain-science-is-changing-how-we-interact-with-the-world> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).
- Griliches, Z., (1969), “Capital-skill Complementarity”, *Review of Economics and Statistics*, 51, pp. 465–468.
- Griliches, Z., (1998), *Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey*, in R&D and Productivity: The Econometric Evidence.
- Griliches, Z.-Pakes, A.-Hall, B. H., (1987), *The Value of Patents as Indicators of Inventive Activity*, Economic Policy and Technical Performance, eds. P. Dasgupta and P. Stoneman, Cambridge: Cambridge University Press.

- Grossman, G.M.-Helpman, E., (1993), "Endogenous Innovation in the Theory of Growth", *National Bureau of Economic Research*, NBER Working Paper 4527.
- Haile, G.-Srour, I.-Vivarelli, M., (2017), "Imported Technology and Manufacturing Employment in Ethiopia", *Eurasian Business Review*, 7 (1), pp. 1-23.
- Hall, B. H.-Lotti, F.-Mairesse, J., (2008), "Employment, Innovation, and Productivity: Evidence from Italian Microdata", *Industrial and Corporate Change*, 17 (4), pp. 813-839.
- Hall, B.H.-Griliches, Z.-Hausman, J.A., (1986), "Patents and R&D: Is There A Lag?", *International Economic Review*, 27 (2), pp. 265-284.
- Hallward-Driemeier, M.-Gaurav N., (2018), *Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1174-6. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- Hansen, L.P., (1982), "Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators", *Econometrica*, 50, pp. 1029-1054.
- Harris, R.-Silverstone B., (2001), "Testing for Asymmetry in Okun's Law: A Cross-Country Comparison", *Economics Bulletin*, 5 (2), pp. 1-13.
- Harrison, A. E.,-McMillan, M., (2011), "Offshoring Jobs? Multinationals and US Manufacturing Employment", *Review of Economics and Statistics*, 93, pp. 857-875.
- Harrison, R. et al., (2014), "Does Innovation Stimulate Employment? A Firm-Level Analysis Using Comparable Micro-Data from Four European Countries", *International Journal of Industrial Organization*, 35 (2014), pp. 29-43.
- Hauk, W.R.-Wacziarg, R., (2009), "A Monte Carlo Study of Growth Regressions", *Journal of Economic Growth*, 14, pp. 103-147.
- Heijs, J.-Diaz, G.A.-Reyes, D.M., (2019), "Impact of Innovation on Employment in Quantitative Terms: Review of Empirical Literature Based on Microdata", *MPRA*, Paper No. 95326.

- Hicks, J., (1946), *Value and Capital*, 1939, Gloucestershire: Clarendon Press.
- Hijzen, A.-Jean, S.-Mayer, T., (2011), “The Effects at Home of Initiating Production Abroad: Evidence From Matched French Firms”, *Review of World Economics*, 147, pp. 457-483.
- Hoedemakers, L., (2017), “The Changing Nature of Employment: How Technological Progress and Robotics Shape the Future of Work”, *Lund University, School of Economics and Management, Master Thesis*, Lund.
- Hsiao, C., (2003), *Analysis of Panel Data*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Huo, J.-Feng, H., (2010), “The Political Economy of Technological Innovation and Employment”, *Comparative Political Studies*, 43 (3), pp. 329-352.
- Hyperloop (2020), *Virgin Hyperloop*, <https://virginhyperloop.com/> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- IFR (2013), Positive Impact of Industrial Robots on Employment, International Federation of Robotics, Updated in January 2013.
- IFR (2017), *The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs*, International Federation of Robotics, Positioning Paper, updated April 2018.
- IFR (2018), *Robots Create jobs– New Research*, International Federation of Robotics, IFR Press Releases, Frankfurt, Apr 19, 2018, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robots-create-jobs-new-research>.
- IFR (2020), *World Robotics 2020* report, International Federation of Robotics, 24th September 2020, Frankfurt.
- IGM Forum (2014), IGM Economic Experts Panel, <https://www.igmchicago.org/surveys/robots/> (Erişim Tarihi: 10.12.2020).
- ILO (2016), *Technological Changes and Work in the Future: Making Technology Work for All*, The Future of Work the Centenary Initiative, International Labour Office (ILO), Issue Note Series No 1.
- ILO (2018), *The Impact of Technology on the Quality and Quantity of Jobs*, The Future of Work, International Labour Office (ILO), Issue Brief Series No 6.

- ILO (2020), *World Employment and Social Outlook:Trends 2020*, International Labour Office (ILO), Geneva: ILO.
- ILOSTAT (2020), International Labour Organization database [database], Available from <https://ilostat.ilo.org/data/>.
- Jaimovich, N.-Siu, H.E., (2012), “The Trend is the Cycle: Job Polarization and Jobless Recoveries”, *NBER Working Paper Series*, Working Paper 18334, Revised November 2018.
- Jensen, B.-Koch, M., (2015), *Man and Machine: Robots on the Rise? The Impact of Automation on the Swiss Job Market*, Deloitte LLP.
- Joy, B., (2000), “Why the Future doesn’t Need Us”, *Wired Magazine*, 8(4), pp. 238-262.
- Kangasharju, A.-Tavera, C.-Nijkamp, P., (2012), “Regional Growth and Unemployment: The Validity of Okun's Law for the Finnish Regions”, *Spatial Economic Analysis*, 7(3), pp. 381-395.
- Karaliute, A., (2019), “Evaluation of the Effect of Technological Innovations on Unemployment in The European Union Countries in The Aspect of Innovativeness”, In MAC in Prague 2019: 15th International Multidisciplinary Academic Conference, December 13-15, 2019, Prague, Czech Republic: Conference Publications. Prague: Czech Technical University, 2019.
- Keane, M.P.-Runkle, D.E., (1992), “On the Estimation of Panel-Data Models With Serial Correlation When Instruments Are Not Strictly Exogenous”, *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, pp. 1–9.
- Kelly, K., (2012), “Better Than Human: Why Robots Will and must Take Our Jobs”, *Wired Magazine*, 12.24.2012, <https://www.wired.com/2012/12/ff-robots-will-take-our-jobs/>.
- Kelly, K., (2016), *Büyük Teknolojik Dönüşüm: Geleceğimizi Şekillendirecek 12 Teknolojik Kuvvet*, 2017, İstanbul: Türk Hava Yolları Yayınları adına Optimist Yayınları.

- Kemp, S., (2020), *Global Overview Report*, <https://wearesocial.com/blog/2020/01/digital-2020-3-8-billion-people-use-social-media> (Erişim Tarihi: 22 Kasım 2020).
- Keynes, J. M., (2010), *Economic possibilities for our grandchildren*, in *Essays in Persuasion* (pp. 321-332), London: Palgrave Macmillan.
- Kılıç, S.-Alkan, R., (2018), “Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri”, *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2 (3), ss. 29-49.
- Kitov, I., (2007), “Inflation, Unemployment, Labor Force Change in European Countries”, *Munich Personal RePEc Archive*, pp. 1-68.
- Kiviet, J.F., (1995), “On Bias, Inconsistency and Efficiency of Various Estimators in Dynamic Panel Data Models”, *Journal of Econometrics*, 68, pp. 53–78.
- Kiviet, J.F., (1999), *Expectations of Expansions for Estimators in a Dynamic Panel Data Model: Some Results for Weakly Exogenous Regressors*, Chapter 8 in C. Hsiao, K. Lahiri, L.F. Lee and M.H. Pesaran, eds., *Analysis of Panels and Limited Dependent Variable Models* (Cambridge University Press, Cambridge).
- Kleinknecht, A., (1987), *Innovation Patterns in Crisis and Prosperity*, London: The Macmillan.
- Klette, J.-Forre, S. E., (1998), “Innovation and Job Creation in a Smalopen Economy- Evidence from Norwegian Manufacturing Plants 1982–92”, *Economics of Innovation and New Technology*, 5 (2-4), pp. 247–272.
- Kondratieff, N. D., (1979), “The Long Waves in Economic Life”, *Review (Fernand Braudel Center)*, 2 (4), pp. 519-562.
- Kortum, S. S., (1997), “Research, Patenting, and Technological Change” *Econometrica*, 65 (6), pp. 1389-1419.
- Kranzberg, M.-Pursell, C. W., (1967), *Technology in Western Civilization Vol. 1: The Emergence of Modern Industrial Society Earliest Times to 1900*, New York: Oxford University Press.

- Krousie, C., (2018), "Technological Unemployment in the United States: A State-Level Analysis," *Major Themes in Economics*, 20 (6), pp. 87-101.
- Kuhn, T. S., (1982), *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* (Çev. Nilüfer Kuyaş), İstanbul: Kırmızı Yayınları.
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Penguin Books.
- Kuştepli, Y., (2005), "A Comprehensive Short-run Analysis of a (possible) Turkish Phillips Curve", *Applied Economics*, 37, pp. 581-591.
- Kwon, S. J.-Park, E.-Ohm, J. Y.-Yoo, K., (2015), "Innovation Activities and the Creation of New Employment: An Empirical Assessment of South Korea's Manufacturing Industry", *Social Science Information*, 54 (3), pp. 354–368.
- Lachenmaier, S.-Rottmann H., (2011), "Effects of Innovation on Employment: A Dynamic Panel Analysis", *International Journal of Industrial Organization*, 29, pp. 210–220.
- Lal, et al., (2010), "Test of Okun's Law in Some Asian Countries Co-Integration Approach", *European Journal of Scientific Research*, 40 (1), pp.73 -80.
- Lang, M., (2016), *From Industry 4.0 to Energy 4.0: Future Business Models and Legal Relations*, Digitalisierung in der Energiewirtschaft XX, Jahrestagung Institut für Berg-und Energierecht.
- Lanjouw, J.O.-Schankerman, M., (2004), "Patent Quality And Research Productivity: Measuring Innovation With Multiple Indicators", *Economic Journal*, 114 (495), pp. 441-465.
- Lankisch, C.-Prettner, K.-Prskawetz, A., (2019), "How Can Robots Affect Wage Inequality?", *Economic Modelling*, 81, pp. 161-169.
- Layard, R.-Nickell, S., (1985), "The Causes of British Unemployment", *Natl Inst. Econ. Rev.*, 111, pp. 62–85.
- Lee, J., (2000), "The Robustness of Okun's Law: Evidence From Oecd Countries", *Journal of Macroeconomics*, 22 (2), pp. 331-356.

- Lee, J.-Bagheri, B.-Kao, H. A., (2015), “A Cyber-physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems”, *Manufacturing letters*, 3, pp. 18-23.
- Lehmann, E. et al., (2013), “Beyond the Labour Income Tax Wedge: The Unemployment-Reducing Effect of Tax Progressivity”, *CESifo Working Paper Series*, No. 4348.
- Leonhard, G., (2016), *Teknolojiye Karşı İnsanlık: İnsan ile Makinenin Yaklaşan Çatışması* (Orj. Technology vs Humanity), Çev. C. Akkartal ve İ. Akkartal, 2018, İstanbul: Siyah Kitap.
- Leontief, W., (1979), “Is Technological Unemployment Inevitable?”, *Challenge*, 22 (4), pp. 48-50.
- Leontief, W., (1983), *National Perspective: The Definition of Problems and Opportunities, in The Long-Term Impact of Technology on Employment and Unemployment* (Ed. National Academy of Engineering), Washington, D.C.: National Academy Press.
- Levy, F.-Murnane, R.J., (2004), *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*, New York: Princeton University Press.
- Lordan, G.-Neumark, D., (2018), “People versus Machines: The Impact of Minimum Wages on Automatable Jobs”, *Labour Economics*, 52, pp. 40-53.
- Lowe, A., (1954), “The Classical Theory of Economic Growth”, *Social Research*, 21 (2), pp. 127-158.
- Mabry R.H.-Sharplin A.D., (1986), “Does More Technology Create Unemployment?”, *Cato Institute Policy Analysis*, No. 68.
- Makridakis, S., (2017), “The Forthcoming Artificial Intelligence (AI) Revolution: Its Impact on Society and Firms”, *Futures*, 90, pp. 46-60.
- Malikane, C.-Tshepo M., (2014), “The New Keynesian Phillips Curve: Endogeneity and Misspecification”, *Applied Economics*, 46, pp. 3082-3089.
- Malthus, T. R., (1836), *Principles of Political Economy*, (Ed.by John Pullen), Variorum Edition, Volume I, 1989, Cambridge University Press.

- Mansfield, E., (1984), *R&D and Innovation: Some Empirical Findings*, in R & D, Patents, and Productivity, University of Chicago Press.
- Manyika, J. vd., (2017), *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*, McKinsey Global Institute, December 2017.
- Mario, H.-Tobias, P.-Boris, O., (2015), “*Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*” Technische Universität Dortmund, Working Paper 1.
- Markillie, P., (2017), *İmalatın Yeni Malzemeleri*, Megatech: 2050’de Teknoloji içinde (Ed.Daniel Franklin), Çev. Büşra Seyrek, 2019, İstanbul: Siyah Kitap.
- Martin, N., (2019), *How Much Data Is Collected Every Minute of the Day*, Forbes, <https://www.forbes.com/sites/nicolemartin1/2019/08/07/how-much-data-is-collected-every-minute-of-the-day/?sh=7db752c03d66> (Erişim Tarihi: 22 Kasım 2020).
- Marx K., (1867), *Capital*, Volume I, The Process of Production of Capital, , 1887, Moscow: Progress Publishers.
- Marx, K., (1847), *The Poverty of Philosophy*, 1963, Moscow: Foreign Languages Publishing House.
- Masso, J.-Varblane, U.-Vahter, P., (2008), “The Effect of Outward Foreign Direct Investment on Home-Country Employment in a Low-Cost Transition Economy”, *Eastern European Economics*, 46, pp. 25–59.
- Matuzeviciute, K.-Butkus, M.-Karaliute, A., (2017), “Do Technological Innovations Affect Unemployment? Some Empirical Evidence from European Countries”, *Economies*, 5 (48), pp. 1-19.
- McClellan III, J.E.-Dorn, H., (2006), *Dünya Tarihinde Bilim ve Teknoloji* (Çev. Haydar Yalçın), Ankara: Arkadaş Yayınları.
- McCloskey, D. N., (1981), *The Industrial Revolution 1780-1860: A Survey*, in The Economic History of Britain Since 1700, Vol. 1, R. Floud and D. N. McCloskey (ed.), pp. 103-127.

- McCraw, T. K., (2007), *Prophet of Innovation: Joseph Schumpeter and Creative Destruction*, Cambridge, Massachusetts, and London, England: Harvard University Press.
- McCulloch, J.R., (1821), “The Opinions of Messrs. Say, Sismondi and Malthus on the Effects of Machinery and Accumulation, Stated and Examined”, *Edinburgh Review*, 35(69), pp. 102-123
<https://archive.org/details/opinionsofmessrs00lond/page/114/mode/2up>.
- McDermid, J., (2020), *Autonomous Cars: Five Reasons They Still aren't on Our Roads*, The Conversation, July 30, 2020,
<https://theconversation.com/autonomous-cars-five-reasons-they-still-arent-on-our-roads-143316> (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2020).
- Memorial (2013), Memorial Sloan Kettering Cancer Center, News Releases,
<https://www.mskcc.org/news-releases/ibm-watson-hard-work-new-breakthroughs-transform-quality-care-patients> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).
- Meriküll, J., (2008), “The Impact of Innovation on Employment: Firm- and Industry-level Evidence from Estonia”, *Eesti Pank Bank of Estonia*, Working Paper Series, 1/2008.
- Meschi, E.-Taymaz, E.-Vivarelli, M., (2011), “Trade, Technology and Skills: Evidence from Turkish Microdata”, *Labour Economics*, 18, pp. 60–70.
- Meschi, E.-Taymaz, E.-Vivarelli, M., (2016), “Globalization, Technological Change and Labor Demand: A Firm Level Analysis for Turkey”, *Review of World Economics*, 152, pp. 655–680.
- MGI (2011a), *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity*, McKinsey Company.
- MGI (2011b), *Internet Matters: The Net's Sweeping Impact on Growth, Jobs, and Prosperity*, McKinsey Global Institute, Washington, DC.
- MGI (2015), *Industry 4.0 How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector*, McKinsey Digital.

- Michaels G.-Natraj A.-Van Reenen J., (2014), “Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence From Eleven Countries Over 25 Years”, *The Review of Economics and Statistics*, 96, pp. 60-77.
- Michaels, G.-Natraj, A.-Van Reenen, J., (2010), “Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over 25 Years”, *NBER Working Paper*, No. 16138.
- Michelacci, C.-Lopez-Salido, D., (2007), “Technology Shocks and Job Flows”, *Review of Economic Studies*, 74 (4), pp. 1195-1227.
- Microsoft (2019), *OpenAI Forms Exclusive Computing Partnership with Microsoft to Build New Azure at Supercomputing Technologies*, Microsoft News Center, July 22, <https://news.microsoft.com/2019/07/22/openai-forms-exclusive-computing-partnership-with-microsoft-to-build-new-azure-ai-supercomputing-technologies/> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- Mileva, E., (2007), *Using Arellano-Bond Dynamic Panel GMM Estimators in Stata*, New York: Fordham University.
- Mill, J. S., (1848), *Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy*, 1867, New York; Bombay and Culcutta: Longmans, Green and Co.
- Mokyr, J., (1992), *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press.
- Mokyr, J., (2000), “The Industrial Revolution and the Netherlands: Why did it not happen?”, *De Economist*, 148(4), pp. 503-520.
- Mokyr, J., (2005), *Long-Term Economic Growth and the History of Technology*, in *Handbook of economic growth* (Vol. 1), Elsevier, pp. 1113-1180.
- Mokyr, J., (2018), *The British Industrial Revolution: An Economic Perspective*, Routledge.
- Mokyr, J.-Vickers, C.-Ziebarth, N. L., (2015), “The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?”, *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), pp. 31-50.

- Moody, J. B.-Nogrady, B., (2010), *The Sixth Wave: How to Succeed in a Resource-limited World*, Sydney: ReadHowYouWant.
- Moore, G. E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965.
- Morrison Paul, C. J.-Siegel, D. S., (2001), “The Impacts of Technology, Trade and Outsourcing on Employment and Labor Composition”, *Scandinavian Journal of Economics*, 103 (2), pp. 241–264.
- Mraz, S.J., (2019), “3D Printing Tissues and Organs Just Got Faster”, <https://www.machinedesign.com/3d-printing-cad/article/21837732> (Erişim Tarihi: 10.11.2020).
- Murphy, R. R. (2000). *Introduction to AI Robotics*, Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Nanyang (2012), *Singapore Centre for 3D Printing*, Nanyang Technological University, <https://sc3dp.ntu.edu.sg/Pages/Home.aspx> (Erişim Tarihi: 10.11.2020).
- Nefiodow L.-Nefiodow S. (2014), *The Sixth Kondratieff. The New Long Wave of the Global Economy*, Amazon.
- Nickell, S., (1981), “Biases in Dynamic Models with Fixed Effects”, *Econometrica*, 49, pp. 1417–1426.
- Nickell, S., (1997), “Unemployment and Labor Market Rigidities. Europe vs. North America”, *Journal of Economic Perspectives*, 11, pp. 55–74.
- Nickell, S.J., (2003), “Employment and Taxes”, *CESifo Working Paper Series*, No. 1109.
- Nickell, S.-Nunziata, L.-Ochel, W., (2005), “Unemployment in the OECD Since the 1960s. What Do We Know?”, *The Economic Journal*, 115 (500), pp. 1–27.
- Noble, D. F., (1995), *Progress without People: New Technology, Unemployment, and the Message of Resistance*, Toronto: Between the Lines.
- Numenta (2020), *Numenta Demonstrates 50x Speed Improvements on Deep Learning Networks Using Brain-Derived Algorithms*, Numenta Press Release,

<https://numenta.com/press/2020/11/10/Numenta-Demonstrates-50x-Performance-Acceleration-Deep-Learning-Networks> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).

OECD (1992), *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual*, OECD Publishing, Paris.

OECD (2002), *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific and Technological Activities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264199040-en>.

OECD (2009), *OECD Patent Statistics Manual*, Paris: OECD Publishing.

OECD (2014), *Science, Technology and Industry Outlook 2014*, Paris: OECD Publishing.

OECD (2015a), *Digital Economy Outlook 2015*, Paris: OECD Publishing.

OECD (2015b), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Paris: OECD Publishing.

OECD (2015c), *Enabling the Next Production Revolution*, Issues Paper, Paris: OECD Publishing.

OECD (2015d), *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>.

OECD (2016), *Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, Paris: OECD Publishing.

OECD (2018), *Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*, Paris: OECD Publishing.

OECD Stat (2020), https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_IPC (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2020).

OECD/Eurostat (1997), *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual*, The Measurement of Scientific

and Technological Activities, OECD Publishing, Paris,
<https://doi.org/10.1787/9789264192263-en>.

OECD/Eurostat (2005), *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd Edition, The Measurement of Scientific and Technological Activities, OECD Publishing, Paris,
<https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>.

OECD/Eurostat (2019), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

Okun, A., (1962), “Potential GNP: Its Measurement and Significance”, *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section of the American Statistical Association*, 7 (1), pp. 89-104.

O'Malley, A., (2020), *3D Printing in Construction: What are the Benefits?*, Plan Radar,
<https://www.planradar.com/3d-printing-in-construction/#:~:text=3D%20printing%20in%20construction%20can,first%20developed%20in%20the%201980s>. (Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020).

Onodugo, V. A., et al., (2017), “Does Public Spending Affect Unemployment in an Emerging Market”, *Risk Governance & Control: Financial Markets & Institutions*, 7 (1), pp. 32-40.

Orhan, S.-Savuk, F., (2014), “Emek-Teknoloji-İşsizlik İlişkisi”, *ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi*, 2 (2), ss. 9-24.

Oxford (2019), *How Robots Change The World? What Automation Really Means for Jobs and Productivity*, Oxford Economics, June 2019.

Oxford&Cisco (2017), *The AI Paradox- How Robots are Making Work More Human*, Oxford Economics and Cisco, December 2017.

Öcal, F. M.-Altıntaş, K., (2018), “Dördüncü Sanayi Devriminin Emek Piyasaları Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi ve Çözüm Önerileri”, *OPUS–Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(15), ss. 2066-2092.

- Özdoğan, O., (2017), *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*, 2019, İstanbul: Pusula Yayınları.
- Öztuna, B., (2017), *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ile Çalışma Yaşamının Geleceği*, Ankara: Gece Kitaplığı.
- Pakes, A.-Griliches, Z., (1984), *Patents and R&D at the Firm Level: A First Look*, in R&D, Patents, and Productivity, University of Chicago Press.
- Pantanowitz, L. et al., (2020), “An Artificial Intelligence Algorithm for Prostate Cancer Diagnosis in Whole Slide Images of Core Needle Biopsies: A Blinded Clinical Validation and Deployment Study”, *The Lancet Digital Health*, 2(8), pp. 407-416.
- Parker, G., (2018), *20 Amazing Advancements Taking Place in Neurotechnology*, Money Inc, <https://moneyinc.com/advancements-taking-place-in-neurotechnology> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).
- Perez, C., (2003), *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing.
- Perez, C., (2006), *Re-Specialization and the Deployment of the Ict Paradigm-An Essay on the Present Challenges of Globalization*, in *The Future of the Information Society in Europe: Contributions to Debate* by R Compano et.al., Institute for Prospective Technological Studies.
- Perez, C., (2010), “Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms”, *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), pp. 185-202.
- Peters, B., (2005), “Employment Effects of Different Innovation Activities: Microeconomic Evidence”, *ZEW—Centre for European Economic Research*, Discussion Paper 04-073.
- Peters, B., (2016), *Innovation, skills and job creation*, In *Science, Research and Innovation performance of the EU: A Contribution to the Open Innovation Open Science, Open to the World Agenda 2016* (ed. European Commission), Brussels: European Commission, DG Research and Innovation, pp. 276-319.

- Phillips, A. W., (1958), “The Relationship between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom 1861–1957”, *Economica*, 25, pp. 283–299.
- Pierdzioch, C.-Rülke, J-C-Stadtmann, G., (2011), “Do Professional Economists’ Forecasts Reflect Okun's Law? Some Evidence for the G7 Countries”, *Applied Economics*, 43 (11), pp. 1365-1373,
- Pironi, L.-Pompei, F., (2008a), “Evaluating Innovation and Labour Market Relationships: the Case of Italy”, *Cambridge Journal of Economics*, 32 (2), pp. 325–347.
- Pini, P., (1995), “Economic Growth, Technological Change and Employment: Empirical Evidence for a Cumulative Growth Model with External Causation for Nine OECD Countries: 1960–1990”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 6, pp. 185–213.
- Piva, M.-Santarelli, E.-Vivarelli, M., (2005), “The Skill Bias Effect of Technological and Organisational Change: Evidence and Policy Implications”, *Research Policy*, 34
- Piva, M.-Santarelli, E.-Vivarelli, M., (2006), “Technological and Organizational Changes as Determinants of The Skill Bias: Evidence From The Italian Machinery Industry”, *Managerial and Decision Economics*, 27 (1), pp. 63–73.
- Piva, M.-Vivarelli, M., (2018a), “Is Innovation Destroying Jobs? Firm-Level Evidence from the EU”, *Sustainability*, 10 (1279), pp. 1-16.
- Piva, M.-Vivarelli, M., (2018b), “Technological Change and Employment: Is Europe Ready for the Challenge?”, *Eurasian Business Review*, 8, pp. 13-32.
- Polat, E ., (2019), “İşsizlik ile Enflasyon Arasındaki İlişki: Türkiye’deki Düzey-2 Bölgeleri İçin Ampirik Bir Analiz”, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 26 (3) , ss. 783-799 .
- Porter, M.E.-Stern, S., (2000), “Measuring the ‘Ideas’ Production Function: Evidence from International Patent Output”, *NBER Working Paper No 7891*.

- Postel-Vinay, F., (2002), “The Dynamics of Technological Unemployment”, *International Economic Reviews*, 43 (3), pp. 737-760.
- Pouliakas, K., (2018), *Automation Risk in the Eu Labour Market A Skill-Needs Approach*, European Centre for the Development of Vocational Training (Cedefop), University of Aberdeen Business School and IZA.
- PWC (2016), *Industry 4.0: Building the Digital Enterprise*, PricewaterhouseCoopers, April 2016.
- PWC (2017), *UK Economic Outlook*, March 2017, PricewaterhouseCoopers, available at <https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeyo/pwc-uk-economic-outlook-full-report-march-2017-v2.pdf>.
- PWC (2018), *Will Robots Really Steal Our Jobs? An International Analysis of the Potential Long Term Impact of Automation*, PricewaterhouseCoopers, available at <https://www.pwc.co.uk/economics>.
- Qureshi, M.O.- Syed, R.S. (2014), “The Impact of Robotics on Employment and Motivation of Employees in the Service Sector, with Special Reference to Health Care”, *Safety and Health at Work*, 5 (4), pp. 198-202.
- Radu, C. F., et al., (2018), “Study of the Tax Wedge in EU and Other OECD Countries, Using Cluster Analysis”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, pp. 687–696.
- Ricardo, D., (1821), *Principles of Political Economy*, 3rd ed., 1951, The Works and Correspondence of David Ricardo, Vol. 1, Cambridge: University Press.
- Rifkin, J. (1995). *The End of Work: The Decline of The Global Labor Force And the Dawn of the Post-Market Era*, New York: GP Putnam's Sons.
- Roodman, D. M., (2009a), “A note on the Theme of Too Many Instruments”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71, pp. 135–158.
- Roodman, D., (2009b), “How to Do xtabond2: An Introduction to “Difference” and “System” GMM in Stata”, *The Stata Journal*, 9 (1), pp. 86-136.
- Rosenberg, N., (1976), *Perspectives on Technology*, New York: Cambridge University Press.

- Rostow, W. W., (1960), *The Stages of Economic Growth*, Cambridge: University Press.
- Ruttan, V.W., (1959), “Usher and Schumpeter on Invention, Innovation, and Technological Change”, *The Quarterly Journal of Economics*, 73 (4), pp. 596-606.
- Samuelson, P. A.-Solow R.M., (1960), “Analytical Aspects of Anti-Inflation Policy”, *American Economic Review*, 50, pp. 177–94.
- Sargan, J. D., (1958), The Estimation of Economic Relationships Using Instrumental Variables”, *Econometrica*, 26, pp. 393–415.
- Savuk, F., (2014), “Teknolojinin Emek Kullanımı Üzerindeki Etkisi ve Teknoloji-İşsizlik İlişkisi”, *Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya.
- Say, C., (2018), *50 Soruda Yapay Zekâ*, 2020, İstanbul: 7 Renk Basım Yayıncılık.
- Say, J. B., (1803), *A Treatise on Political Economy or the Production, Distribution and Consumption of Wealth*, 1964, New York: Kelly.
- Schefold, B., (1976), “Different Forms of Technical Progress”, *The Economic Journal*, 86 (344), pp. 806-819.
- Schlogl, L.-Sumner, A., (2018), “The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and wages in Developing Countries”, *Center for Global Development Working Paper*, (487).
- Schumpeter, J. A., (1943), *Capitalism, Socialism and Democracy*, 2003, New York: Harper Collins.
- Schumpeter, J.A., (1934), *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*, translated from the German by Redvers Opie, New Brunswick (U.S.A) and London (U.K.): Transaction Publishers, 2008.
- Schumpeter, J.A., (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process* (Ed.Rendigs Fels), 1964, New York and London: McGraw-Hill.

- Schumpeter, J.A., (1954), *History of Economic Analysis*, (Edited from manuscript by Elizabeth Boody Schumpeter and with an introduction by Mark Perlman), 2006, Taylor & Francis e-Library.
- Schwab, K., (2016), *Dördüncü Sanayi Devrimi* (Çev. Z. Dicleli), 2018, İstanbul: Optimist Kitap.
- Schwab, K., (2018), *Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek* (Çev. N. Özata), 2019, İstanbul: Optimist Kitap.
- Separovic, A., (2009), “The Influence of the Tax Wedge on Unemployment in Oecd Countries in Comparison with Croatia”, *Financial Theory and Practice*, 33 (4), pp. 449-463.
- Seyf, A., (2000), “Can More FDI Solve the Problem of Unemployment in the EU? A Short Note”, *Applied Economics Letters*, 7 (2), pp. 125-128.
- Seyrek, A., (2019), *Elon Musk*, Kocaeli: Olympia Yayınları.
- Sharma, A.-Cardenas, O., (2019), “The Labor Market Effects of FDI: A Panel Data Evidence from Mexico”, *International Economic Journal*, pp. 1–17.
- Simonetti, R.-Taylor, K.-Vivarelli, M., (2000), *Modelling The Employment Impact of Innovation*, (Ed. Pianta ve Vivarelli), in *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, Routledge, pp. 26-46.
- Sinclair, P.J.N., (1981), “When will Technical Progress Destroy Jobs?”, *Oxf. Econ. Pap.*, 31, pp. 1–18.
- Skylar-Scott, M. A. et al., (2019), “Biomufacturing of organ-specific tissues with high cellular density and embedded vascular channels”, *Science Advances*, 5(9), eaaw2459.
- Smihula, D., (2010), “Waves of Technological Innovations and the End of the Information Revolution”, *Journal of Economics and International Finance*, 2(4), pp. 58-67.
- Smith, A., (1776), *An Inquiry into The Nature And Causes of The Wealth of Nations*, (Edited with an Introduction, Notes, Marginal Summary and an Enlarged Index by Edwin Cannan), 1977, Chicago: University of Chicago Press.

- Smolny, W., (1998), “Innovations, Prices and Employment”, *Journal of Industrial Economics*, 46 (3), pp. 359-38.
- Solow, R. M., (1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), pp. 65–94.
- Solow, R.B., (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function”, *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), pp. 312-320.
- Soskice, D., (1990), “Wage Determination: The Changing Role of Institutions in Advanced Industrialized Countries”, *Oxford Review of Economic Policy*, 6, pp. 36–61.
- Soul Machines (2018), *Digital Gene Pool Makes It Easy to Produce Highly Realistic Digital Humans in Minutes*, Media Release, December 13, <https://www.soulmachines.com/2018/12/hot-off-the-press-soul-machines-launches-digital-dna-a-critical-component-in-the-future-of-customer-experience/> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- Sögner, L., (2001), “Okun's Law Does the Austrian Unemployment–GDP Relationship Exhibit Structural Breaks?”, *Empirical Economics*, 26, pp. 553–564.
- Sögner, L.-Stiassny, A., (2002), “An Analysis on the Structural Stability of Okun's Law-A Cross-Country Study”, *Applied Economics*, 34 (14), pp. 1775-1787.
- Stern, S.-Porter, M.E.-Furman, J.L., (2002), "The Determinants of National Innovative Capacity", *Research Policy*, 31, pp. 899-933.
- Steuart, J., (1767), *An Inquiry into the Principles of Political Economy*, London: Printed for A. Millar, and T. Cadell, in the Strand.
- Stokes, J. et al., (2020), “A Deep Learning Approach to Antibiotic Discovery”, *Cell*, 180 (4), pp. 688-702.
- Sumitomo (2020), Sumitomo Dainippon Pharma Co., <https://www.ds-pharma.com/ir/news/2020/20200130.html> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).

- Sümer, B., (2007), “Bilgi Toplumuna Dönüşüm Sürecinin Avrupa Birliği ve Türkiye’de İstihdam Yaratmaya Etkisi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, İzmir.
- Şener, M.F., (2000), “A Schumpeterian Model of Equilibrium Unemployment and Labor Turnover”, *Journal of Evolutionary Economics*, 10 (5), pp. 557-583.
- Şener, M.F., (2001), “Schumpeterian Unemployment, Trade and Wages”, *Journal of International Economics*, 54 (1), pp. 119-148.
- Tancioni, M.-Simonetti, R., (2002), “A Macroeconometric Model for the Analysis of the Impact of Technological Change and Trade on Employment”, *Journal of Interdisciplinary Economics*, 13, pp. 185–221.
- Taş, H., (2018), “Dördüncü Sanayi Devrimi’nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri”, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), ss. 1817-1836 .
- Tatoğlu, Y. F., (2018), *İleri Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı*, 3. Baskı, İstanbul: Beta Yayıncılık.
- TDK (2020), Türkçe Sözlük, <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 8.10.2020).
- The Economic (2019), *Robot Restaurant' comes to Bengaluru*, *The Economic Times*, <https://economictimes.indiatimes.com/industry/services/hotels-/restaurants/robot-restaurant-comes-to-bengaluru/articleshow/70724483.cms?from=mdr> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- Tinbergen, J., (1974), “Substitution of Graduate by Other Labour”, *Kyklos*, 27 (2), pp. 217–226.
- Tinbergen, J., (1975), “Substitution of Academically Trained by Other Manpower”, *Review of World Economics*, 111 (3), pp. 466–476.
- Tiryakioğlu, M., (2008), “Emeğin Bilgi ile Dönüşümü”, *İktisat Dergisi*, 494 (495), ss. 91-96.
- Toffler, A., (1980), *The Third Wave*, New York: Bantam Books.

- Trappey, A. J. C. et al., (2016), “A Review of Technology Standards and Patent Portfolios for Enabling Cyber-Physical Systems in Advanced Manufacturing”, *IEEE Access*, 4, pp. 7356–7382.
- TÜBİTAK (2016), *Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*,
https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27_aralik2016.pdf.
- TÜBİTAK (2020), Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik İstatistikleri,
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/politikalar/icerik-bty-istatistikleri>.
- TÜİK (2020), Bilgi Toplumu İstatistikleri 2004-2020, Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanımı Araştırması, Hanelerde Bilişim Teknolojileri Kullanımı Araştırması.
- Türkcan, E., (2009), *Dünya'da ve Türkiye'de Bilim, Teknoloji ve Politika*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Türkcan, E., (2011), *Teknoloji Tarihi*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Tüzemen, D., (2019), “Job Polarization and the Natural Rate of Unemployment in the United States”, *Economics Letters*, 175, pp. 97-100.
- Umair, M.-Ullah, R., (2013), “Impact of GDP and Inflation on Unemployment Rate: A Study of Pakistan Economy in 2000-2010”, *International Review of Management and Business Research*, 2 (2), pp. 388-400.
- Uysal, D.-Erdoğan, S., (2003), “Enflasyon ile İşsizlik Oranı Arasındaki İlişki ve Türkiye Örneği (1980- 2002)”, *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 3 (6): ss. 35-47.
- Üçdoğruk, Y., (2006), “Employment Impact of Product and Process Innovations in Turkey”. *Ege Academic Review*, 6 (1), pp. 87-99.
- Van Duijn, J. J., (1977), “The Long Wave in Economic Life”, *De Economist*, 125(4), pp. 544-576.
- Van Reenen, J., (1997), “Employment and Technological Innovation: Evidence from U.K. Manufacturing Firms”, *Journal of Labor Economics*, 15 (2), pp. 255–284.

- Van Roy, V.-Vertesy, D.-Vivarelli, M., (2018), “Technology and Employment: Mass Unemployment or Job Creation? Empirical Evidence from European Patenting Firms”, *Research Policy*, 47, pp. 1762-1776.
- Van Schaik, A.B.T.M.-De Groot, H.L.F., (1998), “Unemployment and Endogenous Growth”, *Labour*, 12 (2), pp. 189–219.
- Vandaele, K., (2006), “A Report from the Homeland of the Ghent System: The Relationship Between Unemployment and Trade Union Membership in Belgium Transfer”, *European Review of Labour and Research*, 12 (4), pp. 647–657.
- Vermeulen, J.C., (2017)., “Inflation and Unemployment in South Africa: Is the Phillips Curve Still Dead?”, *Southern African Business Review*, 21, pp. 20-54.
- Vinge, V., (1993), “The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era”, *Science Fiction Criticism: An Anthology of Essential Writings*, pp. 352-363.
- Visser, J., (2019), *ICTWSS Database*. Version 6.0. Amsterdam: Amsterdam Institute for Advanced Labour Studies (AIAS), University of Amsterdam. June 2019.
- Vivarelli, M., (1995), *The Economics of Technology and Employment: Theory and Empirical Evidence*, Lyme: Edward Elgar.
- Vivarelli, M., (2014), “Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of Economic Literature”, *Journal of Economic Issues*, 48 (1), pp. 123-154.
- Vivarelli, M., (2015), “Innovation and Employment”, *IZA World of Labor*, 154. pp. 1-10.
- Vivarelli, M.-Evangelista, R.-Pianta, M., (1996), “Innovation and Employment in Italian Manufacturing Industry”, *Research Policy*, 25, pp. 1013-1026.
- Von Tunzelmann, N., (2003), “Historical Coevolution of Governance and Technology in the Industrial Revolutions”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 14, pp. 365-384.

- Waymo (2020), Waymo LLC, <https://waymo.com/> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- WEF (2015), *Deep Shift- Technology Tipping Points and Societal Impact*, Global Agenda Council on the Future of Software and Society, World Economic Forum, Survey Report, September 2015.
- WEF (2016), *Digital Transformation of Industries: Telecommunications*, World Economic Forum and Accenture.
- WEF (2017a), *The Global Risks Report 2017*, World Economic Forum, Insight Report, 12 th Edition.
- WEF (2017b), *The Future of Jobs and Skills in the Middle East and North Africa*, World Economic Forum, May 2017.
- WEF (2018a), *The Internet of Things and Connected Devices: Making the World Smarter*, in Digital Transformation Initiative In collaboration with Accenture, May 2018, <https://reports.weforum.org/digital-transformation/the-internet-of-things-and-connected-devices-making-the-world-smarter/> (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2020).
- WEF (2018b), *The Future of Jobs Report 2018*, World Economic Forum, Insight Report, Centre for the New Economy and Society.
- WEF (2020a), *Top 10 Emerging Technologies of 2020*, World Economic Forum, Special Report, November 2020.
- WEF (2020b), *The Future of Jobs Report*, World Economic Forum, October 2020.
- WEF (2020c), *Jobs of Tomorrow: Mapping Opportunity in the New Economy*, World Economic Forum, Platform for Shaping the Future of the New Economy and Society, January 2020.
- Weiss, M.-Garloff, A., (2011), “Skill-based Technological Change and Endogenous Benefits: The Dynamics of Unemployment and Wage Inequality”, *Applied Economics*, 43 (7-9), pp. 811-821.
- Welch, F., (1970)., “Education in production”, *Journal of Political Economy*, 78, pp. 35–59.

- Wellers, D., (2015), *Digital Medicine: Healing Better*, Digital Futures No:9, Digitalist Magazine, 17 Nov 2015, <https://www.digitalistmag.com/digital-medicine-healing-better/> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).
- WIPO (2020), *The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?*, (ed. Soumitra Dutta, Bruno Lanvin, and Sacha Wunsch-Vincent), World Intellectual Property Organization (WIPO), 13th edition.
- Windmeijer, F., (2005), “A Finite Sample Correction for the Variance of Linear Efficient Two-Step Gmm Estimators”, *Journal of Econometrics*, 126, pp. 25–51.
- World Bank (2020), *The World Bank DataBank*, World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/> (Erişim Tarihi: 05.02.2021).
- Yang, C.-H.-Lin, C.-H.A., (2008), “Developing Employment Effects of Innovations: Microeconomic Evidence from Taiwan”, *Developing Economies*, 46, pp. 109-34.
- Yıldırım, S.-Kostakoğlu, S.F., (2014), “Bilgi Ekonomisinde Schumpeterci Yaratıcı-Yıkım Çerçevesinde İstihdamın İncelenmesi: Türkiye’de Ulaşım ve Haberleşme Sektörüne Yönelik Var Analizi”, *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 9 (1), ss. 91-99.
- Zhong, H.S. et.al., (2020), “Quantum Computational Advantage Using Photons”, *Science*, eabe8770, Published Online: 03 Dec 2020.
- Zuniga, P.-Crespi, G., (2013), “Innovation Strategies and Employment in Latin American Firms”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 24, pp. 1-17.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : İbrahim DAĞLI
Doğum Yeri ve Yılı :
Medeni Hali :
Telefon :
E-Posta :

Eğitim Durumu

Ön Lisans Öğrenimi : Erciyes Ünv, İngiliz Dili ve Edebiyatı, Kayseri, 2018
Lisans Öğrenimi : Anadolu Ünv, Kamu Yönetimi, Eskişehir, 2006
Yüksek Lisans Öğrenimi : Erciyes Ünv., Maliye, Kayseri, 2016

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İyi)

İş Deneyimi

Türk Silahlı Kuvvetleri 2002-2016

Bilimsel Yayınlar ve Çalışmalar

Kitap/Kitap Bölümü :

1. Dağlı, İ., (2016). Türkiye’de Askerlik Hizmetine İlişkin Gelirler: Bedelli Askerlik, Dövizle Askerlik ve İdari Para Cezası Uygulamaları, Adalet Yayınevi, 1.Baskı, Eylül 2016, Ankara.
2. Özmen, H.İ.,..., Dağlı, İ., (2019). Isparta İli Öğrenci Odaklı Hizmet Sektörü (YEK Vizyon 2018), SDÜ Basımevi, Isparta
3. Dağlı, İ ve Kösekahyaoğlu, L., (2020). Güney Kore’de Han Nehri Mucizesi Nasıl Mümkün Oldu? Teknolojik İlerleme Sürecinde Türkiye İle Karşılaştırmalı Bir Analiz (Bölüm 14), Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Akademik Çalışmalar-2, Gece Akademi Yayınevi, Ankara.

Makale :

1. Çelikkaya, S., Yaman, H., Dağlı, İ. ve Çapık, E., (2018). Bölgesel Politikaların Kalkınma Planlarındaki Yeri ve Zamana Bağlı Değişimi, *Vizyoner Dergisi*, 9 (22), 21-31.
2. Dağlı, İ., Oğuztürk, B.S., (2018). Planlı Dönemden Günümüze Türkiye’de Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaların Değişimi, *SDÜ İİBF Dergisi*, 23 (4), 1479-1503.
3. Dağlı, İ., (2019). Kripto Paraların Dünya Ekonomisindeki Makroekonomik Boyutu: Yatırım-Tasarruf Aracı Olarak Genel Bir Bakış, *Uygulamalı Ekonomi ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1), 40-49.
4. Çelikkaya, S., Dağlı, İ., Yaman, H., (2019). Planlı Dönem Sonrası Türkiye’de Bilim ve Teknoloji Politikaları: Kalkınma Planları Özelinde Kavramsal Bir Bakış. *Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 15 (2), 245-260.
5. Dağlı, İ. (2019). Türkiye’de Yağ Gülünün Son On Yıldaki Ekonomik Gelişimi ve Sektöre İlişkin Mevcut Sorunların Analizi, *Uygulamalı Sosyal Bilimler ve Güzel Sanatlar Dergisi*, 1 (1), 10-20.
6. Ezanoğlu, Z. ve Dağlı, İ., (2020). İnovasyonda Açıklık Paradigmasına Geçiş: Türkiye’den Açık İnovasyon Örnekleri, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (3), 793-802.
7. 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.
8. Dağlı, İ. ve Kösekahyaoğlu L., (2021). Artificial Intelligence and Future Technologies that will Shape the Next Production Revolution: A Content Analysis, *Uygulamalı Sosyal Bilimler ve Güzel Sanatlar Dergisi*, 3 (5).

Uluslararası Kongre Bildirileri :

1. Dağlı, İ., (2018). Kripto Paraların Dünya Ekonomisindeki Makroekonomik Boyutu: Yatırım-Tasarruf Aracı Olarak Genel Bir Bakış, ICEESS 2018 Uluslararası Uygulamalı Ekonomi ve Sosyal Bilimler Kongresi, 27-28 Haziran 2018, Bandırma.
2. Çelikkaya, S. ve Dağlı, İ., (2020). Akıllı Turizm Sürecinde Popüler Yataklı Vagon Seferi Olan Kentlerde İnternetin Turist Yoğunluğuna Etkileri, KBAM 7.Kentsel ve Bölgesel Araştırmalar Ağı Sempozyumu, 10-12 Eylül 2020, Mersin.
3. Dağlı, İ. ve Ezanoğlu Z., (2020). Ar-Ge, Patent Ve İleri Teknoloji İhracatının Ekonomik Büyümeye Etkileri: Oecd Ülkeleri İçin Dinamik Panel Veri Analizi, Econder 2020 2. Uluslararası İktisat, İşletme ve Sosyal Bilimler Kongresi, 22-24 Temmuz 2020, Kastamonu.
4. Dağlı, İ. ve Kösekahyaoğlu L., (2020). Will Destructive Destruction Beat Creative Destruction? Should We Fear The Rise of Technology for the Future of Humanity?, Econder 2020 2. Uluslararası İktisat, İşletme ve Sosyal Bilimler Kongresi, 22-24 Temmuz 2020, Kastamonu.
5. Dağlı, İ. ve Kösekahyaoğlu L., (2021). Skill-Biased Technological Change and Job Polarization: Evidence from the Turkish Labor Market, 5. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 15-16 Ocak 2021, Mardin.
6. Dağlı, İ. ve Kösekahyaoğlu L., (2021). The Race between Industrial Robots and Human Labor in Smart Factories, Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve Yenilikçi Çalışmalar Sempozyumu, 22-25 Şubat 2021, Bandırma.
7. Dağlı, İ. ve Kösekahyaoğlu L., (2021). Is This Time Different? Techno-Economic Paradigms and Industry 4.0, 3. Uluslararası İzmir İktisat Kongresi, 12-13 Mart 2021, İzmir.