



**ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA
ETKİSİ: TÜRKİYE İMALAT SANAYİ
FİRMALARINDA BİR UYGULAMA**

Ensar BALKAYA

Doktora Tezi

Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Ana Bilim Dalı

Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU

2023

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇALIŞMA EKONOMİSİ VE ENDÜSTRİ İLİŞKİLERİ ANA BİLİM DALI

Ensar BALKAYA

**ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA ETKİSİ:
TÜRKİYE İMALAT SANAYİ FİRMALARINDA BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU

ERZURUM-2023



TEZ BEYAN FORMU

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum “ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA ETKİSİ: TÜRKİYE İMALAT SANAYİ FİRMALARINDA BİR UYGULAMA ” adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Gereğini bilgilerinize arz ederim *.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay**, patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

18/05/2023

Ensar BALKAYA

Aslı Islak İmzalıdır

*** LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi **MADDE 6– (1)** Lisansüstü teze ilgili **patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda**, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu **iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz **makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış** ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile **altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Social Sciences

TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU danışmanlığında, Ensar BALKAYA tarafından hazırlanan bu çalışma 18 / 05 / 2023 tarihinde savunulmuş ve Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yusuf AKAN

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tuncay GÜLOĞLU

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üy. Ahmet GÜNEY

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üy. İkrâm Yusuf YARBAŞI

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Aslı ıslak imzalıdır
Prof. Dr. Sait UYLAŞ
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	IV
ABSTRACT	V
KISALTMALAR DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÖNSÖZ.....	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM: İŞGÜCÜ PİYASALARI VE OTOMASYON

KAYGISININ TARİHİ	5
1.1.1. Teknoloji Kavramı ve Önemli Teknolojik Değişimler	5
1.1.2. İşgücü Piyasaları ve Otomasyon Kaygısı.....	7
1.1.3. Tarihsel Süreçte Teknolojik Devrimler.....	9
1.1.3.1. Birinci Sanayi Devrimi.....	10
1.1.3.1.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları	11
1.1.3.1.2. Otomasyon Kaygısı.....	12
1.1.3.2. İkinci Sanayi Devrimi.....	14
1.1.3.2.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları	17
1.1.3.2.2. Otomasyon Kaygısı.....	21
1.1.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi.....	23
1.1.3.3.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları	26
1.1.3.3.2. Otomasyon Kaygısı.....	29
1.1.4. Sektörel Kaymalar Hipotezi ve İşgücü Piyasalarının Dönüşümü	31
1.1.4.1. Sanayi Devrimleri Sürecinde Dünyada İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri	34
1.1.4.2. Sanayi Devrimleri Sürecinde Türkiye’de İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri	38
1.1.4.2.1. Birinci Sanayi Devrimi Sürecinde Osmanlı İmparatorluğu ve İşgücü Piyasasının Durumu	39

1.1.4.2.2. İkinci ve Üçüncü Sanayi Devrimleri Sürecinde Türkiye İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri	42
1.2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ-ENDÜSTRİ 4.0: OTOMASYON	
KAYGISININ BUGÜNKİ DURUMU	51
1.2.1. Dördüncü Sanayi Devrimi	51
1.2.2. Endüstri 4.0 ve Teknolojik Yenilikler	55
1.2.2.1. Endüstri 4.0 Teknolojileri	58
1.2.2.1.1. Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler	59
1.2.2.1.1.1. Yapay Zekâ	59
1.2.2.1.1.2. Nesnelerin İnterneti	65
1.2.2.1.1.3. Bulut Bilişim	67
1.2.2.1.1.4. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)	69
1.2.2.1.1.5. Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı-CRM	70
1.2.2.1.2. Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler	71
1.2.2.1.2.1. Robot Teknolojisi	71
1.2.2.1.2.2. 3D Yazıcı	75
1.2.3. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İstihdam Etkisi Üzerine Teorik Yaklaşımlar	76
1.2.3.1. Topyekün İşsizlik mi? Daha Fazla İstihdam mı?	79
1.2.3.1.1. Teknolojik Kötümserler ve Teknolojik İyimserler	81
1.2.3.2. Teknoloji Hangi İşgücü Grubunu Nasıl Etkiler?	84
1.2.3.2.1. Teknolojinin Tamamlayıcı ve İkame Edici Özellikleri	85
1.2.3.2.2. Beceri Yanlı ve Rutin Yanlı Teknolojik Değişim Yaklaşımına İlişkin Çalışmalar	93
1.2.4. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İstihdam Etkisi Üzerine Ampirik Çalışmalar	95
1.2.4.1. Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler-İstihdam Üzerine Çalışmalar	98
1.2.4.2. Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler-İstihdam Üzerine Çalışmalar	107
1.2.4.3. Ampirik Çalışmaların Farklı Sonuçlarının Nedenleri	114
1.2.4.3.1. Teknolojinin Türü	115
1.2.4.3.2. Analiz Düzeyi ve Teknolojinin Temsili	116
1.3. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ VE TÜRKİYE İMALAT SANAYİ	
ÖZELİ	130

1.3.1. Türkiye İşgücü Piyasası ve Endüstri 4.0'ın Durumu	130
1.3.1.1. Türkiye İşgücü Piyasası Özellikleri.....	131
1.3.1.2. Türkiye'de Endüstri 4.0 ve İmalat Sanayi	136
1.3.1.2.1. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Kullanım Düzeyi ve İstihdamı	139
1.3.2. Türkiye İmalat Sanayinde Teknoloji-İstihdam İlişkisi.....	142
1.3.2.1. İmalat Sanayinde İşgücü Talebinin Durumu	142
1.3.2.2. Türkiye İmalat Sanayinde Teknoloji-İstihdam İlişkisi Üzerinde Çalışmalar.....	146

İKİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

2.1. TÜRKİYE İMALAT SANAYİ FİRMALARINDA ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA ETKİSİNİN AMPİRİK ANALİZİ.....	150
2.1.1. Araştırmanın Amacı	150
2.1.2. Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri	151
2.1.3. Araştırmanın Önemi ve Özgün Değeri.....	156
2.1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları	158
2.1.5. Araştırmanın Yöntemi.....	158
2.1.5.1. Veri Seti.....	158
2.1.5.2. Tanımlayıcı İstatistikler	160
2.1.5.3. Ekonometrik Yöntem	164
2.1.6. Bulgular, Yorum ve Tartışma.....	170
GENEL DEĞERLENDİRME	185
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	190
KAYNAKÇA	197
ÖZGEÇMİŞ.....	226

ÖZET**DOKTORA TEZİ****ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA ETKİSİ: TÜRKİYE İMALAT
SANAYİ FİRMALARINDA BİR UYGULAMA****Ensar BALKAYA****Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU****2023, 226 sayfa****Jüri: Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU****Prof. Dr. Tuncay GÜLOĞLU****Prof. Dr. Yusuf AKAN****Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜNEY****Dr. Öğr. Üyesi İkrım Yusuf YARBAŞI**

Teknolojik yeniliklerin insanları işsiz bırakacağı yönündeki fikir, sürekli olarak güncelliğini koruyan ve net etkiler üzerinde her dönemin kendi şartları açısından fikir birliğine varılmamış olgulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Endüstri 4.0 süreciyle bütünleştirilen yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik vb. ileri teknolojilerin de daha önceki sanayi devrimlerini temsil eden teknolojiler gibi daha fazla istihdama mı yoksa bu kez gerçekten kitlesel işsizliğe mi neden olacağı literatürde yaygın şekilde tartışılmaktadır. Kitlesel işsizliğe neden olacağına yönelik fikir söz konusu teknolojilerin kendinden önceki teknolojilerin aksine hem kas gücü hem de zihinsel beceriler açısından insanları ikame etme potansiyeline dayandırılmaktadır. Daha fazla istihdama neden olacağı yönündeki fikir ise, söz konusu teknolojilerin bu özellikleriyle daha fazla yeni işleri ortaya çıkaracağı ve verimliliği artırarak daha fazla istihdama neden olacağı varsayımlarına dayanmaktadır. Bu sorunun cevabı verilerle desteklenen ampirik çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak netleştirilebilecektir. Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının firma düzeyinde istihdam etkisini belirlemektir. Bu kapsamda Türkiye imalat sanayinde faaliyette bulunan 4934 imalat firmasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Söz konusu veri seti firmaların çalışan sayıları, bazı firma özellikleri ve oldukça fazla sayıda Endüstri 4.0 teknolojisinin kullanım durumu hakkında bilgiler içermektedir. Öyle ki, yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanım amaçlarına ilişkin bilgiler de mevcuttur. Bu kapsamda kurulan araştırma modelinin bağımlı değişkeni firmaların çalışan sayıları iken bağımsız değişkenleri imalat sanayide kullanılan Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım durumu ve bazı firma özellikleridir (ölçek, bulunduğu sektör vb.). Söz konusu veri setinin yatay kesit veri özelliğine ve bağımlı değişkenin sayma veri özelliğine sahip olması nedenleriyle Negatif Binom Regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, doğrudan üretimle ilgili olan Endüstri 4.0 teknolojileri imalat firmalarının istihdamını artırırken, üretim dışı bölümlerde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri imalat firmalarının istihdamını azaltmaktadır. Fakat elde edilen genel sonuç, Endüstri 4.0 teknolojilerinin potansiyel verimlilik artışı ve dolayısıyla firma büyümesi nedenleriyle imalat sanayinde daha fazla istihdama neden olduğu yönündedir.

Anahtar Kelimeler: İstihdam, Teknolojik Yenilikler, Otomasyon Kaygısı, Endüstri 4.0 Teknolojileri, Türkiye İmalat Sanayi

ABSTRACT**Ph. D. DISSERTATION****THE EFFECT OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES ON EMPLOYMENT: AN
APPLICATION IN TURKISH MANUFACTURING INDUSTRY FIRMS****Ensar BALKAYA****Advisor: Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU****2023, 226 sayfa****Jüri: Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU****Prof. Dr. Tuncay GÜLOĞLU****Prof. Dr. Yusuf AKAN****Assist. Prof. Dr. Ahmet GÜNEY****Assist. Prof. Dr. İkrâm Yusuf YARBAŞI**

The idea that technological innovations will lead to unemployment has been a continuously relevant and controversial issue throughout history, with no consensus on the clear effects in terms of the conditions of each era. With Industry 4.0, advanced technologies such as artificial intelligence, the internet of things, and robotics are integrated, and it is widely debated in the literature whether they will lead to more employment or mass unemployment, unlike the technologies representing previous industrial revolutions. The idea that they will lead to mass unemployment is based on the potential of these technologies to replace people both in terms of physical and mental skills. On the other hand, the idea that they will lead to more employment is based on the assumption that these technologies will create more new jobs with their unique features and increase productivity. The answer to this question can be clarified based on the results of empirical studies supported by data. The purpose of this study is to determine the employment effect of using Industry 4.0 technologies at the firm level. For this purpose, data obtained from 4934 manufacturing firms operating in Turkey's manufacturing industry were used. The dataset includes information on the number of employees of firms, some firm characteristics, and the usage status of a large number of Industry 4.0 technologies, including information on the purpose of using artificial intelligence and the internet of things technologies. In this context, the dependent variable of the research model is the number of employees of the firms, while the independent variables are the usage status of Industry 4.0 technologies used in the manufacturing industry and some firm characteristics (scale, sector, etc.). Negative Binomial Regression analyses were conducted due to the dataset's cross-sectional data feature and the dependent variable's count data feature. The results show that Industry 4.0 technologies related to direct production increase the employment of manufacturing firms, while those used in non-production departments decrease their employment. However, the general result obtained is that Industry 4.0 technologies lead to more employment in the manufacturing industry due to their potential productivity increase and thus firm growth.

Keywords: Employment, Technological Innovations, Automation Anxiety, Industry 4.0 Technologies, Turkish Manufacturing Industry

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AI	: Yapay Zekâ
AM	: Eklemeli İmalat
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
BSTB	: Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
BYTD	: Beceri Yanlı Teknolojik Değişim
BYTK	: Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu
CRM	: Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlama
GBTK	: Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması
IFR	: Uluslararası Robotik Federasyonu
IoT	: Nesnelerin İnterneti
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
İŞKUR	: Türkiye İş Kurumu
RYTD	: Rutin Yanlı Teknolojik Değişim
TGB	: Teknoloji Geliştirme Bölgesi

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Sanayi Devrimlerinin Temel Özellikleri	10
Tablo 2. Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi Süreçlerinde Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin Dünya GSMH'si İçindeki Payları (%)	20
Tablo 3. Üçüncü Sanayi Devrimi Sürecinde Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin Dünya GSMH'si İçindeki Payları (%)	28
Tablo 4. Tarihsel Süreçte Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin GSYH ve Kişi Başına GSYH Değerleri	35
Tablo 5. Amerika, İngiltere ve Japonya'da İşgücü Piyasası Göstergeleri (1820-2003).....	37
Tablo 6. 1913-1915 Döneminde Osmanlı'da Sanayi İşletmeleri ve Çalışan Sayıları	41
Tablo 7. Cumhuriyetin Kuruluşundan Planlı Döneme Kadar Sektörlerin Milli Gelir İçindeki Payları	43
Tablo 8. Cumhuriyetin Kuruluşundan 21.Yüzyılın Başına İstihdamın Sektörel Dağılımı.....	48
Tablo 9. Nesnelerin İnternetinin Endüstriyel Kullanım Amaçları	67
Tablo 10. Rutin Yaklaşımına Göre Teknolojinin İkame ve Tamamlayıcı Özellikleri	87
Tablo 11. Frey ve Osborne (2017) Yaklaşımına Göre Yeni Teknolojilerin İkame Edemediği Beceriler	90
Tablo 12. Analiz Düzeyi Ülke Olan Çalışmalar	119
Tablo 13. Analiz Düzeyi Sektör Olan Çalışmalar	121
Tablo 14. Analiz Düzeyi Firma Olan Çalışmalar	125
Tablo 15. Türkiye İşgücünün Eğitim Durumu (2000-2022)	133
Tablo 16. Türkiye'de İstihdamın Sektörel Dağılımı (2005-2022)	135
Tablo 17. Türkiye'de Endüstri 4.0 Teknolojilerine İlişkin AR-GE ve TGB Sayıları (2018)	138
Tablo 18. İki Basamaklı NACE Rev 2. Kodlarına Göre İmalat Sanayi Teknoloji Grupları	139
Tablo 19. İmalat Sanayinde Teknoloji Kullanım Düzeyine Göre Girişim (Bin) ve Bu Girişimlerde Çalışanların Oranları	141
Tablo 20. İmalat Sanayi Açık İşlerinde Talep Edilen Eğitim Durumu (%)	143

Tablo 21. İmalat Sanayi Açık İşlerinde Talep Edilen Beceriler (10-19 ve 20+ çalışanı olan firmalar).....	144
Tablo 22. Örneklem İçerisinde Yer Alan Firmalara Ait Genel Bilgiler.....	160
Tablo 23. Örneklem İçerisinde Yer Alan Firmaların Endüstri 4.0 Teknolojilerini Kullanma Durumları	162
Tablo 24. Bağımlı Değişkene Ait Özet İstatistikler (Firmaların Çalışan Sayısı).....	166
Tablo 25. Aşırı Yayılım Testi (Wald Testi) Sonuçları	167
Tablo 26. Model Seçim Kriterleri	167
Tablo 27. Bağımsız Değişkenlere Ait VIF Değerleri.....	168
Tablo 28. Negatif Binom Regresyonu İçin Uyum İyiği ve Olabilirlik Oran Testi Sonuçları.....	169
Tablo 29. Negatif Binom Regresyon Model Sonuçları	170
Tablo 30. Negatif Binom Regresyon Modeline Ait İRR (incidence rate ratio) Değerleri.....	172
Tablo 31. Negatif Binom Regresyon Modeline Ait Marjinal Etkiler Tablosu.....	174
Tablo 32. Araştırma Hipotezlerine Ait Sonuçlar.....	183

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İnsanlık Tarihindeki Büyük Kırılma.....	7
Şekil 2. ABD’de Üretim Mallarının (Teknolojik Ürünlerin) Fiyat ve Miktarlarındaki Değişim (1950-1990).....	27
Şekil 3. Tarım-Sanayi-Hizmet Sektörlerinin GDP İçerisindeki Payı (1960-2002)	47
Şekil 4. İşgücünün Sektörel Değişimi % (1923-2003)	49
Şekil 5. Endüstri 4.0’ı Karakterize Eden Dört Temel Teknoloji	57
Şekil 6. Türkiye’de İşgücüne Katılım-İşsizlik-İstihdam Oranları (2000-2021)	132
Şekil 7. Türkiye’de Üretimden Yapılan Satışların Teknoloji Kullanım Düzeyine Göre Oranları (2017-2021)	140
Şekil 8. Araştırma Modeli.....	151
Şekil 9. Bağımlı Değişkene Ait Histogram.....	166

ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve doktora eğitimim sürecinde akademik bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, çok değerli önerileri ile her daim araştırma ve çalışma motivasyonumu artıran, akademik rehberliğinin yanı sıra karşılaştığım tüm problemlerde desteğini esirgemeyen ve tez çalışmasına ışık tutan danışman hocam Prof. Dr. Fatih KARCIOĞLU'na, tez izleme komitesinde yer alarak çok değerli bilgi ve tecrübelerinden faydalanma imkânı sunan Prof. Dr. Yusuf AKAN'a ve Dr. Öğr. Üy. Ahmet GÜNEY'e, tez savunmasında jüri olarak yer alan ve değerli önerileri ile katkı sağlayan Prof. Dr. Tuncay GÜLOĞLU ve Dr. Öğr. Üy. İkrâm Yusuf YARBAŞI'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bölümümüzün birbirinden kıymetli akademisyenlerine ve bu çalışmanın tamamlanmasında desteklerini her zaman hissettiğim Dr. Öğr. Üy. Ceyhun SERÇEMELİ başta olmak üzere fakültemizde görevli çalışma arkadaşlarıma ve hocalarımıza teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında veri setini kullanma imkânı veren TÜİK'e ve sağladıkları çalışma ortamı ile araştırmanın tamamlanmasına katkı sağlayan, Akın LELOĞLU nezdinde Erzurum TÜİK Bölge Müdürlüğü'ndeki tüm çalışanlara teşekkürlerimi sunarım.

Beni yetiştiren, eğitim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, evlatları olmaktan gurur duyduğum babam Harun BALKAYA ve annem Zahire BALKAYA'ya, abim Yunus BALKAYA'ya ve kız kardeşlerim Ayşe ve Hatice BALKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her daim yanımda olan, her türlü desteği ile beni motive eden, beni birçok konuda vazgeçmekten vazgeçiren değerli eşim ve hayat arkadaşım Büşra BALKAYA'ya ve tez sürecinde yeterince ilgilenemediğim, yaşama sevincim, ilk göz ağrım Oğuz BALKAYA'ya sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

GİRİŞ

Teknolojik yenilikler, insanlık tarihinin her aşamasında sosyal ve ekonomik hayatı derinden etkilemiştir. Özellikle Birinci Sanayi Devriminin simge teknolojisi olan “buhar makinesi” insanlık tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Söz konusu teknoloji, sosyal hayattan ekonomik gelişmeye, toplum refahından çalışma alışkanlıklarına kadar toplumla ilgili her alanda paradigma değişikliklerini beraberinde getirmiştir. Sonrasında elektriğin keşfi ile simgeleştirilen ikinci sanayi devrimi ve bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle simgeleştirilen üçüncü sanayi devrimi de benzer şekilde sosyo-ekonomik yaşamı derinden etkilemiştir. Söz konusu teknolojilerin üretim süreçlerindeki kullanımı ise her bir değişim sürecinde, makinelerin insanların yerini alarak kitlesel işsizliğe neden olacağına dair otomasyon kaygısına neden olmuştur. Otomasyon kaygısına ilişkin en çarpıcı örnek, İngiliz tekstil işçilerinin birinci sanayi devrimi sürecinde işlerini ellerinden alacağı gerekçesiyle makineleri kırmasıdır. Teknolojik yeniliklerin insanları işsiz bırakacağı yönündeki fikir, sürekli olarak güncelliğini koruyan ve net etkiler üzerinde her dönemin kendi şartları açısından fikir birliğine varılmamış olgulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapay zekâ, 3D yazıcı, robotik, nesnelerin interneti vb. teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıktığı kabul edilen “Dördüncü Sanayi Devrimi” de 21. yüzyılda bu fikrin yeniden gündeme gelmesine neden olmuştur.

Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 sürecinde yeni teknolojilerin sosyo-ekonomik anlamda paradigma değişikliklerine neden olacağı iddia edilmektedir. Söz konusu teknolojilerin işgücü piyasaları için de daha önceki teknolojilerden daha fazla etkiler göstereceği ifade edilmektedir. Genellikle “bu sefer farklı” yönündeki anlayışla ortaya çıkan güncel otomasyon kaygısı, önceki sanayi devrimlerinde ortaya çıkan teknolojiler ile günümüzün yeni-dijital teknolojileri arasındaki farka dayandırılmaktadır. Buna göre önceki teknolojiler insanların sadece kas gücünü ikame etme potansiyeline sahipken, özellikle yapay zekâ ve robotik gibi akıllı teknolojilerin kas gücünün yanı sıra zihinsel işlerde de insanların yerini alabilme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Nitekim yeni dijital teknolojiler insan müdahalesi olmaksızın ağır yükleri taşıyabilmekte, hesaplamalar ve tahminler yapabilmekte ve karmaşık problemleri insanlardan daha hızlı ve daha küçük hata payıyla çözebilmektedirler. Bu fikri güçlü bir

şekilde savunan teknolojik kötümserler yeni dijital teknolojilerin hemen hemen her sektörde ve her meslekte yıkıcı bir etki göstererek büyük bir işsizlik sorununa neden olacağını ifade etmektedirler. Buna karşın teknolojik iyimserler ise yeni teknolojilerin bazı meslekleri veya işleri tamamen ortadan kaldırmanın yanı sıra birçok işin yapılış şeklini büyük oranda değiştireceğini, fakat daha fazla yeni işin ortaya çıkmasına neden olarak istihdamı artıracığını ifade etmektedirler. Endüstri 4.0 süreci henüz tamamlanmadığı ve net etkilerinin ortaya çıkması için belli bir zamana ihtiyaç duyulduğu kabul edilebilir bir durumdur. Fakat söz konusu etkilerin yapısı, yönü ve boyutu üzerine bazı teorik yaklaşımlar geliştirilmiş ve bu teorik yaklaşımları esas alan ampirik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik vb. yeni dijital teknolojilerin istihdam etkisini belirlemeyi amaçlayan ampirik çalışmalarla ilgili bazı önemli sınırlamalardan bahsedilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisine ilişkin çalışmalar, otomasyona uygun işlerin yoğun olduğu ve bu teknolojilerin yoğun olarak kullanılabildiği gerekçeleriyle imalat sektörlerine veya imalat firmalarına odaklanmaktadır. Bu çalışma, gelişmekte olan ülkelerden biri olarak kabul edilen Türkiye’de imalat sanayi firmaları düzeyinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisini ampirik olarak araştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 teknolojileri, çeşitlilik ve heterojenlikleri göz önüne alınarak makine tabanlı (fiziksel) ve makine tabanlı olmayan (sanal) dijital teknolojiler olarak iki grupta sınıflandırılmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın uluslararası literatür açısından ortaya koyacağı özgün değer ve çalışmanın önemine ilişkin ifadeler aşağıdaki gibidir:

- Bu çalışma, Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisini firma düzeyinde ampirik olarak araştıran sınırlı sayıdaki çalışmalardan biridir.
- Bu çalışma, söz konusu etkiyi geliştirmekte olan ülkelere araştıran sınırlı sayıdaki çalışmalardan biridir.
- Bu çalışma, kullandığı veri seti ile oldukça fazla sayıda Endüstri 4.0 teknolojisinin firma düzeyinde kullanımının istihdam etkisini ortaya koyan birkaç çalışmadan biridir.
- Bu çalışma, özellikle genel amaçlı olan ve oldukça farklı amaçlarla kullanılabilen yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin istihdam

etkilerini, bu teknolojilerin kullanım amaçları doğrultusunda araştıran ilk çalışma olma iddiasındadır.

Türkiye işgücü piyasası ve Türkiye imalat sanayi sektörü özelinde düşünüldüğünde de bu çalışmanın bazı önemli özelliklerinden bahsedilebilir. Endüstri 4.0 teknolojileri, çoğunlukla işgücü arz eksikliği ve işgücü maliyetlerinin yüksek olmasıyla karşı karşıya olan ve gelişmekte olan ülkelerdeki üretim birimlerini kendi topraklarına çekmek isteyen gelişmiş ülkelerde üretilmekte ve yaygın şekilde kullanılması amaçlanmaktadır. Öte yandan üretim verimliliğini artırarak uluslararası rekabet gücünü artırmak isteyen gelişmekte olan ülkelerde de söz konusu teknolojiler kullanılmakta ve yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Örneğin Çin nispeten ucuz ve bol olan işgücüne rağmen Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımını teşvik etmektedir. Benzer şekilde Türkiye’de Endüstri 4.0 teknolojilerinin yerli üretimi ve genel olarak kullanımının yaygınlaştırılması için çeşitli teşvikler ve projeler gerçekleştirilmektedir.

Türkiye işgücü piyasası emek arz fazlalığı, nispeten ucuz işgücü ve nüfus artış hızı azalırken çalışma çağındaki nüfusunun arttığını ifade eden demografik fırsat penceresi gibi önemli avantajlara sahiptir. Buna karşın Türkiye işgücü piyasası nispeten yüksek oranda gerçekleşen işsizlik problemi ve nispeten düşük işgücüne katılım oranları gibi dezavantajlara sahiptir. Bu kapsamda düşünüldüğünde, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımının işgücüne duyulan ihtiyacı azaltarak daha fazla işsizliğe mi neden olacağı ya da daha fazla yeni işe neden olarak istihdamı mı artıracığının belirlenmesi önem arz etmektedir. Öte yandan İŞKUR tarafından açıklanan açık iş sayılarına göre özellikle son yıllarda tüm açık işlerin neredeyse yarısı imalat sanayi sektöründen bildirilmektedir ve dolayısıyla imalat sanayinin Türkiye’de işsizlik problemi için önemli bir çözüm kaynağı olabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Bu çalışma Türkiye imalat sanayi firmalarında farklı Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisini ampirik olarak ortaya koymayı amaçlayarak söz konusu özellikleri itibarıyla hem genel olarak işgücü piyasası hem de imalat sanayi sektörü için önemli sonuçlara ulaşmayı hedeflemektedir.

Bu çalışma kuramsal çerçeve ve uygulama olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Kuramsal çerçeve kendi içerisinde üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, öncelikle temel kavramsal yaklaşım için yol gösterici olmaları gerekçesiyle teknoloji kavramı, önemli teknolojik değişimler, işgücü piyasası ve otomasyon kaygısı kavramları

açıklanmıştır. Sonrasında ise ilk üç sanayi devrimi, sosyo ekonomik etkileri ve otomasyon kaygısı bağlamında açıklanmış ve sonrasında tarihsel olarak teknolojik değişimin istihdam etkisi incelenmiştir. İkinci bölümde Dördüncü Sanayi Devrimi-Endüstri 4.0 sürecinde yeniden ortaya çıkan mevcut otomasyon kaygısının durumu açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 ve Endüstri 4.0 teknolojileri açıklanarak söz konusu teknolojilerin istihdam etkisi üzerine teorik yaklaşımlar açıklanmıştır. Sonrasında ise söz konusu etkiye ilişkin ampirik çalışmalara değinilmiş ve bu çalışmaların farklı sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Ampirik çalışmaların farklı sonuçlara ulaşmalarının nedenlerinin belirlenmesi için özetlenen çalışmalar, üç ayrı literatür tablosu aracılığıyla detaylı olarak yeniden incelenmiştir. Bu inceleme çalışmanın araştırma kısmına önemli bir dayanak oluşturmaktadır. Üçüncü bölümde ise, Türkiye işgücü piyasası, Türkiye’de Endüstri 4.0’ın durumu ve imalat sanayinin genel özellikleri açıklanarak araştırmanın örneklemeyle ilgili detaylı açıklamalar yapılmıştır. Uygulama kısmında ise, öncelikle araştırmanın amacı ve modeli, önemi, özgün değeri, sınırlılıkları açıklanmaktadır. Sonrasında araştırmada kullanılan veri seti açıklanmakta, tanımlayıcı istatistiklerle örnekleme ilişkin bilgiler paylaşılmaktadır. Ekonometrik yöntem başlığı altında kullanılan veriye bağlı olarak en uygun modelin belirlenmeye çalışılması süreci açıklanmaktadır. Sonrasında gerçekleştirilen analizlerle ele edilen bulgular, teorik bilgiler ve daha önceki ampirik çalışmalar ışığında tartışılmaktadır. Son olarak araştırma kapsamında edinilen teorik bilgiler, literatür incelemesi ve elde edilen ampirik sonuçlar genel olarak değerlendirilmekte, bu konuda gerçekleştirilebilecek başka çalışmalar ve politika yapıcılar için önerilerden bahsedilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM: İŞGÜCÜ PİYASALARI VE OTOMASYON KAYGISININ TARİHİ

1.1.1. Teknoloji Kavramı ve Önemli Teknolojik Değişimler

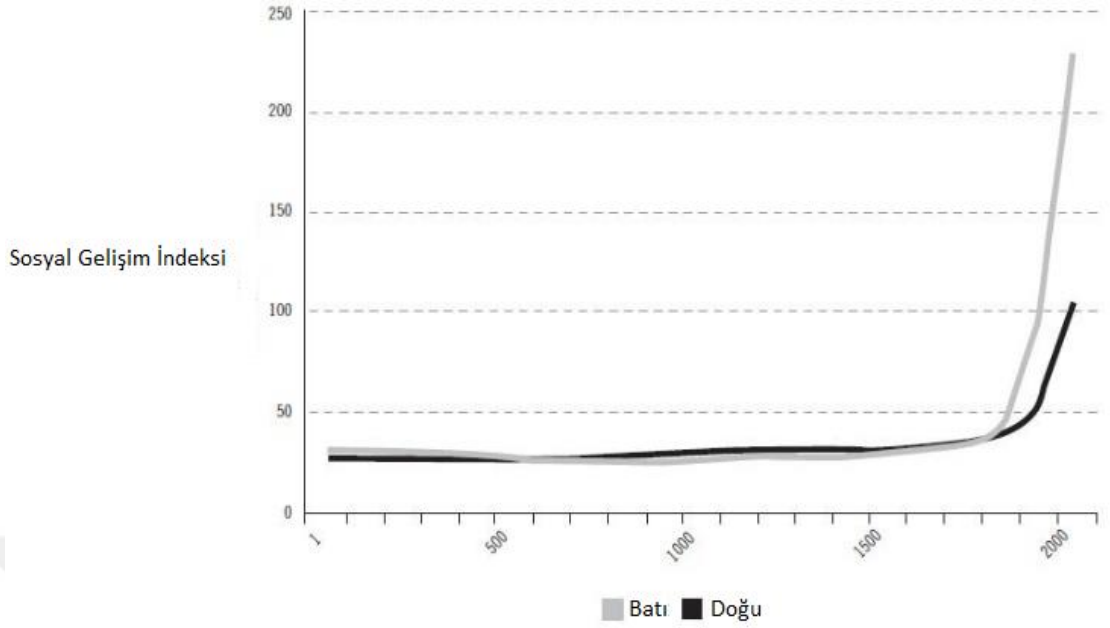
İnsanlar, zamanın neredeyse her aşamasında teknolojiyi kullanmışlardır. Teknolojinin insanlık tarihinde neden olduğu büyük değişimlerin anlaşılabilmesi için teknolojinin anlamının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bazı bilim adamları teknolojiyi araç yapma yeteneği olarak tanımlarken, diğer bazı bilim adamları insanlığı etkileyen bir tür çerçeve olarak görmektedirler. Ede (2019)’ye göre teknoloji, gerçek dünyadaki sorunların çözülmeye çalışıldığı bir sistemdir (Ede, 2019:1-6). Oxford sözlüğünde teknoloji; “endüstride pratik yollarla, örneğin yeni makinelerin tasarımında kullanılan bilimsel bilgi” olarak tanımlanmaktadır. Daha kapsayıcı bir tanıma göre teknoloji; insanlar tarafından üretilen, toplumsal ve doğal çevreyi dönüştürmek ve kontrol altına almak için kullanılan teknikler, araçlar ve süreçlerdir (İnan, 2019:112).

Teknoloji, tarihsel süreç içerisinde ekonomik sistemlerde ve sosyal yapıda etkili bir değişimi başlattığında devrim niteliğinde teknolojik dönüşümün de gerçekleştiği kabul edilmektedir (Schwab, 2021:15). Bir teknolojik yeniliğin devrim niteliğini kazanabilmesi için sosyo-ekonomik anlamda hızlı ve derin değişimlerin gerçekleşmesine sebep olması gerektiği ifade edilmektedir. Böyle bir teknolojik yeniliğin belirlenmesi de yine teknolojinin anlamının bilinmesine ve ne işe yaradığının belirlenmesine bağlıdır.

Reese (2018:22) teknolojiyi “bilginin bir öğeye, sürece veya tekniğe uygulanması” olarak tanımlamaktadır. Bu kapsamda teknolojinin insan becerilerini artırarak daha önce insanların yapamadığı şeyleri yapabilmesini veya yapılabildiği şeyleri daha iyi yapılabilmesini sağladığını ifade etmektedir. Teknolojik değişimin devrim niteliğini kazanabilmesini ise felsefi bir şarta bağlamaktadır. Teknolojinin devrim olarak kabullenilmesi için insan olmanın doğasını derinden etkilemesi gerekir. Buna göre buhar makinesinin icadı, elektriğin keşfi ve bilgisayarların geliştirilmesi insan olmanın doğasını etkilemekten ziyade daha önce yapılabilen şeylerin daha hızlı ve daha verimli

yapılabilmesini sağladığı için teknolojik devrim olarak kabul edilmez. Gerçek teknolojik devrimler ise insanlığın doğasını derinden etkileyen ateşin ve dilin kullanılması, yazının ve paranın keşfi, tekerleğin keşfi ve hayatın her alanında büyük dönüşümlere neden olan “yapay zekânın” gelişimidir (Reese, 2018:22-69). Teknolojik değişim pür sosyolojik bir bakış açısı ile incelendiğinde bu fikir tartışmasız bir gerçeklik kazanabilir. İnsanlık tarihinde yaşam tarzının değişimine neden olan ilk değişim, insanların ateşi kullanarak yiyecekleri pişirebilmesi ve gerçek besin değeri olan yiyecekler tüketmesi ile başlamış olabilir. Bu insanların beyin gelişiminin ilerlemesine neden olarak toprağı işleyebilme becerisini edinmesini ve dolayısıyla yaklaşık 10.000 yıl önce avcılık ve toplayıcılıktan tarıma geçişini sağlamıştır (Reese, 2018:22; Schweb, 2016:15). İnsanlık tarihinde sosyo-ekonomik yaşamı değiştiren gelişmelerden hangisinin en önemli olduğu sorusuna cevap aramanın mantıklı olmadığı birçok antropolog ve sosyolog tarafından kabul edilmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2018:12).

Belirli bir konuda var olan bilgi deryasını sayısal puanlara indirgemenin farklı dezavantajları olsa da herkesin aynı kanıtı görebilmesine izin vermek gibi büyük bir avantajı olduğu ifade edilmektedir. Ion Morris (2012) bu avantajı kullanarak geliştirdiği “sosyal gelişim indeksiyle” söz konusu sorunun cevabını araştırmıştır. Gelişim indeksi, belirli bir grubun, yaşadığı fiziksel ve entelektüel ortamda başarılı bir şekilde ustalaşabilmesini ifade etmektedir. Morris, dünyanın toplam nüfusu ile kaydedilen sosyal gelişimi bir grafikte göstererek insanlık tarihinde daha önce benzeri görülmemiş bir kırılmaya sebep olan değişimi belirlemiştir.



Kaynak: Morris, I. (2010:142). Why the west rules-for now: The patterns of history and what they reveal about the future. Princeton University Press, Princeton and Oxford.

Şekil 1. İnsanlık Tarihindeki Büyük Kırılma

Şekil 1 incelendiğinde tarihsel süreçte 18. yüzyıla dek dünyada sosyal gelişmişlik için önemli bir değişimin gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Fakat 18. yüzyılın sonlarına doğru hem batı hem doğu dünyası için sosyal gelişmişlik düzeyinde neredeyse doksan derecelik bir değişim gerçekleşmiştir. Sosyal hayatta kaydedilen bu ani, keskin ve süreklilik arz eden değişimin nedeni Sanayi Devrimidir. Bu varsayım altında insanlık tarihinde en etkili teknolojinin ne olabileceğine ilişkin belirsizlik ortadan kalkmaktadır. Sanayi devrimi, birçok teknolojik yeniliğin benzer zaman dilimi içerisinde geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Buna karşın insanlık tarihindeki en önemli teknolojik icat, 18. yüzyılın sonlarında James Watt ve arkadaşları tarafından geliştirilen buhar makinesidir (Brynjolfsson ve McAfee, 2018:14-15). Bu bilgiler ışığında, bu araştırmada teknoloji kavramı ile, insanlık için sosyo-ekonomik anlamda büyük değişimlere neden olan ve tarihsel süreçte sanayi devrimlerine neden olduğu kabul edilen icatları içeren yenilikler kastedilmektedir.

1.1.2. İşgücü Piyasaları ve Otomasyon Kaygısı

İşgücü piyasaları, iktisadi faaliyetleri meydana getiren dört temel unsurdan biri olan emekle ilgilidir. İşgücü piyasaları emeğin ve bir ülkedeki toplam emek arzını ifade eden

işgücünün emek talebi ile buluştuğu sahalardır (Zaim, 1992:11). İşgücü piyasaları, emek arz ve talebinin bir araya geldiği, emeğin fiyatının (ücretin) ve çalışma koşullarının belirlendiği piyasalar olarak da ifade edilmektedir (Işığışık, 2014:2). Başka bir tanıma göre işgücü piyasaları emek arz ve talebine bağlı olarak istihdam ve ücretlerin belirlendiği gerçekte var olan ya da olmayan bir yer, bir buluşma noktasıdır. Emek arzı, iş arayanlar olarak ifade edilen çalışma istek ve gücüne sahip insanlardan oluşur. Emek talebi ise üretimi sağlayabilmek adına işgücü arayan işverenlerden oluşur (Mehmet ve Kılıç:10). Emek (işgücü) piyasası bir ülkedeki toplam emek arz ve talebini kapsamına rağmen söz konusu ülkedeki istihdam durumunun belirlenmesi için tek bir işgücü piyasasından bahsedilemez. İşgücü piyasalarının en temel özelliklerinden biri olan piyasaların çok sayıda olması bu durumun temel nedenidir. Bu kapsamda her coğrafi bölge için bir işgücü piyasası olabileceği gibi her işkolunun ve her mesleğin kendine özgü işgücü piyasaları olabilmektedir (Zaim, 1992:11). Emek arz ve talebinin buluştuğu nokta, işgücü piyasası için denge noktasını ifade etmektedir ve bu noktada cari piyasa ücreti ve istihdam düzeyi belirlenmektedir.

Bir ekonomik sisteminin başarısıyla ilgili en önemli olgulardan biri, cari ücret düzeyinde çalışma istek ve gücüne sahip bireylere iş imkânı sağlaması ile ilgilidir (Aren, 2005:1). Dolayısıyla, istihdam ve ücretlerin belirlendiği piyasalar olarak işgücü piyasalarını etkileyen unsurların belirlenmesi önem arz etmektedir. Teknoloji, işgücü piyasalarının hem arz hem talep yönünü önemli derecede etkileyen unsurlardan biridir. Teknoloji işgücü arzını, çalışanların sahip olduğu yeteneklerin teknolojiyle birlikte ortaya çıkan yeni üretim sistemi için yetersiz olabilmesi ya da emeğe olan ihtiyacın doğrudan azalması yoluyla etkileyebilir. Tarihsel süreç içerisinde, teknolojinin her iki yolla ve özellikle emeğe duyulan ihtiyacın azalmasına sebep olma ihtimaline karşın, etkili bir şekilde üretim sistemlerine eklenen her teknoloji için tekrar tekrar ortaya çıkan bir otomasyon kaygısı var olmuştur. Otomasyon, üretken bir insan faaliyetinin bir kısmı veya tümünün teknoloji ile ikame edilmesiyle söz konusu teknolojiden önce üretilen mal veya hizmetin yerine geçebilecek mal veya hizmetin üretilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (İnan, 2019:113). Otomasyon kaygısının tarihi, hem geleneksel dünya olarak adlandırılan sanayi devrimi öncesi toplumlar için günümüzdeki karşılığıyla işgücü arz ve talebinin olmayışı (Tatlıyer, 2020:19-20) hem de otomasyon kavramını ortaya çıkaracak yeterlilikte teknolojik gelişmelerin ilk kez ortaya çıkması dolayısıyla Sanayi Devrimi ile

birlikte başlamaktadır (Susskind, 2020:24). Her bir teknolojik yeniliğin yaygınlaşması ile ilgili bir sürecin gerçekleştiği ifade edilmektedir. Goodwin (2018) teknoloji kabulünün üç aşamada gerçekleştiğini ifade etmektedir:

1. İlk aşamada yeni bir teknoloji icat edilmeden veya herhangi bir şekilde kullanılmadan önce bir teknoloji öncesi ortam vardır. Bu aşamada işler genel olarak anlaşılırdır, değişimin hızı yavaştır ve gelişmeler kademelidir.
2. İkinci aşamada her şeyi değiştirme potansiyeline sahip yeni bir teknoloji veya düşünce biçimi geliştirilir ve yayılır. Bu, daha önce var olan işlerde verimliliği artırır. Bu aşamada eski sistem ile yeni sistem bir arada ve rekabet halindedir. Değişim panik ve karmaşıklığa sebep olarak toplumsal anlamda belirsizlik hissi ortaya çıkar.
3. Son aşamada yeni teknoloji anlaşılır durumdadır. Sistemler yeni teknolojiye uygun hale getirilir. Toplum ve ticarete olumlu değişimler meydana gelir. Teknoloji arka plandadır ve işler teknoloji üzerine kurulur. Bu aşama teknolojinin işe yaradığının hissedildiği aşamadır (Goodwin, 2018:108).

İkinci aşama aynı zamanda işgücü piyasaları için otomasyon kaygısının ortaya çıktığı aşamadır. Üçüncü aşama ise yeni teknolojilerin ortaya çıkardığı etkilerin anlaşıldığı aşamadır. İkinci ve üçüncü aşamanın, ilk üç sanayi devrimi için gerçekleştiği verilerle ortaya konulabilecek bir gerçekliğe sahiptir (Susskind, 2020:23-30). Bu sebeple araştırmada tarihsel süreç içerisinde ilk üç sanayi devrimi, işgücü piyasaları ve otomasyon kaygısı tarihi bağlamında ele alınmaktadır.

1.1.3. Tarihsel Süreçte Teknolojik Devrimler

Tarihsel süreçte, yeni ortaya çıkan ve gelişen önemli teknolojik değişimlerin dört sanayi devrimine neden olduğu ifade edilmektedir. Her bir sanayi devrimi, farklı teknolojik gelişmelerin sebep olduğu, farklı sektörler için etkilerin önem derecelerinin farklı olduğu ve farklı ulaşım araçları ile bütünleştiği bir dönemi ifade eder. Tablo 1’de ilk dört sanayi devriminin temel özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 1. Sanayi Devrimlerinin Temel Özellikleri

Zaman Aralığı	Geçiş Dönemi	Kullanılan Enerji Kaynağı	Temel teknolojik gelişim	Öncelikli Gelişen Sektörler	Taşıma Araçları
I: 1760:1900	1860-1900	Kömür	Buhar Makinesi	Tekstil ve Çelik	Tren
II: 1900-1960	1940-1960	Petrol ve elektrik	İçten yanmalı motor	Metalurji, Otomotiv ve Makine Sanayi	Tren ve Araba
III: 1960-2000	1980-2000	Nükleer Enerji ve Nükleer Gaz	Bilgisayarlar	Otomotiv ve Kimya	Araba ve Uçak
IV. 2000-	2000-2010	Yeşil Enerjiler	İnternet, 3D Yazıcı, Genetik Mühendisliği	Yüksek teknoloji sektörleri	Elektrikli Araba, Yüksek Hızlı Tren

Kaynak: Prisecaru, (2016:57).

1.1.3.1. Birinci Sanayi Devrimi

İlk sanayi devrimi 1760 yılında İngiltere’de buhar makinesinin icadıyla başlamıştır. Söz konusu icadın İngiltere’de ortaya çıkmasının nedeni kurumsal yapılar, etkin mülkiyet hakları, tüccar ve imalatçıların daha etkin korunmasıyla ilgili gelişmelerdir. Söz konusu etkenler dolayısıyla 1760’lı yıllarda İngiltere’de patentli icat sayısında büyük bir artış gerçekleşmiş ve teknolojik değişim belirginleşmeye başlamıştır. Teknolojik yenilikler birçok alanda boy gösterse de enerji sektöründeki gelişmeler en önemlileri olmuştur. Özellikle James Watt’ın 1760’lardaki fikirlerinin bir ürünü olarak ortaya çıkan buhar makinesi ve makinenin kullanımı büyük bir dönüşümün başlangıcı olmuştur. Watt, öncelikle piston silindirin sürekli sıcak kalmasını sağlayan harici bir “yoğuşma odası” ve sonrasında geliştirdiği “planet dişli grubu” sistemleriyle buhar makinesinin devinimini güce dönüştürmeyi hedeflemiş ve bunu başarmıştır (Acemoğlu ve Robinson, 2013:190-191).

Buhar gücünün enerjiye dönüştürülebilmesi, kömürün kaynak olarak kullanımı ile gerçekleşmiştir. Buhar gücü ile çalışan makineler, öncelikle madencilikte kullanılan su pompaları ve tekstil alanında el ile gerçekleştirilen üretimin bir bölümünü gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Bu kullanım tekstil sektöründe atölye düzeyinden

aşama aşama fabrikalaşma sürecine geçişi de beraberinde getirmiştir. Sonrasında ise buhar gücüyle çalışan makineler demir-çelik sanayinde kullanılmaya başlamıştır. Teknolojik olarak buhar makinesi ile simgeleştirilen ilk sanayi devriminin gelişimine neden olduğu diğer ürünler ise; buhar gücüyle ilerleyen gemiler, trenler ve demir-çelik sanayindeki gelişim ile demiryolları alt yapıları ve silah sanayiye ilişkin ilk adımları içeren ürünlerdir (İnan, 2019:205-206) . Nitekim bu dönemde tekstil ve çelik sektörleri; istihdam, çıktı değeri ve yatırılan sermaye açısından en fazla gelişen sektörler olmuştur (Xu vd., 2018a:90).

1.1.3.1.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları

Sanayi devrimi, gerçekleştiği tüm ülkelerde aynı biçimi alan belirli bir süreç değildir. Fakat birlikte ele alındığında, sanayi devrimi olarak tanımlanan sürecin belli başlı etkileri ortaktır. Deane bu etkileri yedi madde ile özetlemektedir: (1) modern bilim ve ampirik bilginin üretim sürecine yaygın ve sistematik olarak uygulanması; (2) üretime yönelik ekonomik faaliyetin aile veya bireyden ziyade, ulusal ve uluslararası pazarlar için uzmanlaşması; (3) nüfusun kırsal topluluklardan kentsel topluluklara hareketi; (4) tipik üretim biriminin aileden, şirket veya kamu teşebbüsüne genişletilmesi ve kişiselleştirilmesi; (5) emeğin, aile işleri ve kişisel ihtiyaç faaliyetlerinden mamul mal ve hizmetlerin üretimine hareketi; (6) insan çabasının ikamesi ve tamamlayıcısı olarak sermaye kaynaklarının yoğun ve kapsamlı kullanımı; (7) toprağın, yani sermayenin mülkiyeti ya da toprak dışındaki üretim araçlarıyla ilişkisi tarafından belirlenen yeni toplumsal ve mesleki sınıfların ortaya çıkışı (Deane, 1979:1-2). Söz konusu etkilerin en net görülebildiği sanayi devrimi, ilk sanayi devrimidir. Nitekim, iktisat tarihinin açık ara en önemli olgusu bazı kaynaklarda “İngiliz Sanayi Devrimi” olarak da adlandırılan ilk sanayi devrimidir. Birinci sanayi devriminin etkisi o kadar büyüktür ki coğrafi olarak İngiltere’den çok uzakta bir toplum veya ülkeye ilişkin tarihsel, sosyolojik, ekonomik vb. tüm araştırmalarda sanayi devriminden bahsetmek gerekmektedir (De Vries, 1994:249). Modern kapitalizme de neden olan sanayi devrimi, insanlığın ekonomik gelişimi için büyük fırsatlar ortaya çıkarmıştır. Sanayi devrimi insanlığı sadece maddi ve insan yapımı sermaye birikimi anlamında etkilememiştir. İnsanlık için maddi anlamda önemli başarıların ortaya çıkmasına neden olurken, su, minareller, ağaçlar, toprak ve hava gibi doğal sermaye unsurlarını da etkilemiştir (Hawken vd., 2013:2).

İlk sanayi devrimini simgeleyen buhar makinesinin icadının ardından önemli etkileri olan başka makineler de icat edilmiştir. 1794'te Amerikalı mucit Eli Whitney tarafından patenti alınan çırçır, pamuk liflerini pamuk bitkisinin kozasından veya tohumundan ayırarak güney Amerika'da yetişen kısa lifli pamuğun kullanılmasını mümkün kılmıştır. 1861'e gelindiğinde, Güney Amerika'daki ham pamuk üretimi 1 milyon tona ya da dünya toplamının altıda beşine ulaşmıştır. Diğer makineler elyafı temizlemiş ve taramıştır. Mekanizasyon, 1790 ile 1812 arasında iplik fiyatını yüzde 90 oranında düşürmüştür. İplik makinelerinin muazzam üretimi, evlerinde kendi hızlarında çalışan dokumacılar için hammadde sağlamıştır. 1806'dan sonra Edmund Cartwright'ın geliştirdiği dokuma tezgahı, dokumacıları işsiz bırakmaya başlamış ve daha sonra fabrikalar hem iplik hem de kumaş üretmiştir (Headrick, 2009:91-92). İngiliz tekstil sanayii sadece Sanayi devriminin itici gücü olarak kalmamış, dünya ekonomisi için de büyük bir dönüşüme neden olmuştur. Tekstil sanayindeki bu gelişme tüm ekonomiyi sürüklemiş ve İngiliz ihraç malları 1780-1800 yılları arasında iki kat artmıştır. Teknolojik ve örgütsel yeniliklerin birleşimi, zenginleşen dünya ekonomilerinin ekonomik dönüşüm sürecine model oluşturmuştur (Acemoğlu ve Robinson, 2013:193).

Tarım da doğrudan ilk sanayi devrimi ile birlikte gelişen üretim, ulaşım, ticaret ve nüfusa bağlı olarak gelişmiştir. Bu dönemde daha fazla gıda üretimi nüfusun artmasına neden olmuştur. Bu ise, sırayla artan gıda arzı için fabrikalar kurulmasına, bu fabrikalarda çalışmak üzere işçilere ve daha fazla tüketicinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Gelişen ulaşım, gıdanın bu yeni tüketicilere taşınmasını mümkün kılmış, daha önce yerel hasat başarısızlıklarının yol açtığı açlığa son vermiş ve tarımda bölgesel uzmanlaşmayı teşvik etmiştir. Nihayetinde, büyüyen bir ticari sektör, tarım ürünlerinin şehirde yaşayanlara, mamul malların kırsal çiftlik işçilerine taşınmasını ve satılmasını mümkün kılmıştır. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında, özellikle Batı Avrupa'da, kentsel ve kırsal dünyalar her zamankinden çok daha belirgin hale gelmiştir (Farr, 2003:137).

1.1.3.1.2. Otomasyon Kaygısı

Üretimde kullanılması amacıyla icat edilen yeni teknolojik buluşların insanları işsiz bırakacağı yönündeki kaygı sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkmamış, sanayi devriminden önce de bazı buluşlar dolayısıyla etkili olmuştur. Söz konusu kaygıyla ilgili en bilinen örneklerden biri 16. Yüzyılda İngiltere yaşanmıştır. 1580'li yıllarda

İngiltere’de kraliçe I. Elizabeth aldığı bir kararla halkın her daim örgü başlık takmasını zorunlu kılmıştır. Bu karar dolayısıyla örgü başlıklara büyük bir talep oluşmuş ve örgücüler tarafından elle örülen bu başlıkların hazırlanması büyük zaman almıştır. 1589 yılında mucit William Lee örgü işini daha hızlı ve daha verimli bir şekilde gerçekleştirebilecek bir örgü makinesi icat etmiştir. Lee, bu buluşunun ne kadar işe yaradığını göstermek ve buluşu için patent almak üzere Kraliçeyle görüşmüştür. Fakat Kraliçe; “*Hedefiniz çok yüksek Efendi Lee. Bir düşünün icadınızın zavallı kullarıma neler yapabileceğini. İşlerini ellerinden alarak mutlak surette yıkımın eşiğine getirir ve böylece hepsini dilenciye çevirir*” cümleleriyle Lee’ye cevap vermiş ve patent isteğini geri çevirmiştir. William Lee, daha sonra patent için Fransa’ya gitmiş ve orada da aynı sebeplerle reddedilmiştir (Acemoğlu ve Robinson, 2013:172-173). 1730’larda atkı mekaniğini icad eden John Kay’ın ise dokumacılar tarafından evi basılmış, Kay şans eseri ölümden kurtulmuştur (Susskind, 2020:25). Bu gibi örnekleri artırmak mümkün olsa da otomasyon kaygısının sanayileşme ve teknolojik gelişmeye karşı önemli bir tehdit oluşturduğu kabul edilmektedir. Nitekim Osmanlı Devleti’nde de teknolojik ilerleme ve sanayileşmenin önündeki önemli nedenlerden birinin söz konusu otomasyon kaygısı olduğu ifade edilmektedir. Buna göre matbaanın kabulünün gecikmesi, söz konusu dönemde önemli bir çalışan sayısına sahip olan hattatlık mesleği iken (Acemoğlu ve Robinson, 2013:201), 19. Yüzyılda sanayileşme yönünde adımların atılmamasının en önemli nedenlerinden biri ise esnafın ve tezgah üretiminin feda edilememesidir (Ortaylı, 2015:238).

1760’lı yıllarda İngiltere’de icat ettiği iplik eğirme makinesi nedeniyle James Hargreaves de benzer problemlerle karşı karşıya kalmıştır. Hargreaves icadı için çalışırken ne yapmak istediğini öğrenen komşuları tarafından saldırıya uğramış ve makinesi parçalanmıştır. Başka bir yerde ise makinesini kullanacağı bir fabrika kurmak istediğinde bir çetenin saldırısına uğramıştır (Allen, 2009). Otomasyon kaygısı, sanayi devrimiyle birlikte özellikle işçiler açısından daha şiddetli bir hal almıştır. On sekizinci yüzyılın son çeyreğinden itibaren İngiltere’nin tekstil endüstrisinde kullanılan suyla veya buharla çalışan makineler, işçiler üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuşlardır. Elle çalıştırılan geleneksel eğirme makineleri veya dokuma tezgahlarıyla iplik veya kumaş yapma becerisine sahip işçiler, geleneksel makinelerle on veya on iki kişinin gerçekleştirdiği üretimi, yeni makinelerle bir veya iki kişinin gerçekleştirebileceğini fark

etmiştir. Aynı miktarda mal üretmek için öncekine göre daha az işçiye ihtiyaç duyulması tekstil endüstrisinde iş bulmayı zorlaştırmıştır. 1811'de İngiltere, Nottingham yakınlarında, kısa pantolonlarla giyilen diz boyu çoraplar yapan bir grup işçi, fabrikalara girerek ve yeni makineleri kırarak bu değişikliklere tepki göstermişlerdir. Bu grup, teknik yeniliği reddeden insanlar anlamına gelen bir kelime olan "Ludistler" olarak bilinmektedir (Outman, 2003:63).

Sanayi devrimiyle birlikte belirginleşen ve etkileri gittikçe artan otomasyon kaygısı sadece devlet yöneticileri ve çalışanların değil, aynı zamanda iktisatçıların da dikkatini çekmiştir. İktisat biliminin kurucularından biri olarak kabul edilen David Ricardo'nun 1817'de yayınlanan *Principal of Political Economy and Taxation* kitabına dört yıl sonra "Makinelere Dair" başlıklı bir bölüm eklenmiş ve genişletilerek yeni baskısı çıkarılmıştır. Ricardo, kitabın bu bölümünde önemli itiraflarda bulunarak teknolojik yeniliklerin işçilere faydaları konusunda fikirlerinin değiştiğini ifade etmiştir. Hayatı boyunca makinelerin genellikle işçiler için yararlı olduğu fikrinin hatalı olduğunu ifade ederek makinelerin işçiler için genellikle çok zararlı olduğunu ifade etmiştir (Susskind, 2020:27). Ricardo'dan yaklaşık yüz yıl sonra John Maynard Keynes, otomasyon kaygısının iktisat literatüründeki teorik karşılığı ve açıklamasını içeren teknolojik işsizlik kavramını tanımlamıştır. Keynes teknolojik işsizliği; "işgücü kullanımından tasarruf etme araçlarını keşfetme hızının işgücü kullanımı için yeni alanların ortaya çıkarılma hızından daha yüksek olması" şeklinde ifade etmiştir.

1.1.3.2. İkinci Sanayi Devrimi

İkinci sanayi devrimi, 1900 yılında içten yanmalı motorun icadıyla başlamıştır. Bu, seri üretime güç sağlamak için petrol ve elektriği kullanan hızlı bir sanayileşme çağına yol açmıştır (Xu vd., 2018a:90). Elbette bu bir dizi teknolojik gelişmenin sonucu olarak gerçekleşmiş bir durumdur. 19. yüzyılın ortalarından önce, bilim ve teknoloji arasındaki bağlantı yavaş ve gelişigüzel olsa da ikinci sanayi devriminin sebep olduğu hızlı değişimin temellerini oluşturan yeni icatlar geliştirilmiştir. Söz konusu dönemde Benjamin Franklin doğal elektrik üzerine araştırmalar yapmış ve paratoneri icat etmiş, Fransız kimyager Berthollet gelişmiş kumaş ağartma yöntemlerini keşfetmiş ve İtalyan bilim adamı Alessandro Volta elektrikli pili icat etmiştir. Ancak bu gelişmeler birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirmiş ve işlevsel kullanımları kısa vadede mümkün olmamıştır.

Volta 1837’de ilk elektrikli telgrafi keşfetmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır (Headrick, 2009:113-114). Fakat çığır açan teknolojik icatlar özellikle 19. yüzyılın ikinci yarısı ve çoğunlukla da son çeyreğinde gerçekleşmiş ya da daha önce icat edilen teknolojilerin işlevsel kullanımı bu dönemde mümkün olmuştur. Michael Faraday tarafından 1821’de icat edilen elektrik motoru ve 1831’de icat edilen dinamo, iletişim (telgraf) endüstrisinde kullanılmıştır. Ancak elektriğin bu kullanımı oldukça maliyetli ve çoğu durumda uzun vadeli olmamıştır (Mokyr ve Strotz, 1998:2). Elektriğe ilişkin işlevsel keşiflerin önemli kısmı 1850’lerden sonra gerçekleşmiştir. Elektrik akımının manyetik bir alan oluşturduğunun keşfi ve 1862 yılında İskoç bilim adamı James Clerk Maxvell’in elektromanyetiğe ilişkin yasaları ise, teknoloji tarihinin en önemli bilimsel yasalarından biri olmuştur. Elektromanyetik kuramı önemli bir dizi teknolojik gelişmeye neden olmuştur (İnan 2019:140-144);

Elektik Dinamo (Jeneratör-1860) ve Elektrik Motor (1870-1890): Jeneratör, termal enerjiyi (kömür, petrol, doğal gaz temelli enerji) elektrik enerjisine dönüştürebilen bir ayardır. Bu aygıt sayesinde üretilen elektrik iletim hatları milyonlarca iş yerine ve eve erişebilmiştir. Thomas Edison tarafından geliştirilen ampül ile elektrik ışıklandırmada kullanılabilmiştir. Elektrik dinamosu ise elektrik enerjisinin mekanik süreçlerde kullanılabilmesini sağlamıştır. Bu konularda akla gelen ilk isim Nikolai Tesla’dır.

Telefon: Alexandre Graham Bell tarafından icat edilen ve ses dalgalarının elektrik işaretine dönüştürülebilmesi ile mümkün olan bu teknoloji, bir anda dünyanın bir ucundan öteki ucuna haberleşmeyi mümkün kılarak küreselleşmenin ilk örneğini oluşturmuştur. Elektrik işaretlerinin elektromanyetik dalgalar halinde havada asılı kalabileceğinin ve arada herhangi bir tel veya taşıyıcıya gerek duyulmaksızın uzak mesafelere gönderilebileceğinin keşfi ise telsiz haberleşme teknolojisinin icadını ortaya çıkarmıştır. Telsiz teknolojisi 1880-1900 yılları arasında Popov, Marcon., Tesla ve Hertz gibi öncü isimler tarafından geliştirilmiştir.

Kayıt teknolojileri: Bu dönemde ilk ses kayıt cihazları olan Gramofon veya Fonograf gibi teknolojiler geliştirilmiştir. Kimya alanındaki gelişmeler ışığında ise görüntü kayıt teknolojileri geliştirilmiştir.

Elektrik ayrıca tramvay ve metrolarda kullanılmaya başlamıştır. 1920’lerde uzun mesafeli trenler ve özellikle yoğun olarak kullanılan güzergâhlardaki ulaşım elektrikli

hale gelmiştir. Fabrikalarda buhar motorunun yerini elektrik motorları almış ve elektrik kaynak yapma, alüminyum eritme ve kimyasalları işleme gibi birçok endüstride kullanılmıştır. Mühendisler, artan elektrik talebini karşılamak için hızlı akan nehir veya şelalelerin enerjisini kullanarak hidroelektrik santralleri kurmuşlardır. 1886'da üretime başlayan ve 200.000 beygir gücü üreten su türbinleri ilk kez New York'un kuzeyindeki Niagara şelalesi üzerine kurulmuştur. 1890'larda Sırp fizikçi Nicola Tesla ve Amerikalı girişimci George Westinghouse 100.000 volttan daha fazla güce sahip elektriği 110 veya 220 volta düşürebilen ve uzak şehirlere veya fabrikalara ekonomik bir şekilde taşıyabilen alternatif akımı geliştirmişlerdir. Bu buluş çok geçmeden ABD'de General Electric ve Westinghouse ve Almanya'da Siemens ve AEG gibi güçlü şirketlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Headrick, 2009:116).

Bazı kaynaklarda Amerikan Sanayi Devrimi olarak da adlandırılan ikinci sanayi devrimi sadece elektrikteki keşif ve yeniliklerle kalmayıp içten yanmalı motor, kimya endüstrileri, petrol ve diğer kimyasallar, çelik, kağıt vb. bir çok alanda hızlı değişim ve ilerlemelerin gerçekleştiği bir dönemi temsil etmektedir. Özellikle 19. yüzyılın sonlarında gerçekleşen bu hızlı değişimin temel nedeni icatların bilimsel temellerle geliştirilmesi ve dolayısıyla her icadın yeni bir teknolojik icat için işlevsel bir bilgi ve imkân sağlamasıdır (Mohajan, 2019:5). Birinci sanayi devriminde demirin eritilmesi ve kullanımında büyük bir gelişme kaydedilmişken, ikinci sanayi devriminde gelişen teknolojiler dolayısıyla çelik endüstrisi büyük gelişim kaydetmiştir. 1857'de mühendis ve girişimci Sir Charles Siemens %70-80 ısı tasarruflu fırını geliştirmiş, Fransız mühendis Pierre Émile Martin ilk kez Siemens'in fırınına çelik üretmek için kullanmıştır. Bu gelişme sonucunda 1880'lerde ucuz çelik; binalar, büyük köprüler, demiryolları ve büyük gemilerin inşasında kullanılmıştır (Mohajan, 2019:10). İkinci sanayi devriminin itici güçlerinden biri ise kimya endüstrisindeki gelişmelerdir. Amerikalı John Wesley Hyatt 1869'da ilk sentetik plastiği geliştirmiş, ancak yanıcı özelliği nedeni ile bu madde başlangıçta tarak, bıçak sapları, piyano tuşları ve bebek çingirakları için kullanılmıştır. Sentetik maddelerdeki asıl gelişim 1907'de Leo Baekeland'ın geliştirdiği bakalit ile mümkün olmuştur. Sonrasında ise kimya alanındaki gelişmeler ilaç endüstrisi için de önemli gelişmelerin temelini oluşturmuştur (Mokyr ve Strotz, 1998:5).

Yirminci yüzyılın başlarında işlevsel hale gelen ve ikinci sanayi devriminin sembollerinden biri olarak kabul edilen *içten yanmalı motor* da gerek insan hayatı gerekse

çevre üzerindeki etkisi nedeniyle eşsiz bir icat olarak değerlendirilmektedir. İlk çalışan modeli 1859'da Fransız mucit Etienne Lenoir tarafından geliştirilen içten yanmalı motorun binlercesi fabrikalarda ve atölyelerde kullanılmıştır. Ancak motor, kömür gazıyla çalıştığından sabit bir bina veya mekan içerisinde kullanılabilmektedir. 1883'te Karl Benz, petrolden üretilen benzini buharlaştırmanın bir yolunu bularak içten yanmalı motor için kömür enerjisine karşı etkili bir yol keşfetmiştir. 1886'da ise Alman mühendis Gottlieb Daimler üç tekerlekli bir arabaya benzinli motor takmıştır. Sonrasında Daimler ve Benz bir araya gelerek ilk otomobilleri geliştirmeye başlamışlardır. Başka birçok girişimci ilk otomobillerin üretimini gerçekleştirse de bunlardan en başarılısı Amerikalı makinist Henry Ford'dur. İlk arabasını 1886'da tamamlayan Ford, 1908 yılında çiftçiler ve işçiler için tasarlanmış, bakımı kolay olan Model T'yi tanıtmıştır. Üretim bandının fabrikalarda kullanımının da öncüsü olarak kabul edilen Ford, ilk araçları ortalama bir işçinin birkaç aylık maaşıyla alabileceği bir fiyata, 825 dolara satmıştır. Ford'un geliştirdiği üretim bandı sistemiyle otomobiller daha hızlı ve daha verimli bir şekilde üretilmeye başlamıştır. 1927 yılında Ford, her 24 saniyede bir otomobil üretebilmiş ve bu otomobilleri 300 doların altında fiyatlara satmıştır (Headrick, 2009:119). Otomotiv endüstrisindeki bu gelişmeler ikinci sanayi devriminde hızlanan ve oldukça çeşitli alanlarda işlevsellik kazanan farklı teknolojik araçların birleşimi ile mümkün olabilmektedir. Bu dönemde keşfedilen ve özellikle 19.yüzyılın ikinci yarısından itibaren oldukça fazla sayıda olan yeni icatların, bilim ve teknoloji arasındaki etkileşimin hızlanması nedeniyle ortaya çıktığı ifade edilmektedir (Mohajan, 2019:3).

1.1.3.2.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları

Tüm dünyada yaşam standartları üzerinde derin etkiye sahip olan teknolojilerin birçoğu, ikinci sanayi devriminin başlangıç dönemi olarak kabul edilen 1860-1900 yılları arasında icat edilmiştir (Gordon, 2000:56). İkinci sanayi devriminde gerçekleşen hızlı teknolojik değişimin itici gücünün elektrik olduğu kabul edilse de elektriğin verimlilik üzerindeki getirisinin aynı hızda gerçekleşmediği ifade edilmektedir. Tarihçilere göre bu durumun iki nedeni vardır; birincisi elektriğe dayalı yeni teknolojilerin imalat fabrikalarında kullanımının zaman alması, ikincisi ise bu teknolojilerin fabrikalara kurulduktan sonra bile verimliliği nasıl artırabileceğinin öğrenilmesinin uzun zaman almasıdır (Atkeson ve Kehoe, 2001:3-4). Nitekim söz konusu dönemde birçok yeni

teknoloji bir biri ardına geliştirilmiş ve bu teknolojilerin işlevsel kullanıma uygun hale getirilmesi zaman almıştır. Elektriğin hanelerdeki kullanımı da benzer şekilde zaman almıştır. 19. Yüzyılın sonlarında hanelerde enerji talebi oldukça düşük seviyede gerçekleşmiştir. İnsanlar elektriğin tam olarak ne işe yarabileceğini ve problemlerinin çözümü için nasıl kullanacaklarını bilmediğinden ve elektrikle çalışan makinelerin henüz işlevsel kullanımlarının yaygın hale gelmemiş olmasından dolayı söz konusu teknolojik değişimin sosyo-ekonomik etkileri geciktirmiştir (Goodwin, 2018:44).

20. yüzyılın başlarından itibaren elektrikle çalışan ve işlevsel kullanımı yaygınlaşan yeni icatlar ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda ilk icat edilen ev eşyaları çamaşır makineleri, elektrikli süpürgeler, elektrikli ütüler, elektrikli buzdolapları vb. işlevsel eşyalar olmuştur. Yavaş da olsa elektrik çağına uygun eşyalar icat edildikçe elektriğin yaşam üzerinde önemli etkileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Söz konusu eşyaların yanı sıra elektriğin kullanımıyla yaygınlaşabilen radyo ve televizyon gibi büyük teknolojik ilerlemeler sadece hane halkının günlük yaşamını iyileştirmekle kalmamış, aynı zamanda hayat standartlarını da önemli ölçüde iyileştirmiştir (Goodwin, 2018:45). 18. Yüzyılın sonlarında elektriğin yaygın kullanımının önündeki en önemli engellerden biri ekonomik anlamda maliyetin yüksek olmasıdır. Elektriğin iletişimde kullanımı bu durum için en iyi örneklerden biridir. Öyle ki 1800'de dünyanın farklı bölgelerine mesaj göndermenin en hızlı yolu bir gemiye mektup koymak iken, 1851'de İngilizler ve Fransızlar, bir su altı kablосundan gönderilen elektrik sinyallerini kullanarak mesaj alışverişinde bulunabilmişlerdir. 1858'de İngiliz kraliçesi ve Amerikan başkanı Atlantik boyunca kurulan telgraf hattı ile haberleşebilmişlerdir. İlk telefonlar, 1876'da, ilk kablосuz telgraf 1895'te ve ilk radyo 1906'da kullanılmaya başlamıştır. Ancak söz konusu iletişim teknolojileri maliyeti dolayısıyla devlet başkanları veya zenginler vb. çok az sayıda insan tarafından kullanılabiliştir. Söz konusu teknolojilerin yaygın kullanımı, 19. Yüzyılın başlarında maliyetlerin düşmesiyle birlikte artmıştır. 1911 yılına gelindiğinde transatlantik telgrafların maliyeti yüzde 99,5 düşmüştür (Headrick, 2009:116). Elektrikle çalışan teknolojik araçların fiyatlarındaki önemli düşüş, söz konusu teknolojilere herkesin ulaşabilmesini mümkün kılmış ve milyonlarca kadının işgücüne katılımına neden olmuştur (Goodwin, 2018:46).

İkinci sanayi devrimi sırasında gerek genel nüfusta gerekse kentsel nüfusta büyük artışlar meydana gelmiştir. 1877'de 47 milyon olan ABD nüfusu 1900 yılında 76.2

milyona yükselmiş, Londra nüfusu ise 1860 yılında 3 milyonken 1900 yılında 6.5 milyona yükselmiştir (Mohajan, 2019:5). Öte yandan kimya alanındaki ilerlemeler doğrultusunda geliştirilen gübreler tarım ve hayvancılığın gelişmesinde önemli etkilere sahip olmuştur. Bu dönemde geliştirilen çelik aletler, sulama boruları, buharla çalışan harman makineleri, tohum mibzerleri ve mekanik biçerdöverler üretkenliği artırmış, gıda ve hammadde arzını genişletmiştir. Fakat tarımdaki asıl verimlilik artışı ikinci sanayi devriminin simge teknolojilerinden biri olarak kabul edilen içten yanmalı motor sayesinde gerçekleşmiştir. 1880’de bir dönüm buğdayın hasadı yaklaşık 20 saat sürerken içten yanmalı motorla çalışan traktör ve biçerdöverlerin tarımda kullanımı ile 1935’te yaklaşık 6 saatte gerçekleştirilebilmiştir (Mokyr ve Strotz, 1988:9). Çeliğin ve içten yanmalı motorların daha ucuz ve daha yaygın kullanımı sadece tarım endüstrisinde değil diğer birçok alanda büyük gelişmelere neden olmuştur. 20. Yüzyılın başlarında sanayileşmiş ülkeler, yolcuların ve yüklerin neredeyse dünyadaki tüm şehirlere taşınabilmesini mümkün kılan demir yolu ağlarına sahip olmuşlardır. Dönemin teknolojik ilerlemeleriyle desteklenen trenler daha ağır olmasına rağmen daha fazla yükü daha hızlı bir şekilde taşıyabilmişlerdir. Bu dönemde deniz yolu taşımacılığı da büyük gelişim göstermiştir. Büyük çoğunluğu gemilerle taşınarak gerçekleştirilen dünya ticareti 1869’dan 1913’e kadar dört kat artmıştır (Headrick, 2009:111).

Üretimde makineleşmenin sonucu olarak birinci sanayi devrimiyle birlikte ekonomik büyüme önemli artış gösterse de makineli üretimin maliyetleri ve yaygınlaştırılması büyük zaman almıştır. Bu ise üretimdeki artışın özellikle Avrupa lehine bölgesel bir gelişme olarak kalmasına ve dünya refahını artırma adına yeterli bir gelişimin sağlanamamasına neden olmuştur. Fakat 1870’lerden sonra ikinci sanayi devrimiyle özdeşleştirilen ve birkaç yüzyıldır meydana gelen gelişmelerle ortaya çıkan teknolojik ilerleme, Asya ve Afrika dışında genellikle üretimde artışların meydana gelmesine ve ekonomik büyümenin diğer ülkelere yayılmasına neden olmuştur (Küçükkalay, 2014:589). Tablo 2’de birinci ve ikinci sanayi devrimi sürecinde farklı bölgelerin dünya ekonomisi içerisindeki payı gösterilmektedir.

Tablo 2. Birinci ve İkinci Sanayi Devrimi Süreçlerinde Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin Dünya GSMH'si İçindeki Payları (%)

	1600	1700	1820	1870	1913	1950
İngiltere	1.8	2.9	5.2	9.0	8.2	6.5
Almanya	3.8	3.7	3.9	6.5	8.7	5.0
Fransa	4.7	5.3	5.1	6.5	5.3	4.1
İtalya	4.3	3.9	3.2	3.8	3.5	3.1
Avrupa Toplam	22.6	25	26.6	37.6	37.9	29.7
Amerika	0.2	0.1	1.8	8.9	18.9	27.3
Japonya	2.9	4.1	3.0	2.3	2.6	3.0
Çin	29.0	22.3	32.9	17.1	8.8	4.6
Hindistan	22.4	24.4	16.0	12.1	7.5	4.2
Asya Toplam	62.6	57.7	56.4	36.0	22.3	15.6
Afrika	7.0	6.9	4.5	4.1	2.9	3.8

Kaynak: Maddison, A. (2007). Contours of the world economy 1-2030 AD: Essays in macro-economic history. OUP Oxford. s. 381'den uyarlanmıştır.

Tablo 2’de, birinci sanayi devriminden önce dünyadaki toplam GSYH’nin büyük bir kısmının Asya kıtasındaki ülkelere ait olduğu, özellikle tek başına Çin ve Hindistan’ın en yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu ülkelerin sahip olduğu büyük nüfus ve dolayısıyla büyük tarımsal üretim gibi faktörlerin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak teknolojik ilerlemelerin gerçekleşmeye başladığı 1700’lü yıllardan itibaren bu oranın Avrupa kıtası ve ülke anlamında da Amerika ve İngiltere lehine değiştiği görülmektedir. Özellikle birinci sanayi devriminin etkilerinin ortaya çıktığı 1820 ve 1870 yıllarında Avrupa ve ülke anlamında İngiltere’nin toplam GSYH içindeki payının önemli derecede arttığı görülmektedir. Nitekim birinci sanayi devrimi bazı kaynaklarda doğrudan İngiliz Sanayi Devrimi olarak da adlandırılmakta ve teknolojik ilerlemelerin yoğunlukla Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilmiş olduğu ifade edilmektedir. İkinci sanayi devriminin etkilerinin ortaya çıktığı, 1870-1913 yılları arasında ise Amerika’nın toplam GSYH içindeki payının Tablo 2’de gösterilen tüm zaman dilimleri için tüm ülke ve bölgelerde gerçekleşen değişimden daha yüksek düzeyde bir değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Nitekim söz konusu dönemde Amerika’nın toplam GSYH içindeki payı iki kattan daha fazla artmış ve tek başına

neredeyse Asya kıtası ülkelerinin sahip olduğu paya yaklaşmıştır. İkinci sanayi devrimi ise bazı kaynaklarda Amerikan sanayi devrimi olarak adlandırılmakta ve söz konusu dönemde teknolojik ilerlemelerin yoğunlukla Amerika’da gerçekleştirildiği ifade edilmektedir. Elbette söz konusu değişimin tek başına sanayi devrimleri ve teknolojik ilerlemelerden kaynaklandığını iddia etmek yanıltıcı olabilir. Söz konusu zaman aralığının (1600-1950) farklı dilimlerinde ülkeler ve bölgeler üzerinde nispi etkilerinin farklılık gösterdiği birinci ve ikinci dünya savaşı, ekonomik buhran vb. önemli olaylar meydana gelmiştir. Ancak sanayi devrimleri ile simgeleştirilen teknolojik yeniliklerin sosyo-ekonomik gelişmişliğin en önemli etkileyicisi olduğu da kabul edilmektedir (Morris, 2010).

1.1.3.2.2. Otomasyon Kaygısı

İkinci sanayi devrimi, elektriğin üretimde kullanımının yaygınlaşması ile birlikte sektörlerin ve sektörlerde yer alan işletmelerin büyümesiyle sonuçlanmıştır. Bu durum, ortaya çıkan yeni otomasyon sürecinin topyekün işsizliğe neden olma ihtimalini azaltmış, özellikle eğitilmiş-becerikli işgücü için talebin artmasına neden olmuştur. Söz konusu süreç, üretim işçilerine oranla daha yüksek seviyede yönetici ve profesyonel çalışan ihtiyacını beraberinde getirmiş ve daha yetenekli mavi yakalı çalışana olan talebi artırmıştır (Goldin ve Katz, 1998). Sonuç olarak işgücü uzmanlığı ile çalışan fabrika ve üretim hatları bazı iş görevlerini basitleştirirken, üretim hattındaki bazı iş görevlerini otomatikleştirmiştir. Bu durum ise vasıflı işgücüne olan talebi nispeten artırsa da vasıfsız işçilerin işten çıkarılmasına neden olmuştur (Atack ve diğ., 2008).

İkinci sanayi devrimi, büyük işletmelerin ve seri üretimin hızlı gelişimini beraberinde getirmiştir. Bu ise toplamda istihdam ve verimlilik için olumlu sayılabilecek bazı sonuçlar doğurmuştur. Endüstriyel ve tarımsal üretim büyük oranda artmıştır. 1860 ile 1913 yılları arasında üretim malları %1000, tüketim malları ise %400 oranda artış göstermiştir (Küçükkalay; 2014:461). Özellikle tarımda makine kullanımı, insanların büyük fabrikalarda iş bulmak ümidiyle kentsel alanlara kitleler halinde göç etmelerine neden olmuştur. ABD’deki traktör sayısı 1910 yılında 25.000 iken bu sayı 1940’lı yıllarda 1.6 milyona ulaşmıştır. 1944 yılında ABD’nin Clarkesdale kasabasında gerçekleşmiş bir olay tarımda makine kullanımı ve bunun sonuçlarına ilişkin önemli bir örnektir. Buna göre yaklaşık üç bin kişilik bir grup pamuk toplama işinde makine kullanımını seyretmek

için toplanmıştır. Teknolojiden yardım almayan bir pamuk işçisi bir saat içinde toplamda 10 kg pamuk toplamışken, pamuk toplama makinesini kullanan bir pamuk işçisi aynı süre içerisinde 500 kg pamuk toplamıştır. Bu durum 1940'tan sonra ABD'nin güneyinden (tarımsal alanlardan) kuzeyine (kentsel alanlara) büyük bir göç akınına neden olmuştur (İnan, 2019:220).

Kentsel alanlarda yoğunlaşan ve *Fordizm* ve *Taylorizm* akımlarıyla gelişen büyük fabrikalarda vasıflı çalışanlara olan talep yüksek olsa da, tarımsal alanlardan göç eden vasıfsız çalışanlar için istihdam olanakları daha kısıtlı olmuştur. Bunun yanı sıra birinci sanayi devrimi ile birlikte başlayan ve ikinci sanayi devriminde daha da kötüleşen çalışma koşulları, işçilerin insanlık dışı koşullarda yaşamalarına neden olmuştur. Çalışanların bu duruma karşı çıkması, kentsel alanlarda oluşan işsiz orduları ve dolayısıyla işten çıkarılan işçinin yerine kolaylıkla başka birinin bulunabiliyor olması nedeniyle mümkün olmamış ve çalışanların karın tokluğuna kötü çalışma koşullarına katlanmasına neden olmuştur (Küçükkalay, 2014:462). Bu durumun, çalışanların gelişen teknolojiler dolayısıyla yeni bir iş bulma umudinin olmaması ve dolayısıyla yaşadıkları otomasyon kaygısından kaynaklandığı kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim makinelerin zararlı etkilerine ilişkin kaygılar 20. Yüzyılın ilk yarısında da devam etmiştir. Öyle ki 1940'larda dahi "The New York Times" gazetesi teknolojik işsizlik tartışmasından yoğun olarak bahsetmiştir (Susskind, 2020:27). Nobel ödüllü iktisatçı Milton Friedman'ın 1960'lı yıllarda danışmanlık yaptığı bir Asya ülkesinde karşılaştığı olay da otomasyon kaygısı için özel bir örneği temsil etmektedir. Friedman, davet edildiği büyük çaplı bir kamu projesinin sahasına gittiğinde, çok sayıda işçinin ellerinde küreklerle çalıştığını ve hiçbir iş makinesinin kullanılmadığını görünce bu durumun sebebini sormuştur. Yetkili memur, "çünkü bu bir istihdam projesi" yanıtını vermiştir. Friedman ise bunun üzerine "e, o zaman ellerine kürek yerine kaşık verseydiniz" cevabını vermiştir (Ford, 2020:9).

19. yüzyılın sonlarında artan makineleşme ve kötü çalışma koşulları politik iktisatçı olarak kabul edilen Karl Marks'ın düşünceleri üzerinde etkili olmuştur. Marx, makinelerin işçilerle çeliştiği yönündeki fikirlerini; "*makineler, işgücünün aracı bir formunu aldığı anda doğrudan işçilerin rakibi haline gelir... Tarihte İngiliz dokumacılarının yavaş yavaş ortadan kalkmasından daha korkunç bir trajedi yoktur*" cümleleriyle ifade etmiştir (Reese, 2020:115-116). 20. yüzyılda gerek iki büyük dünya savaşı gerekse verimlilik artışı dolayısıyla otomasyon kaygısı diğer aktörlerden ziyade

(devlet, çalışanlar vb.) iktisatçıların önemle üzerinde durduğu konulardan olmuştur. Teknolojik işsizlik kavramının temellerini atan John Maynard Keynes 1930 yılında, gelişen teknolojiler dolayısıyla bir asır sonra haftada on beş saatten fazla çalışmaya gerek kalmayacağı yönünde bir tahminde bulunmuştur. Keynes’e göre 2030 yılına gelindiğinde; *“insanlık yaratıldığından beri ilk kez gerçek, kalıcı sorunuyla karşı karşıya kalacaktır; baskıcı ekonomik kaygılardan kurtulan birey, özgürlüğünü nasıl kullanacağına ve bilimin ve bileşik faizin ona kazandıracağı boş zamanı nasıl akıllıca ve iyi yaşayarak kullanacağına dair kafa yorabilecektir”* (Estlund, 2021:98). Bu ifade, Keynes’in teknolojinin insanların daha az çalışmasına ve dolayısıyla işsiz kalmasına neden olacağı yönündeki fikirlerini ortaya koymaktadır.

1.1.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü sanayi devrimi, 1960’lı yıllarda üretimi otomatikleştirmek için elektroniğin ve bilimsel bilginin teknolojiye yoğun bir şekilde uygulanmasıyla karakterize edilmektedir (Xu vd., 2018a:90). Bu dönemin teknolojileri; bilgisayarlar, yalın üretim, internet ve biyoteknoloji olarak kabul edilmekteyken, bu teknolojilerin kullanımı fabrika otomasyonu, telekomünikasyon ve biyoteknoloji alanlarının gelişimiyle sonuçlanmıştır (Taalbi, 2019:1127). Bilgi devrimi veya dijital devrim olarak da bilinen üçüncü sanayi devrimi, tümü küresel bir şekilde bağlı olan bilgi işlem, telekomünikasyon ve yeni yayıncılıktaki gelişmelerle ilerlemiştir (Fitzsimmons, 1994:295). Bu anlamda üçüncü sanayi devrimi, 1958 yazında entegre devrenin icadıyla başlamıştır. Jack Kilby ve Robert Noyce, genellikle basitçe "çip" olarak anılan "entegre devre" veya mikroişlemciyi icat etmişlerdir. Entegre devre, yirminci yüzyılın en önemli icatlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ancak icat edilmesinden ziyade, teknoloji üzerindeki etkisi ön plana çıkmıştır. Aynı ayrı ve rakip şirketler için çalışan Kilby ve Noyce, entegre devreyi işlevsel hale getirmek için her biri önceden var olan bir dizi bireysel bileşeni (transistörler, dirençler, kapasitörler ve bağlantı kabloları) entegre etmişlerdir (Smith, 2001:5).

Üçüncü sanayi devriminin simge teknolojik ilerlemesi, gerek “çip” lerin gerekse internetin işlevsel olarak kullanımını mümkün kılan bilgisayar teknolojisidir. İlk modern bilgisayarlar, asıl hizmet ettikleri iş, bilim ve mühendislik pazarları için tasarlanmamış, İkinci Dünya Savaşı’nda orduların taleplerini karşılamak için icat edilmişlerdir. Bu dönemde ilk bilgisayarlar, yüksek hızlı hesap makinelerinde, kriptanalitik cihazlarda

(kod kırma için) ve mekanizmalarda (topçu ateşini kontrol etmede kullanıldığı gibi) kullanılmıştır. Söz konusu bilgisayarlar, karmaşık matematiksel hesaplamaların eşi benzeri görülmemiş bir hız ve doğrulukla çözülebilmesini ve çok özel amaçlar için kullanımını mümkün kılmıştır. Günümüzün bilgisayar teknolojisi, Amerika Birleşik Devletleri'nde savaş zamanında gerçekleştirilen dört proje ile gelişmiştir. Bu dört projeden üçü Harvard, MIT ve Pennsylvania Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiş, dördüncüsü ise Amerikan donanmasının kriptanalitik birimleri tarafından gerçekleştirilmiştir (Chandler vd., 2005:83).

Dijital bilgisayarın ortaya çıkmasında üniversite çalışmalarından en önemlisi, Pennsylvania Üniversitesi'ndeki Moore Mühendislik Okulu'nda gerçekleşmiştir. Öğretim üyeleri, J. Presper Eckert ve John W. Mauchly, Nisan 1943'te ordu için Mühendislik Sayısal Entegratör ve Bilgisayar (ENIAC) inşa etmeye başlamışlardır. Orduda kullanılmak üzere balistik füze tasarlamak için gerçekleştirilen bu projeye daha sonra Princeton Institute for Advanced Study'den matematikçi John von Neumann katılmıştır. ENIAC, 1946'da kullanılır hale getirilmiştir. Bu süreçte von Neumann, bugün hâlâ bilgisayarın temel mimarisinin kesin tanımı olmaya devam eden bir makale yayınlamıştır (Chandler vd., 2005:83). Yaklaşık 30 ton ağırlığa sahip olan ENIAC, 1800 metrekarelik bir alanı kaplamış ve 17000'den fazla vakumla çalıştırılmıştır. ENIAC sahip olduğu büyük fiziksel yapısı itibarıyla işlevsel olarak görülmesi de, ilk kullanımlarında bir hidrojen bombası tasarımı, hava tahmini, termal ateşleme ve rüzgar tüneli tasarımı için hesaplamalar yapabilmıştır (Headrick, 2009:132).

1947-1948'de merkezi Teksas'ta bulunan AT&T Communication şirketinden Walter Brattain, William Shockley ve John Bardeen, radyodaki vakum tüpünün yerini alabilecek olan ilk transistörü icat etmişlerdir. Transistörler televizyon, bilgisayar veya diğer elektronik cihazların çok daha az elektrikle çalışabilmesini ve daha küçük boyutlarda yapılabilmesini mümkün kılmıştır. 1960'lı yıllarda ABD'de güvenilir ve ucuz transistörler üretilmeye başlamış, bilim adamları birkaç transistörü tek bir entegre devrede birleştirerek çipler üzerinde işlevsel kullanımlarını mümkün kılmışlardır (Headrick, 2009:137). Bu sayede icat edilen mikroişlemci, bilgi işlem gücünün karşılanabilirliği üzerinde muazzam bir etkiye sahip olmuştur. Mikroişlemci, güçlerini büyük ölçüde artırırken bilgisayarların maliyetini düşürerek, önceki bilgisayarları asla satın alamayan veya çalıştıramayan birçok kişi için bilgisayarları erişilebilir hale

getirmiştir. İlk mikroişlemci çipi ile çalışan bilgisayar, 1968’de Gordon Moore ve arkadaşları tarafından kurulan Intel Corporation’in geliştirdiği Intel 4004’tür. Moore, mikroişlemci üzerindeki çalışmalarına devam ederken, mikroişlemcinin işlem gücünün her 18 ila 24 ayda bir ikiye katlandığını fark etmiştir ve bu gözlem bugün Moore Yasası olarak bilinmektedir (Smith, 2001:5).

Bilgisayar, kendinden önceki tüm elektronik teknolojileri geride bırakmıştır. Diğer elektronik makinelerden farklı olarak bilgisayarlar belirli bir görevi yerine getirmek için icat edilmemiş, daktilonun işlevini yerine getirmekten, uzay araçlarına rehberlik etmeye kadar her türlü bilgiyi işleyebilen bir teknoloji olarak tasarlanmıştır. Bilgisayarın bu derece çok yönlü olmasının nedeni, bir programda yer alan talimatları takip ederek tüm bilgileri toplanıp çıkarılabilen ikili sayılara (sıfırlar ve birlerden oluşan diziler) dönüştürebilmesidir ve bu yüzden dijital bilgisayar adını almaktadır (Headrick, 2009:140). Bilgisayar teknolojisi ile desteklenen teknolojik gelişmelerdeki ivmenin şiddeti havacılık tarihindeki gelişmelerde açıkça görülebilir. İlk motorlu uçuş 1903’te gerçekleşmiş ancak bu uçuş yaklaşık bir kilometre sürmüştür. Bu deneyimden 66 yıl sonra aydaki bir astronot yeryüzündeki başka bir astronotla konuşabilmiş ve dünya çapında milyonlarca insan bu konuşmayı hem izleyebilmiş hem de dinleyebilmiştir (Fogel, 1999:3).

Üçüncü sanayi devriminin üretim sistemleri üzerinde de önemli etkileri olmuştur. 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilgisayar destekli makineler yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Üretimde otomasyon olgusuna vurgu yapılan bu dönemde, bir biri üzerine eklenerek geliştirilen üç otomasyon türü ortaya çıkmıştır: (I) İlki faaliyet içi otomasyon olarak adlandırılan ve belirli bir faaliyet içinde gerçekleşen otomasyondur. Bu tür otomasyonun belirleyici özelliği, belirli bir faaliyetle sınırlı olması ve dolayısıyla diğer faaliyetlerden ayrıştırılmış olmasıdır. (II) İkinci otomasyon türü aynı alandaki diğer faaliyetle bağlantılı teknolojileri ifade eden alan içi otomasyondur. 1920’lerde Ford’un fabrikalarındaki sistem bu otomasyon türü için temel bir örneği temsil etse de, bu yeni otomasyonda daha gelişmiş halde transfer hattı, malzeme akışı gerçekleşirken otomatik delme makineleri gibi farklı işlevlerin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. (III) Otomasyonun en eksiksiz biçimi olarak değerlendirilen üçüncü otomasyon türü ise farklı alanların her birinin içindeki faaliyetlerin diğer alanlardaki faaliyetlerle arasında koordinasyonu içeren alanlar arası koordinasyondur. Otomasyonun bu gelişmiş türü, çok

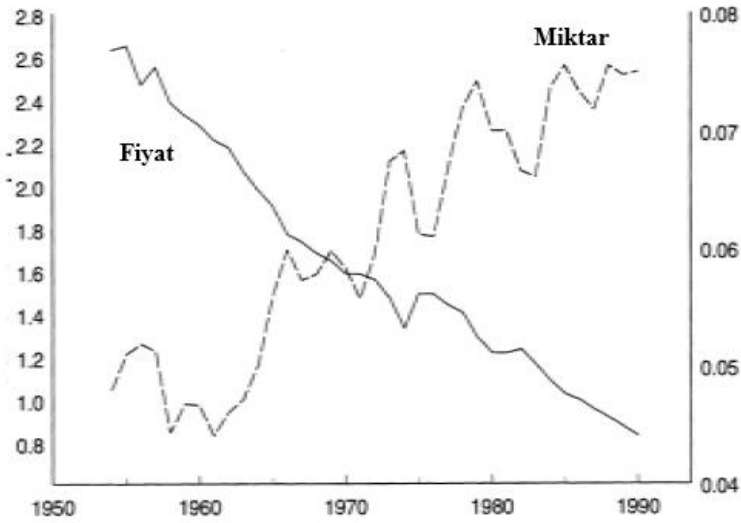
farklı kombinasyonlar arasında etkileşimin sağlanabilmesine neden olmuştur. Öyle ki yeniden tasarımı gerekli kılan farklı üretim alanlarındaki değişiklikler dahi otomatik makine ayarlamalarıyla yeni biçimini alarak üretilebilmiştir. Bu sistematik değişimi mümkün kılan ana teknik faktör, elektronik kontrol cihazlarında, bilgisayarların bilgiyi ikili sisteme çevirerek mantıksal bir bütünlük sağlayabilmesi olmuştur (Kaplinsky, 1989:17-18). Birinci sanayi devriminde buharı, ikinci sanayi devriminde elektriği, üretken faaliyetlerde kullanabilen ve kontrol altına alan batı toplumu, üçüncü sanayi devriminde bilgisayar teknolojisi ile bilgiyi kontrol altına alabilmiş ve her alanda kullanımını mümkün kılarak üretimde bahsi geçen büyük ilerlemeyi mümkün kılmıştır. Bu ise bilginin her an artmasını, katlanarak hızla gelişmesini ve sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçişi sağlamıştır (Dura, 1990:92).

1.1.3.3.1. Sosyo-Ekonomik Yansımaları

Üçüncü sanayi devrimi, sadece iş hayatını değiştirmekle kalmamış, aynı zamanda toplumsal algıları, tanımları, dünyaya ve insanlara dair iç görüşleri de değiştirmiştir. Bu değişimin ana nedeni mikroişlemcilerle donatılan bilgisayarlardır. Bilgi devrimi veya dijital devrim olarak da bilinen üçüncü devrim, küresel çapta birbirine bağlı olan telekomünikasyon ve yeni yayıncılık paradigmalarının birleşik gücü ile yayılmıştır. Bu yayılım, tüm toplumların üçüncü sanayi devriminden birleşik ve dinamik bir küresel köy olarak çıkmasına neden olmuştur (Fitzsimmons, 1994:295). Nitekim her ulusun dijital paradigmanın ticari fırsatlarından yararlanma konusundaki mevcut kapasitesinin temeli, savaş sonrası yıllarda atılmıştır. 1945 ve 1975 yılları arasında yeni nesil girişimciler, dijital elektronik teknikleri kullanmak için yeni endüstriler ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca her ülkenin, dijital dünyada günümüzün teknik yeterliliğinin kök saldıği akademik, idari ve endüstriyel uzmanlığın çekirdeğini oluşturması da bu dönemde olmuştur. Birinci ve İkinci sanayi devrimlerinin aksine gelişim yoğunlukla İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleşmemiş, bu dönemde diğer ülkeler teknolojik ve endüstriyel tekelliğe meydan okumuş ve dijital elektronik paradigması içinde yerli tasarım ve üretim yetkinliğini öne sürmek için ilk kez o yıllarda çabalamışlardır (Vardalas ve Niosi, 2003:1).

Üçüncü sanayi devriminin ekonomide meydana getirdiği büyük değişim ve ilerlemenin ana kaynağı yeni teknolojilerle donatılmış üretim mallarının, ikinci dünya

savaşı sonrasında daha ucuz hale gelerek daha yoğun şekilde kullanılmasıdır. Üretim ekipmanlarının göreceli fiyatlarındaki düşüş özellikle dayanıklı malların üretildiği sektörlerde, teknolojik ilerlemeyle birlikte büyümeyi ve gelişimi beraberinde getirmiştir. Ucuzlayan ve yaygınlaşan teknolojik üretim ekipmanları dolayısıyla, daha az sermaye ve daha az emekle daha fazla miktarda üretim gerçekleştirilebilmiş ve yatırım mallarına olan talep artmıştır (Greenwood, 1997:2).



Kaynak: Greenwood vd., (1997). Long-run implications of investment-specific technological change. The American Economic Review. 87(3), 342-362.

Şekil 2. ABD’de Üretim Mallarının (Teknolojik Ürünlerin) Fiyat ve Miktarlarındaki Değişim (1950-1990)

Şekil 2’de görülen fiyat ve miktar arasındaki ters yönlü hareket, yeni ekipman üretiminde önemli teknolojik değişim olduğunun kanıtı olarak kabul edilebilir. Teknolojik gelişmeler, üretim ekipmanını daha ucuz hale getirerek, hem kısa hem de uzun vadede ekipman birikiminde artışları tetiklemiştir. Bu dönemde yaygın olarak kullanılan yeni ve daha güçlü bilgisayarlar, daha hızlı ve daha verimli telekomünikasyon, daha hızlı ulaşım araçları ve montaj hatlarının robotlaştırılması vb. teknolojik araçlar bu artışın somut örnekleridir (Greenwood vd., 1997:342). Bu yaygın kullanımın üretimdeki ekonomik etkileri bazı araştırmalar tarafından da ortaya konulmuştur. Brynjolfsson ve Hitt (2003), 1988-1992 yılları arasında ABD’de büyük bir üretim payına sahip 367 firma üzerinde, bilgisayar sermayesinin toplam çıktı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bilgisayar sermayesinin daha yüksek çıktıyla güçlü bir ilişkisinin olduğu ve toplam sermayenin sadece %2’sini oluştursa da toplam üretimi, diğer tüm sermaye türlerinin

toplamından daha fazla arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Söz konusu örnekler ABD ekonomisine ait olsa da bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ve sosyo-ekonomik etkisi dünya çapında gerçekleşmiştir. Nitekim, üçüncü sanayi devrimi önceki iki sanayi devriminde olduğu gibi herhangi bir ülkenin-ulusun adıyla ifade edilmemektedir. Bu durum bilgisayar teknolojileriyle işlevsel ve yaygın kullanımı mümkün olan ve her alanda kullanılabilen “bilgi” nin temel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bilginin ekonomik niteliklerini, diğer mal türlerinden farklı kılan temel özellikleri tükenebilir olmaması, üretim maliyetinin düşük olması ve herkese açık olmasıdır (Jonscher, 1994:3-4). Bilginin bu özellikleri dolayısıyla 20. Yüzyılın sonunda bilgisayar ve yazılım teknolojilerinin kullanımı ile gelişen endüstriler ABD ve Avrupa ülkelerinin yanı sıra özellikle Japonya’da ve diğer bazı Asya ülkelerinde de gelişim göstermiştir (Chandler vd., 2005:1). Tablo 3. incelendiğinde üçüncü sanayi devriminin özellikle bir ya da birkaç ülke için değil, tüm dünyada ekonomik anlamda bir değişime neden olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Üçüncü Sanayi Devrimi Sürecinde Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin Dünya GSMH’si İçindeki Payları (%)

	1950	1973	2003
İngiltere	6.5	4.2	3.1
Almanya	5.0	5.9	3.9
Fransa	4.1	4.3	3.2
İtalya	3.1	3.6	2.7
Avrupa Toplam	29.7	29	19.2
Amerika	27.3	22.1	20.6
Japonya	3.0	7.8	6.6
Çin	4.6	4.6	15.1
Hindistan	4.2	3.1	5.5
Asya Toplam	18.6	24.2	40.5
Afrika	3.8	3.4	3.2

Kaynak: Maddison, A. (2007). Contours of the world economy 1-2030 AD: Essays in macro-economic history. OUP Oxford. s. 381’den uyarlanmıştır.

Tablo 3., üçüncü sanayi devriminin ekonomik etkilerini bazı seçilmiş ülkelerin ve bölgelerin dünya toplam GSMH içindeki payları üzerinden göstermektedir. Tablo 2’de

verilen ve ilk iki sanayi devriminin etkilerini ifade eden sonuçların aksine, bu dönemde ekonomik değişim sadece ABD, İngiltere ve AB ülkeleri için gerçekleşmemiş, dünya çapında bir değişim meydana gelmiştir. Özellikle Asya ülkelerinin payı önemli oranda artmıştır. Öte yandan üçüncü sanayi devrimi sürecinde ekonomik gelişmişlik ilk iki sanayi devriminde olduğu gibi, belli sektörler üzerinden değerlendirilmemektedir. Bilgisayar teknolojileri ile bütünleşen ve bu dönemin temel üretim bileşeni olan “bilgi”nin üretimi ve kullanımı her sektör için geçerli olmuştur. 19. Yüzyıl ve 20. Yüzyıl başlarında ülkelerin gücü sınaî kapasiteleri ve özellikle çelik üretimiyle ölçülürken, ikinci dünya savaşından sonra güç ve iktidarın simgesi bilginin üretilmesi ve bu doğrultuda yeni malların üretimini mümkün kılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri olmuştur (Dura, 1990:51).

Üçüncü sanayi devriminin simge teknolojisi ve diğer tüm yeni teknolojilerin temelini oluşturan bilgisayarın daha önceki teknolojik icatlardan en önemli farkı, çok farklı görevleri yerine getirebilecek şekilde programlanabilir olmasıdır. Bu ise, bilgisayarların üretimden günlük yaşamla ilgili aktivitelere kadar kullanımını mümkün kılarak sosyal yaşamda ve çalışma yaşamında da önemli değişimlere neden olmuştur. İlk örnekleri odalar büyüklüğünde olsa da mikroişlemci sektöründeki büyük ilerlemelerle bilgisayarlar fiziksel olarak küçülmüş ve bilgi işleme kapasitesi de aynı hızda artmıştır. 20. Yüzyılın sonlarında bilgisayarlar okullarda, ofislerde ve gelişmiş toplumlarda evlerde yaygın şekilde kullanılmaya başlamıştır (Rosenberg, 2013:1).

1.1.3.3.2. Otomasyon Kaygısı

Teknolojik yeniliklerin işsizliği artıracığı yönündeki kaygılar, üçüncü sanayi devriminde üzerinde daha fazla araştırmanın gerçekleştirilmesine neden olmuştur. Bu durumun en önemli nedeni, küresel anlamda birçok sektörde analog elektronik teknolojisi, mekanik alet ve cihazlardan, büyük bir değişimi beraberinde getiren yaygın dijital teknolojiye geçilmiş olmasıdır (Anakpo ve Kollamparambil, 2021:517). Bu dönemde araştırmalar genel olarak bilgisayar teknolojisi olarak ifade edilen yeni teknolojilerin işgücünün tümünden ziyade farklı alanlarında farklı etkileri olabileceği yönündeki fikirlere odaklanmışlardır. Buna göre yeni teknolojiler doğası gereği işgücünün becerilerini tamamlayıcı niteliktedir ve dolayısıyla her zaman beceri yanlı teknolojik gelişmeler gerçekleşmiştir (Acemoğlu, 1999:1055). Bu fikir, bilgisayarlarda

ve ilgili işlemlerde gerekli eğitime sahip işgücünün söz konusu eğitime sahip olmayan işgücüne göre, verimlilik ve performans üzerinde önemli ölçüde daha yüksek bir etki göstereceği ve daha üretken olacağı yönündeki araştırmalarla desteklenmiştir (Violante, 2008:2). Söz konusu fikir, literatürde yeni teknolojilerin eğitilmiş-vasıflı işgücü için talebi ve ücreti artırırken vasıfsız işgücü için talebi ve ücreti azalttığını ifade eden “Beceri Yanlı Teknolojik Değişim-BYTD” olarak ifade edilmektedir. Bu dönemde BYTD hipotezini temel alan ve teknolojinin işgücü piyasaları üzerinde daha incelikli bir etkisinin olduğunu ifade eden diğer bir fikir “Rutin Yanlı Teknolojik Değişim-RYTD” olarak ifade edilmektedir. Autor, Levy ve Murnane (2003), tarafından gerçekleştirilen bir çalışma ile ortaya atılan RYTD hipotezi teknolojik yeniliklerin ve özellikle bilgisayar teknolojilerinin yüksek ve düşük vasıflı olarak nitelendirilen işgücü için talep ve ücrette artışa neden olduğu, orta düzey olarak nitelendirilen işgücü için talep ve ücrette düşüşe neden olduğunu ileri sürmektedir. Söz konusu hipotezler, sadece üçüncü sanayi devrimi için değil, günümüz teknolojik yeniliklerinin de işgücü piyasaları üzerindeki etkilerinin araştırılmasında teorik temelleri oluşturmaktadır. Bu yüzden söz konusu hipotezler ve bu hipotezlerle gerçekleştirilen araştırmalar, bir sonraki bölümde teknoloji-işgücü piyasaları ilişkisi çerçevesinde detaylı olarak açıklanacaktır. Burada bahsedilmesinin nedeni, özellikle üçüncü sanayi devrimi sonrasında teknoloji-işgücü piyasaları ilişkilerine ait fikirlerin işgücünün farklı kesimleri için ele alınmış olması ve bilgisayar teknolojileri ile bütünleştirilen “bilgi ekonomisi” çerçevesinde ortaya çıkan otomasyon kaygısının daha anlaşılır bir şekilde aktarılabilmesini sağlamaktır.

Bilgi ekonomisi fikri, 1990’larda ev ve ofislerde bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve World Wide Web’in ortaya çıkmasıyla gelişmiştir. Pazarlamadan finansa uzanan hemen her sektörde bir şirketin varlıklarının fabrika ve makinelerden ziyade kurumsal bilişim teknolojileri ve bu teknolojilerle uyumlu olarak çalışabilen becerikli personeli ile belirlenmeye başlamıştır. Söz konusu teknolojilerle gerçekleştirilen işlere “ağırlıksız iş” adı verilmiş ve bu işleri gerçekleştiren çalışanların eğitilmiş-vasıflı çalışanlar olduğu ifade edilmiştir (Coyle, 1999:7-10). Bilgi ekonomisi fikri sadece araştırmacıların değil, aynı zamanda politikacıların büyük bir ilgisini çekmiş ve kamu politikalarında da etkili olmuştur (Stiglitz, 1999). Bu kapsamda bilgi ekonomisinin en belirgin özelliklerinden biri “bilgi işçileri” olarak adlandırılan eğitilmiş işgücü için olumlu etkileri ifade ederken, vasıfsız işgücü için işsizliği artıracaklarını ifade etmektedir. Bu

kapsamda hükümetler, 1990'lı yıllarda ve 2000'li yılların başlarında, işgücünün bilgi teknolojilerinin gerektirdiği becerileri kazanması adına eğitim ve öğretim politikalarında önemli değişimler gerçekleştirmişlerdir (O'Donovan, 2020:253-254). Bu değişimin, teknolojinin sebep olacağı uzun süreli ve yapısal işsizliği önlemek için hükümetlerin sahip olduğu otomasyon kaygısından kaynaklanabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Bu dönemde otomasyon kaygısı çalışanlar için de oldukça önemli bir problem olmuştur. Eğitim politikaları, otomasyon kaygısı için önemli bir çözüm aracı olarak gerçekleştirilmiş olsa da mevcut çalışanlar için bir anlam ifade etmemiştir. İşgücünün önemli bir kısmı bilgisayar teknolojilerinin nasıl kullanılacağını öğrenmede önemli ölçüde güçlük yaşamış ve “bilgisayar kaygısı” çalışanlar arasında yaygınlaşmıştır (Torkzadeh ve Angulo, 1992:100). Öte yandan bu dönemde otomasyon kaygısı, sadece ekonomistler tarafından değil, başka alanlardaki araştırmacıların da ilgisini çekmiştir. Bu kapsamda Wilson (1997) teknolojik yeniliklerin neden olduğu işsizliğin, kentsel alanlardaki bozulma etkilerini artırmıştır. Wilson çalışmasında “iş yeri, robotlardan bilgi teknolojilerinin kullanımına kadar önemli değişiklikler yaşamıştır. Bu teknolojilerin kullanımı eğitilmiş çalışanlar için yarar sağlarken, vasıfsız ve daha sıradan işlerde çalışanların işten çıkarılma riski ortaya çıkmıştır” ifadeleriyle, otomasyon kaygısını dile getirmiştir (Wilson 1997; McClure, 2018:141).

1.1.4. Sektörel Kaymalar Hipotezi ve İşgücü Piyasalarının Dönüşümü

İşgücüne dâhil olan insanlar hangi mesleği ya da hangi görevi yerine getirirse getirsin, mutlaka (a) tarım, (b) sanayi ve (c) hizmet sektörlerinden biri kapsamında istihdam edilmektedirler. Tornacıdan çiftçiye, profesörden temizlik işçisine kadar her çalışan bu üç sektörden birinde yer almaktadır. Bir ülkenin işgücünün bu üç sektöre göre dağılımı, o ülkenin ekonomik gelişmişlik seviyesinin de önemli bir belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Ekonomik gelişme ile birlikte işgücü kademeli bir şekilde tarımdan sanayi sektörüne kayar. Sanayi sektöründe yeterli gelişim sağlandığında ise refah artışı hizmet sektöründe genişlemeye yol açarak işgücünün sanayiden hizmet sektörüne kaymasını sağlar. Bu durum sektörel kaymalar ya da üç sektör kanunu olarak adlandırılmaktadır (Zaim, 1992:113). Nitekim Kuznets ve Murphly (1973) modern ekonomik büyümenin özelliklerini “tarım ve ilgili endüstrilerin payında düşüş; imalat ve kamu hizmetlerinin paylarındaki artışlar; imalatla daha az dayanıklı ürünlerden daha

dayanıklı ürünlere ve sınırlı bir ölçüde tüketim mallarından üretim mallarına kaymalar; bazı hizmet gruplarının (kişisel, profesyonel, devlet) paylarında artışlar ve diğerlerinin paylarında düşüşler” şeklinde ifade etmişlerdir (Kuznets ve Murphly, 1973:248-249). Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde, imalatın payı, 1839'da %31'den 1879'da %51'e yükselmiş ve Birleşik Krallık'ta imalatın payı, 1841'de %34'ten 1901'de %40'a yükselmiştir. Modern ekonomik büyüme modeli tarihsel süreçte genel olarak gelişmiş ve sanayileşme evrelerini tamamlamış ülkeler için geçerlidir. Gelişmekte olan ülkelere ise bu dönüşüm daha çarpık ve gelişmiş ülkelere göre daha geç gerçekleşmektedir (Nomura, 2018:2). Modern ekonomik büyüme, istihdamın da söz konusu sektörler arasındaki aktarımını beraberinde getirmiştir. Otomobil, tarım, kimya, enerji, bilgisayar ve telekomünikasyon sektörleri gibi sektörlerde geçmişteki teknolojik yenilikler, kaliteli ve kazançlı işlerde hızlı büyümeyi artırmış ve bu durum istihdamı net bir şekilde artırmıştır. Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi'nin 1998 yılında yayınlamış olduğu raporda da bu durum net bir şekilde kabul edilmiş ve teknolojik ilerlemenin istihdamı genişlettiği ifade edilmiştir. Söz konusu raporda teknoloji-istihdam ilişkisine yönelik: “Yeni teknolojilere uyumu desteklemek için uygun kamu ve özel politikaların uygulanması halinde teknolojik değişim, kitlesel işsizliğe neden olmak yerine daha yüksek yaşam standartlarına, daha yüksek istihdam ve ücretlere neden olacaktır.” ifadeleriyle öngöründe bulunulmuştur (Marchant vd., 2014:27). İstihdamdaki bu artış, sektörel kaymalar hipotezi ya da üç sektör kanunu olarak da adlandırılan olgu dolayısıyla gerçekleşmiştir. Buna göre işgücünün, teknolojin insan emeğini ikame ettiği ve daha az işgücüne ihtiyaç duyulan sektörlerden diğer sektörlerle kayması söz konusu olmuştur.

20. yüzyılın sonlarında teknolojinin kitlesel işsizlik yerine, en azından uzun vadede daha fazla istihdama sebep olacağını düşünen iktisatçıların sayısı, teknolojik yeniliklerin kitlesel işsizliğe neden olacağını ifade eden iktisatçıların sayısından daha fazladır. Söz konusu iyimser iktisatçılar bu görüşü üç yaygın ampirik kanıta dayandırmaktadırlar:

1. Sanayi devriminden bu yana, teknolojik gelişmeler ekonomik kalkınmanın itici gücü olmuş ve bu gelişmeler emek tasarrufu sağlayarak kitlesel işsizliğe neden olmamıştır. OECD, 1996 yılında yayınladığı bir raporda: “Teknolojik değişim, emek tasarrufu sağlayan yeni üretim süreçleri biçiminde bile toplam istihdamı azaltmak yerine, ekonomik büyümede artışa ve dolayısıyla istihdamda artışa neden olur” ve “Teknolojik yenilikler dolayısıyla toplam çıktı ve üretkenlikteki

artış dolayısıyla istihdamda sürekli bir artış yaşanmıştır” ifadeleriyle bu görüşü desteklemiştir.

2. 1970’lerden sonra artan işsizlik oranları, hızlanan teknolojik gelişimden değil verimlilikteki yavaşlamadan kaynaklanmaktadır. Bu dönemde Bilgi İletişim Teknolojilerinin hızlı gelişimi ve yayılımına rağmen bir üretkenlik paradoksu ortaya çıkmıştır. Bu düşünce, Nobel ekonomi ödüllü Robert Solow’un da ifade ettiği gibi “bilgisayarlar, verimlilik istatistikleri dışında her yerde görülebilir” argümanına dayanmaktadır.
3. 1990’lı yıllarda firma düzeyinde gerçekleştirilen, mikroekonometrik çalışmalar teknolojik ilerleme ile daha yüksek istihdam düzeyleri arasında güçlü ve pozitif ilişkilerin varlığını ortaya koymuşlardır. Ancak bu sonuçların genellenebilirliği tartışmaya açıktır (Pianta ve Vivarelli, 2003:12-13-14).

Teknolojinin istihdamı azalttığına yönelik iddiaları “Luddite Yanılgısı” olarak adlandıran Easterly (2002) de teknolojinin istidamı artırdığı fikrini bazı argümanlara dayandırmıştır. Luddite isyanındaki işçileri, yeni teknolojiler ile çalışacak becerilerinin olmaması dolayısıyla şahsi çıkarları açısından haklı bulmuştur. Fakat Ludistleri haklı bulan iktisadi düşünceye karşı çıkmıştır. Buna göre, teknoloji dolayısıyla aynı miktarda ürünün daha az işçi ile üretilebilmesi, firmaların daha az işçi istihdam etmesine değil, aksine kâr maksimizasyoncusu olarak daha fazla yatırım ve üretim gerçekleştirmelerine bağlı olarak daha fazla işçi çalıştırmalarına neden olmaktadır. Nitekim teknolojik ilerlemenin en uygun örneklerini oluşturan Almanya, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri’nde işsizliğin arttığına yönelik hiçbir kanıtın olmadığını ifade etmiştir (Easterly, 2002:53-54).

Teknolojik değişimin istihdam ile ilişkisi sektörel anlamda talep, dış ticaret vb. faktörlerle etkileşimli bir şekilde daha incelikli bir şekilde belirlenebilmektedir. Fakat ampirik araştırmalar sektör, büyüklük veya diğer özelliklerden bağımsız olarak, çoğu yenilikçi firmanın çıktı ve istihdam açısından yenilikçi olmayan firmalara göre daha iyi bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur (Petit ve Soete, 2001:149). Bu noktada önemli olan ayrım, firmaların teknolojik yenilikleri, mevcut ürünlerin üretim sürecinde iyileşme (süreç yeniliği) için mi yoksa yeni ara veya sermaye malı üretimi için (ürün yeniliği) mi gerçekleştirdiği ile ilgilidir. Süreç yenilikleri, belirli bir mal ya da hizmet üretiminin verimliliğinde artışa neden olurken, ürün yenilikleri kademeli veya radikal bir

şekilde malların kalitesinin ya da çeşitliliğinin artmasına neden olmaktadır. Genel olarak zıt istihdam etkilerine sahip oldukları, ürün yeniliklerinin emek dostu ve istihdamı artırıcı etkisi vurgulanırken, süreç yeniliğinin istihdamı azalttığı ifade edilmektedir. Ancak ürün ve süreç yenilikleri çoğu durumda bir birinin tamamlayıcısıdır ve ürün yeniliğinin tamamlanması için süreç yeniliklerine ihtiyaç duyulmaktadır (Antonucci ve Pianta, 2002:298). Nitekim yukarıda da ifade edildiği gibi 20.yy'da süreç yenilikleri de verimlilikte ve üretimdeki artışa bağlı olarak istihdamın artmasına neden olmuştur. Teknolojik araçların yol açacağı zararlı etkilere ilişkin kaygıların yersiz olduğu anlaşılmıştır. Son birkaç yüzyılda teknolojik gelişimin kitlesel işsizliğe neden olduğuna dair herhangi bir kanıt bulunmamaktadır. Yeni teknolojilerin bazı işçileri işsiz bırakması kaçınılmaz olarak gerçekleşse de er ya da geç bu işçiler yeni bir iş bulmuştur. Tarihsel süreçte ortaya çıkan söz konusu sonuçlar geçmiş dönemler için otomasyon kaygısının büyük oranda yersiz olduğunu gösterse de gelecek için bu varsayımlarla, teknolojinin istihdamı artıracığına yönelik iyimser bakış açısının doğru olmayabileceği ifade edilmektedir (Susskind, 2020:27-28).

1.1.4.1. Sanayi Devrimleri Sürecinde Dünyada İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri

Nobel ödüllü iktisatçı Robert Solow 1956 ve 1957'deki makalelerinde uzun vadeli ekonomik büyümenin tek olası kaynağının teknolojik değişim olduğunu iddia etmiştir. Solow'un, yatırımın uzun vadeli ekonomik büyümenin kaynağı olamayacağı varsayımı, ekonomik büyümeyi toplumdaki herkesin yaşam standardının sürekli yükselmesi olarak tanımlamasına dayanmaktadır. Bunun işçi başına üretimin artması ile mümkün olabileceğini ifade etmiştir. Emek üretkenliğini artırmanın yolunun ise işçi başına makine sayısının artırılması ile mümkün olabileceğini ifade etmiştir (Easterly, 2002:48-519). Dünyada Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla ve kişi başına Gayrisafi Yurtiçi Hâsılanın tarihsel olarak gelişimi incelendiğinde Solow'un büyüme teorisine uygun bir değişimin gerçekleşmiş olduğu görülebilir.

Tablo 4. Tarihsel Süreçte Bölgelerin ve Bazı Seçilmiş Ülkelerin GSYH ve Kişi Başına GSYH Değerleri

GSYH (Milyon Dolar)						
	1820	1870	1913	1950	1973	2001
İngiltere	36.232	100.180	224.618	347.850	675.941	1.202.074
Almanya	26.819	72.144	237.332	265.354	944.755	1.536.743
Fransa	35.468	72.100	144.489	220.492	683.965	1.258.297
İtalya	22.535	41.814	95.487	164.957	582.713	1.101.366
Avrupa Toplam	185.051	417.754	1.037.134	1.581.211	4.647.212	8.279.064
Amerika	12.548	98.374	517.383	1.455.916	3.536.622	7.965.795
Japonya	20.739	25.393	71.653	16.966	1.242.932	2.624.523
Çin	228.600	189.740	241.344	239.903	740.048	4.569.790
Hindistan	111.417	134.417	204.242	222.222	494.832	2.003.193
Asya Toplam*	392.194	401.616	608.695	822.771	2.623.004	11.481.201
Afrika	31.136	45.234	79.486	203.131	549.993	1.222.577
Dünya Toplam	695.346	1.112.655	2.732.131	5.329.719	16.023.529	37.193.868
Kişi Başına GSYH (Dolar)						
İngiltere	1.706	3.190	4.921	6.939	12.025	20.127
Almanya	1.077	1.839	3.648	3.881	11.966	18.677
Fransa	1.135	1.876	3.485	5.271	13.114	21.092
İtalya	1.117	1.499	2.564	3.502	10.634	19.040
Avrupa Ortalama	1.877	2.897	5.423	6.690	16.404	25.283
Amerika	1.257	2.455	5.301	9.561	16.689	27.948
Japonya	669	737	1.387	1.921	11.434	20.683
Çin	600	530	552	439	839	3.583
Hindistan	533	533	673	619	853	1.957
Asya Ortalama*	577	550	658	634	1.266	3.256
Afrika	420	500	637	894	1.410	1.489
Dünya Ortalama	667	875	1.525	2.111	4.091	6.049

Kaynak: Maddison, A. (2003). Development centre studies the world economy historical statistics: historical statistics. OECD publishing. s. 259-262'den uyarlanmıştır. *Japonya hariç.

Tablo 4 incelendiğinde sanayi devrimlerinin hem toplam büyüme oranları hem de kişi başına gelir anlamında önemli etkisi görülebilir. Teknolojik yeniliklere öncülük eden ve dolayısıyla sanayileşme süreçlerini tam anlamıyla yaşayan Avrupa ve Amerika'da sanayi devrimlerinin etkisinin görüldüğü yıllarda hem toplam GSYH hem kişi başına GSYH önemli oranda artmıştır. Tabloda dikkat çeken bir başka durum bilgisayar teknolojisinin etkisini gösterdiği 1973-2001 yılları arasında gerçekleşen artışlardır. Söz konusu artışlar diğer dönemlere göre oldukça yüksek düzeyde olmanın yanı sıra, özellikle bazı ülkelerde değil neredeyse tüm dünyada gerçekleşmiştir. Bu durumun nedeni, 1950'den sonra dünya ekonomisinde karşılıklı ilişkilerin yoğunlaşmış olmasıdır. Bu dönemde emtia ticareti ve toplam

ihracat önemli düzeyde artmıştır. Uluslararası seyahat, iletişim ve hizmet işlerinde büyük gelişmeler yaşanmıştır. Bu dönemde gelişen teknolojilerin itici gücüyle uluslararası işbölümü gelişmiş, fikirler ve yeni teknolojiler dünya çapında yaygınlaşmıştır (Maddison, 2006:402). Ekonomik büyüme ve kişi başına GSYH teknolojik gelişmelerle paralel bir gelişme gösterse de kişi başına düşen gelir ve Solow'un kast ettiği toplumdaki bireylerin refahındaki artış istihdam, işsizlik ve ücretlerle yakından ilişkilidir. Nitekim teknolojik yeniliklerin ortaya çıktığı sanayileşmiş ülkelerde genellikle daha fazla istihdam gerçekleşmiş ve ekonomik büyüme toplum refahını da artırmıştır. Özellikle 20.yy'ın ikinci yarısından sonra sanayileşmiş toplumlarda ekonomik büyüme ve toplumsal refah oldukça uyumlu bir şekilde gelişmiştir. Örneğin, bu dönemde Amerika'da cinsiyet, yaş, ırk ya da eğitim durumu ne olursa olsun, tüm işçilerin ücretleri hızlı bir şekilde artmıştır (Acemoğlu, 2021:2). Öte yandan Maddison (2007:305-306)'un, sanayileşme süreçlerini tam anlamıyla yaşayan ve modern ekonomik büyüme modeline uygun bir yapıya sahip olan ülkelerde 1820-2003 dönemi için hesapladığı çeşitli göstergeler makine-insan birlikteliğine ilişkin olumlu bir tablo ortaya koymaktadır. Buna göre ilgili dönemde İngiltere'de kişi başına makine/ekipman sayısının 92'den 14.291'e, Amerika'da 87'den 32.240'a ve Japonya'da 1870-2003 arasında 94'ten 31.232'ye yükseldiğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra çalışılan saat başına GSYH'nin ilgili dönemde her üç ülke için de yaklaşık ortalama 35 kat arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca Solow'un kast ettiği bilgisayarların verimlilik istatistiklerinde görünmediği 1973-2003 dışında hem toplam faktör verimliliğinin hem de işgücü verimliliğinin sürekli arttığına dair hesaplamalar gerçekleştirmiştir. Öte yandan ilgili dönemlerde istihdamın nicelik ve niteliğinde de iyileşmelerin gerçekleştiğine dair hesaplamaları Tablo 5.'te gösterilmektedir.

1900'lü yılların başlarında Keynes'in teknolojik işsizliğe ilişkin tahmini tamamen yanlış çıkmamıştır. Fakat Keynes'in ifade ettiği gibi kitlesel işsizlik gerçekleşmemiş, işgücü ihtiyacı sürekli artmıştır. Keynes teknolojinin-otomasyonun etkisi konusunda yanılmamıştır. Örneğin tarımın makineleşmesi (işgücünün yerini hasat makinelerinin ya da traktörlerin alması) ile birlikte ABD'de işçilerin neredeyse yarısı iş değiştirmek ya da işten ayrılmak zorunda kalmıştır. Fakat aynı zamanda makineleşmeyle birlikte insanlar için yeni işler ortaya çıkmıştır. Tarımdaki makineleşmeyi hızlı bir endüstriyel otomasyon izlese de insanlar için yeni işler ortaya çıkaran yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Günümüzde tüm sanayileşmiş ülkelerde işgücünün büyük bir kısmı Keynes'in döneminde var olmayan (neredeyse tüm hizmet işleri, fabrikalardaki teknik işler vb.) işlerde istihdam edilmektedir. Keynes'in tahmini teknolojinin, söz konusu yeni işleri

ortaya çıkarmasıdır (Acemoğlu, 2021:2-3). Teknolojinin bu etkisi, işgücünün makinelerin emeği ikame ettiği sektörlerden işgücüne ihtiyaç duyulan sektörlerle geçişle sonuçlanmıştır.

Tablo 5. Amerika, İngiltere ve Japonya’da İşgücü Piyasası Göstergeleri (1820-2003)

	Nüfus (Bin)	İstihdam (Bin)	Toplam Çalışılan Saat(Milyon)	İstihdam Edilenlerin Ortalama Eğitim Yılı	İstihdamın SektörelDağılımı %		
					Tarım	Sanayi	Hizmet
Amerika Birleşik Devletleri							
1820	9,981	3,222	9,666	1.75	70.0	15.0	15.0
1870	40,241	14,720	43,630	3.92	50.0	24.4	25.6
1890	63,302	23,937	66,760	5.43	38.3	23.9	37.8
1913	97,606	38,821	101,129	7.86	27.5	29.7	42.8
1929	122,245	47,904	112,191	9.11	21.1	29.4	49.5
1938	130,476	44,906	92,597	9.93	17.9	31.2	50.9
1950	152,271	61,651	115,102	11.27	12.9	33.6	53.5
1973	211,909	86,838	149,101	14.58	4.1	31.2	64.7
1990	250,132	120,960	192,810	17.64	2.8	25.7	71.5
2003	290,343	139,236	216,638	20.77	2.0	20.0	78.0
İngiltere							
1820	21,226	8,160	24,480	2.00	37.6	32.9	29.5
1870	31,393	13,157	39,260	4.44	22.7	42.3	35.0
1890	37,485	15,361	43,118	6.11	16.1	43.2	40.7
1913	45,649	19,884	52,176	8.82	11.7	44.1	44.2
1929	45,672	18,936	43,288	9.55	7.7	45.2	47.1
1938	47,494	20,818	47,194	9.99	5.9	44.0	50.1
1950	50,363	22,400	43,859	10.60	5.1	44.9	50.0
1973	56,223	25,076	42,328	11.66	2.9	40.3	56.8
1990	57,493	26,942	44,104	13.81	2.1	32.2	65.7
2003	60,095	28,716	41,724	15.99	1.2	23.5	75.3
Japonya							
1820	31,000	16,819	49,532	1.50	-	-	-
1870	34,437	18,684	55,024	1.50	70.1	-	-
1890	40,077	20,305	56,245	2.71	69.0	-	-
1913	51,672	25,751	66,644	5.36	60.1	17.5	22.4
1929	63,244	29,332	69,341	6.74	50.3	20.9	28.8
1938	71,879	32,290	77,205	7.67	45.2	24.1	30.7
1950	83,805	35,683	77,289	9.11	48.3	22.6	29.1
1973	108,707	52,590	107,389	12.09	13.4	37.2	49.4
1990	123,537	62,490	121,293	14.31	7.2	34.1	58.7
2003	127,214	63,160	108,572	16.78	4.6	28.8	66.6

Kaynak: Maddison, A. (2007). Contours of the world economy 1-2030 AD: Essays in macro-economic history. OUP Oxford. s. 384.

Tablo 5 incelendiğinde, teknolojik ilerlemelerin etkisini gösterdiği yıllarda istihdamın ve çalışma saatlerinin genel olarak arttığı, çalışanların eğitim durumlarının önemli derecede iyileştiği anlaşılmaktadır. Öte yandan söz konusu etki dolayısıyla işgücünün sektörel kaymalar hipotezini doğrular şekilde tarımdan sanayiye, sanayiden ise hizmet sektörüne geçtiği anlaşılmaktadır. Bu durum teknolojinin yok ettiği iş veya mesleklerden daha fazlasının ortaya çıkması ile mümkün olduğu kabul edilebilir bir durumdur. Teknolojik gelişme birçok yeni iş veya meslek üretmekle kalmamış, çok çeşitli nitelikleri gerekli kılarak modern ekonomik büyümenin ortak yapısının temelini de oluşturmuştur. Tarihsel süreçte meydana gelen asgari ücret, toplu iş sözleşmeleri ve işçiyi koruyan yasal düzenlemeler ortak refahın oluşmasına önemli katkılar sağlamış ve ücretleri artırmıştır. Söz konusu olumlu gelişmeler teknolojinin insan dostu yönleri sayesinde mümkün olabilmiştir. Nitekim teknoloji insanlar için yeni işleri ortaya çıkarmasa, asgari ücret ve toplu pazarlık talepleri daha fazla otomasyon kullanılarak reddedilebilirdi. Teknolojik değişimin aynı zamanda işgücü verimliliğini de artırması daha iyi meslekler, daha yüksek ücretli ve sosyal güvenceli işlerin gelişmesini sağlamıştır. Dolayısıyla işgücü verimliliğini artıran teknolojiler ve işçileri koruyan işgücü piyasası uygulamaları karşılıklı olarak birbirlerini güçlendirmiştir (Acemoğlu, 2021:3).

1.1.4.2. Sanayi Devrimleri Sürecinde Türkiye’de İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri

Bu başlık altında Türkiye özelinde sanayi devrimleri ile birlikte işgücü piyasası ve işgücünün sektörel dönüşümü açıklanmaktadır. Türkiye işgücü piyasasının özellikleri ve bugünkü durumu ise araştırmanın devam eden bölümlerinde imalat sanayi istihdamı ile birlikte açıklanmaktadır. Böyle bir ayrımın iki nedeni bulunmaktadır. Birincisi, araştırmanın ikinci kısmında gerçekleştirilen ekonometrik analizlerle, araştırmanın kapsamını oluşturan Türkiye işgücü piyasası ve imalat sanayi özeline ilişkin teorik bilgilerin bir bütün olarak sırasıyla yer almasının araştırmanın, ampirik kısmını daha anlaşılır hale getireceğinin düşünülmesidir. İkinci neden ise birinci bölümde 21.yüzyılın başlarına kadar gelişen teknoloji ve istihdam ilişkisine ilişkin gerçekleşen olguların açıklanması amacına uygunluğu korumaktır. Bu kapsamda Türkiye’de sanayi devrimlerinin işgücü etkileri Cumhuriyet öncesi ve Cumhuriyet sonrası olarak iki başlık altında incelenecektir.

1.1.4.2.1. Birinci Sanayi Devrimi Sürecinde Osmanlı İmparatorluğu ve İşgücü Piyasasının Durumu

Sanayi devrimi neredeyse her ülkeyi etkileyen kritik bir dönüşüm ve değişime neden olmuştur. İngiltere gibi bazı ülkeler ticarete, sanayileşmeye ve girişimciliğe engel olmamanın yanı sıra bunları teşvik ederek hızlı bir ekonomik büyüme süreci yaşamışlardır. Fakat 19.yüzyılda Çin ve Osmanlı İmparatorluğu gibi bazı devletler sanayileşmenin yaygınlaşmasını engelledikleri ya da en azından teşvik etmedikleri için geri kalmışlardır. Osmanlı İmparatorluğu'nda sanayileşme sürecinin gerçekleşmemesinin farklı nedenlerinden bahsedilmektedir. Birinci sanayi devriminde otomasyon kaygısı başlığı altında bahsedildiği gibi, özellikle devlet idarecilerinin yaşadığı otomasyon kaygısı önemli bir neden olabilir. Nitekim, henüz sanayi devrimi gerçekleşmeden önce matbaanın Osmanlı İmparatorluğu'nda kabul edilmeme nedenlerinden birinin bu kaygı olduğu ifade edilmektedir. 19. Yüzyılın ikinci yarısına kadar Osmanlı İmparatorluğu'nda kitap üretimi esasen mevcut kitapların elle kopyalarını çıkaran kâtiplerin gerçekleştirdiği bir iş olmuştur. 18. yüzyılın başlarında İstanbul'da bu şekilde çalışan 80 bin kâtibin faaliyet gösterdiği düşünülmektedir (Acemoğlu ve Robinson, 2013:201-202).

Osmanlı kentlerinde zanaat ve ticaret loncaları, iktisadi yaşamın temel eksenini oluşturmuşlardır. Kent merkezlerinde farklı loncalar oluşturulmuş ve her loncada aynı mesleğe mensup esnaflar bir araya gelmiştir. Kentler büyüdükçe işbölümü ve uzmanlaşma da derinleşmiş ve lonca sayısı artmıştır (Pamuk, 2012:53). Bir bütün olarak bakıldığında ise Osmanlı İmparatorluğu'nun temel iktisadi gücü tarım ve sanayiden oluşmuştur. Ancak burada sanayi ile kast edilen bahsi geçen lonca sistemi çerçevesinde esnaf sanayisini ifade etmektedir. Osmanlı İmparatorluğu tarıma ve esnaf üretimine dayalı iktisadi yapısını değiştirecek bir dönüşüm yaşamamıştır (Eğilmez, 2019:27). Sanayileşmedeki gecikme batıya karşı iktisadi rekabeti zorlaştırmıştır. 1850'ye kadar ihracatı ithalatından fazla olan Osmanlı Devleti bu tarihten sonra ihracatından çok ithal etmeye başlamıştır. Zira Avrupa'nın makine ile ürettiği ucuz mallara karşı rekabet edilememiştir (Karcıoğlu 1996:33-41). 19. Yüzyıl'da Osmanlı çalışma hayatında etkinliğini sürdüren Lonca sisteminde yer alan meslek erbapları, üretime el tezgâhları ve küçük işyerlerinde devam etmişlerdir. Osmanlı devlet adamları, yüzyıl boyunca sanayileşmenin gerekliliğini kavramış ve o yönde adımlar atmak istemişse de daha önce de ifade edildiği gibi makinelerin insanları işsiz bırakacağı korkusuyla esnafı ve tezgâh üretimini feda edememiştir (Ortaylı, 2015:238).

Öte yandan Osmanlı İmparatorluğu'nda sanayileşme ve buna bağlı olarak bağımlı çalışanlar kitlesinin ortaya çıkmasıyla ilgilenildiğinde, konuyu 1850'den itibaren ele almak yeterli görünmektedir (Makal, 1997:131). Bu konuda Pamuk ve Özcumur (2002) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada 1489-1914 yılları arasında Osmanlı şehirlerinde fiyat ve reel ücretler üzerinden iktisadi gelişme ve ücretlerin değişim seyri arşivlerde yer alan verilerle hesaplanarak araştırılmış ve ilgili dönemde Avrupa ile karşılaştırması yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlar Osmanlı kentlerinde vasıflı ve vasıfsız işgücü reel ücretlerinin sürekli artış eğilimi içerisinde olduğunu göstermiş ve bu işgücü talebinin istikrarlı bir şekilde arttığı yönünde yorumlanmıştır. Öte yandan ilgili dönem için Avrupa ve Osmanlı kentlerinde oluşan reel ücret farklarının Sanayi devrimi sonrasında önemli derecede Avrupa kentlerinde çalışanlar lehine arttığını ifade etmişlerdir. Nitekim Maddison (2007:175-176) gerçekleştirdiği hesaplamalarda 1820'den 1913 yılına kadar Osmanlı İmparatorluğu'nda Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın (GSYH) yaklaşık yüzde 50 arttığını, kişi başına GSYH'nin ise 643 dolardan 1213 dolara yükseldiğini ifade etmiştir. Ancak ilgili rakamlar Tablo 4'te Amerika ve İngiltere için gerçekleştirilen hesaplamalarla karşılaştırıldığında önemli bir farkın ortaya çıktığı görülmektedir. Söz konusu ülkeler için kişi başına düşen GSYH yaklaşık 5 kat artmıştır. Bu durumun Sanayi devrimi ve teknolojik yeniliklerin itici güç olduğu üretim yapılarından kaynaklandığı kabul edilebilir bir durumdur.

Düşük de olsa bir büyüme eğilimi içerisinde olan 19. yüzyıl Osmanlı ekonomisindeki gelişmeleri, ekonomideki ağırlığını da göz önünde bulundurarak öncelikle “tarım” sektörü üzerinden değerlendirmek gerekir. 19. Yüzyıl başında 9.4 milyon olan Anadolu nüfusu yüzyıl sonunda göçlerin de etkisiyle 16.5 milyona çıkmış ve bu halde nüfusun yaklaşık %80'i kırsal alanlarda yaşamaya ve tarımla uğraşmaya devam etmiştir. Yüzyıl boyunca Osmanlı ekonomisi tarımda daha fazla uzmanlaşmış ve imalat malları üretiminin ekonomi içerisindeki payı, ithal mallarla rekabet edememiştir. Ancak tarımdaki uzmanlaşma geleneksel tarımsal üretim özelliğini korumuş ve teknolojik dönüşümler gerçekleşmemiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi Osmanlı ekonomisindeki büyüme eğiliminin ABD, İngiltere vb. ülkelere göre oldukça düşük seviyede gerçekleşmesinin temel nedeni teknolojinin kullanılmadığı tarıma dayalı bir büyüme modeli ile verimlilik ve gelir artışı sağlayabilmenin oldukça zor olmasıdır (Pamuk, 2012:153-155). Öte yandan Osmanlı İmparatorluğunda düşük seviyede ve genel olarak

ekonomik etkisi düşük olsa da sanayileşme çabaları ve tarım dışı üretim faaliyetlerinde bazı gelişmeler olmuştur. Özellikle 19. Yüzyılın ortaları ve sonrasında bazı kamu veya özel imalat fabrikaları kurulmuş, bunun yanı sıra madenlerde, hizmetler sektöründe, inşaat sektöründe ücretli çalışan sayıları artmıştır (Yıldırım, 2018:11). Özellikle 1880'lerden sonra ithal malı teknoloji kullanan sanayi işletmelerinin sayısı artmıştır. Osmanlı ekonomisinin serbest ticaret anlaşmalarıyla dışa açık yapısı neticesinde ithal imalat mallarıyla rekabet etmek zorunda olan bu sanayi işletmeleri, hammaddelerin ucuz, ulaştırma maliyetlerinin düşük ve özellikle düşük ücret avantajlarına sahip olunan bazı sektörlerde ithal mallarıyla rekabet edebilmişlerdir. Birinci sanayi devrimine kadar kurulan en büyük imalat fabrikaları pamuklu, yünlü ve ipekli tekstil dallarında iplik ve bez üreten fabrikalardır (Pamuk, 2012:142).

Osmanlı İmparatorluğunda, sanayi devriminin itici gücüyle desteklenen Avrupa ülkelerine nispeten gerçek bir sanayileşme hamlesinin gerçekleşmediğinin altını çizen Ökçün (1970:9) 1913 ve 1915 yılları için sanayi sayımı gerçekleştirmiştir. Osmanlı sanayisinin genel olarak makine üretmeyen, demir ve çelik üretimi için yüksek fırınlara sahip fabrikaların bulunmadığı, ham madde ve yiyecek ihraç edip mamul madde satın alan bir yapıya sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu tarihlerde mevcut sanayi işletmelerini 7 ana başlık altında toplamış ve bu işletmelerin yer aldığı sektörleri ve bu işletmelerdeki toplam çalışan sayılarını hesaplamıştır.

Tablo 6. 1913-1915 Döneminde Osmanlıda Sanayi İşletmeleri ve Çalışan Sayıları

Sektör	Çalışan Sayıları		Çalışanların Toplam İçindeki Oranı %		1915* Yılı İşletme Sayıları
	1913	1915	1913	1915	
1. Gıda Sanayi	4.281	3.916	25.2	27.8	78
2. Toprak Sanayi	980	336	5.8	2.4	21
3. Deri Sanayi	930	1270	5.4	9.0	13
4. Ağaç Sanayi	705	377	4.1	2.8	24
5. Dokuma Sanayi	7.765	6.763	45.8	48	78
6. Kırtasiye Sanayi	1.897	1.267	11.2	9.0	55
7. Kimya Sanayi	417	131	2.4	0.9	13
Toplam	16.975	14.060	99.9	99.9	282

Kaynak: Ökçün, G. A. (1970). Osmanlı Sanayii, 1913-1915 Yılları Sanayi İstatistiki. Tarihi İstatistikler Dizisi, DİE. Ankara.(sayfa 14 ve sayfa 21'deki tablolardan hazırlanmıştır.) * 1913 yılı için işletme sayıları verilmemiştir.

Tablo 6 incelendiğinde, 1915 yılı itibariyle toplam sanayi işletme sayısının 282 olduğu görülmektedir. Bu sayı aynı dönem için sanayileşmiş ülkelere oranla oldukça düşüktür. Öte yandan çalışan sayıları incelendiğinde 1913 yılında toplam 16.975, 1915 yılında ise toplam 14.060 kişinin sanayi işletmelerinde istihdam edildiği görülmektedir. Bu düşüşün sebebi elbette 1914 yılında başlayan Birinci Dünya Savaşı ile doğrudan ilgilidir. Sektörel anlamda çalışanların dağılımı incelendiğinde ise en büyük paya sahip olan ve sanayide çalışanların neredeyse yarısını istihdam eden sektörün dokuma sanayi olduğu anlaşılmaktadır. İkinci sırada ise gıda imalatı sektörü yer almaktadır. Bu istatistiklerin ilgili dönemde Osmanlı sanayi yapısının düşük katma değerli ve emek yoğun sektörler üzerine bir gelişim gösterdiği kabul edilebilir bir durumdur. Sonuç olarak sanayileşme yönünde bazı adımlar atılmış ve belli sektörlerde nispeten başarı sağlanmış olsa da Osmanlı ekonomisi tarım ekonomisi olma özelliğini korumuştur. Nitekim Eldem (1970) ve Pamuk (1994)'un hesaplamalarına göre 1820'den 1913 yılına kadar tarımın işgücü içerisindeki payı %75-80 düzeyinde kalarak kayda değer bir değişim göstermemiştir.

1.1.4.2.2. İkinci ve Üçüncü Sanayi Devrimleri Sürecinde Türkiye İşgücü Piyasası ve Sektörel Dönüşümleri

Cumhuriyetin kurulduğu dönemde toplam GSYİH'nin yarısından fazlasını tarım sektörü oluştururken istihdamın büyük çoğunluğu tarım sektörü içerisinde gerçekleşmiştir. Beklentilere uygun şekilde tarımın GSYİH ve istihdam içerisindeki payı Cumhuriyetin ilanından 2000'li yılların başına kadar azalmıştır (Demirdöğen ve Olhan, 2017:3). Söz konusu süreçte yaşanan yapısal dönüşümlere öncelikle milli gelir açısından bakmak gerekir. Cumhuriyetin ilanından planlı dönemin başlangıcına kadar tarımın toplam milli gelir içindeki payının düşüşüne karşın sanayi ve hizmet sektörlerinin payı artış eğilimi göstermiştir. Bu bölümde öncelikle Cumhuriyetin ilanından 2000'li yıllara kadar gerçekleşen ve işgücünün sektörel dağılımını etkileme potansiyeli olan iktisadi gelişmelerden bahsedilmektedir. Sonrasında ise işgücünün sektörel dağılımının değişimini gösteren istatistiki bilgiler, bu değişime neden olan iktisadi politikalarla birlikte değerlendirilmektedir.

Tablo 7. Cumhuriyetin Kuruluşundan Planlı Döneme Kadar Sektörlerin Milli Gelir İçindeki Payları

	1927	1938	1948	1950	1958	1961
Tarım	67	48	53	52	44	42
Sanayi	10	16	14	16	22	22
Hizmetler	23	36	33	32	34	35
Milli Gelir	100	100	100	100	100	100

Kaynak: SBB (2022a). Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. DPT. (1963). Ankara

Tablo 7 incelendiğinde Cumhuriyetin ilk yıllarında tarımın toplam gelir içindeki payı %67 iken planlı dönemin başlangıcında bu oran %42'ye düşmüştür. Söz konusu dönemde sanayinin oranı %10'dan %22'ye, hizmet sektörünün oranı ise %23'ten %35'e yükselmiştir. Bu dönemde uygulanan çeşitli iktisadi politikalar sektörlerin paylarındaki değişimde önemli derecede etkili olmuştur. Türkiye'de 1923-1932 yılları arasında liberal politikalar izlenmiştir. Bu dönemde Türkiye İktisat Kongresi sonucunda belirlenen liberal politika ile devlet ilke olarak özel sektör eli ile serbest piyasa koşullarında sanayileşme politikaları izlemiştir (Tokol, 2012:28). Bu dönemde sanayiye dönük politikaların temelinde korumacı gümrük uygulamalarının yanı sıra özel sanayi yatırımlarına sağlanan özendirici uygulamalar önem taşımaktadır. Bu kapsamda 1925 yılında Sanayi ve Maadin Bankası Kurulmuş, aynı yıl şeker fabrikaları için özel teşvik ve imtiyazlar getiren bir kanun getirilmiş ve 1927 yılında sınai yatırımlara çok geniş ve cömert muafiyet, imtiyaz ve teşvikler sağlayan Teşvik-i Sanayi Kanunu çıkarılmıştır (Boratav, 2015:47-48). Bu dönemde, en yakın zamanda iktisadi ve sosyal gelişmeyi sağlamak temel hedef olmuştur. İktisadi gelişme hedefi sanayileşme ile ilgili olsa da nüfusun yaklaşık %80'inin tarım sektöründe yer aldığı bir ülkede sanayinin gelişimi için gerekli işgücü, döviz ve sermayeyi sağlayacak tek sektör, tarım sektörü olmuştur. Dolayısıyla bu dönemde tarım da önemli oranda desteklenmiş ve İzmir İktisat Kongresinde buna yönelik kararlar alınmıştır. Sanayileşme yönündeki önemli çabalara rağmen, işgücü, döviz ve sermaye eksikliğinin yanı sıra altyapı, girişimci ve teknik eleman yetersizliği gibi nedenlerle bu dönemde hızlı bir sanayileşme gösterilememiştir (Eroğlu, 2007:65-66). 1930'lu yılların başında ekonomi politikasının yeniden gözden geçirilmesine ve devletin daha fazla yer aldığı sanayi yatırımları ile sanayileşmeyi hızlandırmayı amaçlayan bir ekonomik politikaya geçilmiştir. Bu kapsamda 1934-1938 yılları arasında I. Beş Yıllık Sanayi Planı

uygulamaya konmuştur. Planda korumacı ve ithal ikameci sanayileşmeye karar verilmiş, dokuma, maden işleme, kağıt, kimya ve taş-toprak alanlarında sanayi işletmelerinin kurulması planlanmıştır. Bu kapsamda fiilen harcanan 100 milyon liranın %36'sı dokuma, %23'ü ise demir-çelik sanayine ayrılmıştır. 1939-1943 yılları arasında ise II. Beş Yıllık Sanayi Planı hazırlanmış, ancak İkinci Dünya Savaşı dolayısıyla uygulamaya konulamamıştır (Tokol, 2012:30). İkinci Dünya Savaşı süreci bir duraklama dönemini ifade etse de 1946-1953 dönemi bir toparlama dönemi olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde ekonomik büyüme oranı yıllık yaklaşık %10 olarak gerçekleşmiştir. Bu dönem esas olarak tarımsal gelişme yılları olarak da değerlendirilmektedir. Bu dönemde tarımın ortalama büyüme hızı %13 civarında gerçekleşmiş ve sanayi sektöründen daha yüksek düzeyde bir paya sahip olmuştur (Boratav, 2015:101). Savaş sonrası dönemde Marshall Planı'ndan sağlanan fonlar ile tarımsal araç, makine ve özellikle de traktör ithalatı desteklenmiştir. Dolayısıyla ülkede tarım makinelerinin sayısı artmaya başlamış ve ekili alanlar da büyük ölçüde artmıştır. Öyle ki 1960 yılına gelindiğinde tarımsal üretim miktarı 1948'deki düzeyinin %60 üzerine çıkmış ve savaş öncesi dönemin iki katına yükselmiştir. Tarımda gerçekleştirilen bu ilerleme ve verimlilik artışı, ulaştırma hizmetleri ile de desteklenerek köyleri kentlere, kentleri de birbirine bağlayan ulaşım altyapıları ile desteklenmiştir (Pamuk, 2012:227-230).

1960'lı yılların başında ise ekonominin daha planlı bir şekilde yönetilmesi amacı ile planlı ekonomi kavramına vurgu yapılmıştır. Bu amaçla Devlet Planlama Teşkilatı kurulmuş, 1963-1967 yılları için “Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı” uygulanmış ve başarılı olmuştur. Başarılı olunan bu dönemin ardından planlama modeli uygulanmaya devam etmiştir. Planların ilk ve temel hedefi, yıllık ortalama %7'lik bir büyüme ile gelişmiş ülkelerle farkı kapatmak olmuştur (Eğilmez, 2019:144-145). Planlı dönemin başlangıcından itibaren işgücünün sektörel dağılımı ve teknolojik gelişme genellikle planların hedefleri arasında yer almıştır. Bu hedeflerle uyumlu iktisadi politika uygulamaları gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planında, on beş yıllık süreçte %77,4 olan tarım istihdamı payının %58,1'e düşürülmesi, sanayi istihdamı payının %9,8'den %15,6'ya çıkarılması ve hizmet sektörü payının %12,8'den %26,3'e çıkarılması hedeflenmiştir. Bu planda sanayileşme ise doğrudan “çalıştırma seviyesinin yükselmesi” ve emeği ile geçinen sosyal grubun gelişmesi olarak tanımlanmıştır (SBB, 2022a:40-106). Bu planda ayrıca tarım sektörü için ayrılan bütçenin

yaklaşık %13'ünün tarımsal makinelere harcanacağı ifade edilmiştir. Kalkınma planlarında teknolojik gelişme için makine-teçhizat ithalatı politikalarının yanı sıra teknoloji geliştirmeye ilişkin hedefler de belirlenmiş ve bazı adımlar atılmıştır. Yıldız vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kalkınma planlarında teknolojik gelişme hedeflerine ilişkin detaylı bir değerlendirme yapılmıştır. Buna göre:

Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967): Teknolojik gelişmeye ilişkin en kayda değer unsur Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurulu'nun kurulmasıyla ilgilidir.

İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972): Planda sanayileşmiş ve gelişmiş ülkelerdeki üretim artış hızı ile mevcut üretim artış hızı arasındaki farkın eğitimli-nitelikli işgücü payından kaynaklandığına dair bir değerlendirme yapılmıştır. Nitelikli işgücü payındaki artış ile teknolojik gelişme arasında doğrudan bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Bu saptamalar dolayısıyla çalışanlar için hizmet içi eğitimler gerçekleştirilmiştir. Teknolojik gelişmelerin bilimsel araştırmalarla gerçekleştirilebileceğinin farkına varılmış, gelişmiş ülkelerde gerçekleşen teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve ülke şartlarına uygun olarak uygulanması gerekliliği göz önüne alınmıştır.

Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973-1977): Planda kalkınmanın öncelikli koşulunun modern teknolojilerin uygulanması ile mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Kullanılacak teknolojilerin ülke ihtiyaçlarına uygun ve işlevsel nitelikte olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca ithal edilen teknolojilerin uygun ve işlevsel kullanımını geliştirme hedefi belirlenmiştir. Kamu ve özel sektörde yerli teknoloji üretiminin teşvik edileceği belirtilmiştir.

Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983): Bu planda ilk kez teknoloji politikaları yer almıştır. Teknoloji politikalarının işgücü-sanayi-yatırım hedefleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır. Teknolojinin geliştirilmesi ve uygulanması noktasında teknik-nitelikli işgücü eksikliğinden bahsedilmiştir. İthal teknolojilerin işlevsel kullanımı ve yerli muadillerinin üretilmesi için araştırma-geliştirme faaliyetlerinin ve bu faaliyetler için eğitimde fırsat eşitliği sağlanarak gerekli işgücünün sağlanabilmesinin gerekliliği ifade edilmiştir.

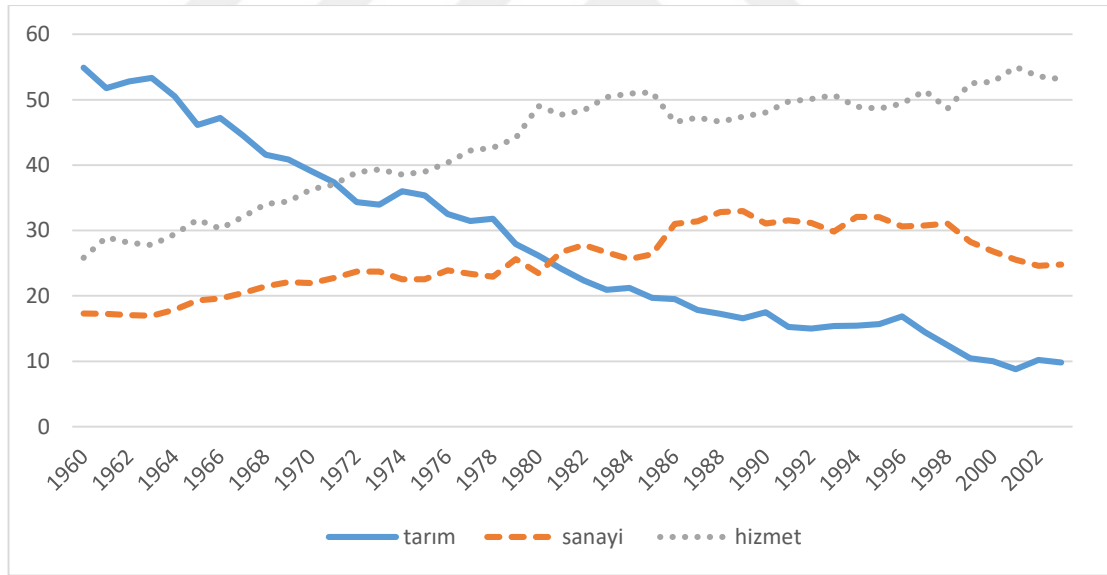
Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1985-1989): Teknoloji transferlerinin sağlıklı bir biçimde gerçekleştirilmesi ve teknolojik gelişmelerin gerisinde kalınmaması için ihtiyaç duyulan teknolojilerin etkin kullanımına yönelik hedefler belirlenmiştir. TÜBİTAK ve YÖK'ün teknoloji politikalarına yönelik işlevselliğinin artırılması gerekliliği ifade edilmiştir. Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin kullanımının yerel üretim öncelikli olarak yaygın kullanılması gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994): Bilgi toplumu özelliğinin kazanılması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Bu amaçla araştırma-geliştirme faaliyetlerine önem verilmiş ve bilginin üretim ve dağıtımı için bilgisayar ağlarının yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000): AR-GE faaliyetleri, ulusal anlamda yürütülürken uluslararası şirketlerin AR-GE faaliyetleri dikkate alınmıştır. Teknolojik gelişmeler için eğitim-öğretimin ve sanayileşmenin önemi vurgulanmıştır. Üniversite-sanayi ve AR-GE şirketlerinin entegrasyonu üzerinde önemle durulmuştur.

Kalkınma planlarında teknolojik gelişme ile birlikte işgücünün önemi ve gerekli niteliklerinin sağlanması gerekliliğinin farkında olduğu anlaşılmaktadır. Bu anlamda teknolojik gelişmelerle birlikte üretim hızının artırılması ve modern üretim sistemlerinin geliştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan işgücünün eğitim ve öğretimle sağlanabileceği genel olarak ifade edilmiştir. Planlı dönem itibarıyla, teknolojik gelişme amacına paralel olarak sanayileşme açısından da gelişmeler meydana gelmiştir. Cumhuriyet'in kuruluşundan 1950'li yıllara dek sanayi kuruluşlarının neredeyse tamamı devlet eliyle kurulmuş, ancak ciddi anlamda bir sanayileşme süreci gerçekleştirilememiştir. 1950'lerden itibaren ulaşımın gelişmesi, nüfusun artması ve köyden kente göç dolayısıyla gelişen işgücü potansiyeli ve devletin yanı sıra özel sektör yatırımlarının artması nedeniyle sanayileşme çabaları çeşitlenmiş ve hız kazanmıştır. Ayrıca bu dönemde kurulan Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası özel sektör için hem iç hem dış kaynak sağlayarak özel sektör sanayisinin gelişiminde büyük rol oynamış, devlet eliyle de kamu iktisadi teşebbüsleri (Makine Kimya Endüstrisi Kurumu-MKEK 1950, Türkiye Çimento-Azot 1953, Demirçelik 1955 vb.) kurulmuştur (Ertin, 1998:166). Savaş sonrası dönemde

ise sanayileşme çabaları sürmüştür ve planlı dönemin başlangıcı olan 1960'lı yılların başından itibaren de sanayileşme çabaları hızlanmıştır. Ancak 1970'li yıllarda artan istikrarsızlık ve özellikle dış kaynak kıtlığı nedeniyle sanayileşme çabaları tıkanmıştır (Arısoy, 2005:46). 1980'li yıllarda ise korumacı ve dışa kapalı bir sistem olan ithal ikameci sanayileşme stratejisi yerine ihracata dayalı bir sanayileşme stratejisine geçilmiştir. Türkiye ekonomisi serbest piyasa sistemi çerçevesinde işletilerek dünya ekonomisi ile bütünleşme hedeflenmiştir (Dalgıç, 2014:96). Türkiye'de sanayileşme süreci için 1980'li yıllar dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Serbest piyasa ekonomisinin yanı sıra devletin ekonomideki ağırlığının azalması ve özel sektör sanayi yatırımlarının artması ve 1987'de AB'ye tam üyelik başvurusu, 1995 yılında Gümrük Birliği üyeliği, 1995 yılında Dünya Ticaret Örgütüne girilmesi önemli gelişmelerdir. Bu gelişmeler gerek AB ülkeleriyle gerekse diğer bazı ülkelerle dış ticaretin artması, uygun rekabet koşulları ve fikri-sınai mülkiyet haklarının korunması vb. etkilere neden olarak sanayileşmeyi önemli ölçüde etkilemiştir (Arısoy, 2005:46-47).



Kaynak: World Bank (2022). World Development Indicators Statistic verilerinden hazırlanmıştır.

Şekil 3. Tarım-Sanayi-Hizmet Sektörlerinin GDP İçerisindeki Payı (1960-2002)

Şekil 3. incelendiğinde sanayi sektörünün GDP içindeki payının Cumhuriyetin kuruluşundan 20. Yüzyılın sonuna kadar genel olarak arttığı görülmektedir. Yukarıda bahsedilen gelişmelere paralel olarak artış hızının özellikle 1980'li yıllarda yükseldiği görülmektedir. Tarım sektörünün payı ise kuruluş yıllarından itibaren sanayileşme

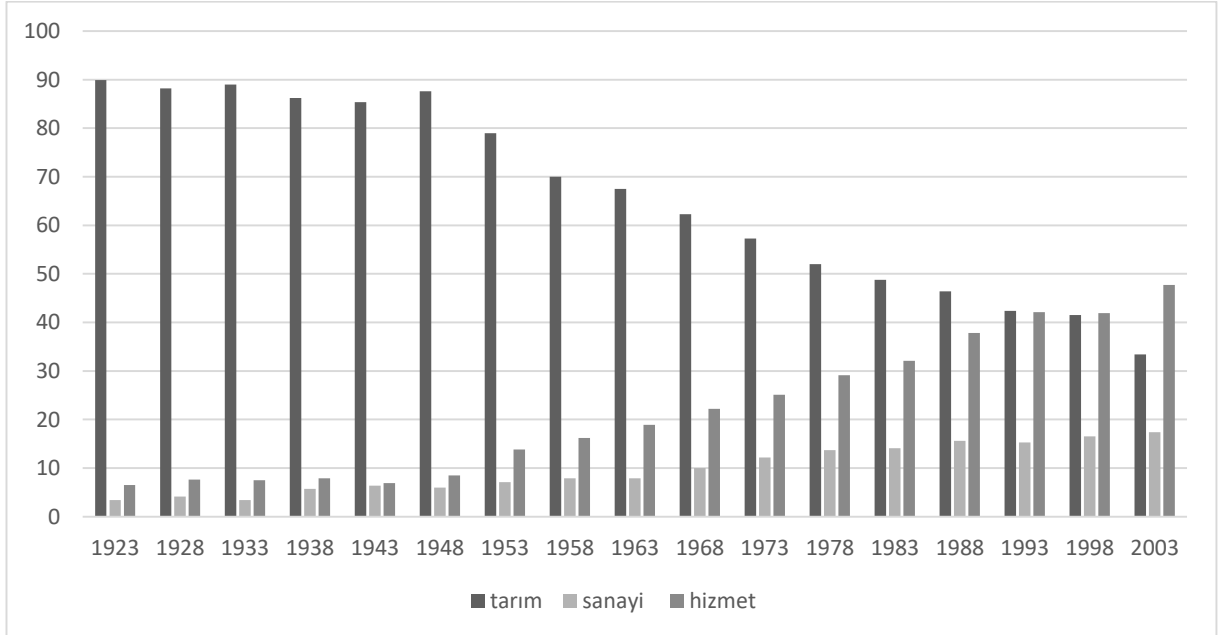
çabaları ve tarım politikaları dolayısıyla sürekli bir azalma göstermiştir. Özellikle 24 Ocak 1980 kararları neticesinde tarım ürünleri ithalatındaki artış ve 1994 yılında tarımsal ürünlerden çok azının desteklenmesi ve tarım ve kooperatiflerin finansmanına ilişkin sınırlandırmaları içeren önlem paketi dolayısıyla tarım sektörünün payındaki azalma hızlanmıştır (Demirdöğen ve Olhan, 2017:7). Hizmet sektörünün payı ise oldukça yüksek bir hızla artmıştır. Fakat hizmet sektörü içerisinde inşaat sektörünün payının büyüklüğü ve genel olarak hizmet sektörünün teknolojik entegrasyonunun düşük olması, sektörel değişimin çarpık bir şekilde geliştiğine işaret etmektedir (Koru ve Dinçer, 2018:9). Tarım, sanayi ve hizmet sektörlerinin ekonomi içindeki payına paralel olarak bu sektörlerin toplam istihdam içindeki payı da değişmiştir. Tablo 8.'de Cumhuriyetin kuruluşundan 2000'li yılların başına kadar istihdamın dağılımı hem sayısal hem yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 8. Cumhuriyetin Kuruluşundan 21.Yüzyılın Başına İstihdamın Sektörel Dağılımı

Yıl	Tarım		Sanayi		Hizmet		Toplam	
	Sayı (bin)	%	Sayı (bin)	%	Sayı (bin)	%	Sayı (bin)	%
1923	4525	89.9	176	3.4	330	6.5	5031	100
1928	5345	88.2	252	4.1	461	7.6	6058	100
1933	5571	89	217	3.4	471	7.5	6259	100
1938	6146	86.2	410	5.7	568	7.9	7124	100
1943	6448	85.4	486	6.4	525	6.9	7549	100
1948	7127	87.6	491	6	694	8.5	8132	100
1953	7819	79	704	7.1	1373	13.8	9896	100
1958	8242	70	934	7.9	1918	16.2	11771	100
1963	8348	67.5	983	7.9	2337	18.9	12365	100
1968	8347	62.3	1342	10	2977	22.2	13396	100
1973	8413	57.3	1798	12.2	3698	25.1	14679	100
1978	8375	52.0	2205	13.7	4693	29.1	16085	100
1983	8300	48.8	2403	14.1	5466	32.1	17004	100
1988	8249	46.4	2779	15.6	6726	37.8	17755	100
1993	7862	42.4	2841	15.3	7798	42.1	18500	100
1998	9039	41.5	3611	16.5	9130	41.9	21779	100
2003	7165	33.4	3746	17.4	10236	47.7	21417	100

Kaynak: TÜİK, (2013). İstatistik Göstergeler 1923-2013. Ankara. Sayfa 132-133'ten hesaplanmıştır.

Tablo 8 İncelendiğinde Cumhuriyetin kuruluşunda toplam istihdamın sayısı yaklaşık 5 milyonken 2003 yılında bu sayı yaklaşık 21.5 milyona ulaşmıştır. Aynı dönem için tarımdaki istihdamın sayısı 4.5 milyondan yaklaşık 7 milyona ulaşmış, sanayideki istihdam 176 binden 3.7 milyona ulaşmış ve hizmet sektöründeki istihdam 330 binden 10.2 milyona ulaşmıştır. Bu dönemin tamamı için işgücüne katılım sayı ve oranlarına ilişkin veri bulunmadığından istihdamın genel değişimini belirlemek mümkün gözükmemektedir. Ancak Cumhuriyetin kuruluşundan günümüze dek işsizlik oranlarına ilişkin çeşitli istatistikler bulunmaktadır. Biçerli (2014:474-478) işsizlik istatistiklerini, kaynakları ve hesaplanma biçimlerindeki farklılıklardan dolayı 1988 öncesi ve sonrası olarak değerlendirmektedir. Buna göre Cumhuriyetin kuruluşundan planlı dönemin başlangıcına dek işsizlik oranları küçük düşüş ve artışlar gösterse de genelde azalma eğilimine sahip olmuş, planlı dönemin başında %3,4 olarak gerçekleşmiştir. 1963 yıllarından itibaren oranlar artış eğiliminde olmuş, 1970’li yılların sonlarında artan enflasyon, büyüyen dış ticaret açıkları, ithal ikameci yaklaşım vb. nedenlerle %10 seviyelerine çıkmıştır. 1988 yılında %8,4 olarak gerçekleşen işsizlik oranları 2000 yılında %6.5 seviyesine gerilemiştir. Bu bilgiler Türkiye’de Cumhuriyetin kuruluşundan itibaren gerçekleşen sanayileşme çabaları ile işsizlik arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermektedir.



Kaynak: Tablo 8’deki verilerden hazırlanmıştır.

Şekil 4. İşgücünün Sektörel Değişimi % (1923-2003)

Türkiye’de Cumhuriyetin kuruluşundan başlanarak yaşanan sanayileşme ve büyüme çabaları, üretim ve istihdam yapısında da değişimlere neden olmuştur. Bu değişimler hem küreselleşmenin hem de ülkenin kendi dinamiklerinin etkisiyle gerçekleşmiştir (Güney, 2019:140). Şekil 4. Cumhuriyetin kuruluşundan 2000’li yılların başına kadar Türkiye işgücü piyasasında sektörel kaymalar hipotezinin geçerliliğine ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Tarım sektörünün istihdam içerisindeki payının 1950’li yıllara kadar yaklaşık %90 seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. 1950’li yıllardan itibaren ise düşüş eğilimine girmiş ve sürekli azalmıştır. Bu durumun sebebi, 1950’li yıllardan sonra yoğunlaşan ve artarak devam eden kırdan kente göç olgusudur. 1950’lerin başından bu yana kırsaldan kente nüfus hareketlerinin ardındaki çeşitli faktörler arasında en önemli üç faktör: tarımda makineleşme, karayollarının gelişimi ve nüfus artışıdır. İkincisinin geçmişi daha da geriye gitmekle birlikte, ilk iki faktör doğrudan Marshall Planı’nın Türkiye’deki uygulamasıyla ilgilidir (Gürel, 2011:202). Sanayi sektörünün istihdam payı ise planlı dönemin etkilerinin görülmeye başlandığı 1960’lı yılların sonuna kadar %10’un altında gerçekleşmiş ve 1968 yılında %10 seviyesine ulaşmıştır. Sanayi sektörünün istihdam içerisindeki payı bu tarihlerden itibaren sürekli bir artış eğilimi göstermiştir. Bu oran 2003 yılı itibariyle %17,4 olarak gerçekleşmiştir. Ancak gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça düşük düzeydedir. Nitekim Tablo 5. incelendiğinde ABD, İngiltere ve Japonya’da bu dönem için sanayi sektörünün istihdam payının %40-45 seviyelerine ulaşmış olduğu görülmektedir. Öte yandan söz konusu ülkelerin işgücü piyasalarındaki sektörel dağılımın önce tarımdan sanayiye sonrasında ise sanayiden hizmet sektörüne kaydığı görülmektedir. Nitekim sanayi kesiminin istihdam payının azaldığı dönemlerde özellikle hizmet sektörü payının önemli artışlar gösterdiği anlaşılmaktadır (bkz. Tablo 5.). Türkiye işgücü piyasasında ise sanayileşmenin tam olarak gerçekleşmediği, tarımda makine kullanımının da itici gücüyle kırdan kente göç eden işgücünün sanayi sektöründen ziyade hizmet sektöründe istihdam edildiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde sektörel kaymalar hipotezinin Türkiye özelinde çarpık bir yapı gösterdiği kabul edilebilir bir durumdur.

1.2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ-ENDÜSTRİ 4.0: OTOMASYON KAYGISININ BUGÜNKİ DURUMU

1.2.1. Dördüncü Sanayi Devrimi

21. yüzyıl teknolojilerinin yeni bir sanayi devrimine sebep olup olmadığı ya da üçüncü sanayi devriminin simge teknolojisi olan “bilgisayar teknolojilerindeki” ilerlemeler dolayısıyla üçüncü sanayi devriminin devamı olup olmadığı yönünde genel kabul bulunmamaktadır. Fakat konuyla ilgili araştırmacılar, fütüristler, politikacılar ve iş adamları söz konusu yeni teknolojilerin etkili ve kapsamlı değişikliklere neden olduğunu ve olabileceğini kabul etmektedirler. Brynjolfsson ve McAfee (2014), 21. yüzyıl teknolojilerinin etkisinin “İkinci Makine Çağını” başlattığını ifade etmişlerdir. Bu iddia yeni teknolojilerin, önceki bölümde açıklanan Ian Morris’in belirlediği, insanlık tarihindeki büyük değişime neden olan birinci sanayi devrimi ve onun simge teknolojisi olan buhar makinesi kadar etkili olabileceği varsayımına dayanmaktadır. Araştırmalarında yeni teknolojilerle desteklenen makinelerin yapabildiği kompleks işleri örnek vererek tıpkı birinci sanayi devriminde olduğu gibi yeni teknolojilerin sosyo-ekonomik etkilerinin oldukça yaygın ve köklü dönüşümlere neden olacağını ifade etmişlerdir. Söz konusu teknolojilerin insan refahı için oldukça yararlı olacaklarını ifade etmelerine rağmen işgücü için tehdit edici özelliklerine de vurgu yapmışlardır. Rifkin (2011) ise 21. Yüzyılda yaşanan gelişmeleri üçüncü sanayi devrimi olarak nitelendirmektedir. Tarihteki büyük ekonomik devrimlerin, yeni iletişim teknolojilerinin yeni enerji sistemleriyle birleştiği durumlarda meydana geldiğini ifade etmiştir. Bu doğrultuda üçüncü sanayi devrimi olarak nitelendirdiği sürecin internet teknolojisi ile yenilenebilir enerjinin birleşimi ile başladığını ve köklü değişimleri beraberinde getirdiğini ve getirmeye devam edeceğini ifade etmiştir. Bu değişimin altyapısının binlerce yeni iş alanı ve milyonlarca yeni iş imkânı ortaya çıkaracağını ifade etmiştir. Marr (2020) ise doğrudan simge bir teknoloji olarak yapay zekâyı esas almakta ve yeni teknolojilerin “Yapay Zekâ Devrimini” ortaya çıkardığını ifade etmektedir. Gerek sosyal gerekse ekonomik anlamda sınırsız etkileri olabileceğini ifade ettiği yapay zekânın, çalışma hayatı için uygun önlemlerle tehdit olmaktan çıkacağını ifade etmiştir. Schweb (2017) ise 21. Yüzyıl teknolojilerinin etkisinin ölçeği, kapsamı ve karmaşıklığı açısından insanlık tarihinde daha önce meydana gelen sanayi devrimlerinin etkilerine

benzemediğini ifade etmiş ve bu süreci “Dördüncü Sanayi Devrimi” olarak nitelendirmiştir. Schweb bu varsayımı, 21. Yüzyıl teknolojilerinin milyarlarca insanın cihazlara bağlanabilmesi, eşi görülmemiş işlem gücü ve bilgi erişimine izin vermesinin yanı sıra yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti, özerk ulaşım araçları, 3D yazıcılar, nanoteknoloji vb. yeni teknolojik gelişmelerin şaşırtıcı bir şekilde iç içe geçmesine dayandırmaktadır. Ayrıca dördüncü sanayi devrimini ilk üç sanayi devriminden ayıran üç önemli özellikten bahsetmektedir: (I) Hız: Önceki sanayi devrimlerinin aksine dördüncü sanayi devrimi doğrusal değil üstel bir hızla gelişmektedir. (II) Genişlik ve Derinlik: Dijital teknolojiler temelinde çok çeşitli teknolojilerin bir araya geldiği bu süreçte sosyal hayat, iş hayatı ve bireysellikte paradigma değişimi yaşanmaktadır. (III) Sistem Etkisi: Dördüncü sanayi devrimi ülkelerin, şirketlerin ve sektörlerin içinde ve bütününde sistematik bir değişimi tetiklemiştir. Farklı şekillerde isimlendirilse de 21. Yüzyıl teknolojilerinin genel olarak fiziksel ve dijital teknolojilerin birleşimi ile farklı etkileri ortaya çıkardığı ortak bir kabul olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu teknolojilerin üretim sürecinde kullanımına vurgu yapan Endüstri 4.0 kavramı ise dördüncü sanayi devrimi için kabul görmüş ve oldukça fazla sayıda çalışmada kullanılmıştır. İlk kez 2011 Hannover Fuarında gündeme gelen bu kavram teknolojik gelişmelerin küresel değer zincirlerinin örgütlenişini nasıl dönüştüreceğini ifade etmek için kullanılmıştır. Bu kapsamda Endüstri 4.0, “Akıllı Fabrikaları” mümkün kılarak dijital ve fiziksel imalat sistemlerinin bir birleriyle esnek ve işlevsel birleşimini ifade etmektedir (Schwab, 2021:16-17). Philbeck ve Davis (2018:17-18), “dördüncü sanayi devrimi” ve “Endüstri 4.0” kavramlarının eş anlamlı olarak kullanılsa da bazı farklılıkları olduğunu ifade etmektedirler. Buna göre dördüncü sanayi devrimi kavramı, 21.yüzyıl teknolojilerinin toplumun tüm kesimleri ve tüm sektörleri üzerinde dönüştürücü bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim önceki sanayi devrimleri de verimlilikteki artışın ötesinde, toplumda yeni bir algı, yaşam tarzı ve yeni olguları beraberinde getirmişlerdir. Endüstri 4.0 ise söz konusu yeni teknolojilerin üretim sistemlerinde dijitalleşme, organizasyonel dönüşüm ve üretkenlik artışı arasındaki ilişkiye daha dar ve daha incelikli bir şekilde odaklanılmasına dayanır. Benzer şekilde Xu vd. (2018a) dördüncü sanayi devrimi ile ilgili öncü çalışmalarında Endüstri 4.0 kavramını ayrı tutarak bu farkı doğrulamışlardır. Bu bilgiler ışığında, araştırmanın bütünlüğünü korumak adına aşağıda dördüncü sanayi devriminin sosyo-ekonomik etkilerinden kısaca bahsedilecektir. Kısaca bahsedilmesinin

nedeni önceki bölümde bahsi geçen ilk üç sanayi devriminin aksine, dördüncü sanayi devriminin henüz tamamlanmamış olması ve etkilerinin net bir şekilde gözlemlenememiş olmasıdır. Sonrasında ise bu araştırmanın amacı ve kapsamı için hayati öneme sahip olan Endüstri 4.0 ve Endüstri 4.0 teknolojileri açıklanacaktır.

Dördüncü sanayi devrimi, üçüncü sanayi devriminin elektrik ve telekomünikasyon sistemlerine dayanan dijital teknolojileri ile mümkün kıldığı hızlı bilgi alışverişi üzerine kurulmuştur. Fakat üçüncü sanayi devriminin devamı olarak nitelendirilmek yerine bu sürecin dördüncü sanayi devrimi olarak kabul edilmesinin nedeni dijitalleşmenin ilerlemesinden öte yeni teknolojilerin varlığıdır. Günümüzde güçlü makine öğrenimi algoritmaları, düşük maliyetli sensörler ve hareketi sağlayan motorların birleşimi, teknolojilerin fiziksel ortama sorunsuz bir şekilde yerleştirilmesini sağlamaktadır (Philbeck ve Davis, 2018:18). Bunun yanı sıra ortaya çıkarılan fiziksel nesneler öncelikle dijital olarak üretilmektedir. 21. Yüzyıl teknolojileri fiziksel nesnelerin ortaya çıkarılması sürecini köklü bir şekilde değiştirmektedir. Günümüzde bir icadı veya bir fikri olan herkes, ilgili ürünün üretimi için bilgileri dijital bir dosyaya yükleyebilmekte veya 3D yazıcılar sayesinde kendisi üretebilmektedir. Bu durum, mucitlerin ve girişimcilerin üretmek için büyük sermayeye sahip olma veya büyük şirketlere ihtiyaç duyma durumunu ortadan kaldırmaktadır. Öte yandan “Makerspace” adı verilen üretim tesislerinde dijital ortamda tasarlanan ve üretim aşamasına hazır hale gelen bilimsel, mimari ve hatta tarım araçlarına ilişkin ürünler piyasalarda yoğun bir şekilde alıcı bulabilmektedir. Şangay’da bulunan yüz makerspace tesisi, 2011 yılında yaklaşık bir milyon alıcıya 0.5 milyar dolarlık satış gerçekleştirmiştir. 2012 yılında ABD’de başlatılan bir program çerçevesinde 12.000 başarılı maker projesi (tasarımdan teknolojiye sanat) 300 milyon dolardan fazla yatırım almıştır (Anderson, 2012:16-19).

Schwab ve Davis (2018), dördüncü sanayi devrimini, 1800’den bu yana milyarlarca insanın yaşam kalitesinde çarpıcı artışlarla sonuçlanan insani gelişmedeki tırmanışı sürdürmek için önemli bir umut kaynağı olarak değerlendirmektedirler. Fakat bu gelişimin sağlanması için üç temel zorluğun üstesinden gelinmesi gerektiğini ifade etmektedirler: (I) Farklı paydaşlarla işbirliği yapılmalıdır. (politikacılar-girişimciler-toplum vs.) (II) Teknolojik gelişimin sağladığı faydaların adil paylaşımının sağlanması gerekmektedir. (III) Yeni teknolojileri insanları güçlendirmek üzere yönlendirmek gerekmektedir.

Dördüncü sanayi devrimi küresel ekonomi üzerinde geniş ve çok yönlü etki gösterme potansiyeline sahiptir. Genel olarak düşünüldüğünde neredeyse tüm makroekonomik göstergeleri (GSYİH, yatırım, tüketim, istihdam, ticaret enflasyon vb.) etkileyebilir. Dördüncü sanayi devrimi, birçok insana çok daha düşük fiyatlarla tüketme olanağı vererek, daha sürdürülebilir ve daha sorumlu bir tüketimi mümkün kılabilir (Schwab, 2021:38). Dördüncü sanayi devriminin itici güç olduğu 21. Yüzyılda insanlık, sadece ekonomik anlamda değil sosyal anlamda da yeni bir aşamaya geçmiş durumdadır. Bu anlamda üzerinde en çok durulan kavram “Toplum 5.0” dır. Sosyo-ekonomik anlamda topyekün bir dönüşümü ifade etmek için kullanılan bu kavram ilk dört tanımlamanın devamı niteliğindedir. Buna göre; Toplum 1.0: Avcı ve toplayıcı toplum, Toplum 2.0: Tarım toplumu, Toplum 3.0: Endüstriyel toplum ve Toplum 4.0: Bilgi odaklı toplum olarak tanımlanır. Toplum 5.0 ise hayatın her alanında bilgiyi ve bilgi teknolojilerini kullanmayı içerir. Toplum 5.0’ın oluşumu nesnelerin interneti ve yapay zekâ gibi dördüncü sanayi devriminin ileri teknolojileri kullanılarak biyoteknolojideki benzeri görülmemiş ilerlemeler, benzeri görülmemiş yeni malzemelerin üretilmesi ve bulut teknolojileri ile muazzam bir bilgi ağının kullanımı gibi ilerlemelerle gerçekleşmeye başlamıştır (Melnik, 2019:382). Toplum 5.0’ın temel şeması, gerçek dünyadan toplanan verilerin bilgisayarlar tarafından işlenmesi ve sonuçların gerçek dünyaya uygulanmasıdır. Örneğin; yeni teknolojilerle donatılmış bir klima düzenli olarak oda sıcaklığını ölçer ve dahili bir mikrobilgisayar sıcaklık değerlerini kayıtlı sıcaklık değerleriyle karşılaştırır ve sonuca bağlı olarak odada istenen sıcaklık korunacak şekilde hava akışını sağlar. Bu örnek, bilgi toplumu kavramına daha uygundur. Toplum 5.0’ın farkı, bir odayı istenen sıcaklıkta tutmak, enerji sağlamak ve trenlerin zamanında hareket etmesini sağlamak gibi sınırlı bir kapsamda çalışan sisteme sahip olmak yerine toplum genelinde entegre bir şekilde çalışan bu sistemlere sahip olmaktır. Entegre sistemlerden elde edilen verilerin yapay zekâ ve Bilgi İletişim Teknolojileri ile kaydedilmesi ve işlenerek gerçek dünyaya aktarılması ise sosyal hayatın daha mutlu ve konforlu hale gelmesini sağlayacaktır (Deguchi vd., 2020:2-3). Dördüncü sanayi devriminin sosyo-ekonomik etiklerine ilişkin fikirler şuanda daha çok iddia niteliğindedir. Bu durumun sebebi, daha önce de ifade edildiği gibi söz konusu sanayi devriminin henüz gerçekleşmemiş olması ve etkilerinin net bir şekilde gözlenememiş olmasıdır.

Yukarıda, dördüncü sanayi devrimine ilişkin fikirlerine yer verilen ve bu konuda öncü çalışmalar gerçekleştiren araştırmacıların diğer bir ortak fikri ise 21. Yüzyıl teknolojilerinin çalışma hayatı üzerinde doğrudan etkilerinin olacağı yönündedir. Fakat bu etkinin yönü üzerinde bir fikir birliği bulunmamaktadır. Araştırmanın devam eden bölümlerinde 21. Yüzyılda otomasyon kaygısının bugünkü durumu, gerek teorik gerekse ampirik bilgiler ışığında farklı açılardan detaylı bir şekilde tartışılacaktır.

1.2.2. Endüstri 4.0 ve Teknolojik Yenilikler

Endüstri 4.0; veri ve bağlantı, insan-makine etkileşimi ve robot teknolojisindeki gelişmeler gibi yıkıcı teknolojilerin yönlendirdiği imalat sektörünün dijitalleşmesindeki son aşamadır (McKinsey & Company, 2022a). Endüstri 4.0 kavramı, dijitalleşme yoluyla tüm ekonomik aktörlerin bir birleriyle yakın etkileşimler kurarak değer ortaya koyması olgusuna dayanmaktadır. Değer ortaya koyma sürecinde yer alan her fiziksel varlık dijitalleştirilir ve tek bir Endüstri 4.0 ekosistemine bağlanır (Schwab, 2015). Öztemel ve Gürsev (2020) Endüstri 4.0 üzerine gerçekleştirdikleri kapsamlı bir literatür taraması sonucunda kapsayıcı bir tanım geliştirmişlerdir. Buna göre Endüstri 4.0; “ahmak seviyesinde özerkliğe sahip otomasyon sistemlerini, yeni nesil üretim teknolojilerinin uygulanmasını destekleyen esnek ve etkili veri alışverişini, tasarımda yeniliği ve üretimde daha kişisel, özelleştirilmiş ve daha çevik ürünleri mümkün kılan bir üretim felsefesi” olarak tanımlanmıştır. Bu tanım, özerk karar verme (akıllı fabrika), etkin veri alışverişi (ERP, Bulut) ile otomasyon (makine öğrenmesi, nesnelerin interneti) uygulamalarını, gelecek nesil teknolojilerin (artırılmış gerçeklik) inovasyonunu ve icadını desteklemenin yanı sıra kişisel düzeyde akıllı teknoloji (mobil sistemler, büyük veri) kullanımını içermektedir (Öztemel ve Gürsev, 2020:165). Endüstri 4.0 kavramı kesin ayrımların olmadığı birçok güncel kavramın birleşimini ifade etmektedir. Bu kavramlar (Lasi vd.,2014:240):

Akıllı Fabrika: Üretimin tamamen sensörler, aktörler ve otonom sistemlerle donatılmış bir ortamda gerçekleştirildiği fabrikalardır. Sakin sistemler olarak da nitelendirilen bu sistemler, fiziksel ve dijital ortamdan gelen bilgilere dayalı olarak, otonom bir şekilde görevlerini yerine getirmektedirler (Lucke vd., 2008:115-116).

Siber-Fiziksel Sistemler: Fiziksel ve dijital unsurların ayrıştırılamayacak şekilde birleşimini ifade etmektedir. Örneğin; Fiziksel bir aşınma ve yıpranmanın sebepleri dijital olarak kaydedilir, düzeltme uyarısı ve optimum çözüm önerisi geliştirilir. Sistem fiziksel nesne ve onun dijital işlem parametrelerinden oluşur.

Kendi-Kendini Organize Etme: Üretim sistemlerinin merkezilikten uzaklaşmasını ifade etmektedir. Bu durum klasik üretim hiyerarşisinin ayrışması ve merkezi olmayan kendi kendine örgütlenme anlamına gelmektedir.

Dağıtım ve Satın Almada Yeni Sistemler: Dağıtım ve satın alma işlemleri giderek daha bireysel hale gelecektir. Bu işlemler, farklı kanallar ve bağlantılı süreçler aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Ürün ve Hizmet Geliştirmede Yeni Sistemler: Ürün ve hizmetlerin giderek daha fazla oranda bireysel talebe uygun halde üretilebilmesini ifade etmektedir. Açık inovasyon ve ürün hafızası gibi özellikler bu durumun itici güçleridir.

İnsan İhtiyaçlarına Adaptasyon: Yeni üretim sistemlerinin insan ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanabilme durumunu ifade etmektedir.

Kurumsal Sosyal Sorumluluk: Başarılı ürünlerin ortaya çıkarılmasında uygulanan endüstriyel üretim sistemlerinin, sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği çerçevesinde hareket edebilme durumunu ifade eder.

Endüstri 4.0 mal ve hizmet üretiminde bağlantı, gelişmiş analitik süreçler, otomasyon ve ileri üretim teknolojileriyle, şirketlerin üretim verimliliğinden ürün özelleştirmeye kadar her alanda yeni iş modelleri ve hizmet etkinlikleri oluşturmaya imkân veren bir süreç olarak değerlendirilebilir. Şekil 5. değer zinciri boyunca Endüstri 4.0'ı karakterize eden 4 temel teknolojiyi göstermektedir.



Kaynak: Agrawal, M., Eloot, K., Mancini, M., & Patel, A. (2020). Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19. McKinsey & Company, 1-11. Sayfa 2’deki şekilden elde edilmiştir.

Şekil 5. Endüstri 4.0’ı Karakterize Eden Dört Temel Teknoloji

Bu kapsamda Endüstri 4.0’ın temel özellikleri: “dijitalleşme ve değer zinciri boyunca dikey entegrasyon, dijitalleşme ve yatay entegrasyon ile çeşitli maliyetlerin ortaya çıkması, ürün ve hizmetlerin dijitalleştirilmesi, dijital iş modelleri ve müşteri erişimi ve geliştirilen teknolojik platformlar” olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu özellikler üretim, tanıtım ve pazarlama alanlarının yanı sıra hizmet ve bilgi alışverişi alanlarında da yaygınlaşmaktadır (Bilan vd., 2019:70-71). Endüstri 4.0, itici güç olarak tüm sektörlerde büyük bir dönüşümü beraberinde getirecektir. Fakat bazı sektörlerdeki dönüşüm diğerlerine nispeten daha hızlı ve kapsamlı bir şekilde gerçekleşecektir. Özellikle otomasyon ve dijitalleştirmeye uygun görevler için çok sayıda insanın istihdam edildiği operasyon yoğun sektörler, Endüstri 4.0’dan daha fazla etkilenmektedir ve etkilenmeye devam edecektir. Ellingrud vd., (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmaya göre operasyon yoğun olarak nitelendirilen imalat, nakliye ve perakende satış sektörleri, diğer sektörlerle göre 1.3 kat daha fazla otomasyon potansiyeline sahiptir. Elde ettikleri sonuçlara göre dünya çapında imalat sektöründeki işlerin %58’inin otomasyon riski altında olduğunu, en düşük orana sahip olan eğitim sektöründe ise işlerin %25’inin

otomasyon riski altında olduğunu ifade etmişlerdir. Bu bilgilere uygun olarak, bu çalışmada Endüstri 4.0 süreci, imalat sanayi özelinde işlenmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada elde edilecek sonuçlar imalat sanayinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojilerinin muhtemel istihdam etkilerini araştıracağından bir sonraki başlıkta imalat sanayinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri açıklanmaya çalışılmaktadır.

1.2.2.1. Endüstri 4.0 Teknolojileri

21. Yüzyılda üretim endüstrisi, geliştirilen en son Bilgi İletişim Teknolojilerinin itici güç olduğu dördüncü devrim dolayısıyla bir paradigma değişimi ile karşı karşıyadır (Kang vd., 2016:111). Bu geçiş, endüstriyel bir ortamda farklı kontrol ve yönetim seviyelerini birbirine bağlamayı mümkün kılan bir dizi teknolojinin başarılı bir şekilde uyarlanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir (Simó vd., 2021:3). Suleiman vd., (2022) Endüstri 4.0'ın kavramsal bir analizi için inceledikleri alan yazında dokuz farklı teknolojik yeniliğin altını çizmişlerdir: 1: Büyük Veri, 2: Otonom Robotlar, 3: Simülasyon, 4: Eklemeli İmalat-3D Yazıcılar, 5: Yatay ve Dikey Entegrasyon, 6: Nesnelerin İnterneti, 7: Bulut Bilgi İşlem, 8: Siber Güvenlik, 9: Artırılmış Gerçeklik. Salunkhe ve Berglund (2021) ise bu teknolojileri daha genel ve iç içe geçen formlarıyla yediye ayırmaktadır: 1: Eklemeli İmalat, 2: Bulut Bilişim, 3: Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri, 4: Nesnelerin İnterneti, 5: Büyük Veri ve Makine Öğrenmesi, 6: Artırılmış Gerçeklik, 7: İşbirlikçi Robot Uygulamaları. Firmaların bu teknolojileri ayrı ayrı kullanımı mümkün olsa da üretim sisteminin tamamen Endüstri 4.0'a geçişi ancak tüm teknolojilerin birlikte kullanımıyla mümkün olabilmektedir (Issa vd., 2018:975). Dünya Ekonomik Forumu ve McKinsey and Company 2018 yılında dördüncü sanayi devriminin öncüsü olan kuruluşları ve teknolojileri belirlemek adına işbirliği yaparak "Küresel Deniz Feneri Ağı" projesini başlatmışlardır. Bu projede, neredeyse tüm imalat sektörlerinden dünya çapında yaklaşık 140 firmanın Endüstri 4.0 süreci hakkında ayrıntılı bilgiler yer almaktadır. Bu projede, Endüstri 4.0 için dört temel teknoloji bağlamı ve bu teknolojileri oluşturan alt teknolojilerden bahsedilmektedir: 1: Bağlantı, Veri, Hesaplama Gücü, 2: Analitik ve Zekâ, 3: İnsan-Makine Etkileşimi, 4: Gelişmiş Mühendislik (McKinsey & Company, 2022b). Bu çalışmada bu dört temel başlık esas alınarak Endüstri 4.0 teknolojileri açıklanacaktır. Nitekim bu sınıflandırma yukarıda bahsedilen sınıflandırmaları kapsamaktadır.

Endüstri 4.0 öncelikle robot teknolojisi ile akla gelmekte ve özellikle istihdam etkisi robot teknolojisi ile ilişkilendirilmektedir. Fakat Endüstri 4.0'ın istihdam etkisinin net bir şekilde belirlenebilmesi için emek tasarrufu potansiyeline sahip teknolojilerin heterojenliği ve farklı teknolojilerin işlevleri göz önünde bulundurulmalıdır (Staccioli ve Virgillito, 2021:3). Bu nedenle bu çalışmada özellikle imalat sanayinde kullanımı yaygın olan Endüstri 4.0 teknolojileri, ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu teknolojiler makine tabanlı (fiziksel) ve makine tabanlı olmayan (fiziksel olmayan) dijital teknolojiler olarak iki başlıkta sınıflandırılabilir (Balsmeier ve Woerter, 2019; Schwab, 2021). Genel amaçlı kullanımlarının olmaları, birçok teknolojiyi daha işlevsel hale getirmeleri ve Endüstri 4.0'ın itici teknolojileri olmaları nedeniyle nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojileri kullanım amaçlarıyla birlikte açıklanmaktadır. Bu teknolojiler, bir sonraki bölümde açıklanacak olan araştırma modelinde imalat sanayi firmalarının istihdam düzeylerinin etkileyicisi olarak kabul edilecektir. Bunun yanı sıra, söz konusu teknolojilere ilişkin aşağıdaki açıklamalar ilgili literatürle birlikte, bu çalışmada teknolojinin istihdam etkisi ile ilgili ulaşılan sonuçların yorumlanmasında da kullanılacaktır.

1.2.2.1.1. Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler

1.2.1.1.1.1. Yapay Zekâ

Yapay zekâ terimi makinelerin akıllı hareket edebilme becerisini (bir insan müdahalesi olmaksızın kendi başına hareket edebilmesi ve öğrenebilmesi) ifade etmek için kullanılır. Yapay zekâ temelde; “örüntüleri (kalıpları) tespit etmek, ne yapacağına karar vermek ve gelecekteki sonuçları tahmin etmek için bir algoritmayı (bir hesaplama ya da bir problem çözme için geliştirilmiş) verilere uygulamak” anlamına gelmektedir (Marr, 2020:32). Yapay zekâ terimi ilk kez 1955 yılında ABD'nin Dartmouth şehrinde matematik dersleri veren John McCarthy tarafından ortaya atılmıştır. Bu terimin ortaya atılmasından sonra yapay zekâyla ilgili birçok iddia ortaya atılmıştır. 1957'de ekonomist Herbert Simon bilgisayarların on yıl içerisinde insanları satrançta yenebileceğini iddia etmiştir. 1967 yılında bilişsel bilim ile ilgilenen Marvin Minsky “yapay zekâ yaratma problemi bu nesil tarafından büyük oranda çözülmüş olacaktır” şeklinde bir iddia ortaya atmıştır. Ancak bu iddialar en azından gerçekleşme zamanı açısından doğru çıkmamıştır

(Brynjolfsson ve McAfee, 2017:4-5). Bu durumun nedeni, yapay zekâyâ ilişkin ilk çalışmaların insanı bire bir taklit edebilecek ve insanın gerçekleştirebildiği tüm görevleri yerine getirebilecek yapay zekâyâ odaklanmış olmasıdır. Bu hedefe henüz günümüzde de yaklaşamamıştır. Bu yaklaşım yapay zekâ teknolojilerinin gelişiminde uzun süreli bir duraklamaya neden olmuştur. Sonrasında insanı taklit etme yerine insanın gerçekleştirdiği her bir spesifik görevi insanlardan daha iyi bir şekilde yerine getirebilecek yapay zekâ teknolojilerine odaklanılmıştır (Reese, 2018:76-77). Bu çerçevede ilk çalışmalarda hedeflenen ve günümüzde de gerçekleştirilebilmesi için çaba harcanan yapay zekâ türüne “genel yapay zekâ”, sonrasında odaklanılan türe ise “dar ya da uygulamalı yapay zekâ” adı verilmektedir:

Genel yapay zekâ: Her şeyi en az insanlar kadar iyi yapabilen programlar geliştirmeyi amaçlayan yapay zekâ teknolojileridir. Bu, birçok farklı görevi aynı anda başarılı bir şekilde gerçekleştirebilen yapay zekâ teknolojisinin gelişimini içermektedir. Bu teknolojiler henüz geliştirilemediği gibi bazı yapay zekâ uzmanları bu teknolojilerin geliştirilebilmesi için on yıllara veya yüz yıllara ihtiyaç duyulabileceğini ifade etmektedirler (Walsh, 2018:38-39).

Dar-uygulamalı yapay zekâ: İnsan düşüncesini, somut bir görevi yerine getirmeye teşvik etme ilkeleri için kullanan yapay zekâ teknolojileridir. Hastaya ait tarama görüntülerini yorumlaması öğretilen bilgisayarlar ya da eski harcama kayıtlarına bakarak gerçek zamanlı kredi kartı dolandırıcılığı girişimlerini tespit edebilen banka sistemleri, uygulamalı yapay zekâyâ örnek olarak gösterilebilir. Günümüzde iş uygulamalarında yaygın şekilde kullanım alanı bulunmaktadır (Marr, 2020:32). Yapay zekâ şimdiden gazetecilik, tıp doktoru, muhasebe ve hukuk gibi bilgiye dayalı meslekleri etkilemektedir. Avukatların veya doktorların tamamen yerini alması bile vaka çalışmalarını ve teşhis görüntülerini sentezleyip analiz edebilen yapay zekâ uygulamaları bu mesleklerde çalışma şekillerini değiştirme potansiyeline sahiptir (Schwab ve Davis, 2018:174).

İki farklı yapay zekâ türü, iş hayatı açısından karşılaştırıldığında uygulama biçimi ve maliyeti farklı olsa da benzer sonuçları ortaya çıkarabilir. Çok az ya da hiçbir iş tek bir görevden oluşmamaktadır ve farklı beceri, bilgi ve deneyim gerektiren heterojen görevlerden oluşur. Bu kapsamda, bir işteki tüm görevleri yerine getirmek için bir genel yapay zekâ teknolojisine ya da her bir spesifik görevi yerine getirebilecek farklı dar yapay

zekâ teknolojilerinin bir araya getirilerek uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamaya ihtiyaç duyulur. Her iki yolda da yapay zekâ birçok işi ve görevi yerine getirme ve insanları işsiz bırakma potansiyeline sahiptir (Susskind, 2020:76-78). Ancak yapay zekânın insanların yapabildiği her görevi yerine getirip getiremeyeceği tartışma konusudur ve aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak tartışılacaktır. Bu çalışmada iş hayatına doğrudan etkileri gözlemlenebilen ve hali hazırda yaygın şekilde kullanılan dar yapay zekâyâ odaklanılacaktır ve sonraki bölümlerde yapay zekâ teknolojisi, dar ya da uygulamalı yapay zekâ terimi yerine kullanılacaktır.

Yapay zekânın Endüstri 4.0'ın arkasındaki itici güç olduğu kabul edilmektedir (Kumpulainen ve Terziyan, 2022:140). Yapay zekâ teknolojilerindeki mevcut gelişmeler endüstriyel süreçleri, uygulamaları, sistemleri ve ürünleri hem niteliksel hem niceliksel anlamda önemli derecede etkilemektedir (Terziyan ve Vitko, 2022:216). Özellikle büyük verinin yapay zeka analitiği ile işlenmesiyle gerçekleştirilen somut bilgi güdümlü üretim, imalat sektöründe firmaların mevcut gelişiminin devam edebilmesi veya yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine büyük bir katkıda bulunmaktadır (Liagkou vd., 2021:2). Bu çerçevede, yapay zekânın karmaşık görevleri tanımlamak, maliyetleri azaltmak ve mal ve hizmetlerin kalitesini artırmak için makineler tarafından kullanılması, akıllı fabrikaların ve dolayısıyla Endüstri 4.0 sürecinin temelini oluşturmaktadır (Ribeiro vd., 2021:53). Nitekim Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasını mümkün kılan, sanal bilgilerin fiziksel ortama aktarılması ve işletilmesini sağlayan siber-fiziksel sistemler de yapay zekânın kullanımıyla mümkün olabilmiştir. Yapay zekâ destekli Endüstri 4.0 teknolojileri imalat sanayine önemli derecede etki etmekte ve endüstriyel üretimin dördüncü aşamasını mümkün kılmaktadır (Zheng vd., 2018:137). Yapay zekâ teknolojilerinin uygulamaları personel planlaması, ürün tasarımı, performans, ürün kalitesi ve çalışanların refahını en üst düzeye çıkarmaya kadar çeşitli iş kolları ve seviyelerinde işlevsel özelliklere sahip olduğundan imalat sektöründe de önemli gelişmelere olanak sağlamaktadır (Javaid vd., 2022:83). Endüstri 4.0'ı oluşturan diğer teknolojilerin neredeyse tamamı yapay zekâ desteğiyle işlevsellik kazanmakta ve akıllı üretimi mümkün kılan bağımsız hareket edebilme kabiliyetini yapay zekânın karar verme sistemleri ile işletebilmektedirler. Örneğin; yapay zekâ destekli robotların kullanımı farklı ürünlerin daha kolay üretilmesine olanak tanımaktadır (Üstündağ ve Çevikhan, 2018:7). Dolayısıyla Endüstri 4.0 teknolojilerinin işlevselliğini ve istihdam ilişkisini anlamak için öncelikle

yapay zekâyı ve yapay zekânın iş hayatındaki etkilerini anlamak gerekir. Endüstri 4.0'ın arkasındaki fikirler büyük ölçüde farklı süreçler, ürünler, teknolojiler ve insanlar arasındaki birlikte çalışabilirliğe dayandığından, yapay zekâyı akıllı üretim bağlamında açıklamak çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir (Rehse vd., 2019:181). Bu çerçevede iş hayatında ve imalat sektöründe yapay zekânın farklı kullanım amaçları ve uygulamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme İçin: Yapay zekânın bir alt kümesi olarak kabul edilen makine öğrenmesi, insan zekâsıyla ilişkili deneyimsel “öğrenme” yeteneğine sahip yapay zekâ sistemlerini ifade etmektedir. Bu sistemler geçmişteki verileri kullanarak karar verme kapasitelerinin yanı sıra, hesaplamalı algoritmaların kullanımı ile analiz yöntemlerini öğrenme ve geliştirme kapasitesine de sahiptir. Bu algoritmalar büyük veri girdi ve çıktıları kullanarak entegre edildiği makineyi kalıpları tanımak, otonom öneriler geliştirmek ve karar almak üzere eğitebilmektedir (Helm vd., 2020:69-70). Makine öğrenmesi sistemleri uygulamadaki birçok eski algoritmaların yerini aldığı gibi daha önce insanlar tarafından gerçekleştirilen birçok görevi de insanlardan daha iyi bir performansla gerçekleştirebilmektedirler. Bu çerçevede makine öğrenmesi üç önemli noktada; kurumsal süreçler, iş modelleri ve meslek ve görevlerde büyük değişimlere neden olmaktadır. Meslek ve görev alanındaki değişimler için daha önce kanserli hücrelerin özelliklerine ilişkin verilere sahip bir makine öğrenmesi algoritmasının mevcut hastaya ait verilerle kanserli hücreleri tespit edebilmesi örnek olarak gösterilebilir. Bu durum radyologların hasta ile iletişim kurma ve diğer işlerine daha fazla zaman ayırma imkânı sunmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2017:5-6). Aşağıda açıklanan diğer yapay zekâ kullanım amaç ve uygulamaları da çoğunlukla makine öğrenmesi sistemleri aracılığıyla, bu örnekte olduğu gibi belli bir iş veya mesleğin daha verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesine olanak tanımaktadır.

Otonom Robotlar İçin: Yapay zekâdaki ilerlemeler, Endüstri 4.0 süreci içerisinde robotların gerçek zamanlı, çevresel verilere dayalı olarak daha fazla hesaplamalı görevleri yönetmesine ve bağımsız kararlar almasına olanak tanımaktadır (Javaid vd., 2022:83). Nitekim robotların işlevsel bir şekilde kendi başına hareket edebilmesi ve görevleri herhangi bir müdahale olmaksızın yerine getirebilmesi için yapay zekâ ile desteklenmesi gerekir (Kim vd., 2022:116). Yapay zekâ destekli üretim robotları montaj, kaynak, boya,

stok testi, kalıplama vb. birçok üretim uygulamasını özerk bir şekilde yerine getirebilmektedir (Javaid vd., 2022:83).

Üretim Süreçleri İçin: Yapay zekâ, üretim sektöründe öncelikle arıza sürelerini azaltma ve üretim hatlarının sürekli etkinliğini sağlama amacıyla kullanılabilir. Yedek parçaların sipariş edilmesi gerektiğinde, tahmin yapmak için yapay zekâ kullanılabilir. Bu beceri, tesis makine arıza sürelerini ortadan kaldırır ve maliyetli bileşenlerin stoklanması önler. Bu etkinlik, muhtemel bir bileşen arızasını gösteren büyük miktarda veri ve modelleme eklenerek yapılabilir. Makine öğrenimi modelleri, şirkete ve üretime özgü verileri sürekli olarak yorumlayarak daha kesin hale getirir, hataları ve anormallikleri önler (Javaid vd., 2022:83). Öte yandan üretimin farklı aşamalarında da işlevsel özelliklere sahiptir. Örneğin; malzeme türleri, mevcut üretim yöntemleri ve bütçe sınırlamaları gibi çeşitli değişkenlere ait verilerin girildiği bir yapay zekâ teknolojisi, olası tüm seçenekleri değerlendirerek bir ürünün optimum tasarımını ortaya çıkarabilmektedir (Buchmeister vd., 2019:87).

Yazı Dili-Doğal Dil İşleme İçin: Makine öğrenmesi ya da derin öğrenme sitemleri sayesinde yapay zekâ uygulamaları yazılı bir metni okuyup anlayabilmektedir. Facebook'un Deep Text aracı bu işlev için önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu araç platformda yazılan farklı metinleri okuyarak bir anlam çıkarabilmekte, kurallara uymayan paylaşımları belirleme ve silme işlemini gerçekleştirebilmektedir. Bir saniyede yirmiden fazla dildeki metinleri çevirip okuyabilen bu araç, ayrıca argo sözcükleri de tespit edebilmektedir. Bu becerileri sayesinde üretim süreci içerisinde makineler için farklı dillerdeki bilgi ve verileri kullanılabilir hale getirerek üretimin etkinliğini de artırabilmektedir (Marr, 2020:33).

Görüntü Tanıma: Yine makine öğrenmesi sayesinde yapay zekâ görüntü tanıma işlevini yerine getirebilmektedir. Bu sayede bilgisayarlar görsel verileri analiz etme, sonra da gördükleri temelinde karar alma becerisine sahip olmaktadır. Japonya'da bir çiftçi yetiştirdiği salatalıkları sınıflandırması için yapay zekânın görüntü tanıma özelliğini kullanmış ve bu işlemi çok hızlı bir şekilde gerçekleştirmeyi başarmıştır (Marr, 2020:34). Yapay zekânın bu işlevi imalat sanayinde de özellikle gıda üretimi sektöründe ve diğer birçok sektörde ürünlerin sınıflandırılması, bozuk ya da hatalı ürünlerin tespit edilmesi vb. birçok görevi yerine getirebilmektedir.

İşletme Yönetimi İçin: Yapay zekâ, büyük veri ve makine öğrenmesi sayesinde performans analizi, işletme için yeni iç görüler geliştirme ve günümüzün karmaşık ve zorlu iş gerçeklerini çözümleme gibi alanlarda yönetim uygulamalarına dâhil edilmektedir. Büyük veriyle desteklenen yapay zekâ, yöneticilerin müşterileri, öncesine nazaran daha yakından ve doğru tanıyabilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle firmaların iş süreçlerini optimize ederek satış ve kârlarını artırmalarına imkân tanımaktadır (Haenlein vd., 2019:341). Bunun yanı sıra, yapay zekâ insanların işleyebileceğinden çok fazla bilgi işleyerek yeni fikirler geliştirme ve problem çözümü için etkili yollar belirlemede yöneticilere yardımcı olmaktadır (Haefner vd., 2021:5).

Lojistik İçin: Yapay zekâyla desteklenen akıllı lojistik hızlı, işbirlikçi ve birbirine bağlı farklı işlemlerin akıllı ve yalın tedarik zinciri uygulamalarıyla gerçekleştirilmesini amaçlayan bir sistemi ifade etmektedir. Bu kapsamda lojistik işlemleri sürecinde modern bilgi ve iletişim teknolojileri, veri ağları, aktüatörler ve sensörler, akıllı ürün tanıma ve izleme teknolojileri kullanılarak bilgi alışverişi gerçekleştirilmektedir. Bu akış, otonom taşıma araçları tarafından desteklenen otomatik taşıma, geçiş ve depolama sistemlerinin kısmen veya tamamen kendi kendini kontrol edebilmesine izin vermektedir (Woschank vd., 2020:2-3).

İnsan Kaynakları Yönetimi ve İşe Alım İçin: Yapay zekâ teknolojileri, çeşitli insan kaynakları yönetimi işlevlerini giderek daha fazla otomatikleştirmekte ve daha fazla işlevin gerçekleştirilmesinde önemli katkılar sunmaktadır. Bu kapsamda, makine öğrenimi ile desteklenen iş planlaması, doğal dil işleme özellikleriyle iş başvurusunda bulunan adayların özgeçmişlerinin taranması, görüntü tanıma özellikleriyle video başvuruların incelenmesi, yine makine öğrenmesi ve özerk karar alma özellikleriyle kişisel kariyer koçluğu, büyük veri destekli yapay zekâ algoritmaları ile işe alınabileceklerin oluşturduğu aday havuzunun derinliği, çeşitliği ve kalitesini iyileştirme gibi birçok insan kaynakları işlevi gerçekleştirebilmektedir (Bankins, 2021:842). Yapay zekâ kullanımı, bu işlevler dolayısıyla işe alım sürecini kolaylaştırmanın yanı sıra işe alım süreci verimliliğini de önemli derecede artırmaktadır (Chen, 2022).

1.2.1.1.1.2. Nesnelerin İnterneti

Uluslararası literatürde kısaca “IoT” olarak da bilinen nesnelerin interneti, bilişim teknolojileri alanında bir paradigma değişikliğini ifade etmekte ve dördüncü sanayi devriminin temel alt yapı unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (Schwab ve Davis, 2018:138). İnternet ve ingilizce “things” kelimelerinin birleşiminden oluşturulan bu kavram Türkçe’ye Nesnelerin İnterneti olarak çevrilmiştir. İnternet dünya çapında milyarlarca kullanıcıya hizmet vermek amacıyla kullanılan, birbirlerine bağlı küresel bilgisayar ağları sistemi olarak değerlendirilmektedir. Bu kavram içerisinde anlamlandırılan nesneler ise fiziksel veya maddi dünyada, canlı-cansız tüm gerçek nesneleri ifade etmektedir. Bu çerçevede nesnelerin interneti “Otomatik olarak organize olma, bilgi, veri ve kaynakları paylaşma, durumlar ve değişiklikler karşısında tepki verme ve hareket etme kapasitesine sahip açık ve kapsamlı bir nesne ağı” olarak tanımlanabilmektedir (Madakam vd., 2015:165). Nesnelerin interneti, ev aletlerinden tüketici elektroniğine kadar dünya çapındaki nesneleri (fiziksel veya sanal) bağlayabilen bir ağ olarak kabul edilebilir (Aggrawal ve Das, 2012:51). Nesnelerin interneti, veri toplayan ve ihtiyaca göre işleyip dönüştüren bir dizi akıllı ve bağlantılı sensörden oluşmaktadır ve bir sistemin veya kullanıcının hedeflerini karşılamak için verileri diğer cihazlara veya bireylere iletebilmektedir (Schwab ve Davis, 2018:139).

Nesnelerin interneti tedarik zinciri yönetimi, imalat, çevresel kontrol, perakendecilik, akıllı raf işlemleri, sağlık, gıda ve restoran sektörü, lojistik sektörü, seyahat ve turizm sektörü, kütüphane hizmetleri vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel süreçler içerisindeki kullanımı rekabetçi ürün, daha çevreci iş modelleri, optimize edilmiş kaynaklar ve gerçek zamanlı bilgi işleme gibi önemli noktalarda firmalara avantaj sağlamaktadır (Li vd., 2015:253). Bu kapsamda geliştirilen Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) kavramı da üretim süreci içerisinde yer alan bileşenler ve/veya makineler gibi endüstriyel ürünlerin internet üzerinden birbirlerine bağlanması sürecini ifade etmektedir (Alcácer ve Cruz-Machado, 2019:901). Nitekim nesnelerin interneti kapsamında yer alan çok sayıda teknolojik uygulamaların üç ana alanından (diğer ikisi; akıllı şehir alanı ve sağlık refahı alanı) biri endüstriyel alandır. IIoT çeşitli şirketler ve kuruluşların kendi içerisindeki işlemler ve diğer ilgili birimlerle ilgili ticari veya finansal işlemleri içeren tüm endüstriyel faaliyetlerde kullanılmaktadır

(Borgia, 2014:8-9). Nesnelerin internetinin özellikle imalat sanayindeki kullanım alanı veya amaçları aşağıdaki gibidir:

Lojistik Yönetimi: IIoT uygulamasının ilk örneklerinden biri lojistik ve tedarik zinciri yönetimindeki kullanımıdır. Uygulama öncelikle ürünleri ve malları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu kullanım, depolardaki stokların verimli bir şekilde yönetilebilmesine ve envanter hakkında doğru bilgiler sağlayarak envanterin basit ve anlaşılır bir şekilde kaydedilmesine yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra depolarda muhafaza edilen malların güvenli bir şekilde saklanabilmesini de kolaylaştırmaktadır. Sensörler tarafından yapılan gerçek zamanlı analiz, gıda ve sıvılar için hayati önem taşıyan ürün bozulma olaylarının tespit edilmesine ve ortamın gerekli fiziksel şartlarının (örneğin; sıcaklı) sağlanmasına yardımcı olabilmektedir ((Borgia, 2014:8-9). IIoT ayrıca takip sistemleri aracılığıyla taşınan malların gerçek zamanlı konumunun bilinmesi, araç şoförlerinin performanslarının belirlenmesi ve araç yakıt ve bakım maliyetlerinin belirlenebilmesi gibi işlevleri de yerine getirebilmektedir (Greengard, 2021:93).

Üretim Süreçleri: IIoT'un bu uygulamasında ana işlev gerçek zamanlı üretim yönetimi ve kontrol sağlamaktır. Üretim sürecinde elde edilen yüksek miktarda gerçek bilgi paralel bilgi işlem platformu aracılığıyla makineler arasında etkileşimi sağlayarak üretim sürecini optimum şekilde hızlandırabilmektedir (Liu ve Zhou, 2012:200). Örneğin; kimyasal bir bileşim gerektiren bir ürünün üretim sürecinde gerekli kimyasal bileşimin ölçülerine ait bilgiler IIoT sensörleri ile merkezi bir üretim birimine iletebilir ve hizmet analizlerinden sonra bileşimin ince ayarını yapmak için aktüatörler buna göre ayarlanabilir (Coetzee ve Eksteen, 2011:5). Bunun yanı sıra mobil uygulamalar sayesinde personel tanıma ve takip işlemleri de IIoT tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede personele ait konum bilgisi, giriş çıkış saatleri vb. bilgiler elde edilmiş olur (Greengard, 2021:93).

Enerji Tüketimi Yönetimi: IIoT üretimde enerji verimliliğinin optimum yönetimi için de kullanılabilmektedir. Eklemeli imalattan atölye üretimine dek üretimde kullanılan enerjiyi azaltmak ve daha az karbondioksit salınımı ile üretimi gerçekleştirmek için çeşitli sektörlerde uygulama alanı bulmuştur (Yang vd., 2019:1199). Optimize edilmiş kaynak tüketimi, kıt kaynaklarla ilişkili kullanım modellerinin geliştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu iş modelleri ise öngörülemeyen koşulların gerçek zamanlı olarak algılanması ve

ardından bu koşullara dayalı olarak eyleme geçilmesini sağlayabilmekte ve optimum enerji kullanımını mümkün kılmaktadır (Coetzee ve Eksteen, 2011:5).

Tesis Güvenliği (Alarm vb.): Nesnelerin İnterneti teknolojisinin en basit kullanım alanlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Güvenlik amaçlı uygulamalar sayesinde IoT video gözetimi ve izinsiz giriş uyarıcıları gibi işlevleriyle üretim tesislerinin güvenliğine katkıda bulunabilmektedir (Borgia, 2014:10).

Makine Bakım: IIoT üretim süreci içerisinde yer alan makine ve teçhizatın çalışır durumda olup olmaması ve bir makinenin bakım veya güncelleme ihtiyacı olup olmadığına ilişkin bilgileri üretim süreci içerisindeki personele bildirebilmektedir (Greengard, 2021:93).

Müşteri Hizmetleri: Firma tarafından hedef odaklı olarak kurulan tanıtım ve mesaj platformları sayesinde binlerce veya on binlerce müşteriden elde edilen toplu veriler, istenen ürün özelliklerini belirleyerek üretim sürecine entegre etme ve dolayısıyla satışları artırma gibi işlevleri yerine getirebilmektedir (Greengard, 2021:94).

Li vd., (2015) gerçekleştirdikleri literatür taraması sonucunda nesnelerin internetinin endüstrideki kullanım alanlarını Tablo 9'daki gibi özetlemişlerdir.

Tablo 9. Nesnelerin İnternetinin Endüstriyel Kullanım Amaçları

Endüstriyel Alan	Uygulama Amacı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	Ürün izleme ve takip
	Hırsızlık önleme
	Tedarik zincirinde depo ve konteyner takibi
	Tedarik zinciri işleyişini takip etme
Erişim Kontrolü	Üretim süreci elemanları arasında erişim sistemi kontrolü
	Siber güvenlik
Endüstriyel Süreçlerin Kontrolü	Akıllı kalite kontrol sistemi

Kaynak: Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: a survey. Information systems frontiers, 17, 243-259.

1.2.1.1.1.3. Bulut Bilişim

Bulut teknolojisi, herhangi bir kurulum gerektirmeden tüm uygulama, program ve verilerin sanal bir sunucuda online olarak depolanmasını sağlayan bir sistem olarak

tanımlanmaktadır (Zheng vd., 2021:1925). Bulut bilgi işlem, diğer teknolojik araçlardan bir birlerine ve personele veri sağlama, veri yönetimi, performans göstergelerini hesaplama, veri görselleştirme ve veri analitiği dâhil olmak üzere internet tabanlı bilgi işlem hizmetleri sağlamaktadır. Bulut bilgi işlem hizmetlerinin üç geniş kategorisi vardır; Hizmet Olarak Altyapı (IaaS), Hizmet Olarak Platform (PaaS) ve Hizmet Olarak Yazılım (SaaS). IaaS, işletim sistemleri, sanal makineler, ağlar ve depolama gibi bilişim teknolojileri altyapısının bulut tabanlı hizmetlerini ifade etmektedir. PaaS, IoT yazılım uygulamalarını geliştirmek, test etmek, dağıtmak ve yönetmek için bir ortam sağlamaktadır. SaaS, yazılım uygulamalarının hizmetlerini bulut üzerinden sunmaktadır. Bulut bilgi işlem, IoT sistemlerinin paylaşılan bilgi işlem ve depolama kaynaklarına her yerden erişim kazanmasına olanak tanımakta, böylece sınırlı bilgi işlem kaynaklarının dezavantajının üstesinden gelmektedir. Ayrıca bulut bilişimin IoT ile entegrasyonu, internet üzerinden makine öğrenimi ve veri analitiği gibi hizmetler sunarak farklı bağlamlarda yapay zekayı ve karar vermeyi destekleyebilmektedir (Yang vd., 2019:1195). Bu teknoloji, yüksek performans ve düşük maliyet sunan bir bilgi işlem teknolojisidir. Bulut bilgi işlem, sanallaştırma dolayısıyla kaynak paylaşımı, dinamik veri hazırlama, esnek veri geliştirme gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Depolama ve hesaplama için bir bulut bilgi işlem merkezine büyük miktarda veri yüklenebilmekte ve bu durum üretimin kolaylaşmasını sağlayabilmektedir (Xu vd., 2018b:2947).

Bulut teknolojisinin imalat firmalarında kullanımı yagınlaşmakta ve bu teknoloji Endüstri 4.0'ın ayrılmaz bir parçası olarak gelişmektedir. Bulut tabanlı üretim, sistemlerin uyumlu bir şekilde işlemesi, hizmetlerin ve bileşenlerin veri paylaşımını mümkün kılması gibi işlevleriyle üretimin önemli aşamalarında modülerleştirme ve hizmet yönelimini mümkün kılan Endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilecek yükselen bir teknolojidir (Xu vd., 2018b:2947). İmalat sektöründe bulut teknolojilerinin kullanımı yeni iş modelleri, iş çözümlemeleri ve esnek üretimin geliştirilmesi vb. hususlarda firmalara kolaylık sağlayabilmektedir. Akıllı üretim söz konusu olduğunda, bulut bilişim, sağladığı geniş veri tabanı sayesinde bir üretici ile bir toptancı arasındaki veya bir toptancı ile bir perakendeci arasındaki ticari işlemler için büyük kolaylık sağlayabilmektedir. Bulut tabanlı işlemler daha iyi entegre ve verimli iş süreçleri sağlamaktadır. Bulut bilgi işlem ayrıca geleneksel bir iş sürecinin buluta taşınmasıyla üretim işletmelerinin diğer birçok yönünü geliştirmeye ve operasyonel

verimliliği artırmaya da yardımcı olabilmektedir. Örneğin; bulut bilgi işlem, müşteri kabul süreci için bir uygulama geliştirilmesine yardımcı olabilmekte, bu da müşterilerin alıştığı geleneksel süreçten daha verimli bir süreci ortaya çıkarabilmektedir. Daha önce bir müşteri temsilcisinin ziyareti ve bir bilgi formu aracılığıyla gerçekleşen müşteri ilişkileri sistemi, bulut tabanlı bir teknoloji ile sanal olarak gerçekleştirilebilmektedir (Xu, 2012:79). Bunun yanı sıra bulut bilgi işlem, üretim aşamasında müşterilerin daha aktif katılımını sağlayarak daha yüksek verimlilikte kişiselleştirilmiş ürünlerin geliştirilebilmesini kolaylaştırmaktadır (Zheng vd., 2017). Firmaların bulut bilişimi benimsemeleri, bir firmanın bilgi iletişim teknolojileri altyapısı, büyüklüğü, firmanın teknoloji benimseme stratejisi ve personel becerileri gibi bir çok faktörden etkilenmektedir (Loukis vd., 2017:963).

1.2.1.1.1.4. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)

Kurumsal Kaynak Planlama sistemi, bir kurumdaki iş süreçlerini ve işlemleri uyumlu hale getirmek ve optimize etmek için tasarlanmış bir kurumsal bilgi sistemidir. Endüstri odaklı bir sistem olan ERP, uyumlu kurumsal bilgi sistemlerine ulaşmak için pratik bir çözüm olarak küresel çapta endüstriyel uygulama alanlarına sahiptir (Moon, 2007:235). ERP sistemleri, kurum genelinde veri girişi, kullanımı ve dağıtımı konusunda standartlaştırılmış prosedürler uygulayan, iş süreçlerini ve iş akışlarını uyumlu hale getiren iş yazılımı paketleridir (Dery vd., 2006:199). Daha önce imalat sanayinde kullanılan kaynak planlama ve ihtiyaç planlama sistemlerinin yerini alan ERP sistemleri özellikle satış, muhasebe ve üretim süreçlerinde ortaya çıkan ihtiyaçları sistematik bir şekilde düzenleyebilmektedir. Bu kapsamda farklı iş uygulamalarının tümü entegre edilerek farklı iş süreçlerinde birbirini etkileyen ihtiyaçların belirlenebildiği bir veritabanı kullanılmaktadır (Olhager ve Selldin, 2003:365). Organizasyon sürecinin tüm aşamalarında işlevsel faydalar sağlayan ERP sistemleri günümüzde organizasyon yönetimi için vazgeçilmez çözümleri temsil etmektedir (Misita vd., 2016:1). 21. Yüzyılda küresel pazarlar ve ülkeler arasında artan ticaret hacmi, imalat firmalarını daha rekabetçi ve daha riskli bir piyasa içerisinde sürekliliğini sağlamaya zorlamaktadır. Bu ise üretim firmalarını sadece ürün ve hizmetlerde değil aynı zamanda yönetim modellerinde ve iş süreçlerinde daha esnek ve daha verimli olmaya zorlayarak ERP sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Wang vd., 2006:5107). Örneğin; ERP sistemlerinin gerçek zamanlı

erişimle sağladığı çözüm, mağaza yöneticilerinin müşterileri ürünlerin kullanılabilirliği hakkında daha iyi bilgilendirmelerine ve genel olarak daha fazla ürün bilgisi vermelerine yardımcı olmaktadır (Vongsingthong ve Smanchat:2014:364) . Öte yandan literatürde ERP sistemleri; daha düşük tedarik maliyetleri, daha küçük stoklar, daha etkili satış stratejileri, daha düşük yönetim maliyetleri ve daha düşük doğrudan ve dolaylı işçilik maliyetleri ile de ifade edilmektedir (Dery vd., 2006:199).

1.2.1.1.1.5. Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı-CRM

CRM, bir kuruluşun müşteri ilişkilerini organize bir şekilde yönetmesine yardımcı olan, internet tabanlı yazılım sistemleridir. Bir firmada yönetimin, satış görevlilerinin ve hizmet sağlayıcıların müşteri hakkında doğrudan bilgi edinerek müşteri ihtiyaçlarına göre ürün planlaması ve teklifleri geliştirebilmelerini sağlayabilmektedir. Öyle ki CRM bir müşterinin başka hangi ürünleri satın aldığını dahi gösteren ve müşteriler hakkında yeterince ayrıntılı bilgi sağlayan bir veri tabanını ifade etmektedir. CRM satış, müşteri hizmetleri ve pazarlama gibi işlerde bütüncül ve işlevsel destek sağlayabilen bir sistemdir (Xu, 2022:442). CRM tipik olarak uygun iş ve müşteri stratejilerinin belirlenmesini, müşteri bilgisinin elde edilmesi ve ilişkili kademelere yayılmasını, müşteriye yönelik değer ortaya koyma ve bu kapsamda üstün müşteri deneyimlerinin geliştirilmesini sağlamak için veri ve teknoloji çözümlerinin akıllı kullanımını içermektedir (Xu vd., 2002:9). CRM, müşteri ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş bir deneyimi garanti eden tüm süreçleri kapsar. Örneğin, CRM kullanan bir üretim şirketi tarafından sunulan ayırt edici unsurlardan biri, fiziksel ürüne bağlı özelleştirilmiş ve gelişmiş hizmetler tasarlamak ve sunmaktır. Bu, üreticinin önemli bir rekabet avantajı elde etmesine ve daha fazla müşteri sadakati oluşturmaya olanak tanımaktadır. Aynı zamanda, CRM kapsamında toplanan kullanıcı davranışı ve ürün operasyonuna ait veriler, üretim şirketlerinin ürün tasarımı ve üretim sürecini geliştirmesine ve müşteri odaklı hizmetler sağlamasına yardımcı olabilmektedir (Zheng vd., 2021:1938-1939).

1.2.2.1.2. Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler

1.2.2.1.2.1. Robot Teknolojisi

Robot terimi Çekçe “robota” kelimesinden türetilmiş ve ilk kez 1921 yılında bir tiyatro oyununda kullanılmıştır. Bu kavram başlangıçtaki anlamı itibariyle “zorla çalıştırma” anlamına gelen basit ve tekrarlı görevleri yerine getiren aptal makineleri çağrıştırmaktadır. Ancak robot kavramı günümüz popüler kültüründe yeni bir anlam kazanarak antropomorfik (görünüş ve işlevsellik itibariyle insana benzeyen) makineler olarak kabul edilmektedir (Lanfranco vd., 2004:14). Robot teknolojileri çeşitli görevlerin yerine getirilebilmesi için malzemler, parçalar ya da malzeme bilimi ve sensör teknolojisindeki gelişmelerle birlikte hareket kabiliyeti ve biliş anlamında ileri düzeyde geliştirilmiştir. Günümüzün yapay zekâ destekli robotları, birçok alanda farklı işlevleri yerine getirebilmektedirler. Örneğin; dron olarak da bilinen uçan robotlar ve insanlardan bağımsız olarak araba parçalarını monte eden endüstriyel robotlar, karmaşık navigasyon ve etkileşim işlevlerini gerçekleştirmek için yapay zekâyı kullanmaktadırlar. Otonom araçlar olarak da bilinen kendi kendine hareket eden robotlar, sürücüsüz kamyonlarla trafikte yol almak gibi daha önceki aşılamaz zorlukları aşmıştır. Öte yandan kişisel asistan ve refakatçi –insansı- robotlar, bilim kurgu ile gerçeklik arasındaki uçurumu kapatmaktadır (Schwab ve Davis, 2018:175). Bu örneklerde olduğu gibi robot teknolojisi kullanımı günlük yaşamda ve üretimde günden güne yaygınlaşmaktadır (Ghobakhloo, 2018:921). Robotlar ve özellikle, yapay zekâ destekli robotlar, Endüstri 4.0 sürecinde insan emeğinin yerine geçme potansiyeli en yüksek teknolojiler olarak kabul edilmektedir. Yapay zekâyla desteklenen robotlar giderek daha fazla sayıda ve daha çeşitli görevleri ve işlevleri yerine getirebilmektedirler. Bu kapsamda akıllı robotlar, çevrelerini algılayarak ve çevreleriyle iletişim kurarak (örneğin; makineden-makineye iletişim) imalattan hizmet sektörlerine (örneğin; hastaneler, perakende satış mağazaları, depolar vb.) kadar geniş çapta etkileşimli bir şekilde görevleri yerine getirebilmektedirler (Montobbio vd., 2022:1).

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) robotu; “belirlenen görevleri yerine getirmek için bulunduğu ortamda hareket eden, belirli bir dereceye kadar özerkliğe sahip olan ve iki veya daha fazla eksenle hareket edebilecek şekilde programlanabilen sistematik mekanizmalar” şeklinde tanımlamaktadır. Bu kapsamda robotların kullanım

amacına bağılı olarak endüstriyel robot veya hizmet robotu olarak sınıflandırılabilceğı ifade edilmektedir (ISO, 2012):

Endüstriyel Robot: Endüstriyel robot kısaca, operasyonel süreçleri otomatikleştiren makine ve ekipman olarak tanımlanabilmektedir (Zheng vd., 2021:1923). Endüstriyel robot, endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanılmak üzere sabit veya hareketli, yeniden programlanabilen, otomatik kontrole sahip, üç veya daha fazla eksenle hareket edebilen ve söz konusu işlevleri sahip olduğı yazılım ve donanım sayesinde entegre bir şekilde gerçekleştirebilen makineler olarak tanımlanabilmektedir (ISO, 2012). Endüstriyel robotlar, çok yönlülükleri, hassasiyetleri ve yorulmaya dayanıklı yapıları nedeniyle imalat sektörünün ayrılmaz bir parçası haline gelmişlerdir (Buerkle vd., 2023:1). Uluslararası Robotik Federasyonu verilerine göre endüstriyel robot kullanımı 2021 yılında yaklaşık 517 000 yeni robotun kurulması ile %31 oranında artarak rekor bir artış eğilimi göstermiştir. İmalat sektörü içerisinde en yüksek oranda endüstriyel robot kullanımı elektrik-elektronik ürünleri imalatı ve otomotiv imalatı sektörlerinde gerçekleşmiştir (IFR, 2022). Fabrikalarda robotların varlığı yeni olmasa da yukarıda bahsedilen işlevleriyle endüstriyel robotlar neredeyse tüm imalat sektörlerinde önemli bir yere sahiptir. Bu kapsamda endüstriyel robotlar farklı görevleri yerine getirebilme kabiliyetleri ile de vazgeçilmez bir üretim aracı haline gelmektedirler. Örneğin; bir otomobil üretim sürecinde aynı robot koltukları yerleştirdikten sonra araba camına tutkal sürerek camı yerleştirebilmektedir. Elektrikli araba üreticisi Tesla'nın California'daki fabrikasında haftada 400 adet otomobil üretimi için 160 adet çok amaçlı endüstriyel robot kullanılmaktadır (Ford, 2018:20-21). Bunun yanı sıra, endüstriyel robotların imalat sektöründe farklı uygulama alanları bulunmaktadır. Buerkle vd., (2023:2-3) bu uygulama alanlarını dört ana kategoride gruplandırmaktadırlar:

1. **Depo ve Nakliye İşleri:** Genellikle otomatik yönlendirmeli araçlar olarak adlandırılan depo robotları malların bir depo içerisinde taşınması veya montaj parçalarının üretim hatlarına ualştırılması ile görevlendirilmektedirler. Bu robotlar, zemin işaretleri sayesinde ya da sahip oldukları sensörlerle belirlenen hedeflere yönelmektedirler. Yüksek enerji depolama kabiliyetleri ile günün her saatinde çalışabilen bu robotlar en popüler ve en olgun robotik hizmeti temsil etmektedirler.

2. Montaj ve hafif işleme: Bu robotlar, önceki yıllarda insanların zarar görme ihtimallerinin yüksek olduğu ark ya da punta kaynağı uygulamalarında yaygın olarak kullanılmıştır. Burada robot kullanımının ana motivasyonu çalışanları yanık yaralanmaları ve zehirlenme risklerinden korumaktır. Ayrıca, yüksek hassasiyetleri ve tutarlılıkları nedeniyle bu robotlar genel olarak malzemeleri boyamak, yapıştırmak veya sıvı malzemeleri püskürtmek için kullanılmışlardır. Günümüzde ise frezeleme/delme, cilalama, kesme ve diğer hafif işleme görevlerini gerçekleştirebilmelerine olanak tanıyan ileri derecede el becerisi kazanmışlardır. Karmaşık montaj görevleri bile yüksek düzeyde hassasiyet ve hız dolayısıyla bu robotlarla gerçekleştirilebilmekte ve çıktı artışı sağlanabilmektedir.
3. Kalite denetimi: Günümüz esnek üretim sistemleri dolayısıyla ortaya çıkan ürün çeşitliliği, daha kapsamlı ve daha gelişmiş denetim sistemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Dikkat ve tekrar gerektiren bu görevleri sahip oldukları yüksek hız, hassasiyet ve yorulmaya dayanıklı yapıları ile robotların, çalışanlardan daha iyi bir şekilde gerçekleştirebildiği kabul edilmektedir.
4. Paketleme: Ürünlerin nihai olarak fabrikadan çıkmadan önce paketlenmesi işlevleri için kullanılan bu robotlar, manuel olarak gerçekleştirilen ve daha fazla zaman alan bu işleri geleneksel haline göre oldukça etkili bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler.

Hizmet Robotu: Hizmet robotları, endüstriyel robotların farklı görevler için işlevselleştirilmesi ile gelişmiştir ve endüstriyel robotlar hizmet robotlarının öncüleridir (Chan ve Tung, 2019:458). Hizmet robotları, insan üretkenliğini artırmak ve/veya sosyal etkileşimde bulunmak için algılayabilen, düşünebilen ve hareket edebilen programlanabilir araçlar olarak tanımlanabilmektedir (Bartneck ve Forlizzi, 2004:591). Başka bir tanıma göre hizmet robotları, bir kuruluşun müşterilerine hizmet veren, iletişim kuran ve hizmet sunan sistem tabanlı otonom ve uyarlanabilir arayüzlerdir (Wirtz vd., 2018:908). Uluslararası Robotik Federasyonuna göre hizmet robotu; “endüstriyel otomasyon uygulamaları dışında insanlar veya ekipman için yararlı görevler gerçekleştiren robotlar” şeklinde tanımlanmaktadır (Tussyadiah, 2020:3). Güvenli çalışma ortamı ve çalışanlar için risklerin azaltılması adına endüstriyel robotlar kısıtlı ortamlarda veya kafeslerde çalıştırılırken, hizmet robotları kısıtlanmamış ortamlarda insanlarla birlikte çalışabilmektedir. Bunun yanı sıra hizmet robotları karşılaştığı

zorlukları kendi kendine öğrenerek aşabilmekte ve sadece tekrarlayan görevleri değil aynı zamanda daha karmaşık görevleri de yerine getirebilmektedir. Hizmet robotları, endüstriyel robotlardan daha yüksek düzeyde el becerisine sahiptir ve dolayısıyla daha geniş bir yelpazede görevleri (örneğin; güvenlik, rehabilitasyon vb.) yerine getirebilmektedirler (Chan ve Thug, 2019:458). Hizmet robotları çok yönlü olmaları nedeniyle, neredeyse her sektör için uygulama alanı bulabilmektedir. Bu kapsamda hizmet robotlarının işbirlikçi özelliği, Endüstri 4.0 sürecinde imalat sanayi için önemli faydalar sağlamaktadır (Gonzalez-Aguirre vd., 2021:7). Literatürde kobot (ingilizce karşılığı: cobot) olarak da adlandırılan işbirlikçi hizmet robotları, insan operatörler ve robotlar arasında doğrudan etkileşimi mümkün kılarak, yukarıda da bahsedildiği gibi daha önce robotlar ve insanların bir birlerinden uzak alanda çalıştığı işbölümü tarzını değiştirmiştir. İşçi ve robotun işbirliği içinde çalışması mümkün olduğundan, çalışanların verimliliği artarken, stres ve yorgunluk düzeyleri azalabilmektedir. İşbirlikçi robotların sağladığı en önemli avantaj, otomasyonun avantajlarını insan işçilerin esnekliği, bilişsel ve sosyal becerileri ile birleştirme fırsatını sunmasıdır. Özetle, işbirlikçi robotlar geleneksel endüstriyel robotların aksine sadece hız ve tekrarlanabilirlik yönünden fayda sağlamamakta, bu özelliklerle birlikte insan işçilerin doğuştan gelen öngörülemez durumlara uyum sağlama ve güçlü karar verme becerileri ile uyumlu bir şekilde daha dinamik ve karmaşık iş süreçleri içerisinde fayda sağlamaktadırlar (Villani vd., 2018:248). Hizmet robotları imalat firmalarının üretim süreci içerisinde montaj hatlarından lojistikle ilgili faaliyetlere kadar farklı alanlarında kullanılabilmektedirler (Karabegović vd., 2015). Bu çerçevede endüstriyel robot olarak değerlendirilen bazı robot teknolojilerinin ISO (2012)'de vurgulandığı gibi kullanım amaçlarına bağlı olarak hizmet robotu sayılabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim imalat sanayi içerisinde, işbirlikçi robotların mümkün kıldığı insan-robot etkileşimli üretim süreçleri için güvenli ve esnek işbirliği örnekleri mevcuttur. Örneğin; hibrit montaj hücreleri olarak adlandırılan yapılarda bir robotla etkileşime giren bir çalışan süpervizör, tamirci/programcı veya kontrolör görevi üstelebilmektedir. Söz konusu işbirliği üretim maliyeti avantajı sağlamanın yanı sıra, bir insanın el becerisi, esnekliği ve zekâsı ile bir robotun hassasiyeti ve hızını birleştirerek önemli bir katma değer sağlamaktadır (Tsarouchi vd., 2016:917-918). İmalat sanayinde hizmet robotları kullanımının işbirlikçi özellikleri kapsamında çalışana olan talebi de artırabileceği kabul edilebilir bir durumdur.

1.2.2.1.2.2. 3D Yazıcı

Günümüzde 3D Baskı ya da eklemeli imalat olarak da adlandırılan bu teknoloji, her aşamada bir katman olmak üzere nesneleri aşağıdan yukarıya doğru inşa etme işlemini gerçekleştirilen ileri düzey bir araç olarak kabul edilmektedir (Verhoef vd., 2018:350). Eklemeli imalat, parçaların bir toz hammaddeden birleştirilmesi veya katılaştırılması ile karmaşık geometrik nesneleri katman katman üretebilen bir üretim tekniği olarak da tanımlanabilmektedir (Dzogbewu vd., 2022:2). "3D baskı" veya "eklemeli imalat" (AM) terimleri, fiziksel şekillerin makineden elle çıktığı geleneksel imalat işlemlerinin aksine, malzeme katmanlarının sürekli eklenmesi yoluyla fiziksel bir nesne üretme süreci olarak da tanımlanmaktadır (Schwab ve Davis, 2018:198).

3D baskı, mevcut ekonomik büyüme modelleri için ekonomiler üzerinde büyük etkiler yaratarak tüm üretim sistemini (üretim, nakliye, lojistik, ulaşım, altyapı, inşaat, perakende ve havacılık şirketleri) ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde işgücü piyasalarını önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir. 3D baskı, ekonomik olarak çok daha düşük hacimlerde üretimi kolaylaştırmakta ve müşteriye daha yakın üretim yaparak daha hızlı teslimat süreleri ve daha düşük nakliye maliyetleri sağlayabilmektedir. Bunun yanı sıra 3D baskı, benzersiz tasarım özgürlüğü sağlamakta ve değer zincirinin hemen hemen her noktasında kullanılabilir (Schwab ve Davis, 2018:200-205). 3D baskı özellikle imalat sektörlerinde devrime neden olacak ölçüde büyük etkiler gösterebilmektedir (Roschli vd. 2019:275). Nitekim 3D baskı, dijital ortamda planlanan ve kontrol edilen malzeme ve nihai ürün modeli bilgilerini kullanarak ve ilgili malzemeyi katman katman birleştirerek dijital bir modelden fiziksel nesnelerin üretimi sürecini ifade etmektedir (Tofail vd., 2018:22). Bu özelliği ile 3D Baskı teknolojisi Endüstri 4.0 teknolojileri için vurgulanan siber-fiziksel sistemlerin (dijital ortamdaki bilgilerin otomatik olarak fiziksel ortama aktarılmasını mümkün kılan sistem) en açık örneklerinden birini oluşturmaktadır. Tofail vd., (2018:22-23), 3D baskının imalat sanayi için potansiyel faydalarını şu şekilde sıralamaktadır:

1. Tasarım aşamasındaki ürünün doğrudan nesneye dönüştürülebilmesi
2. Ek bir ekipman veya üretim maliyeti olmaksızın ihtiyaca yönelik daha fazla parça üretimini mümkün kılması

3. Karmaşık ve geometrik özelliklere sahip ürünlerin üretimine izin veren fonksiyonel tasarımı mümkün kılması
4. İçi boş ya da kafes gibi yapılarda esnek ve hafif üretimi mümkün kılması
5. Malzeme kullanımını en üst düzeye çıkararak sifıra yakın atığı mümkün kılması
6. Ürünlerin pazara daha hızlı sürülmesini sağlayan, genel ürün geliştirme ve üretim süreleri için kısılmayı mümkün kılması
7. Çok çeşitli parçaların üretimi için daha az enerji tüketimini mümkün kılması
8. Talep üzerine-esnek üretimi önemli derecede kolaylaştırması
9. Ürünleri mükemmel bir şekilde ölçeklendirmeyi mümkün kılması

İmalat firmalarında nispeten yoğun olarak kullanılan 3D baskı, söz konusu maliyet-çıkartı-üretkenlik vb. faydaları dolayısıyla firmaların istihdamı üzerinde de önemli bir etki gösterebilecektir. Eklemeli imalat (AM) birçok ülke ve endüstride hızla yayılmasına rağmen, istihdam üzerindeki etkisi ampirik ve teorik olarak henüz net bir şekilde ortaya konulmamıştır (Felice vd., 2022:333) 3D baskı, karmaşık ve entegre fonksiyonel tasarımların tek adımlı bir süreçte üretilmesini sağlayarak montaj işine olan ihtiyacı azaltabilmektedir. Öte yandan 3D kullanımı, bir firmanın özelleştirilmiş ürünleri daha esnek bir şekilde üreterek rekabet avantajı sağlamasını ve karını artırmasını mümkün kılmaktadır (Weller vd., 2015:43). Daha yüksek üretkenlik ve daha yüksek kârlılık ise firmada büyümeye yol açarak, istihdamın artmasını sağlayabilecektir.

Burada sıralanan Endüstri 4.0 teknolojilerinin potansiyel işgücü veya istihdam etkilerinin belirlenebilmesi için daha önce gerçekleştirilen çalışmalar, “makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan teknolojilerin istihdam etkisi üzerine çalışmalar” başlıkları altında ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Yukarıda yer alan teorik açıklamalar ve söz konusu literatür ışığında bu çalışmada elde edilmesi beklenen sonuçlar da belirlenebilecektir.

1.2.3. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İstihdam Etkisi Üzerine Teorik Yaklaşımlar

Endüstri 4.0 teknolojilerinin, çalışmanın başında vurgulanan buhar makinesinin icadı kadar önemli etkilere sahip olabileceği kabul edilmektedir. Söz konusu teknolojilerin “ikinci makine çağını” başlattığını ifade eden Brynjolfsson ve McAfee söz konusu teknolojilerin insanlık tarihinde önemli değişimlere neden olabileceğini ifade

etmektedirler. Buna göre önceki teknolojiler çalışma hayatında kas gücünün yerini alırken, günümüz teknolojileri beyin gücünün yerini almaktadır ve tarihsel otomasyon kaygısının bu kez gerekli olabileceği fikrinin temeli budur (Brynjolfsson ve McAfee, 2018:16). Öte yandan makine tabanlı dijital teknolojiler göz önüne alındığında söz konusu teknolojilerin bazı durumlarda hem kas hem beyin gücünün yerini alabildiği de kabul edilebilir bir durumdur. Nihai ürünlerin kontrolünü yaparak bozuk ya da hatalı ürünleri ayırt eden endsütriye bir robot veya dijital ortamdaki bilgileri ölçeklendirme becerisiyle fiziksel bir ürüne dönüştürebilen 3D yazıcı teknolojileri bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin hangi işgücü grubunun yerini alabileceği, hangi iş görevlerini kolaylıkla yerine getirebileceği veya hangilerini gerçekleştirmekte zorlanabileceğine ilişkin detaylı bilgiler bu genel başlık altında açıklanmaktadır. Fakat bu teknolojilerin genel bir bakış açısıyla istihdam üzerindeki etkisine ilişkin birkaç teorik yaklaşımdan bahsedilmesi gerekmektedir.

Söz konusu yeni dijital teknolojilerin olası istihdam etkilerine ilişkin tamamen kanıtlanmış, genel geçer bir teori bulunmasa da olası etkileri sistematik bir çerçeveye oturtan bir yaklaşım ve bu yaklaşımın uzantıları literatürde ilgili araştırmalar için başvurulmuş bir temel oluşturmaktadır. Teknoloji ve istihdam ilişkisine ilişkin önemli teorik yaklaşımlardan biri karşılaştırmalı üstünlük adı verilen bir yaklaşımdır (Acemoğlu ve Autor, 2011:1). Buna göre bir iş, işgücü görevleri ve sermaye (teknoloji) görevlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Söz konusu işbölümünün nasıl gerçekleşeceği iki faktörün itici gücüyle belirlenebilmektedir: teknolojik kuvvet ve ekonomik kuvvet. Teknolojik kuvvete göre sermaye, daha önce işgücü tarafından gerçekleştirilen görevleri devralır, fakat bu süreçte işgücü için yeni görevler ortaya çıkar. Yeni görevler beklenmedik engel veya problemleri içerebilmektedir ve bu durumda işgücü, geçici çözümler tasarlamak için dışarıdan bilgi alma ve problem çözme becerilerini kullanır. Nitekim insana nispeten daha az esnek olan teknolojik araçlar yarı özerk bir halde insan kontrolünde görevleri yerine getirebilir. Öte yandan ekonomik kuvvete bağlı olarak, bir iş teknoloji tarafından bağımsız bir şekilde tamamen gerçekleştirilebilse de bu teknoloji üretim sürecine dahil edilmeyebilir. Örneğin; Nissan Motor Company Japonya'daki üretim birimlerinde işgücü maliyetlerini azaltmak için montaj işlerinde yoğun olarak endüstriyel robot kullanmaktayken aynı üretim süreci için Hindistan'daki fabrikalarında daha fazla montaj işçisi istihdam etmektedir. Bu farkın nedeni iki ülke arasında işgücünün ücret farkından

kaynaklanmaktadır ve Hindistan’da işgücü maliyetleri daha düşüktür. Teknolojik ve ekonomik kuvvetin kesiştiği noktada karşılaştırmalı üstünlük yaklaşımı ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşımda, bir iş görevi için ekonomik açıdan hangi üretim faktörü (emek-sermaye) avantajlı ise o kullanılır ve ekonomik avantajın sermayede olduğu durumda teknoloji işgücünün yerini alabilir (Autor, 2013:186-187). Acemoğlu ve Restrepo (2018) bu teorik yaklaşımın daha gelişmiş bir versiyonunu sunmuşlardır. Buna göre sermayenin sabit, teknolojinin dışsal olduğu statik bir durumda, otomasyon teknolojileri istihdamı ve ücreti azaltabilir ya da yeni görevlerin ortaya çıkmasına neden olarak tersi yönde etkilere neden olabilir. Bu kapsamda sermayenin kira oranı (teknolojinin fiyatı) uzun vadede, ücretten yeterince düşükse uzun vadede tüm görevlerin otomasyonu mümkün olabilecektir. Ücret ve teknoloji arasında böyle bir durum söz konusu değilse, hem sermaye (teknoloji) hem de işgücünün birlikte arttığı dengeli bir ekonomik büyüme gerçekleşebilecektir. Nitekim Acemoğlu ve Restrepo (2019) başka bir çalışmada 1980-2015 yılları arasında ABD’deki istihdam artışının yarısından fazlasının yeni ortaya çıkan işlerde veya yeni görevler dahil edilen mesleklerde gerçekleştiğine dair sonuçlara ulaşmışlardır.

Teknoloji-istihdam ilişkisine ilişkin diğer teorik yaklaşımlar da yukarıda özetlenen karşılaştırmalı üstünlük ve yeni versiyonu üzerine kurularak birkaç farklı bakış açısı daha sağlamaktadır. Söz konusu ilişkiye endüstri ve firma düzeyinden bakan bu yaklaşımlar, olası etkilerin genel ekonomiye yansımalarını da açıklayabilmektedirler. Önemli yaklaşımlardan ikisi verimlilik ve ölçek etkisi ile ilgilidir. Buna göre dijital tabanlı teknolojilerin kullanımı, üretim maliyetlerini azaltarak ve toplam çıktının artmasına sebep olarak ilgili sektörde verimliliği artırabilmektedir. Bu durum firma veya sektör düzeyinde büyümeye neden olarak işgücü talebini ve istihdamı artırabilmektedir (Dekle, 2020:1). İlgili verimlilik etkisi dolayısıyla toplam talepteki artış, diğer tüm sektörlerde bir genişlemeye yol açabilir. Bu durum tüm sektörlerde işgücü talebini ve istihdamı artırabilir (Acemoğlu ve Restrepo, 2020:9). Diğer bir yaklaşım ise teknoloji yükseltmeyle ilgilidir. Buna göre bir otomasyon teknolojisinin kullanımı, diğer bir dijital tabanlı teknolojinin kullanımını tetikleyebilir ve bu sürekli daha fazla yeni teknolojinin kullanımını ortaya çıkarabilir. Bu durumda firmalar, ilgili teknolojilerin etkin bir şekilde kullanımını sağlamak adına yönetim ve üretim süreçlerinde daha fazla işgücü talebinde bulunarak istihdamı artırabilir (Zhang vd., 2023:2).

Söz konusu teoriler, teknolojinin istihdam etkisi için net bir yön çizmese de belli şartlar altında olumlu ya da olumsuz yönde etkilerin gerçekleşebileceğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, negatif anlamda “yer değiştirme etkisi(karşılaştırmalı avantaja göre)”, pozitif anlamda ise “verimlilik-ölçek ve teknoloji yükseltme” etkileri söz konusudur. Söz konusu negatif etki, teknolojinin bir üretim sürecini daha verimli ve hızlı hale getirebilmek amacıyla kullanımını ifade eden “süreç yeniliği” ile ilgilidir. Bu süreçte ilgili yenilik (teknolojik araçlar) aynı ürünün üretilebilmesi için işgücü yerine makine kullanımına vurgu yapmaktadır. Pozitif etkiler ise mevcut üretim sistemine eklenen teknolojik yeniliklerin yeni bir ürünün üretim sürecine dahil edilmesini ifade eden “ürün yeniliği” ile ilgilidir. Ürün yeniliği sürecinde söz konusu ürünün üretilebilmesi için daha fazla işgücüne ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu kapsamda süreç yeniliğinin istihdamı azaltıcı, ürün yeniliğinin ise istihdamı artıracağı ifade edilmektedir (Uğur vd., 2018). Ürün ve süreç yeniliği etkileri otomasyon teknolojilerinin istihdam etkilerini genel olarak açıklayabilse ve önceki teorik yaklaşımlarla ilgili olsa da otomasyon öncesinde ortaya çıkan yaklaşımları ifade etmektedirler. Genel olarak yeni teknolojilerin önceki teknolojilerden belirgin şekilde farklılığı göz önüne alındığında, “karşılaştırmalı üstünlük, verimlilik-ölçek ve teknoloji yükseltme” etkilerinin temel alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada ilgili temel teoriler göz önünde bulundurularak firma düzeyinde etkilerin belirlenmesine yönelik ampirik bir girişimde bulunmaktadır. Öte yandan otomasyon teknolojileri ve istihdam ilişkisine ilişkin daha mikro ölçekli ve daha açıklayıcı yaklaşımlar, Rutin Yanlı ve Beceri Yanlı teknolojik değişim ve teknolojinin tamamlayıcı-ikame edici özellikleri kapsamında açıklanmaktadır. Fakat bu açıklamalardan önce, söz konusu ilişkinin olumlu ya da olumsuz yöndeki sonuçlarına ilişkin görüşlerden bahsedilecektir.

1.2.3.1. Topyekün İşsizlik mi? Daha Fazla İstihdam mı?

Otomasyon teknolojileri, ekonominin pek çok alanında yeni iş türleri yaratırken diğerlerini geçersiz kılabilir. Yapay zekâ ve robot teknolojisinin işgücü piyasaları üzerindeki etkisinin hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde artması beklenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri için gerçekleştirilen tahminler (ilgili çalışmalar aşağıda detaylandırılacaktır), ABD'deki işlerin %10 ila yaklaşık %50'sinin bilgisayarlaşma riski altında olduğunu göstermektedir. Çin'de Foxconn şirketi iki yılda

fabrikalardaki 60.000 işçiyi işten çıkararak daha fazla robot kullanmıştır. Daha geniş bir çerçeveden bakıldığında ise otomasyonun, gelişmekte olan ülkelerde işgücü maliyeti avantajlarını azaltarak sanayileşmede gerilemeye de neden olabileceği ifade edilmektedir. Otomasyon teknolojileri, sağladığı maliyet avantajı ve daha az işgücü ihtiyacı dolayısıyla gelişmiş ülkelere ait olan ve gelişmekte olan ülkelerde faaliyette bulunan üretim tesislerini yeniden kendi topraklarına çekmektedir (Schwab ve Davis, 2018:176). Feber (2020) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmaya göre 1990-2015 yılları arasında ABD’de kullanılan endüstriyel robot sayısındaki artış, Meksika imalat sanayinde ihracatın ve istihdamın azalmasına neden olmuştur. Fakat söz konusu yeni teknolojilerin topyekün işsizliğe mi yoksa daha fazla istihdama mı neden olacağı sorusunun cevabı; Keynes’in vurguladığı gibi teknoloji dolayısıyla ortaya çıkan yeni işler ile teknolojinin yok ettiği işler arasındaki farka bağlıdır. Bu konuda Dünya Ekonomik Formu tarafından 2020 yılında gerçekleştirilen kapsamlı bir çalışmaya göre otomasyon teknolojileri 2025 yılına kadar yaklaşık 85 milyon işin ortadan kalkmasına neden olacak, fakat aynı zamanda insan-makine birlikteliği ile gerçekleştirilebilecek yaklaşık 97 milyon yeni işin ortaya çıkmasına neden olacaktır. PwC araştırma şirketinin 200.000’den fazla işi analiz ederek gerçekleştirdiği başka bir çalışmanın sonuçları ise tersi yönde sonuçlara işaret etmektedir. Elde ettikleri sonuçlara göre otomasyon; 2020’lerin başlarında tüm işlerin yaklaşık %3’ünü, 2020’lerin ortalarında yaklaşık %20’sini ve 2030’ların ortalarına kadar ise yaklaşık %30’unu ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Söz konusu oran eğitim düzeyi düşük çalışanlar için ise yaklaşık %44’tür. Bu çalışmada ulaşılan başka bir sonuç ise yapay zekâ, robot vb. otomasyon teknolojilerinin dünya GSYİH’sını 15 trilyon dolar artacağı yönündedir (PwC, 2018). Öte yandan işin geleceği ile ilgili tahminler gerçekleştiren başka çalışmalarda da farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Frey ve Osborne (2017) tarafından, yapay zekânın yetenekleri esas alınarak gerçekleştirilen çalışmada ABD’deki işlerin yaklaşık %47’sinin otomasyon riski altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Farklı bir metoloji ile gerçekleştirdikleri bir çalışmada Arntz vd. (2016) ABD için oranı %9 olarak hesaplamışlardır. İleriye dönük tahminlerin doğrulanamaması eleştirildiğinde ise özellikle robotların kullanımını esas alan ve geçmiş dönemlerdeki etkileri araştıran çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Fakat ekonomik gelişmişlik ve teknolojik gelişim düzeyi benzer olan ABD ve Almanya imalat sanayi için zıt sonuçlara ulaşılmıştır. Acemoğlu ve Restrepo (2017) ABD imalat sanayinde robot kullanımının istihdamı azalttığı sonucuna

ulaşırken Dauth vd., (2017) Almanya imalat sanayi istihdamı için zıt yönde sonuçlara ulaşmışlardır. Söz konusu çalışmaların çelişen sonuçlarına uygun olarak dijital teknolojilerin işsizliği mi yoksa istihdamı mı artıracığına yönelik zıt görüşlere sahip iki gruptan söz edilmektedir: teknolojik iyimserler ve teknolojik kötümserler. Bir sonraki başlıkta bu iki grubun iddiaları ve dayanak noktaları açıklanmaktadır.

1.2.3.1.1. Teknolojik Kötümserler ve Teknolojik İyimserler

Daha önce mekanik görevleri yerine getiren teknolojiler, yeni formatlarıyla muazzam miktarda veriyi aynı anda işleyerek sınıflandırabilmekte ve insanlarla etkileşim gibi görevleri yerine getirebilmektedir. Bu durum küresel krizden sonra özellikle 2014'ten bu yana istihdamın geleceği hakkında bazı ampirik kanıtlar ve tahminler gerçekleştiren çok sayıda araştırmanın gerçekleştirilmesine neden olmuştur. Söz konusu literatür, otomasyon teknolojilerinin genel olarak sektörleri, firmaları ve dolayısıyla istihdamı etkileyeceğini ifade etse de tahminleri iki zıt grubun ortaya çıkmasına neden olmuştur: tekno-iyimserler ve tekno-kötümserler (Staccioli ve Virgillito, 2021:2). Bu iki görüş arasındaki farkın temeli, ilk bölümde açıklanmaya çalışılan gereksiz kaygılar tarihi ile ilgilidir. İyimser görüş günümüz teknolojilerinin de önceki sanayi devrimlerinde olduğu, gibi Endüstri 4.0'ın yok ettiği işlerden daha fazla yeni iş ortaya çıkaracağı ve istihdamın dengeli bir şekilde artmaya devam edeceğini iddia ederken, kötümser görüş yeni teknolojilerin etkili becerileri dolayısıyla bu sefer farklı olacağını iddia etmektedir.

Teknolojik kötümserlerin çıkış noktası, dijital teknolojilerin insan bilgisini kodlama becerisinin eşi görülmemiş bir düzeyde gelişmesidir. Yeni teknolojiler, kodlama becerileri ile giderek daha karmaşık görevleri, hatta yapay zekâ ile karmaşık bilişsel görevleri ve öğrenme görevlerini gerçekleştirme potansiyeline sahiptirler. Önceki sanayi devrimlerinde makineler, yalnızca basit tekrarlayan görevleri yerine getirebilmekteydi ve işgücüne göre avantajları daha yüksek güç, daha yüksek hassasiyet, daha az yorgunluk ve can sıkıntısının olmaması ile sınırlıydı. Ancak bilgi işleme, esneklik, uyum sağlama, öğrenme, yaratıcılık vb. görevler söz konusu olduğunda, makineler ancak işgücünü tamamlama görevlerini üstlenebilmekteydi. Endüstri 4.0 teknolojileri ise bilgi işlemede insanın yeteneklerinin oldukça üzerindedir ve neredeyse kaçınılmaz olarak, karmaşıklığı ne olursa olsun, bilgi işlemeye dayalı tüm görevlerde insanların yerini alma potansiyeline sahiptir (Marengo, 2019:327-328). Susskind (2020) ise yeni teknolojilerin gelecekte her

iş yapamasa da çok daha fazla iş yapabileceğini ifade etmektedir. Buna göre, makineler ağır ağır ve sürekli geliştikçe daha fazla görevi yerine getirebilecek ve insanlar daha dar alanlarda istihdam edilecektir. Otomasyonun gerçekleştiremeyeceği kalan işler ise çalışmak isteyen herkese istihdam fırsatı sunmayacaktır. Üstelik otomasyondan kalan işleri yapabilecek becerilere sahip herkesin de istihdam edilebilmesi için yeterince talep olmayacaktır. Bu görüşü destekleyen Ford (2018) özellikle yapay zekâda meydana gelecek ilerlemelerin insanlar için neredeyse hiç iş bırakmayacağını ve tüm görevleri üstlenebileceğini ifade etmektedir. Nitekim robotlar, dağıtım merkezlerinde minimum insan denetimiyle ürünler yükleyebilmekte ve boşaltabilmektedir. Öte yandan yapay zekâ programları avukat yardımcılığı, muhasebeci vb. işlerde insanların yerini almaktadır ve sürücüsüz araçlar yakında otobüs, kamyon ve taksi şoförlerinin işsiz kalmasına neden olacak gelişmeler göstermektedir (Berg vd., 2018:117). Frey ve Osbrne (2017) çalışmasında yapay zekâ ve diğer ileri teknolojilerin gerçekleştirebileceği görevler esas alınarak belirlenen otomasyon riskinin de karamsar görüşü destekleyen bir yakaşıma sahip olduğu ifade edilmektedir. Nitekim 702 farklı meslekteki görevler üzerinden hesaplanan otomasyon riski, söz konusu teknolojilerin ABD’deki tüm işlerin neredeyse yarısını tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. Brynjolfsson ve McAfee (2018) ise özellikle 2000’li yıllardan itibaren küresel ekonomide ortaya çıkan bazı problemlerin sadece ekonomik krizlerden kaynaklanmadığını ve otomasyon teknolojilerinin oldukça etkili olduğunu ifade etmektedirler. Söz konusu teknolojilerin birçok işin yapılış şeklini derinden değiştireceğini, öte yandan birçok işi ise işgücünün yerini alarak gerçekleştirebileceğinin altını çizmektedirler. Teknolojik kötümserler bir önceki genel başlıkta açıklanan teorik yaklaşımlardan “negatif yer değiştirme” etkini dayanak noktası olarak kabul etmektedirler. Bazı araştırmacılar ise otomasyonun neden olabileceği işsizliğe ilişkin kaygının toplum içerisinde de yaygınlaştığını ortaya koymak için çalışmalar yapmıştır. McClure (2018) ABD’de 1541 kişiye uygulanan bir anketten elde edilen verilerle, toplumun yeni teknolojiler –özellikle yapay zekâ, robotik ve henüz tam olarak anlaşılamayan dijital teknolojiler- konusundaki algısını belirlemeyi hedeflemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre, insanların büyük bir kısmı yeni teknolojilerin işleri yok edeceğini ve işsizliği artıracığını düşünmektedir.

İyimser görüş ise yeni teknolojilerin çok sayıda iş kaybına neden olacağını kabul etse de uzun vadede telafi edici etkilerin ve yeni istihdam alanlarının ortaya çıkacağını ve

işgücü piyasalarının bu değişime uyum sağlayacağını ifade etmektedir (Marengo, 2019:327). İyimser görüş, teknolojik gelişmelerin sağladığı maliyet düşüklüğü ve verimlilik etkisi dolayısıyla daha fazla istihdamın ortaya çıkacağını iddia etmektedir (Frank vd., 2019:6532). Bu bakış açısının arz ve talep yönlü iki tarafına vurgu yapılmaktadır. Arz yönü, yeni teknolojilerin üretilmesi ve çoğu durumda mevcut işlerde veri işleme, işlem prosedürleri, esnek üretim vb işlerde kullanılabilmesi için de işgücüne ihtiyaç olacağı ve dolayısıyla istihdamın artacağını ifade etmektedir (Damioli vd., 2023:817). Bu iddia yeni teknolojilerin “teknoloji yükseltme” etkisinin altını çizmektedir. Talep yönü ise iki ayrı itici güçle istihdamın artma potansiyeline vurgu yapmaktadır. İlki, yeni teknolojilerin neden olduğu verimlilik etkisi ile ilgilidir. Buna göre yeni teknolojiler bazı işlerde işgücünün yerini alsa da sebep olduğu üretkenlik ve çıktı artışı dolayısıyla hem ilgili firmada büyümeye hem de toplam talepteki artışa neden olarak istihdamı artırabilecektir (Baçao, 2022:1). Bu ise yeni teknolojilerin “ölçek ve verimlilik” etkisi ile ilgili yönüne vurgu yapmaktadır. Talep yönünün diğer tarafı ise yeni işlerin ortaya çıkması ile ilgilidir. İyimser görüşün temsilcilerinden biri olarak kabul edilen Autor (2015), yeni teknolojilerin sebep olacağı toplam refah artışına yönelik kabul gören olguyu esas almaktadır. Buna göre artan refah artışı, sınırsız insan ihtiyaçlarıyla birleştiğinde, mutlaka yeni işler ve yeni sektörler ortaya çıkacaktır. Bu nedenle, özellikle hizmet ve eğlence sektöründe istihdamın sürekli arttığına vurgu yapmaktadır. Marr (2020) 2000’li yıllardan önce var olmayan bazı meslekleri örnek vererek bu görüşü desteklemektedir. Örneğin; veri bilimci, dron pilotu, sosyal medya yöneticisi, veri uyumu sorumlusu vb. mesleklerin 2000’li yıllardan sonra yeni teknolojiler dolayısıyla ortaya çıktığını ifade etmiştir. Bu veriler ışığında da 2030 ve 2040’lı yıllara gelindiğinde henüz ismini bilmediğimiz çok sayıda yeni iş ve mesleğin ortaya çıkacağını ve bu durumun istihdamdaki dengeyi fazlasıyla sağlayacağını ifade etmektedir. Bunun yanı sıra, Endüstri 4.0 teknolojilerinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde üretimi ve verimliliği artıracağı ve bu ekonomik gelişimin istihdamı teşvik edeceği ve sürdürülebilir ekonomik gelişmenin önemli aktörlerinden biri olacağına vurgu yapılmaktadır (Ghobakhloo, 2020). Öte yandan daha mikro bakış açısıyla işteki görevleri baz alarak yeni teknolojilerin sebep olacağı işsizliğin kötümserler tarafından abartıldığını iddia eden Arntz vd, (2017), meslekleri oluşturan görevlerin oldukça heterojen olduğu ve aynı zamanda mevcut mesleklerin yeni teknolojilerle birlikte dijital dönüşüme uyumlu bir formatta devam

edebileceğini ifade etmektedir. Bu varsayımlar altında Frey ve Osborne'ye (2017) benzer yaklaşımı ve verileri kullanarak ABD'deki işlerin sadece %9'unun otomasyon riski altında olduğuna dair sonuçlara ulaşmıştır.

Bu iki görüşten hangisinin gerçeği yansıttığını belirlemek şuanda mümkün olmasa da bu tartışmanın daha incelikli noktalarına değinmek ve verilere dayalı araştırmaların sonuçlarını karşılaştırmak gerektirmektedir. Bu amaçla bir sonraki başlıkta yeni teknolojilerin hangi işgücü grupları için nasıl etkiler doğurabileceği ve bu kapsamda hangi görevleri yerine getirebileceğine ilişkin literatür açıklanacaktır. Sonrasında ise, Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisine ilişkin verilere dayalı çalışmalar açıklanacaktır.

1.2.3.2. Teknoloji Hangi İşgücü Grubunu Nasıl Etkiler?

Yeni teknolojilerin istihdam etkilerini belirlemek çoğu zaman daha incelikli bir anlayışı gerektirmektedir. Söz konusu teknolojilerin her biri, belirli işgücüne olan talebi etkilemektedir. Bu nedenle farklı mesleklerin ya da işgücü gruplarının beceri gereksinimleri ve bir işi gerçekleştirirken yerine getirdiği görevler, bu etkinin belirleyicisi durumundadır. Örneğin; robot teknolojisindeki gelişmeler yoğunlukla imalat sektöründe çalışanları etkilerken yapay zekâ alanındaki gelişmeler daha çok zihinsel görevlerin yoğun olduğu meslekleri etkileyebilmektedir (Frank vd., 2019:6532). Bu noktada işgücünün belirli kriterlere bağlı olarak sınıflandırılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda iki farklı sınıflandırma aşağıda açıklanacağı gibi iki farklı teknolojik değişim istihdam ilişkisi yaklaşımının temel dayanak noktalarını oluşturmaktadır.

Beceri Yanlı Teknolojik Yaklaşım (BYTD), işgücünü vasıflı ve vasıfsız olarak ikiye ayırmaktadır ve buna göre teknoloji her zaman vasıflı işgücü lehine etkiler göstermektedir. Teknolojik değişim-istihdam ilişkisine ilişkin literatürde vurgulanan vasıf olgusu genellikle eğitim ile ilişkilendirilmektedir. Vasıflı işgücü günlük hayatta farklı anlamlarda (örneğin; usta bir kuaför, marifetli bir bahçıvan vb.) kullanılabilir. Ancak bu alandaki kullanımı doğrudan “bir kişinin aldığı resmi eğitim miktarı” ile ilgilidir (Susskind, 2020:41). Buna göre lisans veya üzeri eğitim almış olan işgücü vasıflı iken daha düşük eğitim miktarına sahip işgücü vasıfsız olarak nitelendirilmektedir. Rutin Yanlı Teknolojik Değişim Yaklaşımına (RYTD) göre ise,

işgücü düşük-orta-yüksek vasıflı olmak üzere üç kategoride değerlendirilmektedir. Buna göre, yüksek vasıflı meslekler; yönetsel, profesyonel ve teknik meslekleri, orta vasıflı meslekler; büro işleri ve idari destek meslekleri ile üretimde operasyonel-montaj elemanı vb. ve onarım ile ilgili meslekler ve düşük vasıflı meslekler; herhangi bir eğitim gerektirmeyen üretim ve hizmet meslekleridir (Acemoğlu ve Autor, 2011:7-8). Bu ayrım RYTD yaklaşımının teknolojinin etkisini, bir işi oluşturan görevler üzerinden belirleme amacına uygundur. Buna göre özellikle orta vasıflı mesleklerin görevlerinin çoğunluğu, teknoloji tarafından kolaylıkla gerçekleştirilebilirken düşük ve yüksek vasıflı mesleklerin görevlerinin çoğu teknoloji tarafından gerçekleştirilemez. Bu ise teknolojik değişiminin orta vasıflı meslekler için istihdamı azaltırken düşük ve yüksek vasıflı meslekler için istihdamın artmasına neden olarak literatürde “işgücü kutuplaşması” olarak bilinen olgunun gerçekleşmesine neden olmaktadır. Bu iki yaklaşımdan hangisinin gerçek etkileri daha net bir şekilde ortaya koyabildiği literatürde yoğunlukla tartışılmaktadır. Bu konuya ilişkin ampirik çalışmalar beceri yanlı ve rutin yanlı teknolojik değişim başlığı altında detaylandırılacaktır. Söz konusu tartışmadan bağımsız olarak teknolojinin net etkisi, teknolojinin mikro düzeyde istihdamın kaynağı olan işlerden hangilerini ne boyutta gerçekleştirebileceği sorusunun cevabına bağlıdır. Nitekim bu sorunun cevabı yeni teknolojilerin tüm işleri yok ederek her zaman “negatif yer değiştirme” etkisiyle istihdamı azaltıp azaltmayacağını belirlenmesinde önemli bir açıklamayı ortaya koyabilecektir. Bu nedenle öncelikle, teknolojinin işgücünü ikame ve tamamlayıcı özellikleri açıklanacaktır.

1.2.3.2.1. Teknolojinin Tamamlayıcı ve İkame Edici Özellikleri

Yeni teknolojilerin bir iş veya meslekteki ikame ve tamamlayıcı özelliklerinin belirlenebilmesi için söz konusu mesleği oluşturan iş görevlerinin belirlenmesi gerekir. Dolayısıyla, öncelikle bir iş ya da mesleği oluşturan görevlerin o işi gerçekleştiren işgücünün beceri ve yeteneklerinden bağımsız bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu ise beceri ve görevler arasındaki ayrımın netleştirilmesi ile mümkündür. Görev, çıktı (mal ve hizmet) üreten bir çalışma faaliyeti, beceri ise çalışanın çeşitli görevleri yerine getirme yeteneklerine (çoğu durumda eğitim düzeyi ile belirlenen) sahip olmasını ifade etmektedir (Autor, 2013:65). Buna göre çalışanlar belirli bir ücret karşılığında becerilerini iş görevlerine uygulamaktadırlar. Çalışanın sahip olduğu becerilerle iş görevlerini yerine

getirmesi çıktı üreten bir faaliyet olarak gerçekleşirken, bu görevlerin bir kısmı veya tamamı teknolojik araçlar tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Ancak Acemoğlu ve Autor (2011)' da vurgulandığı gibi işlerin veya mesleklerin büyük çoğunluğunun heterojen görev demetlerinden oluştuğu göz önüne alındığında ve mesleklerin görev içeriklerinin Arntz vd., (2017)'nde vurgulandığı gibi dijital dönüşüme uyumlu hale gelerek değişimi söz konusu olduğunda hangi iş ya da meslekteki görevlerin tamamının veya büyük çoğunluğunun teknoloji tarafından gerçekleştirilebileceğini belirlemek oldukça zordur. Bu yüzden yeni teknolojilerin hangi işleri veya meslekleri tamamlayacağı ve ikame edeceğinden ziyade, hangi özelliklerdeki görevleri ikame edebileceği veya tamamlayabileceğinin üzerinde durulmaktadır. RYTD yaklaşımının başlangıç noktasını oluşturan çalışmada Autor vd., (2003) bilgisayar teknolojilerinin “rutin” işleri kolaylıkla gerçekleştirebileceğini vurgulamıştır. Buna göre açık bir şekilde kurallara uyularak gerçekleştirilebilen tüm rutin görevlerin bilgisayarlar ve dolayısıyla teknoloji aracılığıyla yerine getirilebileceği iddia edilmektedir. Burada görevin “rutin” olması, sıkıcı ve sıradan olması anlamına gelmemektedir. Rutinlik insanların açık bir şekilde nasıl gerçekleştirdiklerini ifade edebildikleri (ölçme, hesaplama, kayıt, taşıma vb.) görevleri ifade etmektedir. ALM hipotezi olarak da kabul edilen bu hipotez, bir görevin kolaylıkla ifade edilebilmesi ve bilgisayar programcısının bu görevi belli kurallar çerçevesinde kodlayabilmesinin bu görevi teknolojinin gerçekleştirebileceği anlamına geldiğini iddia etmektedir. Bu kapsamda iş görevlerinin; fiziksel çaba gerektiren rutin manuel ve rutin olmayan manuel, zihinsel çaba gerektiren rutin bilişsel ve rutin olmayan bilişsel (soyut) ve sosyal görevlerden oluştuğu ifade edilmiştir. Rutin sıfatı taşıyan işler genellikle bilgisayarların ve dolayısıyla teknolojinin kolaylıkla gerçekleştirilebileceği işler olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım hem yaklaşımın geliştiricileri hem de başka araştırmacılar tarafından geliştirilerek teknolojinin gerçekleştirebileceği ve gerçekleştiremeyeceği görevlerin özellikleri tanımlanmıştır. Fernández-Macías ve Hurley (2017:584-595) rutin temelli yaklaşımı kullanarak teknolojik etkiyi belirleme amacıyla gerçekleştirilen önemli bazı çalışmalarda kullanılan görev özelliklerini ve görevlerin ölçülmesi için geliştirilen ölçüm değişkenlerini bir araya getirmiştir. Bu tanımlar ve ilgili araştırmalar Tablo 10'da açıklanmaktadır.

Tablo 10. Rutin Yaklaşımına Göre Teknolojinin İkame ve Tamamlayıcı Özellikleri

Autor vd. (2003), Autor vd., (2006)	
Sınıflandırma	Rutin olmayan analitik, rutin olmayan etkileşimli, rutin bilişsel, rutin manuel, rutin olmayan manuel.
Tanım	Rutin: 'kesintisiz bir prosedürün metodolojik olarak tekrarlanmasını gerektiren görevler'. Analitik veya bilişsel: tanım yok Rutin olmayan bilişsel: 'esneklik, yaratıcılık, genel problem çözme ve karmaşık iletişim gerektiren görevler'
İçerik	Rutin olmayan analitik: nicel akıl yürütme gereksinimleri. Rutin olmayan etkileşimli: yönlendirme, kontrol ve planlama (yönetim ve kişiler arası görevler). Rutin bilişsel: belirlenmiş sınırlar, toleranslar ve standartlar gerektiren görevler Rutin manuel: parmak becerisi vb. görevler Rutin olmayan manuel: göz-el-ayak koordinasyonu gerektiren görevler
Spitz Oener (2006)	
Sınıflandırma	Rutin olmayan analitik, rutin olmayan etkileşimli, rutin bilişsel, rutin manuel, rutin olmayan manuel.
Tanım	Rutin (hem bilişsel hem manuel): kolayca programlanabilen ve bilgisayarlar tarafından ekonomik olarak uygulanabilir maliyetleri olan, uygulanabilecek şekilde kurallarla ifade edilebilen görevler Rutin olmayan görevler: 'iyi tanımlanmış ve programlanabilir olmayan ve şu anki haliyle bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilemez görevler' Analitik: 'çalışanların işyerinde karşılaştıkları sorunları düşünme, akıl yürütme ve çözme becerilerini gerektiren görevler' Etkileşimli: yalnızca iletişim becerilerine, yani başkalarıyla konuşma ve yazma yoluyla etkili iletişim kurmaya değil, aynı zamanda iş arkadaşları ve müşteriler dahil olmak üzere başkalarıyla etkileşim gerektiren görevler
İçerik	Rutin olmayan analitik: araştırma, analiz etme, değerlendirme ve planlama, planlar/inşaatlar yapma, tasarlama, eskiz yapma, kurallar/reçeteler üzerinde çalışma ve kuralları kullanma ve yorumlamayla ilgili görevler Rutin olmayan etkileşim: müzakere, lobicilik, koordinasyon, organizasyon, öğretme veya eğitim, satış, satın alma, müşterilere danışmanlık, reklam, eğlendirme veya sunum ve personel çalıştırma veya yönetmeyle ilgili görevler Rutin bilişsel: hesaplama, defter tutma, metinleri/verileri düzeltme ve uzunluk/ağırlık/sıcaklık ölçmeyle ilgili görevler Rutin manuel: makineleri çalıştırma veya kontrol etme ve makineleri donatmayla ilgili görevler Rutin olmayan manuel: evleri/daireleri/makineleri/araçları onarmak veya yenilemek, sanat eserlerini/anıtları restore etmek ve hizmet vermek veya barındırmakla ilgili görevler

Tablo 10. (Devamı)

Goos vd., (2010)	
Sınıflandırma	Soyut, Rutin ve Hizmet görevleri
Tanım	Rutin: tekrarlayan fiziksel güç veya hareket girişi gerektiren işler gibi bilgisayarların görece kolaylıkla gerçekleştirebildiği işler ve ayrıca tekrarlayan ve karmaşık olmayan bilişsel beceriler gerektiren işler Rutin olmayan soyut ve hizmet olarak ikiye ayrılır: Soyut görevlerin tanımı yok. Sadece örnekler: 'karmaşık problem çözme' (mühendisler ve tıp doktorlarının ihtiyaç duyduğu gibi). Hizmet görevlerine örnek olarak: 'başkalarıyla ilgilenmek (kuaförlerin ve tıp doktorlarının ihtiyaç duyduğu gibi)
İçerik	Rutin: operasyon izleme, ekipman bakımı, kalite kontrol, el ve parmak becerisi, kol-el dengesi. Soyut: yönetsel görevler, problem çözme, bilgi işleme, teknik ve veri analizi, bilgisayarlarla etkileşimle ilgili görevler Hizmet: başkalarına yardım etme ve onlarla ilgilenme, sosyal etkileşim, satış, aktif dinleme, halkla doğrudan etkileşimle ilgili görevler
Autor (2013)	
Sınıflandırma	Soyut, rutin, manuel
Tanım	Soyut: soyut problem çözme, yaratıcı düşünme, organizasyonel ve yönetsel görevler Rutin: açık prosedürleri izleyen rutin, kodlanabilir bilişsel ve manuel görevler Manuel: fiziksel uyum sağlamayı gerektiren rutin olmayan manuel iş görevleri
İçerik	Soyut: belge okuma, matematik, en az 30 dakika sürecek bir problem çözme ve diğer çalışanların gözetimiyle ilgili görevler Rutin: Kısa tekrarlayan ve müşterilerle yüz yüze etkileşimlerin olmadığı görevler Manuel: Fiziksel görevleri yerine getirmek için harcanan zaman.
Fernández-Macías ve Hurley (2017:564-566)	
Sınıflandırma	Rutin, bilişsel, sosyal
Tanım	Rutin (manuel ve fiziksel): Rutin kavramının öznel olarak tanımlandığına vurgu yapılarak, yeni teknolojilerin rutin ve rutin olmayan görevler arasındaki net ayrımı izin vermediği ifade edilmiştir. Bilişsel: Bilişselliğin rutinlikle birlikte kullanılamayacağına vurgu yapılmaktadır. Buna göre bazen tekrar gerektiren işler rutin olmayabilir, örneğin bir müzisyen aynı notayı yüzlerce kez çalabilir ve burada amaç işin mükemmelleştirilmesidir. Sosyal: İnsan doğasıyla ilgili olan ve etkileşim gerektiren işler
İçerik	Rutin (manuel ve fiziksel): tekrarlayan el veya kol hareketleri, veya 10 dakikadan daha kısa tekrarlayan el hareketleri, monoton işler, öngörülebilir sorunlarla uğraşmayla ilgili görevler Bilişsel: karmaşık görevler, işyerinde bilgisayar kullanımı, işyerinde internet kullanımıyla ilgili görevler ve belirli bir seviyede eğitim gerektiren görevler Sosyal: meslektaş olmayanlarla doğrudan etkileşim gerektiren işler, müşterilerden gelen taleplerin işin hızını belirlemesi
Kaynak: Fernández-Macías, E., & Hurley, J. (2017). Routine-biased technical change and job polarization in Europe. Socio-Economic Review, 15(3), 563-585. (Bu çalışmaya ait sınıflandırma, tanım ve içerik araştırmacı tarafından eklenmiştir).	

Tabloda yer alan sınıflandırmalara göre rutin (bilişsel ve manuel) görevler teknolojinin kolaylıkla ikame edebileceği görevleri ifade ederken rutin olmayan (bilişsel-manuel), analitik, etkileşim-sosyal görevler teknolojinin ikame edemeyeceği ve ancak tamamlayıcılık işlevine sahip olabileceği görevleri ifade etmektedir. RYTD'ye göre rutin işler genellikle orta vasıflı olarak değerlendirilen iş ya da mesleklerde yoğunudur ve dolayısıyla teknoloji bu işler için talepte azalmaya neden olmaktadır. Öte yandan rutin olmayan bilişsel, analitik görevler ve sosyal görevlerin bir kısmı yüksek vasıflı, rutin olmayan manuel ve sosyal görevlerin bir kısmı düşük vasıflı iş veya mesleklerde yoğunudur ve dolayısıyla teknoloji bu iki iş grubu için talepte artışa neden olmaktadır. Dolayısıyla yeni teknolojiler, işgücü üzerinde kutuplaşma etkisine sahiptir (Acemoğlu ve Autor, 2011). BYTD ise eğitimi vasıf düzeyinin temeli olarak almakta ve görev yaklaşımını benimseme de söz konusu ikame etkisine uygun görevlerin düşük vasıflı, tamamlayıcı etkiye uygun görevlerin ise yüksek vasıflı işgücü grubu için söz konusu olduğunu ima etmektedir. Dolayısıyla teknolojinin kutuplaşmadan ziyade görev yükseltme yönünde bir etkisinin olduğunu ileri sürmektedir. Bu yaklaşımlarla ilgili çalışmalar bir sonraki başlıkta detaylandırılacaktır. Frey ve Osborne (2017) ise temelde bu yaklaşımı esas alsa da göz önünde bulundurduğu yeni teknolojiler (makine öğrenmesi ve ileri robotik) ışığında ikame ve tamamlayıcı özellikleri belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada Oxford üniversitesinden yapay zekâ uzmanlarının ifade ettiği teknolojik yeniliklerin önündeki “darboğazlar” esas alınmıştır. Söz konusu darboğazlar özellikle insanın doğası gereği sahip olduğu becerilerle ilgilidir.

Tablo 11. Frey ve Osborne (2017) Yaklaşımına Göre Yeni Teknolojilerin İkame Edemediği Beceriler

Darboğazlar	Kullanılan Değişken	Değişken Açıklaması
Algı ve Manipülasyon	Parmak becerisi	Çok küçük nesneleri kavramak, manipüle etmek veya bir araya getirmek için bir veya iki elin parmaklarını tam olarak koordineli hareket ettirme becerisi
	El becerisi	Nesneleri kavramak, manipüle etmek veya birleştirmek için elleri, kollarla (iki veya tek el-kol) birlikte hızlı bir şekilde hareket ettirme becerisi
	Sıkışık çalışma alanı ve farklı fiziksel pozisyonlar	Söz konusu işin ne sıklıkla dar, yapılandırılmamış ortamlarda gerçekleştirildiğine bağlı olarak esnek hareket edebilme becerisi
Yaratıcı Zekâ	Özgünlük	Belirli bir konu veya durum hakkında alışılmadık, zekice fikirler bulma veya bir sorunu çözmek için yaratıcı yollar geliştirme becerisi
	Sanat	Müzik, dans, görsel sanatlar, drama ve heykel eserlerini bestelemek, üretmek ve icra etmek için gerekli teorik bilgi ve teknik beceriler
Sosyal Zekâ	Sosyal algı	Başkalarının tepkilerinin farkında olma ve neden böyle tepki verdiklerini anlama becerisi
	Müzakere	Başkalarını bir araya getirme ve farklılıkları uzlaştırmaya çalışma becerisi
	İkna	Başkalarını fikirlerini veya davranışlarını değiştirmeye ikna etme becerisi
	Başkalarına yardım etmek ve onlarla ilgilenmek	İş arkadaşları, müşteriler veya hastalar gibi başkalarına kişisel yardım, tıbbi yardım, duygusal destek veya diğer kişisel bakım sağlama becerileri

Kaynak: Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017:264). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. Technological forecasting and social change, 114, 254-280.

Frey ve Osborne bu darboğazlara ilişkin becerilerin hangi meslekte ne yoğunlukta olduğunu hesaplamak için ABD Çalışma Bakanlığı bünyesinde ayrıntılı bilgilerin yer aldığı O*NET veri tabanını kullanmışlardır. Bu becerileri yoğunlukla gerektiren mesleklerin otomasyon riski düşük, bu becerilere olan ihtiyacın düşük olduğu mesleklerde ise otomasyon riskinin yüksek olduğu bir indeks hesaplanmıştır. Tablo 11'deki açıklamalar incelendiğinde, bu becerilerin genelleştirilmiş bir işgücü veya meslek grubuyla tam olarak eşleşmeyeceği kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim el veya parmak

becerisi bir cerrah için önemli bir görev bileşeni olmasının yanı sıra bir terzi veya bir kuaför için de oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra sosyal zekâyâ ilişkin beceriler hem yöneticiler hem de vasıfsız olarak kabul edilen satış temsilcileri için önemli görev bileşenleridir. Bu çalışmada 702 farklı meslek için 0-1 aralığında bir otomasyon riski hesaplanmıştır. Buna göre 1'e en yakın değeri alan meslekler otomasyon riskinin en yüksek olduğu meslekler iken 0'a en yakın değeri alan meslekler otomasyon riskinin en düşük olduğu mesleklerdir. İmalat sanayi özelî göz önüne alındığında bu mesleklerden bazıları (örneğin; tamirci, montajcı ve kurulumcuların birinci basamak yöneticileri: en düşük otomasyon riski sıralamasında ikinci sıradadır) düşük otomasyon riskine, diğer bazıları (Kesme ve dilimleme makinesi ayarlayıcıları ve operatörleri, makine bakım işçileri vb.) ise yüksek otomasyon riskine sahiptir. Fakat bu yaklaşımlar, teknolojiye meydana gelen ileri düzey gelişmeler dolayısıyla teknolojilerin sürekli daha fazla görevi yerine getirebileceği varsayımı noktasında eleştirilmektedir. Yeni teknolojiler; görme konuşma ve tahmin yetenekleri ile basit rutin görevleri otomatikleştirmenin ötesine geçmiş durumdadır ve bilişsel açıdan daha karmaşık görevleri gerçekleştirebilmektedirler. Nitekim ISO ve IFR'nin yaptığı tanımlarda yeni teknolojilerin; otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir üç veya daha fazla eksenle hareket edebilme gibi özellikler de bu durumu doğrular niteliktedir. Dolayısıyla yeni teknolojiler özellikle montaj, kaynak, paketleme, toplama ve yerleştirme, malzeme taşıma vb. birçok üretim görevini yerine getirebilmektedirler (Dixon vd., 2021:4-5).

Yeni teknolojilerin istihdam etkisini görev yaklaşımı temelinde ikame ve tamamlayıcı etkilerle belirleme fikri modern ekonomik düşüncede oldukça etkili ve kabul gören bir yaklaşımdır (Susskind, 2020:54). Fakat genel olarak yapay zekâ olarak adlandırılan; makine öğrenimi, derin öğrenme, 3D yazıcılar, robotik vb. etkili teknolojik değişimler bu yaklaşımlara yapılan en etkili eleştirilerden birinin temelini oluşturmaktadır. 2011 yılında Apple'ın piyasaya sürdüğü telefonlarda yer alan ve gün geçtikçe geliştirilen "siri" uygulaması insanları belli düzeyde anlayarak iletişim kurabiliyor (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:31), Industrial Perception şirketinin "baxter" isimli robotu ürünleri paketleme ve nakliyat kurallarına göre yerleştirme işini başarıyla gerçekleştirebiliyor (Ford, 2015:23) ve sürücüsüz, tamamen otomatik arabalar trafikte neredeyse hiç hata yapmadan ilerleyebiliyor, bu örnekleri artırmak mümkün olsa da burada ifade edilmek istenen düşünce, teknolojinin gün geçtikçe iletişim, algılama,

esneklik gerektiren fiziksel görevler gibi rutin olmayan görevleri de yerine getirebileceğini ortaya koymaktır. Teknolojide meydana gelen söz konusu değişimler doğrultusunda insanlar tarafından gerçekleştirilen neredeyse tüm işlerin bilgisayarlar ve teknoloji tarafından yapılabileceği fikri bazı araştırmacılar tarafından güçlü bir şekilde savunulmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014, Ford, 2015; Susskind, 2020; Reese, 2020). Bu fikre karşı çıkan araştırmacılar (iyimserler) ise sanayi devriminden bu yana teknolojinin gelişimi ile hem verimlilikteki artış hem de refah artışı nedeniyle ortaya çıkan yeni sektör ve yeni işler dolayısıyla bir istihdam kaybı olmadığını ve bu durumun devam edeceğini (Autor, 2015; Schwab, 2016; Marr, 2020), bunun yanı sıra 2030’lu yıllara gelindiğinde işgücü arz eksikliği nedeni ile var olan ve yeni ortaya çıkan işler için yeterli sayıda işgücü bulunamayacağını (Lorenz vd., 2015) ifade etmektedirler. Teknolojinin bazı işleri tamamen ortadan kaldıracabileceği, bazı işlerin ise yapılaş şeklini büyük ölçüde değiştirebileceği her iki görüş için de kabul edilebilir bir olgudur. Öte yandan, makine öğrenimi ya da yapay zekâ mekanizmalarının bir işi otomatik olarak yerine getirebilmesi, çoğu durumda o işin daha önce birçok kez gerçekleştirilmiş olması ve bu gerçekleştirmelere ilişkin verilerin söz konusu mekanizmalara tanıtılmasıyla mümkün olabilmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014:26-27). Bunun yanı sıra, insan ihtiyaçlarını bilerek ve anlayarak yapay zekânın bir icat geliştiremeyeceği de kabul edilebilir bir durumdur. İnsan olmanın doğası gereği sahip olunan empati kurabilme, kişisel düzeyde ilişki, belirsizlik karşısında karar verebilme, yeni fikirler geliştirme ve karmaşık problem çözme yeteneği gibi olgular da teknolojinin uzun süre gerçekleştiremeyeceği görevler olarak kabul edilmektedir (Schwab, 2016; Marr, 2020). Yukarıda bahsi geçen ve insanlara özgü beceriler gerektiren var olan veya yeni ortaya çıkacak işlerin ortak özelliklerinin sürekli yeniliğe, belirsizliğe ve öğrenmeye açık “uyarlanabilir işler” olacağı anlaşılmaktadır. Uyarlanabilirliğe uygun işler için en bilinen örneklerden biri ATM’lerle ilgilidir. ATM’lerin keşfi ile birlikte veznedarın görevi banka içerisinde daha çeşitli görevleri içeren yeni bir forma dönüşmüş, bunun yanı sıra ATM’lerin veznedarların işini elinden alarak işsizliğe neden olacağı fikrinin aksine, ATM’lerin şube maliyetlerini düşürerek daha fazla şube kurulmasına ve yeni mesleki formuyla daha fazla veznedarın istihdam edilmesini sağlamasına neden olmuştur. Bu çalışmada, yeni teknolojilerin istihdam etkilerinin işgücünün vasıf düzeyi veya görev içeriğine göre belirlenemeyecek olması, önemli sınırlılıklardan birini oluşturmaktadır.

Fakat bu teorik bilgiler ve söz konusu örnekler, bu çalışmada ulaşılabacak bulguların yorumlanmasında kullanılacaktır.

1.2.3.2.2. Beceri Yanlı ve Rutin Yanlı Teknolojik Değişim Yaklaşımına İlişkin Çalışmalar

Beceri Yanlı Teknolojik Değişim yaklaşımına ilişkin ilk ve öncü çalışmalardan birini gerçekleştiren Tinbergen (1974) teknolojinin işgücü piyasasında daha eğitilmiş yüksek nitelikli işgücü ile daha düşük eğitime sahip niteliksiz işgücü arasındaki nispi ücret farkını artırdığını ve işgücü talebinde de yine yüksek nitelikli işgücü için talebin arttığını iddia etmiştir. Bu doğrultuda 128 ABD eyaletinden 1960 yılında gerçekleştirilen hanehalkı anketi verilerini kullanarak regresyon analizi gerçekleştirmiş ve addiasını doğrular nitelikte kanıtlara ulaşmıştır. Benzer şekilde teknolojinin istihdamın yönü ve ücretler üzerindeki etkisine ilişkin Acemoğlu (1998), “teknolojinin beceri yanlı bir teknik değişime” sebep olduğunu, başlangıçta genel olarak istihdam üzerinde negatif bir etkiye, fakat işgücünün bu değişime adaptasyonunun tamamlanması ile birlikte becerilere olan talebin ve bu beceriler için ücretin nispi olarak arttığını iddia eden bir model geliştirmiştir. 1970 ve 1980’lerde ABD işgücü piyasası için modelin test sonuçları yüksek vasıflı işgücü arzındaki artışın teknolojik değişimle birlikte taleple desteklendiği ve nitlikli ve niteliksiz işgücü arasındaki nispi ücret farkının arttığını göstermiştir. Acemoğlu (1999) diğer bir çalışmada ise firmaların ne tür yeni işler yaratacağını ve uygun çalışanları nasıl belirleyeceğine ilişkin bir model geliştirmiştir. Modelin sonuçlarına göre ABD işgücü piyasası için 1989-1999 döneminde beceri yanlı teknolojik gelişimin işçilerin üretkenliğini artırdığını ve bunun sonucunda nitelikli işgücü için talebin arttığına ilişkin kanıtlar elde edilmiştir. Katz (1999) benzer şekilde ABD işgücü piyasasında beceri yanlı teknolojik değişimi ile ilgili çalışmada yüksek nitelikli işgücü arzındaki artışın bu işgücüne olan talepdeki artışla eşleştiğini ve sonuç olarak yüksek vasıflı işgücü için olumlu, düşük vasıflı işgücü için ise olumsuz etkilerin ortaya çıktığını ifade etmiştir.

Acemoğlu (2002), başka bir çalışmada ise 1960’tan 2000’li yıllara dek her on yıl için ve tüm bu zaman dilimi için teknolojinin istihdam ve ücret etkisini araştırmıştır. Özellikle, 20. Yüzyıl sonlarına doğru teknolojinin yüksek vasıflı işgücünü tamamlayıcılık niteliğinin ikame edebilme yönünde geliştiğini ifade etmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre teknolojinin daha önce nitelikli olarak kabul edilen bazı tekniker ve zanaatkarlar gibi

işgörenlerin yerini aldığını ifade etmiştir. Bu çalışma işgücü ve ücret kutuplaşmasına temel oluşturacak nitelikte teknolojinin nitelikli olarak değerlendirilen işgücü için tamamlayıcılıktan ikame edilebilirliğe geçişine ilişkin ilk somut kanıtları içermektedir. Bu doğrultuda Autor vd., (2003) bilgisayar kullanımının beceri talebinde sebep olduğu değişimi gözlemlemeyi amaçladıkları çalışmalarında “rutinleştirme” hipotezini ortaya atmışlardır. Buna göre açık bir şekilde kurallara uyularak gerçekleştirilebilen tüm rutin görevlerin bilgisayarlar ve dolayısıyla teknoloji aracılığıyla yerine getirilebileceğini iddia etmişlerdir. Bu doğrultuda Maurin ve Thesmar (2004) Fransa imalat firmalarında teknolojik yeniliğin istihdam ve ücretler üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında Fransa işgücü verilerini kullanarak regresyon analizleri gerçekleştirmişlerdir. Teknolojik yeniliğin yüksek ve düşük vasıflı işgücüne olan talebi artırdığı, rutin olmayan bilişsel görevleri yerine getiren yüksek vasıflı işçiler için ücretlerde artışa neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Söz konusu etkilerin özellikle bilgi iletişim teknolojileri için belirgin olduğu da çalışmada ulaşılan sonuçlardandır. Spitz-Oener (2006), rutinleştirme hipotezini baz aldıkları çalışmalarında Batı Almanya’da 1979-1999 dönemi için teknolojik değişimin mesleklerin beceri gereksinimleri ve eğitim seviyesi talebi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre söz konusu dönem için teknoloji kullanımındaki artış mesleklerin beceri gereksinimlerinde büyük bir değişime sebep olmuş, analitik ve etkileşimli olarak nitelendirilen becerilere olan talepte artışa rutin bilişsel ve rutin manuel beceriler için ise talepte bir düşüşe neden olmuştur. Bu etkilerin farklı eğitim seviyeleri için farklı etkilerinin olacağı da çalışmada ulaşılan sonuçlardandır.

Acemoğlu ve Autor (2011) teknolojinin işgücü piyasasında ortaya çıkardığı “kutuplaşma” etkisi için yeni bir “ricardian” modeli önermişlerdir. Buna göre işgücünün yüksek ve düşük vasıflı mesleklerden oluştuğu ve becerilerin de bu sınıflandırmayla zorunlu bir eşleştirmesini savunan kanonik modelin, kutuplaşma etkisini eksik bir şekilde ortaya koyduğunu ve özellikle 21. Yüzyıl standartlarına uygun olmadığını ifade etmişlerdir. Geliştirdikleri ricardian modeline göre işgücünü yüksek, orta ve düşük vasıflı olarak sınıflandırmış ve bu sınıflandırma ile soyut, rutin bilişsel, rutin manuel ve rutin olmayan manuel görevler arasında bağlantı olduğunu öne sürmüşlerdir. Modele göre rutin görevleri yerine getiren işgücü için teknolojinin ikamesi daha yüksek olacak, buna karşın yüksek ve düşük vasıflı işgücüne olan talep artacaktır. Modelde aynı zamanda yüksek vasıflı meslekler ile düşük vasıf gerektiren meslekler arasında reel ücret farkının da

teknolojinin nedenselliğine bağlı olarak artacağını ifade etmişlerdir. ABD ve diğer bazı gelişmiş ülkeler için modele uygun ampirik bulgulara ulaşmışlardır.

Bu temel çalışmalar çerçevesinde literatürde farklı teknolojilerin beceri veya rutin yanlı değişime neden olup olmadığına ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Hynninen vd., (2013) çalışmalarında buhar makinesinin kullanımını teknolojik değişim olarak temel almış ve 1869-1914 dönemi için İsveç'teki liman kentlerinde kayıtlı gemilere ilişkin buhar makinesi kullanımı ve çalışanlara ilişkin verileri kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre teknolojik değişimin denizcilik endüstrisi mesleki yapısında büyük bir değişime neden olduğu, yeni meslekleri ortaya çıkardığı ve soyut görevler için istihdam ve ücretlerde artışa rutin görevler için istihdam ve ücretlerde azalmaya neden olduğu ortaya çıkmıştır. Akerman vd., (2015) firmaların geniş bir internet ağı kullanımının işgücü verimliliği ve ücretler üzerindeki etkisini görev odaklı yaklaşım çerçevesinde araştırmışlardır. 2001-2007 dönemi için Norveç'te faaliyette bulunan firmalara ilişkin elde edilen verileri kullanarak regresyon modellerini test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; firmalarda geniş bant internet kullanımının beceri yanlı bir etkiyle, rutin olmayan soyut görevleri yerine getirmede vasıflı çalışanları tamamladığı ve rutin görevleri yerine getirmede vasıfsız işçilerin yerini aldığı ortaya çıkmıştır. Beceri veya rutin yanlı yaklaşımları kullanarak veya her iki yaklaşımı da kullanmayarak Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisini belirlemeye yönelik ampirik çalışmalar bir sonraki başlıkta açıklanmaktadır.

1.2.4. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İstihdam Etkisi Üzerine Ampirik Çalışmalar

Ekonomik teoriler bir takım faktörlere, varsayımlara, kullanılan parametre ve modellere bağlı olarak açıklanmaktadır. Bu nedenle yukarıda açıklanan teorik yaklaşımlar yeni teknolojilerin istihdam etkisi hakkında net bir açıklama ortaya koymamaktadır. Bu kapsamda ilgili etkilerin belirlenebilmesi için ampirik kanıtların önemi ortaya çıkmaktadır (Barbieri vd., 2019:14). Bu başlık altında öncelikle birden fazla Endüstri 4.0 teknolojisinin istihdam etkisini belirlemeyi amaçlayan çalışmalardan bahsedilmektedir. Söz konusu çalışmalar veri eksikliğine bağlı olarak bir sonraki başlıkta (ampirik çalışmaların farklı sonuçlarının nedenleri) açıklanacağı gibi firma düzeyinde araştırmaların eksikliği nedeniyle oldukça sınırlı sayıdadır. Nitekim yeni teknolojilerin firma üretkenliğini ve istihdamını nasıl etkilediğine dair yaygın endişeler ve tartışmalar

olsa da, firma düzeyinde ampirik analizler oldukça sınırlı sayıdadır. Bu nedenle, yeni teknolojilerin istihdam etkileri hakkında daha fazla firma düzeyinde analiz gerçekleştirilmelidir (Raj ve Seamans, 2019).

Birden fazla teknolojiyi göz önünde bulundurularak istihdam etkilerini firma düzeyinde verilerle araştıran önemli çalışmalardan biri Balsmeier ve Woerter (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada İsviçre’de imalat, hizmet ve inşaat sektörlerinde faaliyette bulunan toplam 5700 firmanın dijital teknoloji kullanımı ile istihdamı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu araştırmada söz konusu firmalara ait yatay kesit veriler, OLS regresyonları ile analiz edilmiştir. Dijital teknolojiler, makine tabanlı (3D yazıcı, Endüstriye robot vb.)-makine tabanlı olmayan teknolojiler (nesnelerin interneti, ERP yazılımı vb.) olarak sınıflandırılmıştır. Makine tabanlı teknolojilerin yüksek vasıflı-eğitimli istihdamını artırdığı, orta ve düşük vasıflı istihdamını azalttığı, makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin ise anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak her halükarda dijital teknoloji kullanımının toplam istihdamı artırdığı sonucuna ulaşılmış ve bu durumun İsviçre’nin yüksek sayıda eğitimli işgücüne sahip olması ve yeni teknolojileri kullanma düzeyinin dünya ortalamasının oldukça üzerinde olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Blanas vd. (2019), 1982-2005 dönemi için 10 yüksek gelirli AB ülkesinden 30 farklı sektörde makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan (robot-yazılım) teknolojilerin farklı işgücü grupları için etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada AB ülkelerinde istihdam istatistikleri ve ilgili sektörlerin Bilgi İletişim Teknolojileri ve diğer fiziki sermaye unsurları stoklarına atı veriler birleştirilerek panel veri analizi gerçekleştirilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre özellikle imalat sanayinde, yazılım ve robot teknolojileri düşük ve orta vasıflı işgücü grubu ile genç ve/veya kadın işgücü grubuna olan talebi azaltmakta ve toplam istihdamı olumsuz yönde etkilemektedir.

Bessen vd., (2020) Hollanda’da imalat sektörüyle birlikte diğer sektörleri de ele aldıkları çalışmalarında otomasyonun/robotik kullanımının firma düzeyinde istihdam etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre robotik kullanımı yüksek düzeyde olan firmalarda düşük olan firmalara göre gelir ve istihdam artışı daha yüksektir. Araştırmada elde edilen en önemli sonuç otomasyon teknolojilerinin sadece imalat sektöründe değil diğer sektörlerde de aynı etkiyi gösterdiğidir.

Wu ve Yang (2021) Endüstri 4.0 süreciyle bütünleştirilen dijital teknolojilerin gelişmekte olan bir ekonomi olarak kabul edilen Çin'deki ekonomik yansımalarını araştırmışlardır. Bu çalışmada Çin'in 30 farklı bölgesine ait dijital teknoloji kullanımı ve teknoloji üreten firmaların toplam varlığıyla ilgili veriler istihdam verileriyle birleştirilerek panel veri analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda dijital teknolojilerin imalat sanayi istihdam yapısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, işgücünün daha üretim odaklı, yüksek teknolojiyle birlikte çalışabilen ve daha yüksek eğitilmiş bir hale geldiği ve dijital teknoloji kullanımının olumlu etkiler dolayısıyla teşvik edilmesi gerektiğine dair sonuçlara ulaşmışlardır. Bunun yanı sıra, dijital teknolojilerin imalat sanayi istihdamında genel bir artışa ve özellikle yüksek vasıflı işgücü için artışa neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Cirillo vd. (2021) çalışmalarında İtalya'da Endüstri 4.0'ı uygulamayı hedefleyen üç büyük otomotiv firmasında teknolojinin iş süreçleri ve istihdam üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar üretime dahil edilen teknolojinin firma içerisinde ve firmalar arasında beceri talebi için farklı etkilerin görüldüğüne işaret etmektedir. Nitel analizlerin gerçekleştirildiği bu çalışmada istihdam etkisinin net bir şekilde belirlenebilmesi için firma heterojenliğine ve dolayısıyla organizasyon yapı ve yöntemlerine ilişkin bilgilere ihtiyaç duyulacağı vurgulanmıştır.

Qin vd., (2022), Çin'in Dougghan eyaletinde, otomasyon teknolojileri ve özellikle robotların kullanımını teşvik eden bir projeyi esas alarak, bu projede söz konusu teknolojileri kullanan ve kullanmayan imalat firmalarının istihdam değişikliklerini araştırmışlardır. Söz konusu firmalardan anketler aracılığıyla elde edilen veriler mikroekonometrik nitel tercih modelleri ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre otomasyon teknolojileri imalat firmalarında istihdam artışına neden olmuştur. Bu olumlu etkiler sektörlere göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Öte yandan otomasyon teknolojilerinin işgücü verimliliğini yaklaşık 2 kat arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. İmalat firmaları emek yoğun ve sermaye yoğun olarak sınıflandırıldığında ise genel etkinin her iki kategori için yine olumlu yönde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bu etkiler işgücü grupları dikkate alındığında yüksek ve orta vasıflı çalışanlar için düşük vasıflı çalışanlara oranla daha yüksek düzeydedir. Düşük vasıflı işçiler için ortaya çıkan nispeten olumsuz yöndeki etkilerin emek yoğun firmalarda daha yüksek düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Camina vd., (2020) çalışmalarında İspanya’da 5511 imalat firmasına ait panel verileri kullanarak otomasyon teknolojilerinin üretkenlik ve istihdam etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, makine tabanlı olmayan dijital (yazılım vb.) ve makine tabanlı dijital (robot) teknolojiler istihdamı azaltmaktadır. Ancak özellikle yapay zekâ gibi dijital teknolojilerin yükek vasıflı işgücü istihdamını artırabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Elde ettikleri diğer bir sonuç ise dijital teknolojilerin üretkenlikle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı yönündedir.

1.2.4.1. Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler-İstihdam Üzerine Çalışmalar

Bu başlık altında, öncelikle firma düzeyinde analizler gerçekleştirilmeleri nedeniyle Bilgi İletişim Teknolojilerini esas alan çalışmalardan bahsedilmektedir. Sonrasında ise bu çalışmada esas alınan makine tabanlı olmayan teknolojilerin istihdam etkisine ilişkin çalışmalardan bahsedilmektedir. Makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan teknolojilerin istihdam etkisine ilişkin çalışmalar, özellikle yapay zekânın gelişen yekeneklerini esas alarak mesleklerle bağlantılı bir şekilde yaygın olarak incelenebilmesi ve robotlarla ilgili makro düzeyde verilerin varlığından dolayı çok teknoloji araştırmalara göre oldukça fazla sayıdadır.

BİT Teknolojileri

Brambilla ve Tortarolo (2018), Arjantin’de imalat sektöründe anket verilerini kullanarak bilgi ve iletişim teknolojisinin benimsenmesinin firma performansı ve istihdamı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 2010-2012 yıllarında 3995 firmadan alınan verilerle firma düzeyinde dijital teknolojinin benimsenmesi, üretkenlik, ücretler ve istihdam arasında bir bağlantı kurmaya çalışan sabit etki regresyonları tahmin etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre BİT (Bilgi İletişim Teknolojileri)’in firma düzeyinde benimsenmesinin firma üretkenliği ve ücretlerde artışlara yol açtığı, etkilerin firmalar arasında farklılık gösterdiği ve BİT kullanımının yüksek vasıflı işgücü talebinde bir artışa, düşük vasıflı işgücü talebinde ise bir düşüşe neden olduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan BİT’in benimsenmesinin vasıflı, vasıfsız ve yöneticiler için istihdamda toplam bir artışa neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Almeida vd., (2017) tüm sektörlerden 1852 Şili firmasına ait 2007-2013 verilerini kullanarak karmaşık yazılımların benimsenmesinin firmaların istihdamı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Panel regresyon analizlerinin sonuçlarına göre yüksek vasıflı

işgücüne olan talepte azalma olduğunu ortaya koymuşlardır. Öte yandan ileri teknolojinin benimsenmesinin idari işçiler ve vasıfsız üretim işçileri için istihdamın artmasına neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada teknoloji türlerinin söz konusu etki için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Yapay Zekâ

Yapay zekâ alanında gerçekleşen gelişmeler, yukarıda bahsedilen uygulama alanlarından çok daha fazla işlevselliğe sahiptir ve birçok iş veya görevde insanlardan daha iyi bir performans gösterebilmektedir. Bu kapsamda yapay zekâ teknolojisi sadece geleneksel manuel ve rutin görevleri yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda üretim ve yönetim süreçlerinde insan muhakemesine ve kararlarına dayanan görevlerde de insanların yerini alma potansiyeline sahiptir. Öte yandan yapay zekâ teknolojileri işçiler tarafından gerçekleştirilen görevleri tamamlar ve genişletirse, hem üretim verimliliğini artırma hem ürün geliştirme süreçlerini tetikleyerek daha fazla işi de ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir (Yang, 2022:2). Jarrahi (2018) yapay zekânın, örgütsel yönetim işlerinde büyük bir hesaplamalı bilgi işleme kapasitesi ve analitik yaklaşımla karmaşıklığa karşı işlevsel bir şekilde insan bilişini artırdığına, ancak yine de karar verme, muğlaklık ve belirsizlikte insanların daha bütünsel ve sezgisel bir beceriye sahip olduğuna vurgu yapmaktadır. Bu çerçevede yapay zekânın yönetim işleri için tamamlayıcı bir şekilde planlanması gerektiği ifade edilmekte ve işgücünün yerini almadan ziyade verimi artırarak yeni işler ortaya çıkarma potansiyeline vurgu yapılmaktadır. Fakat söz konusu tamamlayıcı işlevlerin yapay zekâ kullanımından önce büyük bir olasılıkla işçiler tarafından gerçekleştirildiği göz önüne alındığında, özellikle ofis işleri anlamında istihdam azaltıcı etkisini dikkate almak gerekmektedir. Örneğin; yapay zekâ destekli doğal dil işleme algoritmaları bir dava ile ilgili birçok yargı kararı ve dava dosyalarını çok kısa bir sürede inceleyerek avukatlar için önemli bir iş kolaylığı sağlamaktadır. Fakat bu işlev avukat yardımcılığı işini yürüten işçi için iş kaybı anlamına gelmektedir. Yapay zekânın istihdam etkilerine ilişkin hem genel olarak (McElheran, 2018) hem de firma düzeyinde araştırmaların azlığı (Bughin, 2020) ve daha fazla veriye dayalı araştırmanın gerçekleştirilmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır (Raj ve Seamans, 2018).

Fossen ve Sorgner (2022), makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin temsili olarak makine öğrenmesi teknolojisinin ABD işgücü piyasasındaki istihdam etkisini, Frey ve Osborne tarafından önerilen otomasyon riski ölçümüyle belirlemeyi amaçlamışlardır. Endüstri 4.0'ı temsil eden farklı teknolojilerin işgücü piyasası için heterojen etkilerinin olabileceğinin vurgulandığı bu makalede, genellikle robotlar üzerinden belirlenmeye çalışılan otomasyon etkisi literatüründeki boşluktan bahsedilmektedir. 2011-2018 yılları için ABD işgücü piyasası verilerini, ABD Meslek Birliği Ağının (O*NET) sağladığı mesleklerin görev içerikleriyle ilgili verilerle birleştirerek panel regresyon modelleri tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, makine öğrenmesi teknolojisi toplam istihdamı azaltmaktadır. Öte yandan bu etkinin özellikle yüksek ve düşük vasıflı meslekler için daha önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu durumun sebebini; makine öğrenmesi-yapay zekâ teknolojisinin bilgisayar tabanlı yüksek vasıflı meslekleri doğal olarak daha fazla etkileyebileceği ve bunun yanı sıra düşük vasıflı mesleklerin tekrarlı ve kolay öğrenilebilir görevlerden oluşmasının makine öğrenmesinin bu işleri kolaylıkla yerine getirebileceği varsayımlarıyla açıklamışlardır.

Felten vd., (2019) ABD işgücü piyasasında yapay zekâda meydana gelen gelişmelerin mesleki anlamda etkisini aratırmışlardır. Bu etkiyi, geliştirdikleri yapay zekâ etki ölçümü (AIOI) olarak adlandırdıkları bir metolojiyle belirlemişlerdir. Bu metodoloji, yapay zekâda meydana gelen makine öğrenimi, görüntü tanıma ve işleme vb. özellikler ile mesleki görevler arasında kurulan ilişkiye dayanmaktadır. Bu ilişkilendirme sonucunda, yapay zekâda meydana gelen gelişmelerin en fazla yönetsel ve ofis işleri gibi beyaz yakalı işleri etkilediği, en düşük etkinin ise yüksek derecede fiziksel güç ve çaba gerektiren işlerde görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim yapay zekâda meydana gelen gelişmeler genellikle yazılım tabanlıdır, tekrarlı öğrenme ve algılamaya dayanmaktadır. Raj ve Seamans (2019) 2010-2016 yılları için mesleklerin istihdam ve ücret değişimine ilişkin veriler ile mesleki kurumlar üzerinden elde ettikleri AIOI puanlarıyla ilgili verileri kullanarak OLS regresyon tahminleri gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre AIOI'nın istihdam ile anlamlı bir ilişkisinin olmadığı ancak ücret artışları ile pozitif ve anlamlı bir ilişkisinin olduğu ortaya çıkmıştır. Meslekler özelinde gerçekleştirdikleri tahmin sonuçlarına göre ise, ücret artışlarının özellikle yüksek vasıflı meslekler için gerçekleştiği, istihdamın ise düşük-orta-yüksek vasıflı mesleklerden herhangi biri ile anlamlı ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. AIOI ölçüsünü kullanan

ve 23 farklı ülkeden elde edilen verilerle gerçekleştirilen başka bir araştırmada, benzer şekilde yapay zekâ ve toplam istihdam arasında bir ilişki bulunamamıştır. Fakat bilgisayar kullanımının yoğun olduğu mesleklerde yapay zekâ kullanımının ortalama çalışma saatlerini artırarak daha fazla işgücü talebine neden olduğu, bilgisayar kullanımının düşük olduğu mesleklerde ise tersi yönde etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Georgieff ve Hyee, 2021).

Bughin (2020), 10 farklı ülkeden 3000 farklı firma üzerinde gerçekleştirilen bir anketten elde edilen verileri kullanarak yapay zekânın istihdam etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada dört temel sonuca ulaşılmıştır: (I) Firmaların %10'dan daha azı, yapay zekâ teknolojilerini çoğuna veya birden fazla amaç için kullanımına yatırım yapmaktadır. (II) Firmaların çoğunluğu, yapay zekâ kullanımının istihdamı artıracığı öngörüsünde bulunmaktadır. (III) İstihdam artışı daha çok analitik, yaratıcılık ve etkileşim becerilerine sahip işgücü için gerçekleşmektedir, öte yandan rutin yoğun işlerde ve yönetim işlerinde istihdam azalmaktadır. (IV) Yapay zekâ kullanımı ile gerçekleşen daha fazla rekabet edebilirlik ve pazar payındaki artışlar otomasyonun istihdam azaltıcı etkisini dengeleyebilmektedir.

Gu vd., (2022) Çin'in farklı bölgelerinde hizmet sektöründe yapay zekâ kullanımının etkisini, 2007-2020 dönemine ait sektör düzeyinde panel verilerle araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, hizmet sektöründe yapay zekânın ikame edici etkisi, tamamlayıcı etkisinden daha düşüktür ve yapay zekâ hizmet sektöründe istihdamı artırmaktadır. Bu sonuca ilişkin üç temel nedenden bahsedilmektedir: (I) İmalat sektöründen farklı olarak hizmet sektöründeki birçok iş, insanlar arası etkileşim gerektiren ve duygusal emeği içeren görevlerden oluşmaktadır ve yapay zekânın bu işleri ikame etmesi, şuan için oldukça zordur. (II) Yapay zekâ, bilgi asimetrisini azaltarak, işlem maliyetlerini düşürerek, kaynak planlamasını optimize ederek vb. nedenlerle verimliliği artırarak istihdamı genişletir. Öte yandan yapay zekâ ekonomik gelişimi artırarak bireysel gelirdeki artış dolayısıyla insanların eğlence, sağlık vb. hizmetleri daha fazla talep etmesini, bu durumda bu sektörlerde istihdamın artmasını sağlamaktadır. (III) Yapay zekânın dahil edilmesiyle yeni işler ortaya çıkmaktadır ve bu işler için işgücü talebi ortaya çıkmaktadır.

Xie vd., (2021) Çin’de faaliyette bulunan 410 imalat firmasına ait 2007-2018 panel verilerini kullanarak yapay zekâ kullanımının firma istihdam yapısına etkisini araştırmışlardır. İmalat firmalarının işgücünü üç kategoride sınıflandırmışlardır: yüksek vasıflılar (teknik beceri gerektiren, yükseköğretim veya üzeri eğitimle desteklenen meslekler), orta vasıflılar (mali yönetici, satış, personel ve idari işler vb. üretim dışı meslekler, lise ve önlisans eğitimiyle desteklenir), düşük vasıflılar (düşük beceri gerektiren, lise veya altı eğitimle desteklenen). Bu çalışmada ayrıca imalat firmaları yüksek-orta-düşük teknoloji olarak sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmalar için yapay zekâ etkilerinin farklılaşma durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre ilgili dönemde yapay zekâ kullanımı düşük vasıflı, üretim çalışanlarının payını %2,46 azaltmış, yüksek vasıflı teknik üretim çalışanlarının payını %1,56 artırmış ve orta vasıflı meslekler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmamıştır. İmalat sanayinin teknolojik yapısına göre yapay zekâ kullanımının ise, yüksek teknoloji sektöründe; düşük vasıflı mesleklerin payını azalttığı, orta ve yüksek vasıflı mesleklerin payını artırdığı, orta teknoloji sektöründe; yüksek vasıflı mesleklerin payını artırdığı diğer iki meslek grubunda anlamlı etkiye sahip olmadığı ve düşük teknoloji sektöründe; üç meslek grubu için de anlamlı etkiye sahip olmadığı sonuçlarına ulaşmışlardır. Bu sonucun, ilgili sektörlerde üretilen ürünlerin fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Buna göre orta ve yüksek teknoloji sektörü ürünlerdeki fiyat düşüşleri bu sektörlerde yer alan firmaları daha rekabetçi olmaları adına teşvik ederek yapay zekâ kullanımını ve benimsenmesini pozitif yönde etkilemiş ve dolayısıyla istihdam yapılarında değişikliğe neden olmuştur.

Xue vd. (2022), Çin’de 2007-2018 yılları için 1387 firmaya ait veriler kullanılarak yapay zekânın firma düzeyinde toplam istihdam ve üniversite mezunu istihdamı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. En küçük kareler tahmin edicisi ile gerçekleştirilen nedensel panel veri analizlerinde toplamın yanı sıra hizmet ve imalat sektörleri ayrı ayrı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hem hizmet hem imalat sektörleri için yapay zekâ kullanımı ile toplam istihdam ve üniversite eğitimi almamış (vasıfsız) istihdam arasında pozitif, üniversite eğitimi almış (vasıflı) istihdam arasında negatif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bu ilişkilerin hizmet sektöründe imalat sektörüne oranla daha önemli düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar üç ana teorik açıklamayla ilişkilendirilmiştir: (I) Yapay zekâ, verimliliği artırarak ve daha fazla yeni iş ortaya

çıkarak toplam istihdamı artırabilmektedir. (II) Yapay zekâ, karmaşık bilgi işleme ve analiz gerektiren bir işin karmaşık görevlerini yerine getirdiğinde, insan müdahalesi ve etkileşim için kalan işler analitik beceriye sahip olmayan işgücü tarafından yerine getirilebilmektedir. Dolayısıyla yapay zekânın vasıfsızlaştırma etkisi ortaya çıkarak üniversite eğitilmiş işgücü için talep azalırken üniversite eğitimsiz işgücü için talep artmaktadır. (III) İmalat sektöründeki görevler genellikle standart, tekrarlayan ve çoğunlukla insan dokunuşu gerektirmeyen işlerden oluşurken hizmet sektöründeki işler önemli derecede müşteri bazında özelleştirilebilen ve işgücünün katılımını gerektiren işlerden oluşmaktadır. Bu durum hizmet sektöründe otomatikleştirilebilen iş sayısını imalat sektörüne göre oldukça düşük hale getirmektedir. Öte yandan imalat sektöründeki işlerin çoğu daha önce geliştirilen fiziksel makinelerle otomatikleştirilmiştir ve bu durum yapay zekânın olası etkilerini azaltmaktadır. Başka bir çalışmada Lu (2022) makroekonomik açıdan benzer sonuçların ortaya çıktığını belirlemiştir. Buna göre yapay zekâ işsizlik oranını azaltmaktadır ve istihdam artışı düşük eğitimli-vasıfsız işgücü lehine gerçekleşmektedir. Bu sonuçların aksine Ma vd., (2022) tarafından Çin’de 30 farklı eyalete ait verileri kullanarak gerçekleştirilen bir çalışmada yapay zekanın gelişimi ile istihdam yapısı arasında farklı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre yapay zekâ kullanımı düşük vasıflı mesleklerin istihdam payını azaltırken orta ve yüksek vasıflı mesleklerin istihdamını artırmaktadır.

Zhou vd., (2020) Çin işgücü piyasasında yapay zekânın sektörel ve mesleki etkilerini araştırmışlardır. Frey ve Osborne tarafından önerilen teorik olasılık modelini esas alarak hem sektör hem mesleki anlamda yapay zekânın otomasyon riski olasılıklarını hesaplamışlardır. Korelasyon analizine dayanan tahmin sonuçlarına göre 2049 yılına kadar yapay zekâ Çin işgücü piyasasındaki işlerin yaklaşık %35’ini otomatikleştirecektir. Sektörel açıdan sonuçlar, en yüksek otomasyon riskinin imalat, taşımacılık, depolama ve posta ile tarım, ormancılık, hayvancılık ve balıkçılık sektörlerinde ortaya çıkacağını ortaya koymuştur. Mesleki anlamda hesaplanan olasılıklara göre en yüksek olasılıklara sahip çalışanlar; ormancılık üreticileri, vahşi hayvan ve bitki koruyucuları, taşıma ekipmanı operatörleri ve ilgili çalışanları ve diğer büro çalışanları iken en düşük olasılıklara sahip çalışanlar; bilimsel araştırmacılar, mühendisler ve teknisyenler, tıp teknisyenleri, din görevlileri ve ziraat teknisyenleridir. Ayrıca işgücünün beşeri sermaye

özelliklerine göre de yaşlı, kadın, düşük eğitilmiş ve düşük gelirli çalışanların dezavantajlı durumda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yang (2022) Tayvan’da faaliyette bulunan elektronik firmalarına ait panel verileri kullanarak yapay zekânın verimlilik, istihdam çeşitliliği ve istihdam düzeyi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre AI patentlerindeki her %10’luk artış firma verimliliğini %5 artırmaktadır, bu sonuç yapay zekânın bağımsız olarak veya diğer teknolojileri tamamlayarak temel bir üretim yöntemi olabileceği ve üretimi teşvik edebileceği yorumuyla desteklenmiştir. Ancak toplam verimliliğinin işçi verimliliğinden daha yüksek düzeyde arttığı ve AI’nın genel olarak daha fazla sermaye verimliliği etkisi olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen diğer önemli sonuca göre, elektronik firmalarında geliştirilen AI teknolojileri yeni ürünler üretmek için kilit parçaların üretimi ve talebini artırarak bir ürün geliştirme etkisi göstermekte, bu durum daha fazla işin ortaya çıkmasına ve istihdamın artmasına neden olmaktadır. İşgücü çeşitliliği açısından ise AI pataneti alan firmaların düşük vasıflı istihdamının düştüğü, orta vasıflı istihdamının sabit kaldığı veya arttığı ve yüksek vasıflı işgücü istihdamının önemli düzeyde arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Alderucci vd., (2020) ABD imalat firmalarında AI patenti ile çalışan verimliliği ve işgücü talebi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada yapay zekânın istihdam etkilerinin belirlenmesi için firma düzeyinde gerçek verilerle çalışmanın, görev içeriklerinin metinsel analizi yoluyla gerçekleştirilen çalışmalara göre daha net etkilerin belirlenmesine olanak tanıdığına vurgu yapılmıştır. Elde ettikleri genel sonuçlara göre, yapay zekâ ile ilgili yeniliklere sahip firmalar, karşılaştırmalı bir şirket grubuna göre %25 daha hızlı istihdam artışı ve %40 daha hızlı gelir artışına sahiptir. Nitekim yapay zekânın çalışan başına verimliliği %8,9 artırdığı ifade edilmiştir. Öte yandan yapay zekâ patentinin üretim işçileri talebi üzerinde bir etkisi bulunamamıştır. Bu teknolojilerin imalat sanayi içerisindeki ofis işleriyle daha fazla ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Benzer çalışmalarda yapay zekâ teknolojilerinin verimlilik artışı yönünde etkisinin (Agrawal vd., 2019), özellikle KOBİ’lerde ve hizmet sektöründe etkili olduğu ifade edilmiştir (Damioli vd., 2021).

Baão vd., (2022) Protekiz’de 38 farklı sektör üzerinden yapay zekânın üretkenlik aracılığıyla istihdam üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yapay zekânın üretkenlik ve bağlantılı olarak arz-talep modeli ile istihdam etkisinin belirlenebileceğinin iddia edildiği bu çalışmada, Portekiz’in ekonomik büyümedeki düşüş ve üretkenlikteki dezavantajına vurgu yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre yapay zekâ dolayısıyla üretkenlikteki %10’luk artış tüm sektörlerde toplamda %2,4’l k bir istihdam kaybına neden olacaktır. Ayrıca söz konusu etkinin sektörler arasında benzerlik gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Damioli, (2021) dünya çapında yaklaşık 3500 firmaya ait yapay zekâ patent verileri ile firma istihdamı ilişkisini araştırmıştır. Yapay zekâ patentinin aynı zamanda bir ürün yeniliği olarak kabul edilebileceği ve doğal olarak emek dostu bir etkiye sahip olacağı iddia edilmiştir. Dinamik panel regresyon tahminleri, bu iddiayı doğrulamıştır ve diğer yenilik faaliyetleriyle benzer bir şekilde yapay zekâ yeniliklerinin istihdamı artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bu etkinin diğer yenilik etkilerinden daha yüksek düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır

Nesnelerin İnterneti

Butgereit (2020), Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve bu kapsamda nesnelerin interneti teknolojilerinin iş hayatında birçok insanın yerini alabileceğini belirttiği çalışmasında nesnelerin interneti teknolojilerinin dolaylı olarak bir çözüm aracı olabileceğini ifade etmiştir. Buna göre nesnelerin interneti kullanımı için gerekli cihazların bakım, onarım ve temizliği için bir istihdam alanı aılabileceği ifade edilmektedir. Kümeleme analizi yöntemi ile Güney Afrika’da bir dijital ürün geliştirici şirket üzerinde gerçekleştirdiği vaka çalışmasında bu iddiayı doğrulamış ve şirkete coğrafi olarak yakınlığı bulunan temizlik, bakım ve onarım işleri için işgücü talebi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Zhang (2022) Çin’deki  niversite eğitimi-işgücü piyasası ihtiyaçları arasındaki uyumsuzluğa vurgu yaptığı çalışmasında,  niversite  ğrencilerinin istihdam edilebilirliğini artırmak adına bir “Nesnelerin İnterneti Eğitim Uygulama Platformu”  nermiştir. Buna göre nesnelerin interneti ile ilgili teorik ve uygulamalı eğitimin (veri madenciliği vb.)  niversite  ğrencilerinin istihdam edilebilirliğini artırma potansiyelinin yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Infante-Moro vd., (2020) İşpanya’da otel işletmelerinde nesnelerin interneti teknolojileri kullanımının durumunu ve bu kullanımın istihdam etkilerini araştırmışlardır. Anket tekniği ile elde ettikleri verilerle ulaştıkları sonuçlara göre, nesnelerin interneti

kullanımı istihdamı artırma potansiyeline sahiptir, fakat hem mevcut çalışanların hem de yeni işe alınacakların bu teknolojiyle uyumlu çalışabilmeleri için gerekli becerilere sahip olması gerektiği ifade edilmiştir.

Men vd. (2022), Pakistan tekstil sektörü için büyük veri ve blockchain ile birlikte nesnelerin interneti kullanımının operasyonel etkilerini araştırmışlardır. 270 yönetici ile gerçekleştirilen anketlerden elde edilen verilerin kullanıldığı bu çalışmada, söz konusu teknolojilerin operasyonel etkinliği önemli derecede artırdığı sonucuna ulaşılmış ve artan verimliliğin istihdamı artıracağına vurgu yapılmıştır.

Sarbu (2022) Almanya’da faaliyette bulunan çeşitli sektörlerden 874 firmaya ait verileri kullanarak nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanım durumunun çeşitli etkilerini araştırmıştır. Probit model ve OLS tahminleri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada nesnelerin internetinin toplam istihdam üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak özellikle işbirliği platformları ile birlikte kullanımının firmaların çalışan sayılarını önemli düzeyde azalttığını ortaya koymuştur.

Bulut teknolojisi

Bulut teknolojisi kullanımının ekonomik etkilerini araştıran nadir çalışmalardan biri Etro (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Avrupa Birliğinden birçok sektörün hesaba katıldığı bu çalışmada bulut bilgi işlem kullanımının sektörlerde ve firmalarda rekabet avantajı sağladığı ve yeni işler ortaya çıkardığına vurgu yapılarak istihdamı artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu etkinin diğer bazı sektörlerle birlikte, imalat firmalarında daha önemli düzeyde gerçekleştiği de çalışmada ulaşılan diğer sonuçlardandır.

Loukis vd., (2017) firmaların bulut, ERP ve CRM teknolojilerini benimsemelerini etkileyen çeşitli faktörleri belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında Avrupada cam, seramik ve çimento imalatı faaliyetlerinde bulunan 676 imalat firmasından elde edilen verileri kullanmışlardır. Elde ettikleri yatay kesit verileri, lojistik regresyon modeli kullanarak analiz etmişlerdir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre bulut bilişim, ERP ve CRM’nin benimsenmesi için Bilgi İletişim Teknolojisi (BİT) personeli istihdamının önemli bir etkisinin olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, firmaların bilgi tabanını geliştirme, üretim süreçlerinde ve ürünlerde yenilik yapabilme gibi önemli fonksiyonları gerçekleştirebilmesi için gerekli becerilere sahip insan sermayesine vurgu yapılmıştır. Bu

sonuç, söz konusu teknolojilerin benimsenmesinin BİT personeli istihdamını gerekli kılarak firma istihdamını artırabileceğini göstermektedir. Aynı verileri kullanarak, söz konusu firmaları ölçeklerine göre büyük-küçük şeklinde sınıflandırdıkları diğer çalışmada Kyriakou ve Loukis (2019), BİT personeli ile bulut bilişim ve diğer teknolojiler arasındaki olumlu ilişkinin sadece küçük ölçekli firmalar için anlamlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

ERP ve CRM

ERP'nin firma düzeyinde performans etkilerini belirlemeyi amaçlayan çalışmalarında Poston ve Grabski (2000), ERP kullanan 500 firmanın 3 yıllık mali tablolarına ait verileri kullanmışlardır. Bu veriler, ERP kullanımından önceki bir yıl ve sonraki iki yıla ait firma göstergelerini kapsamaktadır. Elde ettikleri sonuçlara göre ERP, firmaların gelir artışında önemli bir etkiye sahip olsa da çalışan sayılarında anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır.

Güncel bir çalışmada Alsharari (2022), Birleşik Arap Emirlikleri'nde özel bir firmanın çalışanlarından nitel veri toplama tekniğini kullanarak elde ettiği verilerle ERP uygulamasının firma çıktılarına etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. ERP sisteminin çalışanların işlerini kısa sürede gerçekleştirmesine ve optimum zaman kullanımına önemli derecede fayda sağladığına yönelik sonuçlara ulaşmıştır.

Atasoy vd. (2016) firma düzeyinde Bilişim Teknolojileri kullanımının istihdam etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında Türkiye'de 2007-2011 yılları için firma düzeyinde verileri kullanmışlardır. ERP ve CRM teknolojilerinin önemli BİT uygulamaları olarak değerlendirildiği bu çalışmada inşaat, imalat, perakende vb. birçok sektörden 4895 firmaya ait veriler panel veri analizi ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre BİT kullanımının firma istihdam düzeyi ile genel olarak olumlu bir ilişkisinin olduğu, ancak ERP ve CRM sistemlerinin istihdam düzeyleriyle anlamlı ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

1.2.4.2. Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler-İstihdam Üzerine Çalışmalar

Robotlar

Robotların istihdam üzerindeki etkisine ilişkin ampirik literatür; -robot kullanımı hakkında bilgi kaynağı olarak Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR)'ndan toplu verileri

kullanan çalışmalar ve mikro ekonomik verileri (anket vb.) kullanan çalışmalar- şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Acemoğlu ve Restrepo (2017) robotların istihdam ve ücret etkilerini belirlemeyi amaçladıkları makalelerinde 1993-2004 dönemi için ABD işgücü piyasası ve robot kullanımı verilerini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre bin çalışan başına bir robot artışı toplam istihdamın nüfusa oranını 0.18-0.34 oranında azaltmaktadır. Bu sonuç, ilgili dönemde ABD işgücü piyasası için robotların işgücüyle yer değiştirme etkisinin diğer olumlu etkilerden yüksek olduğunu göstermiştir.

Dauth vd. (2018) Almanya’da robot kullanımının istihdam etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında 1994-2014 dönemine ait verileri analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre robot kullanımı imalat sektöründe istihdamı azaltmaktadır. Ayrıca imalat sanayinde gerçekleşen iş kaybının mevcut çalışanları etkilemediği ve robotların insanları işsiz bırakmadığı, ancak işgücü piyasasına yeni giren gençler için daha az iş imkânına neden olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanı sıra bu çalışmada robotların işgücü verimliliğini artırdığı ve ücretleri düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Dekle, (2020) (makro-ekonomik) Japonya işgücü piyasasında robotların istihdam etkisini belirlemeyi amaçladığı çalışmada ülke genelinde 1979-2012 arasında kullanılan robot sayılarına ait verileri istihdam verileriyle birleştirmiştir. Acemoğlu ve Restrepo (2017) tarafından önerilen modelin zaman serisi modelleriyle test edildiği çalışmada robotların hem genel istihdamı hem de kadın, lise mezunu, 50 yaş üstü çalışanlar vb. tüm işgücü gruplarının istihdamını olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuç, firmaların üretkenlik ve gelirlerini artırarak hem firma düzeyinde hem de endüstriler arasında toplam talep ve dolayısıyla toplam işgücü talebi artışı ile bağdaştırılmıştır. Ayrıca bu olumlu etkinin endüstriler arasında önemli bir farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Fujiwara ve Zhu (2020) robotların işgücü piyasası etkilerini küresel çapta belirlemeyi amaçladıkları makalelerinde, 33 ülkeden 26 farklı sektöre ait verileri ve işgücü verilerini kullanarak nedensellik analizleri yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre robot kullanımı işgücü verimliliğini önemli derecede artırırken, istihdam düzeyi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip değildir. Öte yanda ülkelerin işgücü piyasalarındaki

gelişmelerin ise robot kullanımının azalmasına neden olduğuna yönelik sonuçlara ulaşmışlardır.

Morikawa (2020), Japonya’da firmaların büyük veri, yapay zekâ ve robot kullanımları ile işgücünün eğitim durumuna ilişkin bilgilerin elde edildiği özel bir anketin verilerini kullanarak bu teknolojilerin işgücü etkilerini incelemiştir. Sıralı probit tahminleri ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarına göre, her üç teknolojinin kullanımı eğitilmiş (lisans ve lisansüstü) işgücü istihdamı ile pozitif ilişkilidir. Ancak imalat firmaları ile imalat dışı firmalar kategorize edildikten sonraki tahmin sonuçları, robot kullanımının imalat firmalarında eğitimsiz işgücü ile pozitif ilişkili olduğu eğitilmiş işgücü ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir. Söz konusu teknolojilerin istihdam etkileri için firma düzeyinde analizlerin eksikliğine vurgu yapılan bu çalışmada ayrıca, imalat sanayinde kullanılan hizmet robotlarının da göz önünde bulundurulması gerektiğine dikkat çekilmiştir.

Cheng vd., (2019) Çin imalat firmaları üzerinde 2015 yılında gerçekleştirilen bir anketten elde edilen verileri kullanarak, robot kullanımının çeşitli yönlerini araştırmışlardır. Yatay kesit verilerin kullanıldığı bu çalışmada, artan işgücü maliyetlerinin firmaların robot kullanımı ile pozitif ilişkili olduğu, robot kullanımının manuel görevlerin yoğun olduğu firmalarda daha yüksek düzeyde olduğu ve RYTD’nin aksine rutin ve soyut görev yoğunluklarıyla ilgili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada Çin işgücünün yaşlanması, artan işgücü maliyetleri ve olası işgücü arz eksikliğine karşın robot kullanımının arttığına vurgu yapılmıştır.

Graetz ve Michaels (2018), 1993-2007 dönemi için 17 ülkeden farklı sektörlere ait verileri kullanarak robotların ekonomik etkilerini analiz etmeyi amaçlamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre artan robot kullanımı işgücü verimliliğini yıllık %0.37 artırmakta ve bunun yanı sıra toplam faktör verimliliğini artırarak çıktı fiyatlarının düşmesine katkıda bulunmaktadır. Elde edilen bir başka sonuca göre, robot kullanımı düşük vasıflı işgücü istihdamında bir azalmaya neden olurken toplam istihdam üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Bu sonuç robotların işgücü etkilerinin beceri yanlı (BYTD) olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca robot fiyatlarındaki düşüşlerin robotların kullanım oranlarını önemli derecede artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ballestar vd., (2020) İspanya imalat firmalarına ait 2008-2015 boylamsal anket verilerini kullanarak bilgi yayılımı ve endüstriyel robotların firma düzeyinde ekonomik etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Panel veri analizlerinin sonuçlarına göre, endüstriyel robot kullanımı işgücü verimliliğini 2008 yılında %2 artırırken 2015 yılında yaklaşık %5 artırmıştır. Bu çalışmada farklı robot türlerinin analizlere dahil edilmesi gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Ni ve Obashi (2021) çalışmalarında Japonya imalat firmalarında robot kullanımının istihdam üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Japonya Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığında elde ettikleri verilerle Dünya Robotik Federasyonu verilerini birleştirerek robot kullanımının yeni iş yaratma veya iş kaybına neden olmalarıyla ilgili regresyon modelleri tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre robotlar yarattıkları yeni işlerden daha fazla işi ortadan kaldırmakta ve genel olarak imalat sektörünün istihdam artışı üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Bu çalışmada firma düzeyinde sadece çalışan sayısına ve firma özelliklerine ilişkin veriler, sektördeki robot stoku verileriyle birleştirilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma sektör düzeyinde sonuçlara ulaşmıştır.

Humlum (2019) çalışmasında Danimarka imalat firmaları için robot kullanımının etkilerini, işçi heterojenliğine izin veren dinamik bir modelle incelemiştir. Gerçekleştirdiği regresyon tahminlerinin sonuçlarına göre, robot kullanımı daha yaşlı çalışanlara oranla genç çalışanlar için olumlu etkilere sahipken, mesleki açıdan istihdamı üretim işçilerinden teknolojiyi iyi kullanan işçilere doğru kaydırıldığı ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra robot kullanımının ortalama reel ücretleri %8 artırdığı, üretim işçilerinin ücretlerinde %6 düşüşe neden olduğu ve teknoloji işçilerinin ücretlerinde %2.3 artışa neden olduğu da çalışmada ulaşılan sonuçlardandır.

Koch vd. (2021) çalışmalarında İspanya imalat firmaları için 1990-2016 dönemini kapsayan ve sektör ve firma heterojenliğine izin veren geniş bir veri seti ile robot adaptasyonunun firma seviyesinde etkilerini araştırmışlardır. Gerçekleştirdikleri regresyon analizlerinin sonuçlarına göre daha büyük, daha üretken ve ihracat yoğun firmalarda robot adaptasyonu, beceri yoğun firmalara oranla daha yüksektir. Robot adaptasyonunu yüksek seviyede gerçekleştiren firmalarda yaklaşık %20-25 verimlilik artışı, işgücü maliyetlerinde %5-7 azalma meydana gelmekte ve %10 yeni iş ortaya çıkmakta, düşük robot adaptasyonuna sahip firmalarda iş kaybı yaşanmaktadır. Elde

edilen en genel sonuç istihdamın beceri yoğun firmalardan robot kullanımı yüksek olan firmalara doğru şekillendiğidir.

Acemoğlu vd., (2020) Fransız imalat firmaları için robot kullanımının istihdam üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında firmalar arası farklılıkların nasıl sonuçlar doğurabileceğini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre otomasyonun genel etkisi ile firma düzeyindeki etkileri farklılık göstermektedir. Buna göre robot kullanan imalat firmalarında üretim işçilerinin payı azalırken genel olarak büyümeden dolayı istihdam artmaktadır. Öte yandan robot kullanmayan firmalarda ise istihdamda azalma meydana gelmektedir. Toplam istihdam artışı sonucuna yönelik iki yorumda bulunulmuştur; (I) robot kullanan firmalar büyük ölçekli firmalardır ve sürekli büyümeyle istihdamı artırmaktadırlar, (II) robot kullanmayan firmalarda rekabet edememe durumuna bağlı olarak istihdam robot kullanan büyük firmalara doğru kaymaktadır. Bu durum robot kullanımının verimlilik ve üretkenlik etkisi dolayısıyla ortadan kaldırdığından daha fazla yeni iş ve istihdam ortaya çıkarma özelliği ile örtüşmektedir.

De Vries vd., (2020), 37 ülkede 19 farklı sektör üzerinden 2005-2015 yılları için robot kullanımının istihdam üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Robot kullanımının genel olarak istihdam üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı, yüksek gelirli ülkelerde rutin manuel görevleri ortadan kaldırdığı fakat gelişmekte olan ülkelerde böyle bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Gelişmekte olan ülkeler örneklemine dahil edilen Türkiye için de bu sonucun geçerli olduğu ve bu ülkelerde imalat istihdamının önemli bir orana sahip olduğuna vurgu yapılmıştır. İfade ettikleri en genel sonuç ise robot kullanımının yıkıcı etkisinin görev talebini değiştirme noktasında yoğunlaştığıdır.

Dottori (2021), 1990-2016 dönemi için İtalya'da robot kullanımının istihdam etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre robot kullanımı tüm sektörlerde istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Sektörler imalat ve imalat-dışı olarak ayırt edildiğinde ise robotların imalat istihdamını zayıf ama negatif yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. Ancak bu negatif etkinin imalat sanayinin mevcut çalışanlarından ziyade, işgücü piyasasına yeni giren gençler için geçerli olduğu ve istihdamın robot kullanımının az olduğu sektörlerle kaydığı vurgulanmıştır.

Leigh vd., (2020) de ABD imalat sektörü için gerçekleştirdiği çalışmada yapay zekâ destekli robotların hem toplam istihdam hem de genel olarak farklı mesleki düzeylerde

istihdamı artırdığı yönünde sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak hem robot sayıları hem de mesleki görevlere ilişkin veriler birleştirilerek ayrıntılı bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Klenert vd. (2023), AB'ye üye ve adaylık sürecindeki 40 ülkede 1993-2017 dönemi için robotların istihdam üzerindeki etkisini araştırmışlardır. IFR verileri kullanılarak gerçekleştirilen ve tüm ülke ve tüm sektörlerin dâhil edildiği model analizlerinin sonuçlarına göre bin işçi başına bir robot artışı toplam istihdamı %1,14 artırmaktadır. Ayrıca robot kullanımı ile düşük vasıflı işgücü istihdamı arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bu çalışmada endüstriyel robotların yoğunlukla imalat sanayide kullanıldığı ve dolayısıyla bu sonuçların özellikle imalat sanayi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir. Fernandez-Macias vd., (2021) ise benzer verileri kullanarak Avrupa imalat sanayinde robotların istihdam etkisini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışmada, robotların daha önceki otomasyon dalgalarının bir devamı olduğuna ve asıl etkilerini günümüzden ziyade geçmişte gösterdiğine vurgu yapılmıştır. Ayrıca robotların belli sektörlerde ve belli meslekleri etkileyecek şekilde kullanılmasının, işgücü piyasası üzerinde geniş çaplı etkileri olmamasına neden olabileceği de ifade edilmiştir.

Zhang vd., (2023) Çin'de imalat firmaları için mikro düzeyde verileri kullanarak robot kullanımının istihdam etkilerini araştırmışlardır. Yıllık Sanayi Firmaları Anketi ve robot ithalat verilerini kullanarak, gelişmekte olan ülkelerden robot-istihdam ilişkisine ilişkin ilk mikro düzeyde sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada ilgili anketin 2000-2012 firma verileri birleştirilerek yatay kesit veri formatında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Çin imalat sektöründe %1 daha fazla endüstriyel robot kullanımı, istihdamı yaklaşık %31 artırmaktadır. Bunun yanı sıra, endüstriyel robot istihdam üzerinde beceri yanlı bir etkisi olduğunu ve endüstriyel robotların kullanımının düşük vasıflı emeğe göre yüksek vasıflı emeği daha yüksek oranda artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bir başka sonuca göre, firma düzeyinde endüstriyel robotların sayısındaki %1'lik bir artış üretkenliği %2,93–%5,22 oranında artırmaktadır. İmalat sanayi sektörü sermaye-teknoloji-emek yoğun (bu sınıflandırmaların NACE kodları çalışmanın ekinde mevcuttur) olarak sınıflandırıldığında ise robot kullanımının sermaye ve teknoloji yoğun firmalarda istihdamı artırdığı, emek yoğun firmalarda ise anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dixon vd. (2021) Kanada’da firma düzeyinde robot ithalatı verilerini firmaların üretkenlik ve istihdam verileriyle birleştirerek bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Robot kullanımını yapay zekâ destekli konuşma, tanıma vb. işlevleriyle birlikte ele aldıkları çalışmada 2000-2015 dönemine ait veriler analiz edilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre robot kullanımı firma düzeyinde istihdamı artırmaktadır. Bunun yanı sıra robot kullanımının yönetim-idari işler için işgücü talebinde azalmaya ve özellikle yüksek ve düşük vasıflı üretim çalışanları talebinde artışa neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu durumu iki önemli gerekçe ile açıklamışlardır: (I) Robotlar üretim sürecindeki insan hatalarını azalttığından idari görevler olan izleme ve denetleme işlerine olan ihtiyaç azalmaktadır. (II) Robot kullanımının RYTD’de ifade edilen orta vasıflı mesleklerde istihdamı azaltması doğaldır ve bu işler yoğunlukla üretim dışı büro işleriyle ilgilidir. Ayrıca firmaların robot kullanımında ana motivasyon kaynağının işgücü maliyetlerini azaltmaktan ziyade ürün çeşitliliği ve kalitesini artırma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Özellikle ürün çeşitliliği amacı yeni ürünler için yeni işgücü ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Compagnucci vd. (2019) Uluslararası Robotik Federsayonundan elde edilen, 16 OECD ülkesinde imalat firmalarında kurulan robot sayılarına ait verileri kullanarak robot kullanımının istihdam etkisini araştırmışlardır. Panel VAR modelinin esas alındığı çalışmada ulaşılan sonuçlara göre imalat sanayinde her %1’lik robot artışının istihdamı %0.16 azalttığı ve saatlik ücretleri artırdığı ortaya çıkmıştır.

3D Yazıcı

3D baskının iş süreçleri ve işler üzerindeki potansiyel etkilerine ilişkin somut kanıtlar sunan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Söz konusu literatür, diğer Endüstri 4.0 teknolojilerinde olduğu gibi olumlu ya da olumsuz yöndeki etkiler konusunda zıt sonuçlara ulaşmıştır (Savolainen ve Collan, 2020).

Felice vd. (2022) 3D baskı teknolojisi kullanımının imalat sektöründe istihdam etkilerini araştırmışlardır. 2009-2017 dönemi için 31 OECD ülkesinden 21 imalat sanayi sektörüne ait 3D baskı (patent başvuruları) verilerini, ilgili sektörlerin istihdam verileriyle birleştirerek analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre 3D baskı ile istihdam arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki söz konusudur. Öte yandan sektörler arasındaki farkı

esas alan diğer analizlerin sonuçlarına göre bu pozitif ilişki teknoloji üreten sektörlerde nispeten daha yüksek düzeydedir.

Pérez-Pérez vd., (2018) İspanya’da imalat mühendisliği ve malzeme mühendisliği ile ilgili alanlarda araştırmacı ve öğretim görevlilerinden oluşan bir örneklem üzerinde Delphi yöntemini (söz konusu sorular önce her bireye bağımsız olarak sorulur, ikinci aşamada tüm geri dönüşler bütün örnekleme bildirilir ve yeniden görüş istenir) kullanarak 3D baskının olası iş modelleri ve istihdam etkisi ile kullanım boyutunu belirlemeyi amaçlamışlardır. İstihdam ile ilgili çıkarımlara ilişkin sonuçlara göre; diğer otomasyon teknolojileri gibi, 3D baskı da istihdam düzeyi üzerinde önemli etkilere sahip olacaktır ve 3D baskının kullanımı için yeterli eğitim almış ve yetkin teknisyenlere ihtiyaç duyulacaktır.

Gartner vd., (2015) 3D baskının olası sosyo-ekonomik etkilerine ilişkin beklentileri belirlemek için Almanya’da uzmanlar-halk-politikacılar olmak üzere üç ayrı gruptan anket tekniği ile veri toplamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre diğer gruplara nispeten uzmanlar, 3D baskının istihdam etkisinin daha pozitif yönde olacağını ifade etmişlerdir.

Söz konusu çalışmalar incelendiğinde elde edilen sonuçların hem farklı teknoloji hem de aynı teknolojiler için çelişkili olabildiği görülmektedir. Bir sonraki başlıkta bu farklılıkların nedenleri, burada açıklanan literatüre de değilinerek tartışılmaktadır. Söz konusu farklılıkların daha net bir şekilde görülebilmesi için Tablo 11-12-13’te ilgili literatür özetlenmiştir.

1.2.4.3. Ampirik Çalışmaların Farklı Sonuçlarının Nedenleri

Bu başlıkta, Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisine ilişkin ampirik çalışmaların farklı sonuçlara ulaşmasına neden olabilecek muhtemel faktörlerden bahsedilmektedir. Literatür odaklı olarak gerçekleştirilen bu inceleme, bu çalışmada ulaşılması beklenen sonuçların neler olabileceğini ve Türkiye imalat sanayi özelinde için kapsamlı açıklamaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yeni teknolojilerin istihdam etkisine ilişkin ampirik çalışmaları inceleyerek söz konusu sonuç farklılıklarının muhtemel nedenlerini ortaya koyan iki temel çalışma bulunmaktadır. Barbieri vd. (2019) gerçekleştirdikleri kapsamlı literatür taraması sonucunda söz konusu farklılıkların genel olarak üç faktörden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Buna göre gerçekleştirilen ampirik

incelemenin (I) analiz düzeyi (firma, sektör ya da makro düzeyde), (II) teknolojik değişimin temsilcileri (fiziksel sermaye yatırımı veya AR-GE harcamaları) ve (III) analizin yapıldığı ülke ve zamana bağlı olarak farklılık gösterdiği ifade edilmektedir. Mondolo (2022) ise bu çalışmayı güncellemiş ve söz konusu farklılıkların; teknolojik değişimin temsilcileri ile birlikte teknolojik değişimin türüne (ar-ge ve somut olmayan teknolojiler, BİT, robotlar ve dijital teknolojiler, yapay zekâ) ve analiz düzeyine ek olarak çalışmaların esas aldığı mesleki özellikler ve çalışanların bireysel özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkabileceğini ifade etmiştir. Bu bilgiler ışığında; yapay zekâ ve diğer ileri teknolojilerin istihdam üzerindeki etkisinin çeşitli değişkenlere göre farklılık gösterebileceği kabul edilebilir bir durumdur. Bu değişkenler çalışanların eğitim durumu ve beceri seviyesi, söz konusu ülkenin genel ekonomik durumu ve işgücü piyasası özellikleri, araştırma kapsamında yer alan sektörlerin ve firmaların özellikleri vb. birçok faktörü içermektedir. Bu çalışmada söz konusu iki temel çalışma esas alınarak, söz konusu farklılıklar açıklanmaya çalışılacaktır. Söz konusu farklılıkların muhtemel nedenleri, bu çalışmanın kapsamı da göz önünde bulundurularak; çalışmalarda esas alınan analiz düzeyi ve temsili ve teknolojik değişimin türü kapsamında incelenecektir.

1.2.4.3.1. Teknolojinin Türü

Endüstri 4.0 teknolojileri, önceki sanayi devrimlerini temsil eden teknolojilerin aksine hem insan zekâsı hem de fiziksel yetenek/beceri ile ilgili işleri gerçekleştirebilmektedir. Bu durum, ilgili teknolojilerin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Örneğin; yapay zekâ (konuşma, tanıma vb.) görevleri yerine getirirken robotlar sağlıklı ve tehlikeli fiziksel görevleri yerine getirebilmektedir. Yapay zekâ destekli robotlar ise, kalite kontrol ve ayırıştırma gibi hem fiziksel hem zihinsel beceri gerektiren görevleri yerine getirebilmektedir (Barbieri vd., 2019:2). Bu kapsamda robotlar daha çok manuel işleri gerçekleştirmekte ve dolayısıyla vasıfsız işçiler için olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Öğrenebilen ve çoğunlukla zihinsel işler için kullanılan yapay zekâ ise yüksek vasıflı meslekleri ve daha karmaşık iş görevlerini ikame etme potansiyeline sahiptir. Ancak henüz insan yeteneklerine ihtiyaç duyulan birçok görev vardır ve bu teknolojiler ayrıca yeni işlerin ortaya çıkmasını sağlayarak istihdamı olumlu etkileyebilmektedir (Mondolo, 2022:1054-1055). Bu kapsamda makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin farklı istihdam

etkilerine neden olması beklenebilir bir durumdur. Örneğin; Xie vd., (2021) Çin imalat firmalarında yapay zekânın istihdamı azalttığı sonucuna ulaşırken, Cheng vd., (2019) robotların Çin imalat firmalarında istihdamı artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu iki çalışma aynı ülkede aynı sektördeki firmalarda ve benzer verileri kullanarak gerçekleştirildiğinden, teknoloji türünün istihdam etkisini belirlemede önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Balsemier ve Woerter (2019) tarafından İsviçre imalat firmaları üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, makine tabanlı dijital teknolojilerin önemli istihdam etkileri olduğu, makine tabanlı olmayanların ise istihdam üzerinde etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim Staccioli ve Virgillito (2021) yeni teknolojilerin istihdam etkilerinin sadece robotlar esas alınarak araştırılmasının indirgemeci bir yaklaşım olduğuna vurgu yapmışlardır. Buna göre yeni teknolojiler, çok daha geniş bir yapı ve işlev kümesini içeren heterojen teknolojilerden oluşur ve söz konusu etkinin bu heterojenlik gözetilerek araştırılması gerekmektedir. Teorik bir bakış açısından, yapay zekânın ve diğer dijital teknolojilerin istihdam üzerindeki etkisi belirsizdir. Bu etki, büyük ölçüde geliştirilmekte ve dağıtılmakta olan yapay zekanın türüne ve kullanım amacına bağlı olarak değişebilmektedir (Lane ve Saint-Martin, 2021:1) . Bunun yanı sıra özellikle yapay zekâ ve dijital teknolojilerin istihdam etkilerinin çoğunlukla gelişmiş ülkeler özelinde araştırıldığı görülmektedir (Zhou vd., 2020:24).

Bir sonraki başlıkta açıklanacağı gibi teknolojinin türü tek başına yeni teknolojilerin istihdam etkisine ilişkin farklı sonuçları açıklayamamaktadır. Fakat söz konusu etkinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Bu kapsamda bu çalışmaya özgü birkaç özellik, teknolojinin türü faktörü açısından özgünlük sağlamaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ı temsil eden makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan farklı teknolojilerin istihdam etkisi, gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye özelinde araştırılmaktadır. Bir diğer önemli özgünlük ise özellikle yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin istihdam etkisinin bu teknolojilerin kullanım amaçları kapsamında da incelenmesi ile ilgilidir.

1.2.4.3.2. Analiz Düzeyi ve Teknolojinin Temsili

Çalışmalarda esas alınan analiz düzeyi, çoğu durumda teknolojiyi temsilen kullanılan değişkenlerin belirleyicisi durumundadır. Nitekim yeni teknolojilerin makro anlamda genel işgücü piyasası etkisini belirlemek için iki yöntem bulunmaktadır: (I)

Yapay zekâ ve diğer dijital tabanlı teknolojilerin ikame edebileceği görevlerin yoğun olduğu meslekleri belirleyerek bu mesleklerdeki mevcut istihdam değişimini ve gelecekteki tahminleri belirleme. Bu yöntemde teknoloji, sahip olduğu becerilerle mesleki görevlerin birleşiminden oluşan bir indeksle temsil edilmektedir (Frey ve Osborne, 2017; Arntz vd., 2016; Felten vd., 2019). (II) Hem genel olarak hem de sektörel düzeyde etkilerin belirlenebilmesi için diğer yöntem teknoloji stoku ile işgücü piyasası verilerini birleştirerek söz konusu etkilerin belirlenmesidir. Bu yöntemde ise genellikle Uluslararası Robotik Federasyonundan elde edilen robot stoku (Ni ve Obashi 2021; Graetz ve Michael, 2018) ve dijital teknolojilere yapılan yatırıma (Bessen vd., 2020; Etro, 2009) ait verilerle oluşturulan değişkenler teknolojinin temsili olarak kullanılmaktadır.

Ülke-Zaman

Giriş bölümünde belirtildiği gibi, mevcut teknolojik devrim yaygın ve çok hızlıdır. Ek olarak, yeni teknolojilerin fiyatları hızla düşerek otomasyonu çok sayıda şirket, sektör ve ülke için uygun hale getirmektedir (Graetz ve Michaels 2018). Yeni teknolojilerin bu hızlı yayılımı, gelişmiş ekonomilerde daha belirgin olsa da gelişmekte olan ülkelerde de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Nitekim gelişmekte olan ekonomilerde, sanayileşmenin gelişimi ve daha yüksek kalite standartlarına ulaşma ihtiyacı, yeni teknolojilere yatırım yapma eğilimini artırmaktadır (Barbieri vd., 2019:3-14). Öte yandan yeni teknolojilerin istihdam etkisi ile ilgili olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için farklı sonuçlar elde edilmiştir (Nedelkoska ve Quintini 2018; De Vries vd., 2020 vb.). Bu kapsamda yeni teknolojilerin istihdam etkisinin ülkeler için ayrı ayrı incelenmesi gerektiğine ilişkin bazı açıklamalar mevcuttur:

- Herhangi bir ekonominin üretim ve hizmet faaliyetleri zorunlu olarak toplumun tüketim yapılarını yansıttığı için görevler, işgücünün vasıf durumu ve mesleki yoğunluk sosyal yapıdan önemli derecede etkilenebilmektedir.
- Görevler, işgücünün vasıf durumu ve mesleki yoğunluk toplumların zevk ve tercihleri, kurumsal yapıları ve örgütsel biçimlerinin de etkisiyle farklılık arz edebilmektedir (Fernandez-Macias ve Bisello, 2020:6-7).
- Teknolojik yeniliklerin genellikle işgücü kıtlığı yaşanan gelişmiş ülkelerde gerçekleştiği göz önüne alındığında gerçekleşen değişim, bu ülkelere özgü işgücü tasarrufu sağlayacak şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu durum, gelişmekte

olan ve işgücü kıtlığı yaşamayan ülkelere göre gelişmiş ülkelerde teknolojik değişimin işgücü piyasalarına daha iyimser etkileri olabileceğini ortaya koymaktadır (Mitra ve Sharma, 2020:46-47). Bir diğer bakış açısına göre; gelişmiş ülkelerdeki daha yüksek ücretler göz önüne alındığında, görevlerin yerini robotların almasına yönelik teknik kısıtlamaların bu ülkelerdeki firmalarda gerçekleşmesi daha olasıdır. Bu nedenle, robot yeteneklerindeki gelişmeler, gelişmekte olan ülkelere kıyasla gelişmiş ülkelerde daha büyük bir istihdam tepkisi ile sonuçlanacaktır. (De Vries vd., 2020:1).

- Ülkeler, teknolojik değişim ve istihdam arasındaki bağlantının ilgili belirleyicileri olabilecek ekonomik kalkınma, yönetim, endüstriyel uzmanlaşma, ürün piyasası düzenlemeleri ve işgücü piyasası kurumları açısından farklılık göstermektedir. İşgücü piyasası yasaları ve kurumları katıysa ve becerilerin yükseltilmesine yatırım için yeterli teşvik sağlamıyorsa, teknolojinin benimsenmesi iş kaybına yol açabilir (Mondolo, 2020:32).
- OECD ülkeleri için gerçekleştirilen kapsamlı bir araştırmada mesleklerin otomasyon riskinin farklılık gösterdiği, (örneğin; Kore için %6, Avusturya için %12 vb.) öyle ki aynı endüstri, meslek ve hatta eğitim grubundaki bireylerin farklı ülkelerde farklı görevler üstlendiği sonucuna ulaşılmıştır (Arntz vd. 2016).

Nitekim yeni teknolojilerin istihdam etkisini gelişmiş ülkeler özelinde inceleyen çalışmalardan bazıları istihdama ilişkin olumlu (Dekle, 2020) yönde etkiler bulurken, çoğu çalışmalar olumsuz yönde (Fossen ve Sogner, 2022; Acemoğlu ve Restrepo, 2017; Felten vd., 2019) sonuçlara ulaşmışlardır. Belli özelliklere göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarını baz alan çalışmalar ise daha karmaşık sonuçlara ulaşmışlardır (Klenert vd., 2023; Georgieff ve Hyee, 2022; Graetz ve Michaels 2018). Fakat Guimarães ve Gil (2022) önerdikleri teorik modelde ABD’de gerçekleşen istihdam değişiminin büyük kısmının teknolojik yenilikler tarafından açıklanabileceğini, işgücü piyasası kurumlarının ise bu değişimde önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Öte yandan söz konusu etkiyi zaman boyutunu da göz önüne alarak inceleyen çalışmalarda da farklı sonuçlar görülebilmektedir (Örneğin ABD’de robotların istihdam etkisini araştıran iki çalışma: Acemoğlu ve Restrepo, 2017; Felten vd., 2019. Bu durumun nedeni ise çalışmalarda genellikle yeni teknolojilerin ve özellikle robotların yaygın şekilde kullanımından önceki zaman aralığının esas alınmasıdır. Bu çalışmalarda özellikle

ekonomik krizden dolayı 2007 yılı, bazı endişelere yol açmakta ve araştırmacıların bu yıllara ait verileri analiz kapsamına almamalarına neden olabilmektedir. Öte yandan bir çok çalışma robotların henüz yaygınlaşmamış olduğu 2007 yılı öncesine ait verileri kullanmıştır (Barbieri vd., 2019:5). Yine de zaman boyutunun teknolojik değişimin etkisini belirlemede önemli bir faktör olduğu kabul edilebilir bir durumdur. Tablo 11. analiz düzeyi ülke olan bazı çalışmaları özetlemektedir.

Tablo 12. Analiz Düzeyi Ülke Olan Çalışmalar

Çalışma	Ülke-Zaman	Teknoloji Türü	Teknoloji Vekili	Sonuç
Fossen ve Sorgner (2022)	ABD-2011-2018	Makine öğrenimi	Makine öğrenimine uygun görev içeriğine sahip meslekler	Yüksek ve düşük vasıflı mesleklerde ve toplamda istihdamı azaltır.
Felten vd., (2019)	ABD2010-2016	Makine öğrenimi, görüntü tanıma, doğal dil algılama (Yapay Zekâ)	Bu teknolojilerin gerçekleştirebileceği görevler ve mesleklerin görev içerikleriyle oluşturulan bir ölçüm (AIOI)	Toplam istihdam üzerinde etkisi yoktur.
Acemoğlu ve Restrepo (2017)	ABD1993-2004	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Toplam istihdamı azaltır.
Georgieff ve Hyee, 2021	23 farklı ülke2010-2016	Makine öğrenimi, görüntü tanıma, doğal dil algılama (Yapay Zekâ)	Bu teknolojilerin gerçekleştirebileceği görevler ve mesleklerin görev içerikleriyle oluşturulan bir ölçüm (AIOI)	Toplam istihdam üzerinde etkisi yoktur. bilgisayar kullanımının yoğun olduğu mesleklerde yapay zekâ talebi artırır düşük olduğu mesleklerde talebi azaltır.
Klenert vd. (2023)	AB ve Üye 40 Ülke 1993-2017	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Toplam istihdamı artırır.
Dekle, (2020)	Japonya1979-2012	Robot	Toplam robot stoku (Japan Robotics Association)	Tüm sektörlerde istihdamı artırır.
Graetz ve Michaels (2018)	17 farklı ülke 1993-2007	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Düşük vasıflı istihdamını azaltır. Toplam istihdamı etkilemez.

Tablo 12. İncelendiğinde, çalışmaların çoğunlukla gelişmiş ülkelere yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra bu çalışmalarda birim ve zaman boyutunu içeren veriler kullanılarak panel veri analizleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye özelinde gerçekleştirilmesi literatürdeki eksikliğe katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra yukarıda ifade edilen nedenler dolayısıyla, Türkiye işgücü piyasalarının özellikleri bir sonraki bölümde açıklanacaktır. Bu çalışmada teknolojik etkinin incelenmesinde zaman boyutunun göz önünde bulundurulamaması ise çalışmanın sınırlılıklarından birini oluşturmaktadır.

Sektör Düzeyi

Kuşkusuz, yenilikler sektörler arasında bağlantılıdır, bu nedenle makro düzey analiz, yeniliğin istihdam üzerindeki genel etkisini en iyi temsil eden analizdir. Bu bağlamda, üretkenlik iyileştirmelerinin (süreç yeniliğine bağlı) emek azaltıcı etkileri, ürün yeniliklerinin getirilmesiyle birleştirilmezlerse, sektörel iş kayıplarına yol açması muhtemeldir (Barbieri vd., 2019:5). Özellikle tüm sektörleri kapsayan araştırmalar bazı sektörlerde meydana gelen iş kayıplarının diğer bazı sektörlerde telafi edilip edilmediğini ortaya koyarak toplam istihdam etkisinin belirlenmesine izin vermektedir. Ancak sektörel düzeydeki araştırmalar sektörler içindeki firmalar ve bu firmalarda çalışanlar arasındaki heterojenliği göz ardı etmektedirler. Bu ise yeni teknolojilerin işgücünü nasıl ve ne ölçüde ikame ettiğini ve hangi firma özellikleriyle birlikte bu etkilerin nasıl gerçekleştiğinin belirlenmesine engel olmaktadır (Mondolo, 2022:1045-1046). Bu kapsamda sektörel anlamda ortaya çıkan olumsuz etkilerin nedenleri daha çok yeni teknolojileri kullanmayan ve bu yüzden rakipleriyle rekabet edemeyerek istihdamı azaltan firmalardan kaynaklanabilmektedir (Acomuğlu ve Restrepo, 2020:36). Öte yandan bazı teknolojilerin kullanımının bazı sektörlerde özgü yoğunluklara sahip olması ve elde edilen sonuçların tüm sektörlerde genellenmesi de söz konusu etkinin net bir şekilde belirlenebilmesine engel olmaktadır. Örneğin; endüstriyel robotların oldukça az sayıda endüstrideki (örneğin otomotiv endüstrisi, elektronik ve makine endüstrisi) uygulamalar için kullanılması muhtemel olduğundan, bu sonuçların diğer sektörlerde genellenip genellenmediği açık değildir. Robotlar, rutin el becerileri olmak üzere belirli bir beceri setine sahip olan işçileri yerinden ederken yapay zeka teknolojileri, geniş bir sektör yelpazesinde uygulanabilen ve tüm beceri düzeylerindeki işçileri etkileyebilen genel amaçlı bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla farklı teknolojilerin

farklı sektörlerdeki etkisinin belirlenebilmesi için daha fazla ampirik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Fossen ve Sorgner, 2022:1). Fakat yukarıda açıklandığı gibi özellikle veri eksikliği nedeniyle sektör düzeyindeki çalışmalar çoğunlukla tek bir teknoloji türünün istihdam etkisini araştırmışlardır. Tablo 13'te özetlenen sektör düzeyindeki çalışmalar söz konusu nedenlerden dolayı farklı sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışmalar da ülke düzeyindeki çalışmalara benzer şekilde teknolojinin temsilini yoğunlukla IFR'den elde edilen robot stoku verileri ve bazı çalışmalarda sektörlerle ait patent verileriyle sağlamaktadırlar.

Tablo 13. Analiz Düzeyi Sektör Olan Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Sektör	Teknoloji Türü	Teknoloji Vekili	Sonuç
Wu ve Yang (2021)	Çin'den 30 farklı bölge	Teknoloji İmalatı	Dijital teknolojiler	Dijital teknoloji kullanımı ve teknoloji üreten sektörlerin toplam varlığı	İmalat sanayi istihdamı artmaktadır-özellikle yüksek vasıflı işgücü grubu için
Gu vd., (2022)	Çin	Hizmet	Yapay zekâ	Yazılım teknolojilerine yapılan yatırım	Verimlilik ve istihdamı artırmaktadır.
Baçaõ vd., (2022)	Portekiz	38 farklı sektör	Yapay Zekâ	Yapay zekâ kullanım yoğunlukları	Tüm sektörlerde istihdamı azaltır.
Etro (2009)	AB Ülkeleri	İmalat ve Hizmet	Bulut teknolojisi	Sektörlerin BİT yatırımları	İki sektörde de istihdamı artırır, imalattaki olumlu etki daha yüksektir.
Dauth vd. (2018)	Almanya	İmalat ve Hizmet	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	İmalat istihdamını azaltır. Hizmet istihdamını artırır.
Fujiwara ve Zhu (2020)	33 farklı ülke	26 farklı sektör	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	İstihdamı etkilemez.
Ni ve Obashi (2021)	Japonya	İmalat	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	İstihdam artış hızını düşürmektedir.
De Vries vd., (2020)	37 ülke	19 farklı sektör	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Toplam istihdamı etkilemez.
Dottori (2021)	İtalya	İmalat ve İmalat dışı	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Toplam istihdamı artırır. İmalat istihdamını azaltır.

Tablo 10. (Devamı)

Leigh vd., (2020)	ABD-Eyaletler	İmalat	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	Toplam istihdamı artırır.
Compagnucci vd. (2019)	16 OECD Ülkesi	İmalat	Robot	Toplam robot stoku (IFR)	İstihdamı azaltır.
Felice vd. (2022)	31 OECD ülkesi	İmalat	3D Yazıcı	3D baskı teknolojisine ilişkin patent sayıları	İstihdamı artırır. Teknoloji yoğun sektörlerde bu etki daha yüksektir.
Blanas vd. (2019)	10 yüksek gelirli AB ülkesi	30 farklı sektör	Yazılım ve robotik	Sektörlere ait BİT ve fiziksel sermaye stoku verileri	İmalat sanayinde düşük ve orta vasıflı istihdamı ve toplam istihdam azalmaktadır.
Pérez-Pérez vd., (2018)	İspanya	İmalat	3D Yazıcı	Bu teknolojinin uzmanları ile görüşme	İmalat istihdamını artıracaktır.

Yukarıda ifade edildiği gibi, Tablo 13 incelendiğinde bazı çalışmaların yeni teknolojilerin olumlu istihdam etkilerini, diğer bazı çalışmaların ise olumsuz etkileri raporladığı görülmektedir. Bunun yanı sıra Wu ve Yang (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışma dışındaki tüm çalışmaların tek bir yeni teknolojiyi esas aldıkları görülmektedir. Endüstri 4.0 ve teknolojilerinin öncelikle imalat sanayi sektöründe etkili olacağı kabulüne uygun olarak çalışmaların büyük yoğunluğunun imalat sektörleri için gerçekleştirildiği görülmektedir. Nitel analiz yöntemiyle Pérez-Pérez vd., (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışma dışındaki neredeyse tüm çalışmalar zaman ve birim boyutunu hesaba katan panel veri analizleriyle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sektör düzeyinde gerçekleştirilmese de kullandığı veri dolayısıyla imalat sanayinde sektörel etkileri ve farklı teknolojilerin etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda imalat sanayi sektörleri sermaye ve emek yoğunluklarına göre ve teknoloji kullanım düzeylerine göre sınıflandırılmaktadır. Söz konusu sonuç farklılıklarının ülkelere özgü özelliklerden kaynaklanabileceği kabulüne dayanarak bir sonraki bölümde Türkiye imalat sanayi, sektörel özellikleri ile birlikte açıklanacaktır.

Firma Düzeyi

İş ve istihdama ilişkin disiplinler arası çalışmanın ayırt edici özelliklerinden biri, gerçek sektörlerle ve işyerlerine dayanmasıdır. Sektörel araştırmalar genellenebilirlik, zenginlik, güvenilirlik ve nedensellik açısından genel denge hesaplamalarına izin vermektedir. Ancak araştırmacılar, özellikle yeni olguları anlamlandırmaya çalışırken, esasen sonraki daha tümdengelimli çalışmaların dayanacağı veri oluşturma sürecine odaklanmaktadır. Adam Smith'in toplu iğne fabrikasını ziyaret etmesi, ünlü işbölümü olgusunu geliştirmesini mümkün kılmıştır. (Litwin vd., 2022:808). Bu doğrultuda Seamans ve Raj (2019), robot teknolojisinin ve yapay zekanın benimsenmesine ve bunların toplu iş gücü ve üretkenlik üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut ampirik bulguları özetlemekte ve bu teknolojilerin firma düzeyinde kullanımına ilişkin daha sistematik veri toplanması gerekliliğine vurgu yapmaktadırlar. Mevcut ampirik çalışmaların, öncelikle sektöre veya ülkeye göre toplanan istatistikleri kullandığını; bu durumun robot teknolojisinin ve yapay zekanın emeği tamamladığı veya emeğin yerine geçtiği koşullarla ilgili derinlemesine çalışmaları engellediğini ifade etmişlerdir. Nitekim, önceki teknolojilere kıyasla yeni teknolojilere ilişkin bulgulardaki zıtlığın olası bir açıklaması, endüstri ve coğrafi bölge düzeylerindeki verileri kullanarak farklı telafi edici etkileri gözlemlemenin zorluğudur. BİT ve üretkenlik arasındaki bağlantıyı inceleyen önceki literatürün gösterdiği gibi, daha toplu düzeylerde yapılan analizler genellikle firma düzeyinde yürütülen ampirik çalışmalardan belirgin şekilde farklı sonuçlara yol açmaktadır. Bu farklılıklar, sektör veya diğer toplu düzey araştırmaların gözlemleyemediği fakat firma düzeyinde gözlemlenebilen “üretkenlik artışlarından” kaynaklanabilmektedir. Örneğin, robotu benimseyen firmalar üretkenlik ve istihdam kazanımları yaşarken, aynı sektördeki benimsemeyen firmalar istihdam ve verimlilik kayıpları yaşayabilmektedir. Bu varsayım altında, robotların endüstri düzeyinde istihdam kayıplarına neden olduğu gözlemlense bile robotların gerçekten iş kaybına neden olup olmadığı belirsizliğini korumaktadır. Robot kullanan firmalarda işçilerin yerinden edilme durumu veya benimsemeyen firmalarda rekabet gücünün azalması nedeniyle işçilerin yerinden edilme durumu, sektör veya ülke düzeyinde belirlenemez (Dixon, 2021:7). Firma içi işgücü yapıları göz önüne alındığında ise firma düzeyinde analizler daha ayrıntılı sonuçlara imkan vermektedir. İmalat firmaları genellikle çeşitli işlevlere sahip farklı bölümlere sahiptir; satış, pazarlama, üretim, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) ve

yönetim. Ar-Ge gibi bazı bölümlerde firmaların en yetenekli işçileri işe alması yaygın bir uygulama iken, üretim veya montaj bölümlerinde firmalar daha az vasıflı işçileri işe alma eğilimindedir. Diğer bölümlerde, farklı beceri düzeylerine sahip işçiler karışıktır. Rutin görevlerin otomatikleşme olasılığı daha yüksek olduğundan, yeni teknolojilerin rutin görevlerin yoğun olduğu bölümlerde iş kaybına neden olması daha olasıdır. Bunun yanı sıra otomasyonla ilgili teknolojik değişiklikler, vasıflı işçiler tarafından gerçekleştirilebilecek yeni iş fırsatları veya yeni görevlerin ortaya çıkmasına da neden olabilecektir (Ni ve Obashi, 2021:1-2). Çalışma ekonomisi literatürü, imalat firmalarındaki çoğu üretim işçisinin nispeten daha az vasıflı olduğu ve üretim dışı işçilerin çoğunun nispeten daha vasıflı olduğunu kabul etmektedir (Alderucci vd., 2020:17). Yeni teknolojilerin çeşitliliği ve işlevsel farklılıkları göz önüne alındığında, farklı teknolojilerin imalat firmaları istihdamı için farklı etkilere neden olabileceği de kabul edilebilir bir durumdur. Nihayetinde, yeni teknolojilerin istihdam etkisini net olarak belirlemek için firma düzeyinde daha ayrıntılı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat birbiriyle yarışan teoriler esas alınarak firma düzeyinde ilgili etkilerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacak nispeten az ampirik kanıt bulunmaktadır (Xue vd., 2022: 871). Firma düzeyinde verilerden yararlanarak gerçekleştirilen bu çalışma, bu alana önemli bir katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Yukarıda özetlenen ülke ve sektör düzeyindeki çalışmalar, sonuç farklılıklarının olası etkilerini net bir şekilde ortaya koymak amacıyla açıklanmıştır. Fakat yukarıda detaylıca açıklanan ve Tablo 14'te özetlenen firma düzeyindeki çalışmalara ilişkin literatür, bu çalışmanın dayanak noktalarını oluşturmaktadır ve daha detaylı bir şekilde araştırılarak olabildiğince geniş tutulmaya çalışılmıştır. Tablo 14'teki çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların çok büyük bir kısmının Seamans ve Raj (2019)'ın söz konusu eksikliği dile getirdiği 2019 yılından sonra gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 14. Analiz Düzeyi Firma Olan Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Sektör	Firma	Teknoloji Türü	Teknoloji Vekili	Yöntem	Sonuç
Balsemier ve Woerter (2019)	İsviçre	İmalat, hizmet ve inşaat	5700 firma	Endüstri 4.0 teknolojileri	Anket verilerinden elde edilen ve bu teknolojilere yapılan yatırım	Yatay kesit veri, En küçük kareler (OLS) regresyonu	Makine tabanlı teknolojiler orta ve düşük vasıflı istihdamını azaltır, makine tabanlı olmayanların etkisi yoktur. Dijital teknolojiler istihdamı artırır.
Bessen vd., (2020)	Hollanda	İmalat-İmalat dışı firmalar	36490	Otomasyon teknolojileri	Anket verilerinden elde edilen ve bu teknolojilere yapılan yatırım	Panel veri analizi	İmalat ve diğer tüm sektörlerde istihdamı artırır.
Qin vd., (2022)	Çin	İmalat	3660 firma	Otomasyon teknolojileri	Anket verileri ile elde edilen otomasyon teknolojileri kullanımının varlığı	Yatay kesit veri. Lojistik regresyon ve OLS regresyon modelleri	İstihdamı artırır. Düşük vasıflılar için olumlu etki daha düşüktür.
Xie vd., (2021)	Çin	İmalat	410 firma	Yapay zekâ	Firmaların yapay zekâ kullanım durumu	Panel veri analizi	Düşük vasıflı istihdamını azaltır, yüksek vasıflı istihdamını artırır. Toplam istihdamı azaltır.
Xue vd. (2022)	Çin	Hizmet-imalat	1387 firma	Yapay Zekâ	Firmaların varlık tablolarından yapay zekâ ile ilgili olanların diğer varlıklara oranı	Panel nedensellik	Hem hizmet hem imalat için toplam istihdamı ve vasıfsız istihdamını artırır. Yüksek vasıflı istihdamını azaltır.
Cheng vd., (2019)	Çin	İmalat	1115 firma	Robot	Anket verilerinden elde edilen kullanımın varlığı	Yatay kesit veri, OLS Regresyonu	İstihdamı artırır. Pozitif etkilere sahiptir.

Tablo 14. (Devamı)

Zhang vd., (2023)	Çin	İmalat	2.037.165 birleştirilmiş veri	Robot	Robot ithalat verileri	Yatay kesit veri. OLS regresyon	Toplam istihdamı artırır. Düşük vasıflıya göre yüksek vasıflı istihdamını daha fazla artırır.
Camina vd., (2020)	İspanya	İmalat	5511	Makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan teknolojiler	Anket verileri ile elde edilen otomasyon teknolojileri kullanımının varlığı	Panel veri analizi	Her iki grup teknoloji de istihdamı azaltır.
Infante-Moro vd., (2020)	İspanya	Hizmet (Otel ve Konaklama)	178 firma	Nesnelerin İnterneti	Farklı kullanımların varlığı	Nitel analiz	Toplam istihdamı artıracığı öngörülmektedir.
Ballestar vd., (2020)	İspanya	İmalat	1800 firma	Robot	Anket verilerinden elde edilen kullanımın varlığı	Panel veri Analizi	Toplam istihdamı ve işgücü verimliliğini artırır.
Koch vd. (2021)	İspanya	İmalat	1900 firma	Robot	Anket verilerinden elde edilen kullanımın varlığı	Panel veri Analizi	Toplam istihdamı ve işgücü verimliliğini artırır.
Cirillo vd. (2021)	İtalya	Otomotiv	3 firma	Endüstri 4.0 teknolojileri	Nitel görüşmelerle elde edilen veriler	Nitel analiz	Firmalar verimlilik için teknoloji kullanır amaç işgücü maliyeti değildir. Net istihdam etkilerinin belirlenebilmesi için organizasyon yapısı ve yönetimine ilişkin verilere ihtiyaç vardır
Brambilla ve Tortarolo (2018)	Arjantin	İmalat	3995 firma	BİT	Firmaların BİT yatırımı	Panel veri analizi	İmalat sanayinde (vasıflı, vasıfsız, yöneticiler için) toplam istihdamı arttırır

Tablo 14. (Devamı)

Almedia vd., (2017)	Şili	Tüm sektörler	1852 firma	Karmaşık Yazılım Programları	Firmaların yazılım kullanıp kullanmama durumu	OLS regresyon	Tüm sektörlerde yüksek vasıflı istihdamını azaltır. Düşük ve orta vasıflı istihdamı ve toplam istihdamı artırır.
Alderucci vd., (2020)	ABD	İmalat	1200 firma	Yapay Zekâ	Yapay zekâ ile ilgili olan patent sayıları	Panel veri analizi	Toplam istihdamı artırır.
Yang (2022)	Tayvan	Elektronik ürün imalatı	11407 firma	Yapay Zekâ	Firmaların yapay zekâyı ilgili patent sayıları	Panel veri analizi	Üretkenliği ve istihdamı artırır.
Butgereit (2020)	Güney Afrika	Elektronik imalatı	1 firma	Nesnelerin İnterneti	Farklı kullanımların varlığı	Vaka çalışması	Toplam istihdamı artırır.
Sarbu (2022)	Almanya	Tüm sektörler	874 firma	Nesnelerin İnterneti	Farklı kullanımların varlığı	Yatay kesit veri, Lojistik regreyson ve OLS	Toplam istihdamı etkilemez. Özellikle kullanım amaçlarıyla birlikte istihdamı azaltabilir.
Men vd. (2022)	Pakistan	İmalat-tekstil	270 firma	Nesnelerin İnterneti	Farklı kullanımların varlığı	Nitel analiz	Toplam istihdamı artıracığı öngörülmektedir.
Atasoy vd. (2016)	Türkiye	Tüm sektörler	4895 firma	BİT-ERP ve CRM	Firmaların kullanımlarının varlığı	Panel veri Analizi	Genel olarak BİT istihdamı artırır, ERP ve CRM etkilemez.
Morikawa (2020)	Japonya	İmalat ve İmalat dışı	2535 firma	Büyük veri, yapay zekâ, robot	Anket verilerinden elde edilen kullanımın varlığı	Yatay kesit veri. Lojistik regresyon, OLS regresyon	Tüm sektörlerde vasıflı istihdamını artırır. İmalat sanayinde vasıflı istihdamı azaltır, vasıfsız istihdamı artırır. Toplam istihdamı artırır.
Humlum (2019)	Danimarka	İmalat	454 firma	Robot	Robot kullanan firmalara ait, toplam robot stoku (IFR)	Yatay kesit veri, OLS regresyon	Toplam istihdamı etkilemez. Vasıfsız işçiler için olumsuz, vasıflı işçiler için olumlu yönde etkiye sahiptir.

Tablo 14. (Devamı)

Acemoğlu vd., (2020)	Fransa	İmalat	55388	Robot	Anket verilerinden elde edilen kullanımın varlığı	Panel veri Analizi	Toplam istihdamı artırır.
Dixon vd. (2021)	Kanada	Tüm sektörler	3981 firma	Robot (yapay zekâ destekli: konuşma tanıma vb.)	Robot ithalat verileri	Panel veri Analizi	Toplam istihdamı artırır. Yönetim ve idari işlerde istihdamı azaltır. Düşük vasıflı ve yüksek vasıflı istihdamını artırır.
Bughin (2020)	10 farklı ülke	Tüm sektörler	3000 firma	Yapay zekâ	Anket tekniği ile firma yöneticilerinden elde edilen veriler	Nitel analiz	Firmaların çoğu yapay zekânın istihdamı artıracağını belirtti
Damioli, (2021)	Dünya çapında (ülke belirtilmemiş)	Tüm sektörler	3500 firma	Yapay Zekâ	Yapay zekâyla ilgili patent	Panel veri analizi	Toplam istihdamı artırır.
Loukis vd., (2017)	AB Ülkeleri	Cam, seramik ve çimento imalatı	676 firma	Bulut teknolojisi, ERP, CRM	Firmaların kullanımlarının varlığı	Yatay kesit veri, Lojistik regreyson	Söz konusu teknolojiler istihdamı artırır. Kyriakou ve Loukis (2019) başka bir çalışmada aynı veri ve yöntemle, bu olumlu etkinin özellikle küçük ölçekli firmalarda yoğunlaştığı sonucunu bulmuşlardır.
Poston ve Grabski (2000)	AB Ülkeleri	Tüm sektörler	500 firma	ERP	Firmaların kullanımlarının varlığı	Farklılık analizleri (t testi)	İstihdamı etkilemez

Firma düzeyindeki çalışmalar genellikle verimlilik ve ölçek etkisi nedeniyle istihdama yönelik olumlu etkiler sağlamaktadır (Mondolo, 2022:1046). Tablo 14 incelendiğinde de çalışmaların büyük çoğunluğunun olumlu istihdam etkilerine ilişkin sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Fakat bazı çalışmalarda yeni teknolojilerin istihdamı etkilemediği (Poston ve Grabski, 2000; Sarbu, 2022; Humlum, 2019) ve diğer bazı çalışmaların ise olumsuz etkilere ilişkin (Camina vd., 2020; Xie vd., 2021) sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Bu istisnaların ise; yukarıda açıklandığı gibi çalışmaların gerçekleştirildiği ülke, esas alınan teknoloji ve teknolojinin temsili için kullanılan değişkene bağlı olabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Bu doğrultuda bazı çalışmaların Endüstri 4.0 veya otomasyonu temsilen birden fazla teknoloji türünü esas aldığı, çoğu çalışmanın ise tek bir yeni teknolojiyi esas aldığı görülmektedir. Birden fazla teknolojiyi araştıran çalışmalar genellikle karmaşık sonuçlara ulaşmışlardır. Örneğin; Balsemier ve Woerter (2019) makine tabanlı teknolojilerin orta ve düşük vasıflı istihdamını azalttığı, makine tabanlı olmayanların ise istihdam etkisinin bulunmadığı ve dijital teknolojilerin istihdamı artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Teknolojiyi temsilen kullanılan değişkenler incelendiğinde ise çoğunluğunun anketler aracılığıyla elde edilen ve firmanın ilgili teknolojiyi kullanma durumunu ortaya koyan verilerle oluşturulduğu görülmektedir. Bu çalışmaların yarısına yakını zaman boyutunu göz ardı ederek, yatay kesit veri kullanmış ve bu veri türüne uygun olarak OLS (en küçük kareler) regresyonu veya nitel tercih modellerinden yararlanmışlardır. Bu bilgiler ışığında:

- Türkiye İstatistik Kurumu tarafından firma düzeyinde gerçekleştirilen anketlerden elde edilen verilerin kullanıldığı bu çalışma, yeni teknolojilerin istihdam etkisini imalat firmaları düzeyinde araştırmaktadır. Bu çerçevede mevcut çalışma:
 - Uygulama kısmında detaylı olarak açıklanacağı gibi Endüstri 4.0'ı temsilen çok sayıda yeni teknolojiyi ve bazı teknolojilerin kullanım amaçlarını yeni teknolojilerin türü olarak esas almaktadır.
 - Teknolojik araçları temsilen firmaların bu teknolojileri kullanım durumu esas alınmaktadır.
 - Veri setinin kapsamlılığı dolayısıyla firmaların bulunduğu sektörler esas alınarak sektörel farklılıklar göz önünde bulundurulmaktadır.
 - Zaman boyutu kısıtlılığı göz önünde bulundurularak, benzer çalışmalar esas alınmakta ve yatay kesit veriye uygun ampirik yaklaşımlar esas alınmaktadır.

Bu bölümde sunulan bilgilere göre; genel olarak Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygın bir işsizliğe neden olabileceğine dair “otomasyon kaygısının” gerekli olup olmadığı sorusunun cevabı belirsizdir. Nitekim söz konusu teknolojilerin yayılımı belirli bir zaman gerektirmektedir ve bu yayılıma ilişkin verilerin oluşması gerekmektedir. Söz konusu veriler kullanılarak ve yukarıda açıklanan standardizasyon hataları giderilerek gerçekleştirilecek olan ampirik çalışmalar bu sorunun net cevabını ortaya koyabilecektir. Fakat buraya kadar edinilen bilgiler ışığında bu çalışma, firma düzeyinde yeni teknolojilerin daha fazla istihdama neden olabileceği iddiasında bulunmaktadır. Bu iddia bir sonraki bölümde Türkiye işgücü piyasası ve Türkiye imalat sanayi ve istihdamına ilişkin bilgilerle birlikte değerlendirilecektir.

1.3. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ VE TÜRKİYE İMALAT SANAYİ ÖZELİ

1.3.1. Türkiye İşgücü Piyasası ve Endüstri 4.0’ın Durumu

Gelişmiş ülkelere oranla, gelişmekte olan ülkelerde emek arzı ve nüfus artışı genellikle daha yüksek seviyededir. Buna karşın, nüfusun büyük bir kısmı nispeten vasıfsızdır ve yüksek öğretim mezunu oranı, üst orta gelirli gelişmekte olan ülkelere bile hala nispeten sınırlı seviyededir. Gelişmiş yüksek gelirli ülkelere oranla, daha büyük bir tarım sektörüne sahiptirler. Bunun yanı sıra, daha düşük seviyede istihdama ve imalatla daha düşük katma değer paylarına sahiptirler. Gelişmekte olan ülkelere işgücü piyasalarının diğer ayırt edici özelliği ise kayıt dışı istihdamla ilgilidir. Bu ülkelerin ekonomilerinde üretim daha az sermaye yoğunudur ve bu nedenle üretkenlik seviyeleri yüksek gelirli ülkelere göre daha düşüktür (Schlogl, vd., 2020:1). Ghose vd., (2010:57-59) ise işgücü piyasaları açısından gelişmekte olan ülkeleri gelişmiş ülkelere ayıran üç özelliğe vurgu yapmaktadır. Buna göre ilk özellik işgücü piyasalarının ikili (düalizm) yapısıyla ilgilidir. İşgücü piyasası kayıtlı ve yüksek oranda kayıt dışı istihdama sahiptir. İkinci özellik gelişmekte olan ülkelerin işgücü arz fazlası ile ilgilidir. Üçüncü özellik ise gelişmekte olan ülkelere özellikle kayıt dışı sektörün de etkisiyle gelişmiş bir sosyal güvenlik sisteminin olmamasıyla ilgilidir. Bu bilgiler ışığında, Türkiye’ye özgü bazı diğer özellikler de göz önünde bulundurularak aşağıda Türkiye işgücü piyasasının özelliklerinden bahsedilmektedir. Bunun yanı sıra, bu çalışmanın amacı bağlamında

özellikle işgücü arzı yüksekliği, istihdamın vasıf durumu ve sektörel dağılımı (tarım-sanayi-hizmet) üzerinde durulmaktadır.

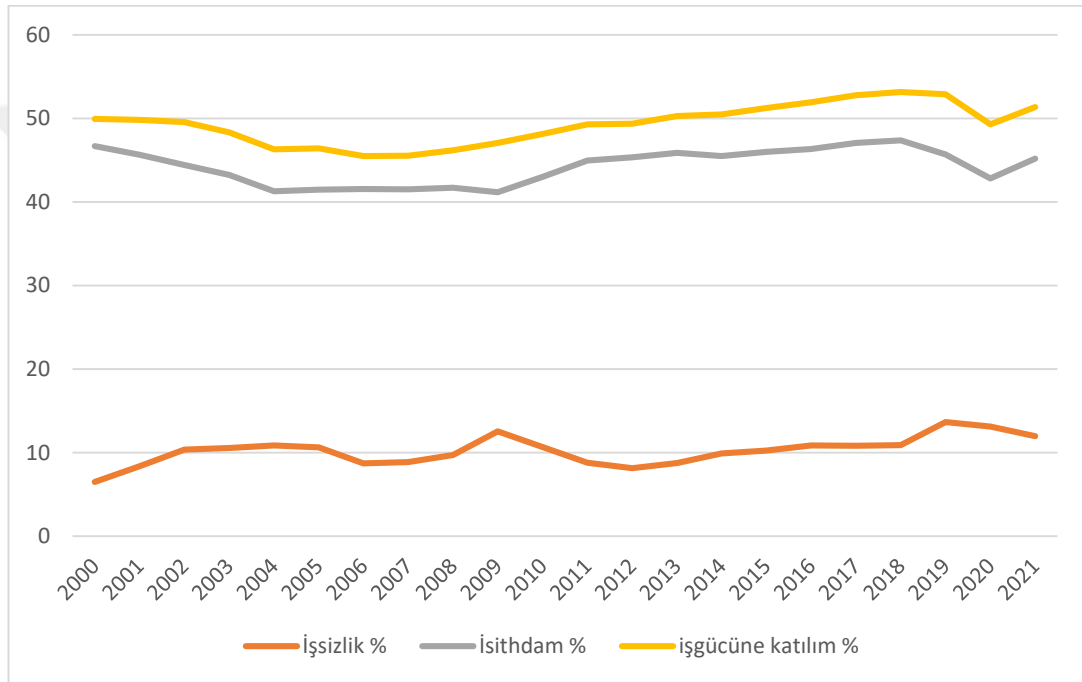
Sonrasında ise Türkiye işgücü piyasalarının Endüstri 4.0 teknolojileri bağlamında değerlendirilebilmesi amacıyla Türkiye İmalat Sanayinde Endüstri 4.0'ın durumu açıklanmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ve Endüstri 4.0 kapsamında dijital teknolojilerin kullanımı yaygın olarak önceki sanayi devrimlerinin olgunlaşmış olduğu gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerde gerçekleşmiştir. Bu kapsamda gelişmekte olan ülkeler, önceki sanayileşme adımlarını tamamlamamış olmaları nedeniyle Endüstri 4.0 ve ilgili teknolojileri benimseme de önemli zorluklarla karşılaşabilmektedir (Dalenogare vd., 2018:385). Buna karşın Türkiye dijital dönüşüme önem vermektedir. Politika gündemine dahil edilen dijitalleşme ile ilgili olarak 2016 yılında Başbakan başkanlığında toplanan Bilim ve Teknoloji Yüksek Komisyonu “akıllı üretim sistemlerini ve bu doğrultuda anahtar teknolojileri belirleyerek ilgili tüm sektörlerin koordinasyonu ile teşvik, yaygınlaştıma ve sırasıyla finansman önceliklerini değiştirme” yönünde karar almıştır. Bu karar siber-fiziksel sistemler, yapay zekâ, sensör teknolojileri, nesnelerin interneti, bulut bilişim vb. teknolojilerin önceliklendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır. Öte yandan TÜBİTAK bu teknolojilerle ilgili olarak sürekli proje çağrılarında bulunmakta ve ilgili projeleri finanse etmektedir (Öztemel ve Güriş, 2020:137). Nitekim gelişmekte olan ekonomilerde, sanayileşmenin gelişimi ve daha yüksek kalite standartlarına ulaşma ihtiyacı, yeni teknolojilere yatırım yapma eğilimini artırmaktadır (Barbieri vd., 2019:3-14).

1.3.1.1. Türkiye İşgücü Piyasası Özellikleri

Türkiye işgücü piyasasında en dikkat çekici özellik kuşkusuz emek arzını belirleyen nüfus ve nüfus yapısıdır (Işığışok, 2014:137). TÜİK tarafından 2021 yılında gerçekleştirilen son nüfus sayımı verilerine göre 2000 yılında yaklaşık 67.8 milyon olan Türkiye nüfusu 84 milyon 680 bin 273 kişiye yükselmiştir. Sürekli bir nüfus artışı eğilimi gösteren Türkiye’de nüfus artış hızı ise 1960’lı yıllardan itibaren genellikle düşme eğilimindedir. Öte yandan çalışma çağındaki 15-64 yaş arası nüfusun genel nüfusa oranı 2000 yılında %64.5 iken 2021 yılında bu oran %67,9’a yükselmiştir (TÜİK, 2022a). Bu durum, Türkiye’nin “demografik fırsat penceresi” veya “demografik armağan” olarak adlandırılan süreci yaşadığını göstermektedir. Demografik fırsat penceresi, demografik

dönüşüm sürecinde nüfus artış hızı azalırken çalışma çağındaki nüfusun artış göstermesini ifade etmektedir. Türkiye'nin 2040-2050 yıllarına kadar bu avantaja sahip olacağı tahmin edilmektedir (Köksel, 2016).

İşgücü piyasalarına ilişkin diğer temel göstergeler işgücüne katılım, istihdam ve işsizlik oranları olarak kabul edilmektedir. Nitekim bu göstergeler demografik fırsat penceresi avantajının kullanılma durumuna ilişkin bilgiler sunmaktadır. Şekil 6'da 2000-2021 yılları arasında Türkiye'de işgücüne katılım, işsizlik ve istihdam oranları gösterilmektedir.



Kaynak; The World Bank, (2022)

<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NV.IND.MANF.ZS&country=#>

Şekil 6. Türkiye’de İşgücüne Katılım-İşsizlik-İstihdam Oranları (2000-2021)

Şekil 6 incelendiğinde, 21. Yüzyılda Türkiye’de işgücüne katılım oranlarının yaklaşık %50 civarında gerçekleştiği görülmektedir. Nüfusu giderek yaşlanan ve çalışma çağındaki nüfusu azalış eğilimi içerisinde olan Avrupa Birliğinde (AB) ise ilgili dönem için işgücüne katılım oranları yaklaşık %55-58 civarındadır. İlgili dönemde istihdamın nüfusa oranı Türkiye için %40-48 arasında gerçekleşirken AB için % 50-54 aralığında gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra işsizlik oranları Türkiye için yaklaşık %10 civarında gerçekleşirken AB’de bu oran ortalama % 7-8 civarında gerçekleşmiştir (The World

Bank, 2022). Bu bilgiler ışığında Türkiye işgücü piyasasının gelişmiş ve sanayileşmiş olarak kabul edilen Avrupa Birliği ortalamalarına nispeten kötü bir performans gösterdiği kabul edilebilir bir durumdur. Fakat üç gösterge için de farkın çok yüksek olmadığı görülmektedir. Demografik fırsat penceresi açısından Türkiye'nin elinde bulundurduğu fırsatı kullanamıyor olduğuna ilişkin bir tablo ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye işgücü piyasasında nispeten düşük seviyede gerçekleşse de istihdam ve işgücüne katılım oranlarının artan bir seyir izlediği görülmektedir. İstihdamdaki artma eğilimine rağmen çalışma çağındaki nüfusun ve işgücüne katılımın artması ise işsizlik oranlarının nispeten yüksek seviyede gerçekleşmesine neden olmaktadır (Aldan vd., 2021:157). Bu durum, Türkiye işgücü piyasasının, artan istihdama rağmen emek arz fazlalığına sahip olduğunu göstermektedir.

Teknolojik dönüşüm bağlamında düşünüldüğünde işgücü piyasalarıyla ilgili diğer önemli gösterge işgücünün eğitim durumuyla ilgilidir. Türkiye'de işgücünün eğitim durumu 21. Yüzyılın başından itibaren yükseltilmeye çalışılmaktadır. 2000'den 2018'e kadar Türkiye'deki üniversite sayısı 90'dan (22 özel ve 68 devlet) 209'a (78 özel ve 131 kamu) yükselmiştir. Üniversite sayısındaki bu artışa, aynı dönemde 1,5 milyondan 7,6 milyona yükselen öğrenci kaydındaki benzeri görülmemiş bir artış eşlik etmiştir. Bu durum, Türkiye'de ilgili yıllarda izlenen yükseköğretim politikalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Orbay vd., 2021:6683). Bu durum işgücü piyasalarına da yansiyarak işgücünün eğitim durumunu nispeten artırmıştır.

Tablo 15. Türkiye İşgücünün Eğitim Durumu (2000-2022)

Yıllar	Lise Altı Eğitimli Oranı (%)	Lise ve Dengi Meslek Okulu Mezun Oranı (%)	Yüksek Öğretim Mezun Oranı (%)
2000	75.8	17.2	8.8
2001	76.8	17.6	8.9
2002	71.2	18.6	10.1
2003	69.6	19.2	11
2004	67.6	20.8	11.4
2005	65.9	21.7	12.2
2006	64.8	22	13.2
2007	63.7	22.4	13.8
2008	63.2	22	14.7
2009	63.3	21.3	15.2
2010	63.7	20.4	15.8

Tablo 15. (Devamı)

2011	63.1	20	16.7
2012	61.4	20.2	18.2
2013	60.4	20.4	19
2014	59.9	20.2	19.7
2015	58.6	20.2	21.1
2016	56.8	20.5	22.5
2017	55.9	20.7	23.2
2018	55	21.1	23.7
2019	53.2	21.4	25.2
2020	50.4	22	27.5
2021	48.9	23.1	27.9
2022	47.2	24.8	27.8

TÜİK (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108>
 (*virgülden sonra tek rakam alındığından oranların toplamı 100'e eşit olmayabilir)

Tablo 15 incelendiğinde, lise altı eğitim düzeyinde olanların işgücü içerisindeki payı artarken lise ve dengi meslek okulu ile yükseköğretim mezunlarının oranı artmıştır. Tablo 15'te görüldüğü gibi üniversite mezunu sayısındaki artış, doğal olarak işgücü içerisinde yükseköğretim mezunu oranını da artırarak 2000 yılından 2022 yılına kadar bu oran yaklaşık dört kat artmıştır. Buna karşın, Türkiye'de özellikle son yıllarda yükseköğretim mezunu işsizlik oranı artmaktadır. Bu durum yukarıda açıklandığı gibi, Türkiye işgücü piyasasındaki arz fazlasının bir sonucu olabileceği gibi, üniversite mezunları için yeterli sayıda işin olmaması durumundan da kaynaklanabilmektedir (Habibi, 2017:442). Öte yandan Orbay vd., (2021) bu durumun en önemli nedenlerinden birinin Türkiye'nin yükseköğretim mezunu işgücü arzına karşılık bu işgücünün talebini sağlayabilecek teknolojik dönüşümün gerçekleşmemiş olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmektedir. Fakat Baltacı ve Özaydın (2020)'ın 50 farklı ilde işverenlere uygulanan bir anketten elde ettikleri sonuçlara göre yükseköğretim mezunlarının aldıkları eğitim dolayısıyla sahip oldukları beceriler, işgücü piyasalarında ihtiyaç duyulan becerilere uyum sağlamamaktadır. Benzer şekilde, Türkiye'de teknolojik değişim sürecinde değişen işgücü koşulları hakkında eksik bilgi ve uygun niteliklerdeki eksikliklerin işgücü piyasası için oldukça önemli sorunlar olduğu ifade edilmektedir (Nazlıcan ve Meçik, 2018; TTGV, 2019). Bu tartışma, aşağıda Endüstri 4.0 ve işgücü piyasaları başlığı altında detaylandırılacaktır.

İşgücü piyasasıyla ilgili diğer önemli bir özellik istihdamın işteki durumuyla ilgilidir. Ekonomik gelişmişlik arttıkça özellikle ücretli istihdamın toplam istihdam içerisindeki payı da artmaktadır. Ücretli istihdamın büyük bir kısmının tarım dışı sektörlerde çalıştığı göz önüne alındığında, gelişmemiş ülkelerde ücretli istihdam payının düşük olduğu ifade edilmektedir (Özerkek, 2014:216). Bu kapsamda Türkiye işgücü piyasasında istihdamın işteki duruma göre ücretlilerin oranındaki değişim dikkat çekmektedir. Buna göre istihdam içerisinde ücretlilerin oranı 2000 yılında yaklaşık %38, 2005 yılında yaklaşık %49, 2010 yılında yaklaşık %60, 2015 yılında yaklaşık %66, 2020 yılında yaklaşık %69 ve 2022 yılında yaklaşık %70 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Bu durum, Türkiye işgücü piyasasında ücretli çalışanların toplam istihdam içerisinde önemli oranda arttığını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında, işgücü piyasasının diğer bir önemli özelliği ise istihdamın sektörel dağılımı ile ilgilidir. İlk bölümde açıklandığı gibi Türkiye işgücü piyasası gelişmiş ülkelere göre daha geç bir ilerleme kaydetse de istihdamın tarımdan sanayi ve hizmet sektörüne geçiş süreci devam etmektedir. Tablo 16’da 2005-2022 yılları arasında istihdamın sektörel dağılımına ilişkin istatistikler gösterilmektedir.

Tablo 16. Türkiye’de İstihdamın Sektörel Dağılımı (2005-2022)

Yıl	Tarım	Sanayi	İnşaat	Hizmet
2005	25.5	21.4	5.7	47.4
2006	23.4	21.8	6.0	48.8
2007	22.0	21.9	6.1	49.9
2008	21.8	22.2	6.1	50.0
2009	23.3	20.2	6.3	50.2
2010	23.3	21.2	6.5	49.0
2011	22.8	21.0	7.2	49.0
2012	21.7	20.6	7.2	50.5
2013	20.6	21.0	7.3	51.2
2014	20.3	20.7	7.4	51.6
2015	20.2	20.2	7.2	52.4
2016	19.5	19.5	7.3	53.6
2017	19.2	19.2	7.5	54.0
2018	18.4	19.8	7.0	54.8
2019	18.2	19.9	5.6	56.4
2020	17.7	20.5	5.8	55.9
2021	17.2	21.3	6.2	55.3
2022	15.8	21.7	6.0	56.5

TÜİK (2022b). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=istihdam-issizlik-ve-ucret-108&dil=1>

Tablo 16 incelendiğinde tarımın istihdam içerisindeki payının ilgili dönem boyunca düşme eğilimi içerisinde olduğu ve 2005 yılında %25.5 olan oranın 2022 itibarıyla %15.8'e düştüğü görülmektedir. Hizmet sektörünün payı ise ilgili dönemde yaklaşık %6'lık bir artış göstererek %47.4'ten %56.5'e yükselmiştir. Öte yandan sanayi sektörü payının ise küçük artış ve azalışlar olsa da ilgili dönemde ortalama %21 civarında gerçekleştiği görülmektedir. Nitekim, teknolojinin üretim süreci içerisinde işgücünün yerini alabileceği ve istihdamın hizmet sektörüne kayması noktasında (Singapur, Almanya vb.) gelişmiş ülkeler önemli birer örnektir. Bunun yanı sıra gelişmekte olan ülkelerde sanayi istihdamı artmakta ya da sabit bir düzeyde istihdamın önemli bir kısmını oluşturmaktadır (World Bank, 2018). Türkiye işgücü piyasasının da benzer bir yapıya sahip olduğu kabul edilebilir olsa da istihdamın sektörel dönüşümünün devam ettiği, sanayi sektörünün istihdam payının tarım sektörünün payını geçtiği ve toplam istihdamın önemli bir kısmına sahip olduğu görülmektedir.

1.3.1.2. Türkiye’de Endüstri 4.0 ve İmalat Sanayi

Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm, tüm dünyada yaygınlaşırken Türkiye de bu değişime ayak uydurmak için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Nitekim Türkiye’nin sürdürülebilir bir ekonomik gelişme sağlamak adına dijital dönüşüm sürecini gerçekleştirmesi gerekmektedir (Bulut ve Akçacı, 2017:59). Bu kapsamda Türkiye’de çeşitli kararlara imza atılarak Endüstri 4.0 ve teknolojik yenilik hareketleri gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. 2016 yılında Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB) tarafından Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu (BYTK) toplantısının ana gündemi “Sanayi 4.0” olarak belirlenmiştir. Söz konusu toplantıda Türkiye sanayisinin yüksek teknolojiye üretimde uluslararası rekabet gücünü artırması adına akıllı üretim süreçlerine geçebilmesine ilişkin, ikisi bakanlık biri TÜBİTAK sorumluluğunda olan üç önemli karar alınmıştır. (BYTK, 2016) :

- “Ülkemizin dinamiklerine uygun yürütme, uygulama ve izleme modelinin eğitim, istihdam ve sektörel politikalar ile ilgili analizleri de kapsayacak şekilde ilgili sektör paydaşları eşgüdümünde geliştirilmesi” (BSTB)
- “Kritik ve öncü teknolojilerde (öncelikle siber fiziksel sistemler, yapay zeka/sensör/robot teknolojileri, nesnelerin interneti, büyük veri, siber

güvenlik, bulut bilişim vb.) yetkinlik kazanılmasını sağlayacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılması” (TÜBİTAK)

- *“Kritik ve öncü teknolojilerin yerli firmalarımızca üretilmelerini sağlayacak üretim altyapılarına yönelik, pilot üretim ve gösterim desteklerini de kapsayacak şekilde, gerekli teşvik ve destek mekanizmalarının gözden geçirilmesi ve geliştirilmesi” (BSTB)*

Söz konusu kararlar incelendiğinde bakanlığın Türkiye’de akıllı üretim sistemlerini teşvik etmek adına çeşitli teşvik politikalarına öncülük verdiği ve bu teşvikleri eğitim ve istihdam faktörleri ile birlikte gerçekleştirme niyetinde olduğu anlaşılmaktadır. TÜBİTAK da özellikle Endüstri 4.0 teknolojilerine ilişkin projeleri öncelikli olarak destekleme yönünde bir sorumluluk yüklenmiştir. 2018 yılında ise, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından “İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası” yayınlanmıştır. Bu raporda, imalat sanayi üretim sürecinde Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), Endüstri Bölgeleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (TGB) ile özel sektör Ar-Ge Merkezlerin önemli bir rol üstleneceğine vurgu yapılmıştır. Bu kapsamda imalat sanayinin dijital dönüşümü yol haritası için altı bileşen belirlenmiştir (BSTB, 2018:16-17).

1. **“İnsan:** *“Eğitim Altyapısının Geliştirilmesi ve Nitelikli İşgücünün Yetiştirilmesi”*
2. **“Teknoloji:** *“Teknoloji ve Yenilik Kapasitesinin Geliştirilmesi”*
3. **“Altyapı:** *“Veri İletişim Altyapısının Geliştirilmesi”*
4. **“Tedarikçiler:** *“Ulusal Teknoloji Tedarikçilerinin Desteklenmesi”*
5. **“Kullanıcılar:** *“Kullanıcıların Dijital Dönüşümünün Desteklenmesi”*
6. **“Yönetişim:** *“Kurumsal Yönetişimin Güçlendirilmesi”*

Dijital dönüşüm yol haritasına ilişkin bileşenler incelendiğinde ilk bileşen “insan” faktörüyle ilgilidir. Bu durum, özellikle yeni teknolojilerle birlikte çalışabilecek becerilere sahip işgücünün yetiştirilmesi gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Nitekim yukarıda açıklandığı gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin işgücü kaybına neden olup olmayacağı, üzerinde tartışılan bir konu olsa da bazı işgücü ya da meslek grupları için olumsuz sonuçları ortaya çıkarabileceği ve teknolojik araçlarla tamamlanan beceriler gerektireceğine ilişkin fikir birliği bulunmaktadır. Diğer bileşenler incelendiğinde ise

ilgili teknolojilerin öncelikli olarak yurtiçinde üretimine önem verilmesinin yanı sıra, genel amacın Endüstri 4.0 sürecini gerçekleştirmek olduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda AR-GE merkezleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin (TGB) merkezleri projeleri kapsamında (Tablo 17) Endüstri 4.0 teknolojilerine ilişkin faaliyetler yürütülmektedir.

Tablo 17. Türkiye’de Endüstri 4.0 Teknolojilerine İlişkin AR-GE ve TGB Sayıları (2018)

Endüstri 4.0 Teknolojisi	AR-GE Merkezi Sayısı	TGB Sayısı
Yapay Zekâ	22	94
Büyük veri ve ileri analitik	32	70
Sanallaştırma (artırılmış/sanal gerçeklik)	15	62
Bulut Bilişim	8	46
Nesnelerin internet	15	27
Siber Güvenlik	4	22
Endüstriyel Otomasyon ve Robotik Teknolojiler	7	13
Yeni nesil (akıllı) sensör teknolojileri	8	13
Eklmeli imalat (3D Yazıcı)	14	7
Toplam	125	354

Kaynak: BSTB, (2018). “İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası”. <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf> (Sayfa 58-59’daki tablolar birleştirilmiştir.)

2019 yılında ise yeni ismiyle Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı “2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi” raporu yayınlanmıştır. Bu raporda ise “Yüksek Teknoloji ve İnovasyon”, “Dijital Dönüşüm ve Sanayi Hamlesi”, “Girişimcilik”, “Beşeri Sermaye” ve “Altyapı” olmak üzere 5 bileşen belirlenmiştir. Söz konusu raporda da bileşenlerden birinin işgücüyle ilgili olduğu görülmektedir.

Türkiye’de Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımına ilişkin toplu istatistiklere ilişkin bilgiler ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2007’den bu yana gerçekleştirilen Gışimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması Mikro Veri Setlerinden elde edilebilmektedir. Tüm sektörlerden büyük bir örneklem üzerinde gerçekleştirilen bu anketlerde 2017 yılına kadar genellikle internet, geniş bant internet vb. temel teknolojilerin kullanımı sorgulanmaktadır. 2018 yılından itibaren ise endüstriyel robot, 3D yazıcı vb. Endüstri 4.0 teknolojilerine ilişkin sorular bulunmaktadır. Söz konusu anketlerden elde edilen bilgilere göre imalat sanayinde bilgisayar kullanan girişim oranı

2017’de %97,3’tür (TÜİK, 2018). 2021 yılı istatistiklerine göre robot teknolojisi kullanan firmaların oranı %4,8’dir ve en yüksek oranda robot kullanan firmaların büyük ölçekli (250 ve üzeri çalışanı olan) firmalar olduğu ifade edilmektedir (TÜİK, 2021). Öte yandan Dünya Robotik Federasyonu (IFR) verilerine göre Türkiye’de üretim süreçlerine 2013 yılında 1136, 2014 yılında 1246, 2015 yılında 1705, 2016 yılında 1840, 2017 yılında 2050 ve 2018 yılında 2267 ünite endüstriyel robot eklenmiştir (ST, 2019). Bu bilgiler ışığında Türkiye’de Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımını yaygınlaştırmak adına politikalar yürütüldüğü ve konuyla ilgili istatistiki bilgiler toplanmaya başladığı anlaşılmaktadır.

1.3.1.2.1. Türkiye İmalat Sanayinin Teknoloji Kullanım Düzeyi ve İstihdamı

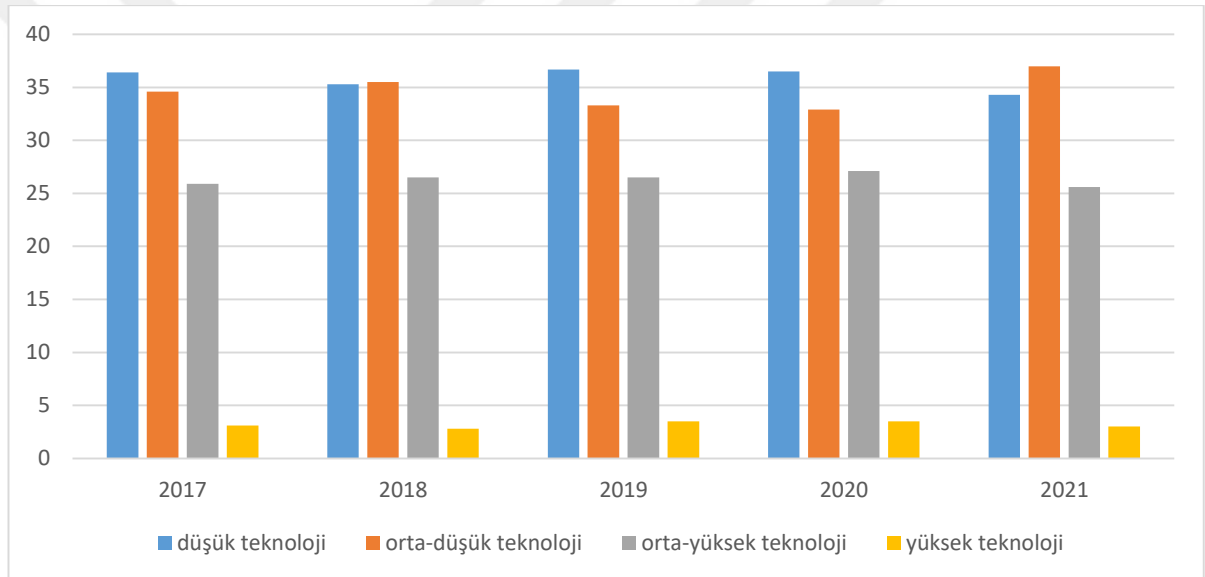
İmalat sanayinin teknoloji kullanım düzeyi uluslararası standartta bir sınıflandırma ile kabul göremektedir. Avrupa Birliği’nin NACE adı verilen kodlarla belirlediği bu sınıflandırma, imalat sektörlerinin üretim süreci içerisinde kullandığı teknoloji düzeyine göre belirlenmektedir. Buna göre imalat sanayi teknoloji kullanım düzeyi 4 başlık altında değerlendirilmektedir: yüksek teknolojili, orta-yüksek teknolojili, orta-düşük teknolojili ve düşük teknolojili imalat. Tablo 17 bu sınıflandırma içerisinde yer alan sektörleri göstermektedir.

Tablo 18. İki Basamaklı NACE Rev 2. Kodlarına Göre İmalat Sanayi Teknoloji Grupları

Teknoloji Grubu	NACE Rev 2. Kodu	Ekonomik Faaliyet
Yüksek Teknoloji	21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ait malzemelerin imalatı
	26	Bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
Orta Yüksek Teknoloji	20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
	27-30 arası	Elektrikli ekipman imalatı; Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı; Motorlu kara taşıtları, römork ve yarı römork imalatı; Diğer ulaşım ekipmanlarının imalatı
Orta Düşük Teknoloji	19	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı
	22-25 arası	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı; Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı; Temel metallerin imalatı; Makine ve teçhizat hariç, fabrikasyon metal ürünlerin imalatı;
	33	Makine ve ekipmanların tamiri ve montajı
Düşük Teknoloji	10-18 arası	Gıda ürünleri, içecekler, tütün ürünleri, tekstil, giyim eşyası, deri ve ilgili ürünler, ahşap ve ağaç ürünleri, kağıt ve kağıt ürünleri imalatı, kayıtlı medyanın basımı ve çoğaltılması;
	31-32 arası	Mobilya imalatı; Diğer imalat

Kaynak; Eurostat, (2022). Eurostat indicators on High-tech industry and Knowledge – intensive services.

Tablo 18’de gösterilen sınıflandırmaya dayalı olarak gerçekleştirilen başka bir sınıflandırmaya göre imalat sanayi sektörleri emek ya da sermaye yoğun şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmada, nihai olarak ortaya çıkan ürünün imalatında emek ya da sermayeden (makine, teçhizat vb.) hangisinin yoğun olduğu belirleyicidir. Bu kapsamda yüksek ve orta-yüksek teknoloji sektörler sermaye yoğun olarak kabul edilirken, düşük ve orta-düşük teknoloji sektörler emek yoğun sektörler olarak kabul edilmektedir (Mohapatra, 2022:4). Teknoloji kullanım düzeyine göre Türkiye imalat sanayi, düşük ve orta-düşük teknoloji sektörün yoğun olduğu bir yapıya sahiptir. Şekil 7.’de 2017-2021 yılları arasında teknoloji kullanım düzeyine göre üretilen ürünlerin satış değeri oranları gösterilmektedir.



Kaynak: TÜİK (2022). Yıllık Sanayi Ürün (PRODCOM) İstatistikleri, 2021.

Şekil 7. Türkiye’de Üretimden Yapılan Satışların Teknoloji Kullanım Düzeyine göre Oranları (2017-2021)

Şekil 7. incelendiğinde toplam satışların yaklaşık %70’inin emek yoğun sektörlerden ortalama %30’unun ise sermaye yoğun sektörlerden gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Nitekim Türkiye imalat sanayi ihracat göstergeleri açısından değerlendirildiğinde de benzer bir durum ortaya çıkmaktadır. Başkol ve Bektaş (2020), 2000-2018 yılları için ihracat verilerinden yararlanarak teknoloji yoğunluklarına göre sektörlerin rekabet gücünü araştırdıkları çalışmada, rekabet avantajı bulunan 50 sektörden 49’unun düşük ve orta-düşük teknoloji sektöründe yer aldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Türkiye imalat sanayi sektörünün toplam istihdam içerisindeki durumuna bakıldığında, 2005 yılında toplam istihdam içerisindeki payının yaklaşık %13.1 olduğu, 2018 yılında ise bu oranın %14.60 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Söz konusu oranın 2020 yılı için yaklaşık % 18.9, 2021 yılı için yaklaşık %19.6 ve son olarak 2022 yılı için yaklaşık %20 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır (SBB, 2022; TÜİK 2022b). Türkiye, Endüstri 4.0'a geçişle ilgili politikalar yürütürken imalat sanayi istihdamının sayı ve oran olarak sürekli artışı dikkat çekmektedir. Tablo 19'da ise Türkiye imalat sanayinin teknoloji kullanım düzeyine göre girişim sayısı ve bu girişimlerin toplam imalat sanayi içindeki payı ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Tablo 19. İmalat Sanayinde Teknoloji Kullanım Düzeyine Göre Girişim (Bin) ve Bu Girişimlerde Çalışanların Oranları

Yıl	Toplam		Yüksek Tek.		Orta Yüksek Tek.		Orta Düşük Tek.		Düşük Tek.	
	Gir. Say (Bin)	Çalışan Sayı(Bin)	Girişim(%)	Çalışan(%)	Girişim(%)	Çalışan(%)	Girişim(%)	Çalışan(%)	Girişim(%)	Çalışan(%)
2009	321	2 417	0,42	2,39	9,82	18,05	30,38	26,84	59,36	52,70
2010	326	2 617	0,43	2,33	9,85	18,09	30,68	27,07	59,02	52,49
2011	335	2 896	0,41	2,23	9,87	18,32	30,85	27,52	58,85	51,91
2012	354	3 165	0,40	2,15	9,65	18,02	29,90	27,15	60,02	52,67
2013	365	3 361	0,40	2,13	9,59	17,80	29,84	27,34	60,15	52,70
2014	371	3 540	0,39	2,14	9,71	17,91	29,98	27,42	59,90	52,51
2015	375	3 621	0,39	2,16	10,08	18,42	31,82	27,89	57,70	51,51
2016	379	3 634	0,44	2,19	10,27	18,93	32,12	28,17	57,15	50,68
2017	391	3 723	0,47	2,29	10,37	19,09	32,27	28,31	56,86	50,29
2018	396	3 838	0,50	2,42	10,54	19,25	32,29	27,99	56,64	50,32
2019	403	3 786	0,55	2,59	10,65	19,16	31,91	26,88	56,87	51,35
2020	409	4 009	0,61	2,68	11,03	19,31	31,70	26,77	56,64	51,22
2021	441	4 390	0,65	2,69	10,88	19,59	27,01	27,18	61,4	50,53

Kaynak: TÜİK (2022). İmalat sanayinde büyüklük grubu ve teknoloji düzeyine göre temel göstergeler tablosu verilerinden yararlanılarak araştırmacı tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 19 incelendiğinde hem girişim hem de bu girişimlerde çalışanların oranı açısından payların yüksek teknolojiden düşük teknolojiye doğru arttığı görülmektedir. Öyle ki 2009-2021 yılları arasında düşük teknoloji sektörünün girişim payı sürekli

%50'nin üzerinde gerçekleşmiş, istihdam oranı ise bazı yıllarda %60'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Emek ve sermaye yoğun sınıflandırma göz önüne alındığında ise, emek yoğun sektörde çalışanların toplam payının, ilgili yıllar için yaklaşık %77-81 aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum Türkiye imalat sanayi içerisinde istihdam edilenlerin çok büyük bir kısmının emek yoğun sektörlerde çalıştığını göstermektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin gıda imalatı gibi düşük teknoloji sektörlerde de yaygın olarak kullanılabildiği göz önüne alındığında, bu teknolojilerin Türkiye imalat sanayi istihdamı için nasıl sonuçlar ortaya çıkarabileceğinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

1.3.2. Türkiye İmalat Sanayinde Teknoloji-İstihdam İlişkisi

Türkiye imalat sanayi istihdamının hem sayı hem de oran anlamında sürekli arttığı göz önüne alındığında, imalat sanayinin işgücü talebinin yapısı önem arz etmektedir. Bu kapsamda aşağıda imalat sanayinin işgücü talebine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Sonrasında ise Türkiye imalat sanayinde teknoloji-istihdam ilişkisi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar açıklanmaktadır.

1.3.2.1. İmalat Sanayinde İşgücü Talebinin Durumu

Endüstri 4.0 sürecinde Türkiye imalat sanayinin işgücü talebi hakkında bilgi sahibi olmak, bu çalışmada ulaşılabilecek olumlu ya da olumsuz istihdam sonuçları için yol gösterici bir temel sağlamaktadır. İmalat sektörünün işgücü talebi ile ilgili en kapsamlı bilgiler Türkiye İş Kurumu (İŞKUR) tarafından sunulmaktadır. Bu kapsamda öncelikle İŞKUR'a bildirilen açık iş ilanı oranları dikkat çekmektedir. Buna göre 2018 yılında tüm açık iş ilanları içerisinde imalat sanayinin payı % 35 iken 2019 yılında bu oran %35.1, 2020 yılında %43 ve 2021 yılında %44.5 olarak gerçekleşmiştir (İŞKUR, 2023). Söz konusu yıllar itibarıyla imalat sanayi açık iş oranlarının arttığı görülmektedir. Öte yandan öne çıkan diğer bir nokta ise bu açık işlerin gerekli eğitim düzeyi, mesleki yapısı vb. ile ilgili yapısal özellikleridir. İŞKUR'un TÜİK'le eşgüdümlü olarak Türkiye çapında geniş bir örneklem üzerinde gerçekleştirdiği işgücü piyasası araştırması kapsamında yıllık imalat sektörü açık işlerin yapısına ilişkin detaylı bilgiler içermektedir.

Tablo 20. İmalat Sanayi Açık İşlerinde Talep Edilen Eğitim Durumu (%)

Eğitim	2017	2018	2020	2021	2022
Çıraklık Eğitimi	% 2.4	% 3.2	% 1.5	% 0.7	% 2.3
Lise altı	% 30	% 25.1	% 23.9	% 23.5	% 20
Genel lise	% 7.8	% 6.1	% 11.7	% 9.8	% 11.4
Meslek lisesi	% 14.3	% 10.5	% 14.5	% 13.7	% 11.1
Meslek yüksekokulu	% 2.4	% 1.7	% 2.4	% 2.3	% 2.0
Lisans	% 3.3	% 3	% 4.3	% 4.0	% 4.6
Lisansüstü	% 0.1	% 0.3	% 0.1	% 0.2	% 0
Herhangi bir eğitim düzeyi aramıyorum	% 36.4	% 50.2	% 41.6	% 45.8	% 48.4

Kaynak: İŞKUR (2017;2018;2020;2021;2022). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. (İlgili raporlardan elde edilen bilgilerden oluşturulmuştur. Not:2019 raporu paylaşılmamıştır.)

Tablo 20 incelendiğinde açık işlerde yıllar itibariyle eğitim düzeyi düşük olanların yoğunlukla talep edildiği görülmektedir. Nitekim herhangi bir eğitim düzeyi talep edilmemesi ve lise altı eğitimin toplamı yıllar itibariyle ortalama %75’lik bir orana sahiptir. Lise seviyesinde ise imalat sanayinin doğası gereği meslek lisesi eğitiminin genel lise eğitiminden daha fazla talep edildiği görülmektedir. Öte yandan dikkat çeken diğer bir durum ise nispeten düşük seviyede olsa da artan bir eğilime sahip olan lisans eğitim düzeyi talebidir. Endüstri 4.0 ve yeni teknolojiler özelinde düşünüldüğünde bu durumun iki olası teorik açıklaması bulunmaktadır. İmalat sanayinin Endüstri 4.0 teknolojileri kullanım düzeyi henüz emekleme döneminde olsa da Acemoğlu ve Autor (2011)’da vurgulandığı gibi ilgili teknolojilerin kullanımı düşük ve yüksek vasıflı işgücü talebini artırıyor gibi görünmektedir. Bu durum rutin yanlı teknolojik değişim yaklaşımını doğrulamaktadır. Ancak rutin yanlı teknolojik değişim yaklaşımında vurgulandığı gibi yeni teknolojilerin eğitim durumundan ziyade işleri oluşturan görevler üzerinden belirlenmesi de önemli hale gelmektedir. Bu durum işgücünün eğitim düzeyinden ziyade, ilgili işleri gerçekleştirmek için sahip olması gereken becerileri ön plana çıkarmaktadır. Nitekim Orbay vd., (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, (2014-2016-verileri birleştirilmiş) son yıllarda Türkiye’de artan üniversite mezunu sayısına rağmen, vasıflı işgücünün genellikle daha az eğitim gerektiren işlerde istihdam edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Tablo 21’de İŞKUR tarafından gerçekleştirilen kapsamlı anket verilerine göre yıllar itibariyle imalat sanayinde talep edilen becerilere ilişkin bilgiler

paylaşılmaktadır. Her bir yıl için talep edilen becerilere ait toplam puanlar maksimum 60 ve minimum 6'dır.

Tablo 21. İmalat Sanayi Açık İşlerinde Talep Edilen Beceriler (10-19 ve 20+ çalışanı olan firmalar)

Beceriler	2020	2021	2022	Toplam
Yeterli Mesleki/Teknik Bilgi ve Tecrübe	19	19	20	58
İş Tecrübesi	17	19	18	54
Takım Çalışması	17	15	15	47
Fiziki ve Bedensel Yeterlilik	15	15	15	45
İletişim ve İfade Yeteneği	10	9	9	28
Sorun Çözme ve İnsiyatif Alabilme	11	12	11	44
Analitik Düşünebilme	9	9	10	28
Bilgisayar Kullanımı	5	6	6	18
İkna Kabiliyeti ve Pazarlama Gücü	5	4	4	14
Yabancı Dil	2	2	2	6

Kaynak: İŞKUR (2020;2021;2022). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. (İgili raporlardan elde edilen bilgilerden oluşturulmuştur. Not: İgili raporlarda her bir yetenek için 1-10 aralığında talep sırası belirtilmiştir. Standart sağlamak adına bu sıralamalarda 1. İçin 10 puan, 2. İçin 9 puan vb. verilerek puanlandırma yapılmıştır.)

Tablo 21 incelendiğinde tüm yıllar için ve toplamda en yüksek puanın “yeterli mesleki/teknik bilgi ve tecrübeye” ait olduğu anlaşılmaktadır. İkinci sırada iş tecrübesi ve sonrasında takım çalışması becerileri en fazla talep edilen becerilerdir. Nispeten yüksek puana sahip diğer beceriler ise fiziki ve bedensel yeterlilik ve problem çözme ile ilgilidir. En az talep edilen beceri yabancı dil bilgisi ve ikna kabiliyeti ve pazarlama gücüne aittir. Yukarıda da ifade edildiği gibi, imalat sanayinde yeni dijital teknolojilerin kullanım düzeyi nispeten düşük olsa da beceri taleplerine ilişkin bilgiler özellikle teknolojinin ikame ve tamamlayıcı özellikleri göz önüne alındığında yoruma izin verebilecek yapıdadır. İlk iki puana sahip becerilerin genel olarak tecrübeye vurgu yapması, Tablo 20'deki eğitim düzeyi talebi ile tutarlıdır. Nitekim imalat sanayinde eğitim düzeyi artışının önemli bir payı olmadığı ancak işgücünün tecrübesinin önemli bir gösterge olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan önceki bölümde Tablo 10 ve 11'de paylaşılan, teknolojinin tamamlayıcı ve ikame edici özellikleriyle birlikte değerlendirildiğinde önemli bazı çıkarımlar söz konusudur. Autor ve Handel (2013) ve

Goos vd., (2010) mesleki ve teknik görevlerle rutin olmayan fiziksel (özellikle el ve parmak becerileri) görevlerin teknolojinin gerçekleştiremeyeceği görevlere işaret ettiğini vurgulayarak teknoloji kullanımının bu becerilere olan talebi artıracığını vurgulamışlardır. Benzer şekilde Frey ve Osborne (2017) esnek fiziksel, sorun çözme ve sosyal becerilerin yeni teknolojiler için engel teşkil ettiğini vurgulamaktadır. Tablo 21'deki bilgilere göre sosyal beceriler nispeten düşük puanlara sahip olsa da imalat sanayi özelinde göz önüne alındığında bu durumun kabul edilebilir olduğu anlaşılmaktadır. Doğru ve Meçik (2018) Türkiye'de firma yöneticileri ile mülakat tekniği ile gerçekleştirdikleri çalışmada Endüstri 4.0 kapsamında firma beklentilerini araştırmış ve elde ettikleri sonuçlara göre işgücünün Endüstri 4.0 süreci için gerekli becerilerin farkında olmadığı ve özellikle mesleki/teknik eğitimlerin gerçekleştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

İmalat sanayinde işgücü talebiyle ilgili diğer önemli husus ise talep edilen mesleklerle ilgilidir. İŞKUR raporları incelendiğinde 2020-2021 ve 2022 yılları için açık işlerde ilk iki sırada tekstil sektörüyle ilgili olan makineci (dikiş) ve konfeksiyon işçisi mesleklerinin yer aldığı görülmektedir. Bu durumun, tekstil sektörünün emek yoğun sektörler içerisinde yer alması ve Türkiye imalat sanayi içerisinde tekstil sektörünün ağırlından kaynaklanabileceği kabul edilebilir bir durumdur (Uyanık ve Çelikel, 2019). Önemli oranda talep edilen diğer mesleklerden biri kaynakçılık ile ilgili iken, meslek isminde “işçi” ibaresi kullanılan üretimle ilgili mesleklerin de önemli oranda talep edildiği görülmektedir. Üretim işçilerinin yoğun bir şekilde talep edilmesi durumu, yeni teknolojilerin firma düzeyinde verimlilik ve ölçek etkisi ile ilişkili olabileceğini akla gelmektedir. Nitekim verimlilik artışı firmanın kâr oranını artırarak yeni yatırımlar gerçekleştirmesine ve büyümeye gitmesine, dolayısıyla istihdamını artırmasına neden olabilmektedir. Dalgıç ve Fazlıoğlu (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Türkiye'de 2003-2015 döneminde firmaların yenilik faaliyetlerinin firmaların büyüme durumu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Hizmet ve imalat sektörlerinin dikkate alındığı bu çalışmada AR-GE ile temsil edilen yenilik faaliyetlerinin özellikle imalat firmalarının büyüme etkisinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun Türkiye'de imalat firmalarının daha geniş teknolojik araçlara sahip olmasından kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır. Fazlıoğlu vd. (2019) gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise Türkiye imalat firmalarında somutlaştırılmış (ar-ge harcamaları ve yeni makine-ekipman

yatırımı) ve somutlaştırılmamış (firma dışı ar-ge yatırımları vb.) yenilik faaliyetlerinin imalat firmalarında verimliliği önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

1.3.2.2. Türkiye İmalat Sanayinde Teknoloji-İstihdam İlişkisi Üzerinde Çalışmalar

Türkiye imalat sanayinde, Endüstri 4.0 ya da yeni dijital teknolojilerin istihdam etkisine ilişkin ampirik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat otomasyon literatürü kapsamında değerlendirildiğinde genel olarak Türkiye işgücü piyasası için bazı çalışmalar mevcuttur. Gelişmekte olan ülkelerin bir kısmında, OECD tarafından gerçekleştirilen Uluslararası Yetişkin Becerilerinin Ölçülmesi Programı (PIAAC) çerçevesinde işyeri becerilerine ilişkin bilgiler toplanmaktadır. Nitekim Türkiye de program çerçevesinde 2. Tura katılmıştır. Bu programda meslekleri icra eden işgücünün “sözel beceriler, sayısal beceriler ve teknoloji zengin ortamda problem çözme becerileri” düzeylerine ilişkin bilgiler toplanmaktadır (OECD, 2016). Nedelkoska ve Quintini (2018) söz konusu araştırmadan elde edilen verileri Frey ve Osborne (2017) çalışmasında kullanılan sorularla eşleştirmeye çalışarak işgücü için otomasyon riskinin hesaplandığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Soruların eşleşmesi noktasında eksiklikler olduğunu belirttikleri çalışmada ulaştıkları sonuca göre Türkiye’deki işlerin yaklaşık %55’i otomasyon riski altındadır. Benzer şekilde mesleklerin görev içeriğine ilişkin varsayımlar üzerinden dijital dönüşümün Türkiye işgücü piyasasına ilişkin olası etkilerini araştıran başka bir çalışma McKinsey & Company Türkiye (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tahminlere göre otomasyon teknolojilerinin Türkiye’de 2030 yılına kadar 7.6 milyon işi ortadan kaldırma potansiyeli varken, 8.9 milyon yeni iş oluşturabilme potansiyelinin de olduğu ifade edilmiştir. Bu raporda otomasyon riski oranının en yüksek olduğu sektörün %36 ile imalat sektörü olduğu ve bu durumun imalat sanayindeki işlerin yoğunlukla otomatikleştirilebilir işlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu varsayım doğru olsa da yukarıda da ifade edildiği gibi ülke düzeyinde gerçekleştirilen çalışmalar genellikle olumsuz sonuçlara odaklanmaktadır. Bunun yanı sıra, söz konusu teknolojilerin firma düzeyindeki etkilerini doğrudan söz konusu teknolojiler esas alınarak belirlemek ile bu sektörlerdeki işlerin görev içerikleri üzerinden belirlenen otomasyon riski ile belirlemek arasında ampirik açıdan da önemli farklar mevcuttur. Nitekim görev içeriklerine dayalı yaklaşımlar genellikle ülke, sektör, beşeri sermaye vb. göstergeler arasındaki farkları göz ardı etmektedir.

Türkiye imalat sanayi özelinde teknoloji istihdam ilişkisine ilişkin az sayıdaki çalışmalar çoğunlukla dijital teknolojileri baz almamaktadır. Bu kapsamda ilk ve öncül çalışmalardan biri Taymaz (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 1985-1992 dönemine ait imalat sanayi verileri kullanılarak eş anlı denklem modeli aracılığıyla tahminler gerçekleştirilmiştir. Teknolojik değişimi temsilen, imalat sanayinin 4 haneli her bir alt sektörü için araştırmacı tarafından hesaplanan teknik değişim oranı esas alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, teknolojik değişimin doğrudan etkisinin üretim artışı yoluyla pozitif olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre söz konusu dönem için teknolojik değişim imalat sanayi istihdamında %5’lik bir artışa neden olmuştur.

Meschi vd., (2011) çalışmalarında 1980-2001 dönemi için Türkiye imalat sanayi sektöründe ticari açıklık ve teknolojinin istihdam üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Panel veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmada teknolojik değişim için AR-GE harcamaları ve yurt dışından transfer edilen teknolojiler baz alınmıştır. Gerçekleştirilen analizlerin sonucuna göre ticari açıklıkla birlikte teknolojik değişim istihdamda genel bir artışa sebep olmuş fakat bu etki vasıflı işgücü (yüksek öğrenim mezunu) için daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. İthalat yoğun firmalarda bu etki emek yoğun ihracat firmalarına göre daha belirgindir. Çalışmada gelişmiş ülkelerde geçerliliği geniş ölçüde kabul gören “Beceri Yanlı Teknolojik Değişim” hipotezinin gelişmekte olan ülkeler için de geçerli olabileceğine ilişkin kanıtlar elde edilmiştir. Srour vd., (2013) ise çalışmalarında söz konusu dönem için beceri yanlı teknolojik değişimi dinamik GMM-SYS yöntemiyle, imalat sanayi özelinde vasıflı ve vasıfsız işgücü için kurulan iki ayrı modelle irdelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre hem yerli hem ithal teknolojiler vasıflı işgücüne olan talebi vasıfsız işgücüne oranla 5-6 kat daha fazla artırmaktadır.

Lenger (2016) çalışmasında 1985-1998 dönemi için Türkiye imalat sanayi özelinde sektörel bağlantıları da hesaba katan sektörler arası girdi-çıkı tablolarını kullanarak teknolojik değişimin (AR-GE harcamalarıyla ölçülen) istihdam üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre teknolojik değişim, üretim çalışanları için bir ikame etkisine sahipken sektör içi ve sektörler arası bağlantılar yoluyla tüm imalat sektörlerinde istihdamı artırıcı etkiye sahiptir.

Çelik (2020) çalışmasında Düzey 1 olarak nitelendirilen 12 bölge için Türkiye’de teknolojinin istihdam üzerindeki etkisini 2010-2017 verilerini kullanarak araştırmıştır.

Dinamik sistem GMM tahmin yönetiminin kullanıldığı çalışmada teknolojik değişim (AR-GE harcamaları) ve istihdam arasında güçlü bir ilişki olduğu ve ilişkinin özellikle yüksek öğrenim mezunu istihdamında güçlü ve pozitif yönlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dalgıç vd., (2023) tarafından yapılan yeni bir araştırmada 2003-2012 döneminde Türkiye imalat firmalarında yenilik faaliyetlerinin istihdam üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Firmaların yer aldığı sektörlerin pazar yapıları göz önünde bulundurularak, firmaların yenilik türleri ürün ve süreç yeniliği olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre rekabet düzeyinin yoğun olduğu sektörlerde ürün yeniliği istihdam artışına neden olurken, süreç yeniliği istihdamın azalmasına neden olmaktadır. Rekabet düzeyi düşük olan sektörlerde ise anlamlı etki bulunmamıştır.

Yukarıda özetlenen çalışmaların birkaç ortak özelliği öne çıkmaktadır. Bu çalışmalar genellikle Türkiye imalat sanayinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin henüz kullanımlarının yok denebilecek olduğu zaman dilimlerini esas almışlardır. Nitekim teknolojiyi temsilen yoğunlukla AR-GE harcamalarının esas alındığı anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra, çalışmalar genellikle firma düzeyinde kanıtlar sağlamak ve uluslararası literatüre uygun şekilde olumlu istihdam sonuçlarına ulaşmaktadırlar.

Yeni teknolojilerin işgücü talebini azaltıp azaltmadığı ve hangi sektörlerde azalttığı ampirik bir sorudur. Tartışıldığı gibi, teknoloji kullanımı ile ortaya çıkan üretkenlik kazanımları daha düşük mal fiyatlarına ve dolayısıyla daha yüksek miktarlarda mal talebine yol açarsa, net istihdam etkileri olumlu yönde gerçekleşebilmektedir. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde emeğin maliyeti sermayeye göre düştüğü için yeni emek-yoğun işlere olan talep artabilmektedir. Bu kapsamda gelişmekte olan ülkelerin asıl sorununun, çok fazla değil, çok az otomasyon olması ve dolayısıyla düşük işgücü verimliliği olduğu iddia edilebilir (Schlogl, vd., 2020:5). Nitekim firma performansı açısından yenilikçi çabalardan yararlanılması, sadece gelişmiş ülkeler için bir hedef değildir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, teknoloji ve beşeri sermaye kaynaklarının nispeten kıt olması nedeniyle yenilik faaliyetleri daha fazla önem arz etmektedir (Fazlıoğlu vd., 2019:440).

Bu çalışmada, firmalar için en son yeniliklerden olan Endüstri 4.0 teknoloji kullanımlarının Türkiye imalat firmalarında istihdam etkisi araştırılmaktadır. Türkiye işgücü piyasasının Almanya, İngiltere vb gelişmiş ülkelerin aksine (Lorenz vd., 2015)

emek arz fazlalığı, demografik fırsat penceresi ve işgücü maliyetleri gibi avantajları göz önüne alındığında, yeni teknolojilerin işgücü arz eksikliği veya ekonomik amaçlardan ziyade üretkenlik artışı amacıyla kullanım ihtimali ön plana çıkmaktadır. Bu durumda ilgili teknolojilerin kullanımı doğrudan daha fazla istihdama neden olabilecektir. Türkiye imalat sanayi özelinde göz önüne alındığında, son yıllarda Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygınlaştırılması için çabalar artarken, imalat sanayi istihdamının arttığı ve imalat sanayi işgücü talebinin yeni teknolojiler-istihdam ilişkisiyle ilgili teorik yaklaşımlara uyumlu bir yapı ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında, ikinci bölümde belirtilen, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının imalat firmaları düzeyinde istihdamı artıracağı yönündeki beklentinin Türkiye imalat sanayi özelinde de desteklendiği anlaşılmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

2.1. TÜRKİYE İMALAT SANAYİ FİRMALARINDA ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN İSTİHDAMA ETKİSİNİN AMPİRİK ANALİZİ

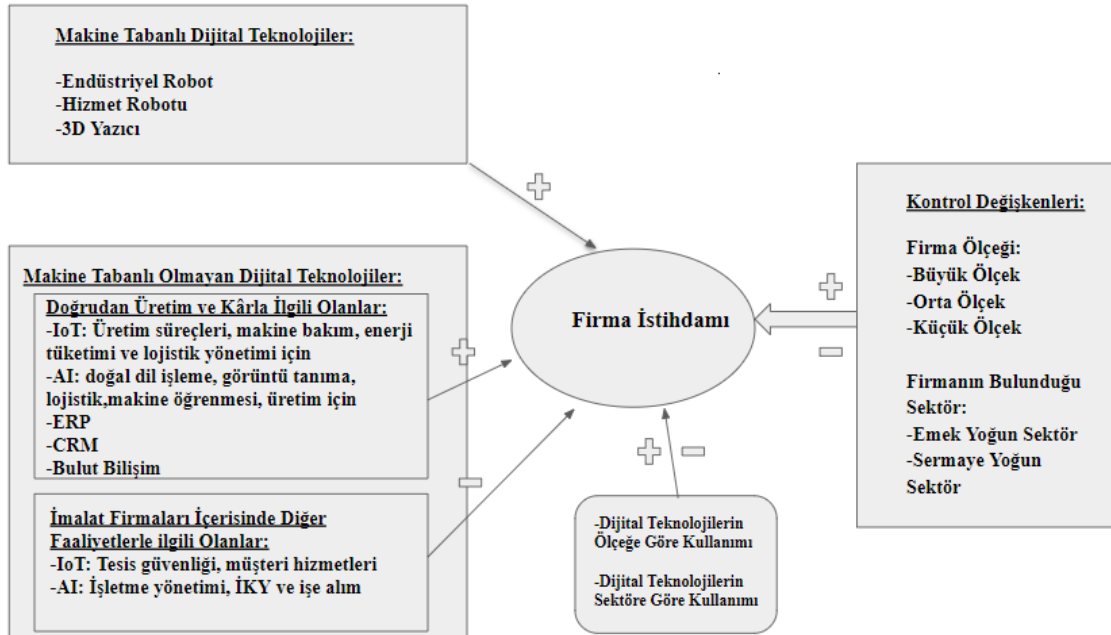
2.1.1. Araştırmanın Amacı

Yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik vb. ileri teknolojilerle temsil edilen Endüstri 4.0 sürecinin yaygın bir işsizliğe mi yoksa daha fazla istihdama mı neden olacağı günümüz çalışma hayatına ilişkin en güncel ve en önemli tartışmalardan birini ifade etmektedir. Bu tartışma araştırmacılar, iş adamlarına, fütüristlere, çalışanlara ve politikacılara kadar geniş bir kitlenin ilgisini çekmektedir. Bir grup söz konusu teknolojilerin kitlesel işsizliğe neden olarak büyük bir probleme neden olacağına ilişkin tahminlerde bulunurken, diğer bir grup önceki sanayi devrimleri ve onları temsil eden teknolojilerin etkisine benzer şekilde daha fazla istihdama neden olacağı yönünde tahminlerde bulunmaktadır. Bu tahminlerden hangisinin gerçekleşeceğinin net bir şekilde belirlenebilmesi için Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygın kullanımı ve bu kullanımın etkisini göstereceği belli bir zaman diliminin geçmesi gerekmektedir. Bu süreç, ilgili teknolojilerin istihdam sonuçlarına ilişkin net bir fotoğrafı ortaya koyacak ve nesnel tahminler için yeterli verinin oluşmasını sağlayacaktır. Fakat araştırmacılar, şuana kadar elde edilmiş olan verilerle söz konusu tahminlerin belli bir seviyede gerçeğe yakın olabileceğini ifade etmektedirler. Bu kapsamda araştırmacılar ülke, sektör ve firma düzeyinde veriler kullanarak Endüstri 4.0'ın istihdam etkilerine ilişkin tahminler gerçekleştirmişlerdir. Ülke ve sektör düzeyindeki çalışmalar genellenebilirlik, zenginlik, güvenilirlik ve nedensellik açısından genel denge hesaplamalarına izin verse de araştırmacılar, özellikle yeni olguları anlamlandırmaya çalışırken, esasen sonraki daha tüm dengeli çalışmaları dayanacağı veri oluşturma sürecine odaklanmaktadır. Bu kapsamda özellikle Türkiye için nispeten yeni bir durum olan Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim yapılarında kullanımının istihdam etkisinin belirlenmesi için mikro düzeyde ve bu teknolojileri kullanan işyerlerine ilişkin veriler ışığında araştırma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda; bu araştırmanın amacı Türkiye imalat

sanayinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım durumunun firmaların istihdam düzeyi üzerindeki etkisini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda Endüstri 4.0 teknolojileri makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan dijital teknolojiler şeklinde sınıflandırılmış ve çeşitli Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımlarının farklı istihdam etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Söz konusu etkileri belirlemek için kurulan modelin bağımlı değişkeni firmaların çalışan sayıları iken, bağımsız değişkenler Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım durumudur. Kontrol değişkeni olarak belirlenen diğer bağımsız değişkenler ise firmaların çeşitli özellikleri ile ilgilidir. Modelin bağımlı değişkenine ait ayrıntılı bilgiler aşağıda detaylandırılacak ve ekonometrik yaklaşımın belirlenmesi için bu bilgiler kullanılacaktır.

2.1.2. Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri

Burada model öncelikle bir şekil yardımıyla görselleştirilmekte ve araştırmanın hipotezleri ifade edilmektedir. Sonrasında ise modelin bağımsız değişkenleri, denklem formatında gösterilerek ve ilgili literatürle desteklenerek açıklanmaktadır.



Şekil 8. Araştırma Modeli

Şekil 8’de belirtildiği gibi Endüstri 4.0-dijital teknolojilerden, imalat firmalarında doğrudan üretim süreci ile ilişkili olanların; verimliliği ve kârı artırarak firmaların daha

fazla kişi çalıştırmasına neden olması dolayısıyla istihdamı olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. İmalat firmalarında genel olarak ofis işleriyle ilgili alanlarda kullanılanların ise, yeni teknolojilerin özellikle orta vasıflı olarak adlandırılan büro çalışanlarını ikame etme potansiyeline bağılı olarak istihdamı olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Öte yandan dijital teknolojilerin sermaye yoğun sektörlerde kullanımının istihdam etkisinin emek yoğun sektörde kullanımına göre daha önemli düzeyde gerçekleşeceği beklenmektedir. Nitekim emek yoğun sektörlerde dijital teknolojilerin gerçekleştirebileceğı işlerin sayısı sermaye yoğun sektörlerle göre yüksektir. Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının firmaların ölçeklerine göre büyük ölçekli firmalarda daha önemli düzeyde etkilere neden olması beklenmektedir. Daha büyük firmalarda üretkenlik ve kârın daha yüksek düzeyde gerçekleşme potansiyeli, bu beklentiye temel oluşturmaktadır.

H₁: Türkiye imalat firmalarında Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı, firmaların istihdam düzeyini istatistiki olarak anlamlı bir şekilde etkilemektedir.

H_{1a}: Makine tabanlı dijital teknolojilerin kullanımı imalat firmalarının istihdam düzeyini anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir.

H_{1b}: Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin doğrudan üretimle ilgili kullanımları firmalarının istihdam düzeyini anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir.

H_{1c}: Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin üretim dışı bölümlerdeki kullanımları firmaların istihdam düzeyini anlamlı ve negatif yönde etkilemektedir.

H₂: Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının istihdam etkisi firmaların ölçeklerine ve bulundukları sektörlerle göre farklılık gösterir.

H_{2a}: Dijital teknoloji kullanımının istihdam etkisi, firmaların ölçekleri büyüdükçe daha yüksek düzeyde gerçekleşmektedir.

H_{2b}: Dijital teknoloji kullanımının istihdam etkisi, firmaların emek yoğun veya sermaye yoğun sektörlerde bulunma durumlarına göre anlamlı farklılık gösterir.

Aşağıda araştırma modeli ve hipotezler oluşturulurken yararlanılan çalışmalardan bahsedilmekte, değişkenlere ilişkin beklentiler literatürle desteklenerek açıklanmakta ve araştırma modeli denklem formatında gösterilmektedir.

Qin vd., (2022), Cheng vd., (2019), Camina vd., (2020) vb.'de olduğu gibi söz konusu teknolojilerin her biri için ilgili teknolojiyi kullanan firmalar deney grubu olarak esas alınırken, kullanmayan firmalar kontrol grubu olarak esas alınmıştır. Modelde Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisinin belirlenmesi için tek bir teknolojiyi esas almak yerine Balsemier ve Woerter (2019), Bessen vd., (2020), Qin vd., (2022) ve Camina vd., (2020)'de olduğu gibi Endüstri 4.0 sürecini daha fazla temsil edeceği gerekçesiyle farklı Endüstri 4.0 teknolojileri esas alınmaktadır. Öte yandan özellikle yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanım amaçlarının modele dahil edilmesi, bu çalışmanın özgün değerlerinden birini oluşturmaktadır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili bağımsız değişkenler; firma söz konusu teknolojiyi kullanıyorsa 1 kullanmıyorsa 0 değerini alan kukla değişkenlerden oluşmaktadır.

Modelde esas alınan ve kontrol değişkenleri olarak kabul edilen diğer değişkenler ise firmanın ölçeği ve teknoloji kullanım düzeyine göre belirlenen sektörlerden hangisi içerisinde faaliyette bulunduğuyla ilgilidir. Söz konusu değişkenler modelde yer alması gereken ve modelin sağlamlığına hizmet eden firma heterojenliğine ilişkin değişkenlerdir (Koch vd., 2021). Söz konusu modelde ücretin yer almaması önemli bir sınırlılık olarak kabul edilebilir. Ancak Briscoe ve Welson (2003), İngiltere'de mesleki istihdamı tahmin ettikleri modelde ücretin beklendiği gibi her koşulda negatif işarete sahip olmayabileceğini vurgulamıştır. Bunun yanı sıra, uluslararası rekabete duyarlılığına göre sektörlerin gerçekleştirdiği ithalat ve ihracat sonucu ortaya çıkan ticari sonuçlarının, sektörlerin istihdam payında önemli bir etkiye sahip olacağını ifade ederek istihdam modeline eklemiştir. Nitekim Türkiye imalat sanayinin teknoloji grubuna göre dış ticaret verileri de, imalat sanayinin daha çok düşük teknolojili üretim üzerinden dış ticaret gerçekleştirdiğini doğrulamaktadır (Eşiyok, 2014). Bu kapsamda Acemoğlu vd., (2020)'ne benzer şekilde firmalar ölçeklerine göre küçük-orta-büyük olarak kategorize edilerek bir kontrol değişkeni oluşturulmuştur. Buna göre firmalar ilgili kategoride yer alıyorsa 1, almıyorsa 0 değerini alan üç farklı kukla değişken oluşturulmuştur. Öte yandan firmaların teknoloji kullanım yoğunlukları esas alınarak Zhang vd., (2023)'e benzer

şekilde ve Qin vd., (2022)'nde olduğu gibi sektörel anlamda emek ve sermaye yoğun özellikler göz önüne alınarak iki kukla değişken daha oluşturulmuştur.

Acemoğlu vd., (2020) büyük firmaların daha fazla otomasyon teknolojisi kullandığı ve ilgili etkilerin büyük firmalarda belirgin şekilde gerçekleştiğini iddia etmektedir. Zhang vd., (2023) emek yoğun sektörlerde teknolojik araçların kolayca gerçekleştirebileceği basit ve tekrarlı görevlerin yoğun olduğunu ve dolayısıyla bu sektörlerde otomasyon teknolojilerinin önemsiz ya da negatif yönde etkiler gösterebileceğini ifade etmektedir. Bu bilgiler ışığında, ilgili teknolojilerin farklı firma özelliklerine bağlı olarak farklı etkiler gösterip göstermediğinin belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Söz konusu farklılıkları belirlemek için hem makine tabanlı hem de makine tabanlı olmayan teknolojilerden bazılarına ait değişkenler ile firmaların büyüklüğü ve firmaların emek-sermaye yoğunluğuna ilişkin değişkenler çarpılarak etkileşimli değişkenler oluşturulmuş ve modele dahil edilmiştir.

Bu kapsamda araştırmada firmaların istihdam modeli;

$$L_i = \beta_0 + macdig_i\beta_1 + nonmacdig_i\beta_2 + big_i\beta_3 + med_i\beta_4 + smal_i\beta_5 + labint_i\beta_6 + capint_i\beta_7 + big_i * macdig\beta_8 + big_i * nonmacdig\beta_9 + labint_i * macdig\beta_{10} + capint_i * macdig\beta_{11} + \varepsilon \quad (1)$$

Denklem 1'de, modelin karmaşık görünmemesi için bazı değişkenlerin toplu gösterimi yer almaktadır. Bu kapsamda Denklemde i indisi, birim olarak firmaları temsil etmektedir. β_0 araştırma modelinin sabit terimini ve ε hata terimini, ve L firma istihdamını ifade etmektedir. β_1 makine tabanlı dijital teknolojilerin katsayısını temsilen gösterilmektedir. Her bir makine tabanlı teknoloji için ayrı bir kukla değişken oluşturulmuştur. β_2 makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin katsayısını temsilen gösterilmektedir. Her bir makine tabanlı olmayan teknoloji için ayrı bir kukla değişken oluşturulmuştur.

Makine tabanlı dijital teknolojilerin kullanımının, yukarıda açıklandığı gibi ölçek ve verimlilik etkisi dolayısıyla istihdamı artırması beklenmektedir. Buna göre dijital teknolojiler, üretim maliyetlerini azaltarak ve toplam çıktının artmasına sebep olarak ilgili sektörde veya firmada verimliliği artırabilmektedir. Bu durum firma veya sektör düzeyinde büyümeye neden olarak işgücü talebini ve istihdamı artırabilmektedir (Dekle, 2020:1). Nitekim söz konusu etkileri firma düzeyinde araştıran çalışmalar yoğunlukla

olumlu etkilere ilişkin sonuçlara ulaşmışlardır (Bessen vd., 2020; Qin vd., 2022;). Ancak makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan teknolojilerin imalat sanayinde kullanımı göz önüne alındığında, her iki kategorideki farklı teknolojilerin farklı etkiler gösterebileceği de kabul edilebilir bir durumdur. Bu kapsamda makine tabanlı teknolojilerin, temel işlevi üretim olan imalat firmalarında doğrudan üretimi teşvik ederek ölçek ve verimlilik etkisi dolayısıyla istihdamı artırması beklenmektedir. Nitekim firma düzeyinde makine tabanlı teknolojilerin etkisini araştıran çalışmalar genellikle olumlu sonuçlara ulaşmışlardır (Ballestar vd., 2020; Koch vd., 2021; Cheng vd., 2019; Zhang vd., 2023).

Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin çoğunlukla hizmet sektöründe kullanıldığı, ancak imalat firmalarında bulunan pazalama, satış, organizasyon yönetimi vb. bölümlerde de kullanılabildiği kabul edilmektedir (Ni ve Obashi, 2021:1-2). Bunun yanı sıra, bazı özel amaçla kullanımlarının üretimle ilişkili (yapay zekânın üretim için kullanımı) olduğu da görülmektedir. Bu bilgiler göz önüne alındığında söz konusu teknolojilerin istihdam üzerindeki net etkisinin daha karmaşık olabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin firma düzeyinde kullanımına ilişkin çalışmalarda da farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu kapsamda Çin’de firma düzeyinde gerçekleştirilen iki çalışma bu farklılığı net bir şekilde ortaya koymaktadır. Xie vd., (2021) yapay zekâ kullanımının firma düzeyinde toplam istihdamı azalttığına ilişkin sonuca ulaşırken, Xue vd. (2022) yapay zekânın firma düzeyinde genel istihdamı artırdığı, ancak yüksek vasıflı istihdamı azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Nitekim Staccioli ve Virgillito (2021) ve Lane ve Saint-Martin (2021)’de vurgulandığı gibi özellikle makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin istihdam etkisi kullanım amacına bağlı olarak farklılık arz edebilmektedir. Bu bilgiler ışığında modelde makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin kullanım amacına göre olumlu ya da olumsuz yönde etkilerinin olması beklenmektedir. Bunun yanı sıra özellikle üretimle ilgili kullanımların olumlu (ölçek ve verimlilik etkisi), üretim dışı amaçlarla kullanımlarının ise olumsuz (özellikle yapay zekânın vasıflı olarak kabul edilen ofis işlerindeki çalışanları yerinden etme potansiyeli dolayısıyla) etkiler göstermesi beklenmektedir.

Denklem 1’de yer alan β_3 , β_4 , β_5 , β_6 ve β_7 katsayılarının temsil ettiği değişkenler firmaların özellikleri ile ilgilidir ve kontrol değişkenleri olarak modele eklendiğinden, firma düzeyinde anlamlı etkilere sahip olmaları beklenmektedir. Öte yandan β_8 ve β_9 katsayılarıyla temsil edilen ve örnek olarak gösterilen değişkenler, firmaların makine

tabanlı dijital ve makine tabanlı olmayan dijital teknolojileri kullanım durumlarının ölçeklerine göre farklı istihdam etkileri gösterip göstermeyeceğini belirlemek için oluşturulan etkileşimli değişkenlerdir. Her bir ölçek için bazı Endüstri 4.0 teknolojileri ile birlikte etkileşimli değişkenler belirlenmiştir. Acemoğlu vd (2020)'ye uygun olarak büyük firmalarda olumlu etkilerin daha yüksek, olumsuz etkilerin ise daha düşük seviyede gerçekleşmesi beklenmektedir. β_{10} ve β_{11} katsayılarına sahip değişkenler ise firmaların emek veya sermaye yoğun sektörlerde bulunmasının bazı Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma durumuyla birlikte farklı istihdam etkilerine sebep olup olmadığının belirlenmesi için oluşturulan etkileşimli değişkenlerdir. Her iki kategori için (emek-sermaye) farklı Endüstri 4.0 teknolojileriyle birleştirilen etkileşimli değişkenler oluşturulmuştur. Qin vd., (2022) ve Zhang vd., (2023)'te ulaşılan sonuçlara ve emek yoğun sektörlerin çoğunlukla teknolojinin kolaylıkla gerçekleştirebileceği işleri içermesi varsayımına dayalı olarak; olumlu etkilerin emek yoğun sektörlerde daha düşük seviyede, olumsuz etkilerin ise daha yüksek seviyede gerçekleşmesi beklenmektedir. Etkileşimli değişkenler özellikle bağımsız değişkenler arasında ortaya çıkabilecek güçlü ve anlamlı ilişkiyi önlemek adına, Endüstri 4.0'ı en iyi temsil ettiği düşünülen robot, yapay zekâ, nesnelerin interneti ve 3D yazıcıya ait değişkenlerle oluşturulmuştur.

2.1.3. Araştırmanın Önemi ve Özgün Değeri

Önceki teknolojilerin aksine Endüstri 4.0 teknolojilerinin sadece kas gücüyle ilişkili işleri değil, zihinsel beceriler gerektiren işleri de gerçekleştirebilmesi teknoloji istihdam ilişkisiyle ilgili geniş tartışmanın farklı bir boyutuna işaret etmektedir. Bu durum ilgili teknolojilerin özellikle negatif etkilerine ilişkin abartılı tahminlerin gerçekleştirilmesine neden olmaktadır (Arntz vd, 2017). Öte yandan pozitif etkilerin de ilgili teknolojilerin hemen hemen her sektör ve meslek düzeyindeki işlerin veya görevlerin büyük bir kısmını gerçekleştirme potansiyeline bağlı olarak fazla iyimser bir bakış açısıyla gerçekleştirildiği ifade edilmektedir (Ford, 2018; Susskind, 2020). Bu tartışmaya ilişkin en net kanıtlar ise verilere dayalı ampirik kanıtlarla ortaya konabilmektedir. Bu çalışmanın, Endüstri 4.0 teknolojilerinin olası istihdam etkilerini ampirik kanıtlarla araştırması öncelikli önemini ifade etmektedir.

Gelişmiş ülkelerdeki emek arzı eksikliği (Lorenz vd., 2015) ve işgücü maliyetleri nedeniyle üretimi ve kullanımı yoğunlukla gelişmiş ülkelerde gerçekleşen (Schwab ve

Davis, 2018:176) Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelişmekte olan ülkelerden biri olan Türkiye'deki olası etkilerini araştırmak bu çalışmayı önemli kılan faktörlerden biridir. Türkiye işgücü piyasası emek arz fazlalığı, artan yükseköğretim mezunu işgücü oranları, nispeten ucuz işgücü ve demografik fırsat penceresi gibi avantajlara sahiptir. Söz konusu teknolojilerin işsizliğe neden olarak bu avantajları belli oranda dezavantaja çevirip çevirmeme durumunun veya bu avantajlarla birlikte daha yüksek oranda istihdam ve refaha neden olup olmayacağının belirlenmesi Türkiye işgücü piyasası için önem arz etmektedir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin sektör veya ülke düzeyinde istihdam etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırmaların belli avantajları olsa da özellikle nispeten yeni bir durum olan Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının firma düzeyinde araştırılması gerekliliğine vurgu yapılmaktadır (Litwin vd., 2022:808; Seamans ve Raj, 2019). Firma düzeyinde çalışmalar ise söz konusu teknolojilerin en yoğun şekilde istihdam etkisi potansiyeli olan imalat firmaları özelinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalar özellikle mikro düzeyde veri eksikliği nedeniyle gelişmiş ülkeler özelinde gerçekleştirilmiştir (Zhang vd., 2023). Bu çalışma kullandığı zengin veri seti ile gelişmekte olan ülkelerde firma düzeyinde etkilerin araştırıldığı az sayıdaki çalışmalardan biridir. Öte yandan son yıllarda Türkiye imalat sanayi için Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının resmi ve özel kurumlar tarafından teşvik edildiği, İŞKUR tarafından paylaşılan açık iş ilanlarının çoğunluğunun imalat sanayi tarafından bildirilmesi ve imalat sanayi sektörünün işgücü talebi yapısı da çalışmayı önemli kılan sebeplerdendir.

Gelişmekte olan ülkelerden firma düzeyinde kanıtlar sunan nadir çalışmalardan birisi olmanın yanı sıra bu çalışmayı özgün kılan bir diğer özellik, çalışmada esas alınan Endüstri 4.0 teknolojilerinin çeşitliliği ile ilgilidir. Endüstri 4.0 teknolojileri, kullanım alanları ve işlevleriyle birlikte oldukça heterojendir ve tek bir teknoloji esas alınarak sonuçların genellenmesi indirgemeci bir yaklaşımı ortaya koymaktadır (Staccioli ve Virgillito, 2021). Bunun yanı sıra yapay zekâ gibi genel amaçlı teknolojilerin kullanım amaçlarına göre istihdam üzerinde farklı etkiler gösterebileceği ifade edilmektedir (Lane ve Saint-Martin, 2021:1). Bu çalışmada oldukça fazla sayıda Endüstri 4.0 teknolojisinin ve bunun yanı sıra yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin farklı kullanım amaçlarının modele dahil edilmesi önemli bir özgün değeri ifade etmektedir.

2.1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Sosyal bilimler alanına özgü genel sınırlılıklar bu araştırma için de geçerlidir. Araştırmada ulaşılan ampirik sonuçların güvenilirliği, TÜİK tarafından firma düzeyinde uygulanan ve bu araştırmada kullanılan anketlere verilen cevapların doğruluğu ile sınırlıdır. Araştırmaya özgü sınırlılıklar ise kullanılan verilerin çalışanların beşeri sermaye özellikleri ve ücretlerine ilişkin bilgileri içermemesi dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. Bu sınırlılık, firma düzeyinde Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımlarının beşeri sermaye özelliklerinden hangileri için nasıl etkilere neden olacağı ve ücretler üzerindeki etkilerinin ampirik olarak belirlenebilmesini engellemiştir. Araştırmanın diğer bir sınırlılığı ise, araştırma probleminin zaman boyutu ile incelenememesidir. Araştırmada kullanılan veri setine bağlı olarak yatay kesit veri kullanılmıştır. Fakat gerçekleştirilen kapsamlı literatür taraması ve Türkiye imalat sanayine ilişkin elde edilen bilgilerle belirli yorumların yapılabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Araştırmaya özgü diğer bir sınırlılık ise Endüstri 4.0'ı oluşturan teknolojilerin birlikte kullanımlarının toplam etkisinin belirlenememesi ile ilgilidir. Fakat bu sınırlılık yukarıda da ifade edildiği gibi henüz yeni bir olguya odaklanılmasından kaynaklanmaktadır. Firmaların büyük çoğunluğunun Endüstri 4.0 teknolojilerinden bazılarını kullandığı, çok azının ise Endüstri 4.0 teknolojilerinin tümünü kullandığı ifade edilmektedir (Issa vd., 2018:975). Bughin (2020) tarafından 10 farklı ülkeden 3000 firma üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, firmaların %10'undan azının yapay zekâyı birden fazla amaçla kullandığı ortaya çıkmıştır.

2.1.5. Araştırmanın Yöntemi

Bu başlık altında araştırmada kullanılan veri seti, elde edilen temel istatistikler ve kullanılan ekonometrik yöntem yer almaktadır.

2.1.5.1. Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından gerçekleştirilen ve firmalardan yıllık periyotlarla elde edilen Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım (GBTK) Araştırması Mikro Veri Seti kullanılmaktadır. GBTK, TÜİK'in A grubu mikro veri seti olarak sınıflandırdığı veri setleri içerisinde yer almaktadır. A grubu mikro veri

setleri, TÜİK'in veri gizliliği ilkesi çerçevesinde doğrudan araştırmacılarla paylaşmadığı veri setleridir. Ancak, araştırmacı ilgili yasal işlemler gerçekleştirildikten sonra, içerisinde “veri araştırma merkezlerinin” bulunduğu bölge müdürlüklerinde talep ettiği veriyi kullanabilmekte ve TÜİK tarafından onaylanma şartıyla sadece sonuçlara ilişkin bilgileri elde edebilmektedir. Bu çalışma için söz konusu yasal işlemler gerçekleştirilmiş ve GBTK veri setleri Erzurum TÜİK bölge müdürlüğünde bulunan “veri araştırma merkezinde” kullanılabilmektedir. Elde edilen veri kullanım hakkına bağlı olarak bu çalışmada veri seti ile ilgili tüm işlemler, Erzurum TÜİK Bölge Müdürlüğü binasına, mesai saatleri içerisinde gidilerek gerçekleştirilmiştir.

GBTK, Türkiye genelinde gerçekleştirilen, 2005-2022 yılları arasında tüm sektörlerden yüksek sayıda firmayla anket tekniği kullanılarak gerçekleştirilen görüşmelerden ve söz konusu firmalara ait idari kayıtlardan elde edilen verilerle oluşturulmaktadır. GBTK, genel olarak firmaların bilişim teknolojileri, internet (genişbant, web site vb.) ve e-ticaret kullanım durumunu belirlemek için gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda GBTK firmaların endüstriyel robot, 3D yazıcı, nesnelerin interneti, yapay zekâ gibi Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma durumuna ilişkin bilgi sağlayan zengin bir veri setidir. Bunun yanı sıra, söz konusu veri seti firmaların yer aldığı sektörleri belirlemeyi mümkün kılan firmalara ait NACE kodlarına ve bu araştırmanın temel amacına hizmet eden “firmaların çalışan sayılarına” ilişkin bilgiler içermektedir. GBTK nispeten uzun bir zaman dilimini kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiş olsa da tez amacına uygun olarak Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımına ilişkin bilgiler ve özellikle firmaların çalışan sayıları tüm yılların veri setlerinde bulunmamaktadır. Hem Endüstri 4.0 hem de çalışan sayılarına ilişkin bilgiler, en kapsamlı şekilde 2021 yılı veri setinde mevcuttur. 2021 yılı veri seti, sadece bu teknolojilerin kullanımını değil aynı zamanda kullanım amacını da içeren kapsamlı bir veri setidir. 2020 yılı verisi ise daha dar kapsamlı ancak Endüstri 4.0 teknolojilerinden bazılarına ilişkin bilgi sunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada GBTK 2021 yılı veri seti kullanılmıştır. 2021 yılı GBTK veri seti, tüm sektörlerden toplamda 13.452 firmadan elde edilen verilerden oluşturulmuştur. Bu çalışmada, araştırma amacına uygun olarak imalat sanayi sektörü için kısıtlamalar gerçekleştirildiğinde toplamda 4934 imalat firmasına ait veriler kullanılmıştır. Söz konusu veri setinin iki önemli sınırlılığı bulunmaktadır. Birincisi, açıklanan nedenlere bağlı olarak tek bir yılın verisinin kullanımı dolayısıyla

zaman boyutu içermemesi ile ilgilidir. İkinci sınırlılık ise, söz konusu veri setinin çalışanların mesleki bilgisi ve ücretlerine ilişkin bilgi sunmamasıdır. Buna rağmen Türkiye çapında yüksek bir örneklem sayısına sahip olması ve özellikle firma istihdamının Endüstri 4.0 teknolojileri ile ilişkisini ortaya koyabilecek zengin bir içeriğe sahip olması bu veri setinin kullanım gerekçelerini ortaya koymaktadır.

2.1.5.2. Tanımlayıcı İstatistikler

Bu başlıkta, araştırmada kullanılan veri setine ait istatistiki bilgilere yer verilmektedir. Bu kapsamda örneklem içerisinde yer alan firmaların çeşitli özellikleri ve bu firmaların Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma durumuna ilişkin istatistiki bilgiler paylaşılmaktadır. Söz konusu istatistiki bilgiler, araştırma amacına hizmet etmekte ve araştırma modelinde kullanılacak değişkenlere ait bilgiler sağlamaktadır. Tablo 22’de örneklem içerisinde yer alan imalat firmaları ölçeklerine ve teknoloji kullanım düzeylerine göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 22. Örneklem İçerisinde Yer Alan Firmalara Ait Genel Bilgiler

Ölçek		
	Frekans	Oran %
Küçük Ölçekli (10-49 Çalışan)	1977	40
Orta Ölçekli (50-249 Çalışan)	1062	21.5
Büyük Ölçekli (250+ Çalışan)	1895	38.5
Teknolojili Yoğunluğu		
Düşük Teknolojili	2194	44.5
Orta Düşük Teknolojili	1129	22.8
<i>Emek Yoğun</i>	3323	67.3
Orta Yüksek Teknolojili	1181	23.9
Yüksek Teknolojili	430	8.8
<i>Sermaye Yoğun</i>	1611	32.7
Toplam Firma Sayısı	4934	

Tablo 22 incelendiğinde örneklem içerisinde yer alan imalat firmalarının önemli bir kısmının (%40) küçük ölçekli firmalardan oluştuğu görülmektedir. Öte yandan çalışan

sayısı 250'nin üzerinde olan büyük ölçekli firma oranı %38,5 ve orta büyüklükteki firmaların oranı ise %21,5'tir. Firmalara ait ölçek bilgileri, Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların ölçekleri bağlamında farklı etkiler gösterip göstermediğinin araştırılmasına izin verecektir. Firmaların teknoloji yoğunluklarına göre sektörel dağılımı incelendiğinde, yarısına yakınının (%44,5) düşük teknolojili sektörler içerisinde yer aldığı görülmektedir. Sonrasında ise sırasıyla orta yüksek teknoloji (%23,9), orta düşük teknoloji (%22,8) ve yüksek teknolojili (%8,8) sektörlerde yer alan firmaların örneklemi oluşturduğu görülmektedir. Tablo 19'da yer alan Türkiye imalat sanayinin teknoloji kullanım düzeyinde ilişkin bilgiler incelendiğinde örneklem dağılımının toplam dağılıma nispeten uyumlu olduğu görülmektedir. Öte yandan teknoloji kullanım düzeyine göre gerçekleştirilen bu sınıflandırma Endüstri 4.0 teknolojilerinin teknoloji yoğunluklarına göre firma istihdamı üzerinde farklı etkilere sahip olup olmadığının belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yüksek teknolojili sektörlerde yer alan firmaların düşük oranı göz önüne alınarak bu sınıflandırma düşük ve yüksek teknolojili olarak da sınıflandırılmıştır. Nitekim yüksek ve orta yüksek teknolojili sektörler sermaye yoğun sektörler olarak kabul edilirken, düşük ve orta düşük teknolojili sektörler emek yoğun sektörler olarak da kabul edilmektedir (Mendonça and Heitor, 2016:296). Bunun yanı sıra, bu çalışmayla benzer şekilde yeni teknolojilerin istihdam etkisini firma düzeyinde araştıran bazı çalışmalarda da firmalar emek ve sermaye yoğunluklarına göre sınıflandırılmıştır (Qin vd., 2022; Zhang vd., 2023). Bu bilgiler ışığında söz konusu sınıflandırma, emek ve sermaye yoğun olmak üzere ayrıca ikili bir sınıflandırma kapsamına alınmıştır. Tablo 22. incelendiğinde firmaların %67,3'ünün emek yoğun, %32,7'sinin ise sermaye yoğun sektörlerde faaliyette bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu ayırım Endüstri 4.0 teknolojilerinin emek ve sermaye yoğun sektörlerdeki firmalarda farklı etkiler gösterip göstermeyeceğinin belirlenmesine izin verebilecektir.

Tablo 23'te örneklem içerisinde hem Endüstri 4.0 teknolojilerinin hem de diğer bazı dijital teknolojilerin kullanım sıklığı ve kullanım oranları yer almaktadır. Tabloda yer alan teknolojilerden bazıları, özellikle Endüstri 4.0 bağlamında değerlendirilmeyen teknolojiler kurulacak olan araştırma modelinde yer almamaktadır.

Tablo 23. Örneklem İçerisinde Yer Alan Firmaların Endüstri 4.0 Teknolojilerini Kullanma Durumları

N= 4.934	Frekans	Oran %
<i>Endüstri 4.0 Teknolojileri</i>		
3D Yazıcı (Kendi Kullanımı)	529	10.7
3D Yazıcı (Hizmet Kiralama)	19	0.4
Endüstriyel Robot	1153	23.3
Hizmet Robotu	59	1.1
Nesnelerin İnterneti Kullanım	1482	30
Nesnelerin İnterneti (Enerji Tüketimi Yönetimi İçin)	757	15.3
Nesnelerin İnterneti (Tesis Güvenliği-alarm vb.)	1268	25.6
Nesnelerin İnterneti (Üretim Süreçleri İçin)	689	13.9
Nesnelerin İnterneti (Lojistik Yönetimi İçin)	516	10.4
Nesnelerin İnterneti (Makine Bakım vb. için)	418	8.4
Nesnelerin İnterneti (Müşteri Hizmetleri İçin)	209	4.2
Yapay Zekâ (Yazı Dili Analizi)	35	1
Yapay Zekâ (Konuşma-Tanıma)	51	0.08
Yapay Zekâ (Görüntü Tanıma İşleme)	190	3.8
Yapay Zekâ (Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme)	125	2.5
Yapay Zekâ (Otonom Robotlar)	155	3.1
Yapay Zekâ (Satış İçin)	82	1.6
Yapay Zekâ (Üretim İçin)	207	4.1
Yapay Zekâ (İş Organizasyonu İçin)	98	1.9
Yapay Zekâ (İşletme Yönetimi)	104	2.1
Yapay Zekâ (Lojistik İçin)	77	1.5
Yapay Zekâ (BİT Güvenliği İçin)	104	2.1
Yapay Zekâ (İKY veya İşe Alım)	74	1.4
Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı (ERP)	2804	56.8
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Veri Saklama)	957	19.4
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Satış Stratejisi)	704	14.2
Bulut Bilişim	1261	25.5
Elektronik Veri Alışverişi (EDİ) İle Satış Yapma	423	8.5
<i>Diğer Teknolojiler</i>		
Web Sitesi Sahipliği	3790	76.8
Web Sitesi Üzerinden Satış Yapma	550	11.1
İnternet Erişimi	4840	98
Geniş Bant İnternet	4810	97.4

Tablo 23'te görüldüğü gibi, kullanılan veri seti oldukça fazla sayıda teknoloji hakkında bilgi vermenin yanı sıra, Endüstri 4.0 teknolojilerinin de neredeyse tümü hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojileri kullanım amaçlarına göre de sınıflandırılarak bilgiler paylaşılmıştır. Teknolojik araçların bu çeşitliliği araştırmanın önemli özgün değerlerinden birini oluşturmaktadır. Staccioli ve Virgillito (2021)'da vurgulandığı gibi, yeni teknolojilerin etkisinin tek başına robotlar veya diğer herhangi bir teknoloji üzerinden belirlenmesi indirgemeci bir yaklaşımı ifade etmektedir. Nitekim çok daha geniş bir yapı ve işlev kümesini içeren Endüstri 4.0 teknolojilerinin etkisini tek bir teknoloji ile belirlemeye çalışarak sonuçların diğer teknolojiler için genellenmesi, heterojen teknolojik yeniliklerin olası farklı etkilerinin belirlenebilmesini engellemektedir. Nitekim özellikle yapay zekâ gibi çok farklı amaçlar için kullanılabilen teknolojik yeniliklerin istihdam etkisi de söz konusu amaçlara ve kullanım alanlarına göre farklı etkiler gösterebilmektedir (Lane ve Saint-Martin, 2021:1).

Makine tabanlı olmayan dijital teknolojiler açısından Tablo 23 incelendiğinde, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım oranlarının %1 ila %56 aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek oranda kullanılan teknolojik yenilik ERP iken en düşük orana sahip teknolojik yenilik yapay zekânın konuşma-tanıma amacıyla ilgili kullanımına aittir. Çalışmada ele alınan örneklemin imalat firmalarından oluşması, yapay zekâ teknolojilerinin zihinsel işlerle ilgili kullanımına ilişkin düşük oranların en önemli nedeni olarak görülebilir. İmalat sanayi firmaları, fiziksel aktivitenin yoğun olduğu üretim tesisleri olarak kabul edilmektedir. Nitekim yapay zekâ kullanım amaçlarının yoğunluğu incelendiğinde en düşük oranların genellikle üretim işlemiyle ilgili olmayan (görüntü tanıma, yazı filı analizi vb.) ve hizmet işlerine ilişkin kullanım amaçlarına ait olduğu, en yüksek oranın %4,1 ile üretim için kullanıma ait olduğu görülmektedir. Bu kapsamda örneklem içerisindeki firmalardan 207'sinin yapay zekâyı üretim işlemleri için kullandığı ve 155'inin otonom robotlar için yapay zekâ kullandığı anlaşılmaktadır. Öte yandan örneklem içerisindeki firmaların önemli bir kısmının (%30) nesnelerin interneti teknolojisini kullandığı ve kullanım amaçları göz önüne alındığında ise 1268 firmanın (%25,6-en yüksek oranla) nesnelerin internetini genel olarak tesis güvenliği için kullandığını göstermektedir. Bulut bilişim teknolojisini kullanan firma sayısı 1261 iken, müşteri ilişkileri yazılımı (CRM) teknolojisinin veri saklama için kullanım oranı %19,4, satış stratejisi için kullanım oranı %14,2'dir.

Tablo 23’te makine tabanlı dijital teknolojiler incelendiğinde ise firmaların 1153’ünün endüstriyel robot, 19’unun hizmet robotu kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra, 529 firmanın 3D yazıcıya sahip olduğu ve bu yazıcıları kullandığı, 19’unun ise 3D yazıcıyla ilgili dışardan hizmet aldığı anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında örneklem içerisinde yer alan firmaların Endüstri 4.0’ı temsil gücü olan makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan teknolojileri belli bir dereceye kadar kullandığı görülmektedir. Söz konusu kullanım oranları gelişmiş ülkelere nispeten düşük seviyededir. Nitekim, dördüncü sanayi devrimi ve Endüstri 4.0 kapsamında dijital teknolojilerin kullanımı yaygın olarak önceki sanayi devrimlerinin olgunlaşmış olduğu gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerde gerçekleşmiştir. Bu kapsamda gelişmekte olan ülkeler, önceki sanayileşme adımlarını tamamlamamış olmaları nedeniyle Endüstri 4.0 ve ilgili teknolojileri benimsemeye önemli zorluklarla karşılaşabilmektedir (Dalenogare vd., 2018:385). Buna karşın Türkiye dijital dönüşüme önem vermektedir. Politika gündeminde Endüstri 4.0 ve ilgili teknolojilerin kullanımına ilişkin çeşitli teşvik politikaları izlenmektedir.

2.1.5.3. Ekonometrik Yöntem

Veri seti başlığında da açıklandığı gibi, bu çalışmada TÜİK tarafından gerçekleştirilen, Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanımı Araştırması 2021 yılı mikro veri seti kullanılmaktadır. Bu veri seti yapısı itibarıyla “yatay kesit veri” olarak kabul edilmektedir. Yatay kesit veriler; tüketici, üretici, hanehalkı, firma vb. hakkında zamanın belli bir noktasında toplanan verilerdir. Bu tür verilerde zaman sabittir, fakat farklı birimlere ait gözlemler mevcuttur. Panel ve zaman serisi verilerini de inceleyen mikroekonometri, özellikle hanehalkı, birey ve firma gibi birimlere ait yatay kesit verilerin incelenmesini de kapsamına almaktadır. Literatür incelendiğinde bireysel talep analizleri, emlak piyasası ve “çalışma ekonomisinde” mikroekonometrik yaklaşımın yaygınlıkla kullanıldığı görülmektedir (Birecikli ve Şengül, 2021:1-2).

Bu çalışmada Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisinin ampirik olarak belirlenmesi amacıyla en uygun regresyon modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Mikroekonometrik yaklaşımlarda, veri setine en uygun regresyon modeli genellikle bağımlı değişkenin yapısına göre belirlenmektedir. Bu çalışmada kullanılan bağımlı değişkene (firmaların çalışan sayıları) ait veriler teorik olarak negatif değer alamayan, pozitif tam sayı değerlerinden oluşmaktadır. Bu tür veriler; teorik olarak sıfırdan başlayıp

sonsuzu kadar giden ve negatif değer almayan “sayma verisi” olarak ifade edilmektedir. Çoğu ekonomik modelde bağımlı/açıklanan değişken sayma veya negatif değer almayan tam sayı değişkenidir. Sayma verilerinin genellikle belli bir üst sınırının olduğu ifade edilse de doğum sayısı veya sağlık harcamaları gibi sürekli değişkenlerin de sayma verisi olarak esas alındığı görülebilmektedir. Sayma değişkenler, genellikle sürekli değişken olarak ele alınır ve doğrusal regresyon modeli uygulanır. Fakat sayma verilerinde bu tür modellerin kullanılması etkin olmayan, tutarsız ve sapmalı tahminlere neden olmaktadır (Akay ve Korkmaz, 2021:303). Özellikle sayma verilerinden oluşan bağımlı değişkenin yer aldığı modellerde, normal dağılımlı bir sonuç gerektiren doğrusal regresyon modelinin kullanılması gerçek dışı sonuçların elde edilmesine neden olmaktadır. Sayım verisi için en uygun yöntem “Poisson Regresyon (PR)”, bu regresyon modelinin varsayımlarının sağlanmadığı durumda ise “Negatif Binom Regresyon (NBR)” modelidir (Alkan vd., 2022:174).

Poisson regresyon modeli, tahmin edicilerin doğrusal fonksiyonunun logaritmik dönüşümünü ifade etmektedir. Poisson regresyon modeli;

$$\log_e(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots, \text{ olup,}$$

$$Y = (e^{\beta_0})(e^{\beta_1 X_1})(e^{\beta_2 X_2}) \dots,$$

olarak da tanımlanabilmektedir (Arı ve Önder, 2012:169). Poisson regresyon modelinin varsayımları sağlanmadığında negatif binom regresyon modeli önerilmektedir. Negatif binom regresyon modeli, ortalama parametresi örneklemin tüm üyeleri için benzer olmayan fakat kendisinin bir gamma dağılım gösterdiği Poisson dağılımından elde edilmektedir. Bu durum, örneklemdaki gözlemlenemeyen heterojenliği modellemenin bir yoludur (Akay ve Korkmaz, 2021: 307). Negatif binom regresyon modeli, poisson regresyon modelindeki koşullu ortalama gözlenemeyen heterojenliği de dikkate alarak;

$$E(y_i | x_i) = \exp(x_i' \beta + \varepsilon_i) = h_i \mu_i$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada $h_i = \exp(\varepsilon_i)$ 'dir. h_i ortalaması $E(h_i)=1$, varyansı $V(h_i) = v^{-1} = a$ olan gamma dağılımına sahiptir (Birecikli ve Şengül, 2021:192-193).

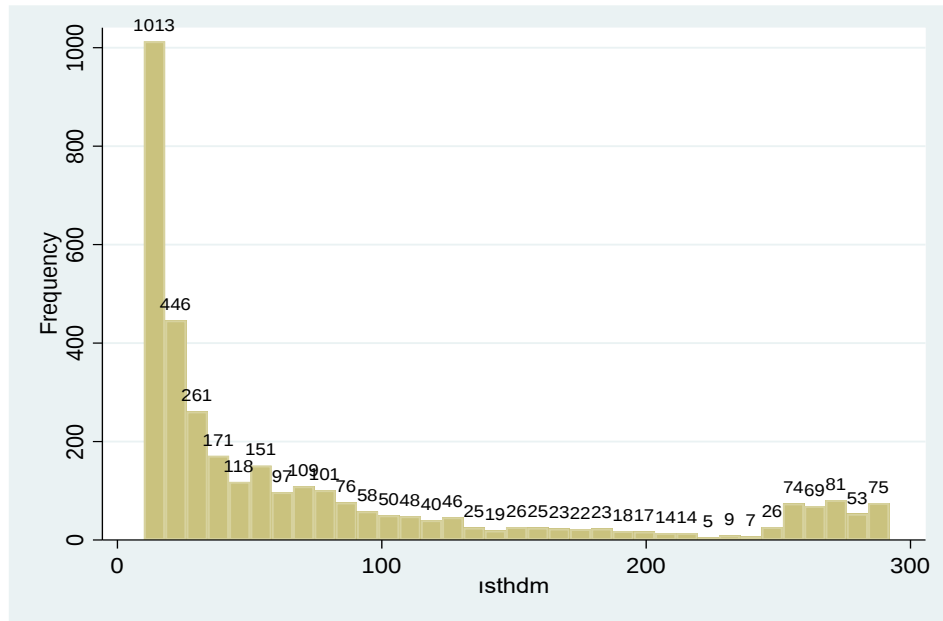
Bu kapsamda öncelikle Poisson regresyon modelinin varsayımları incelenmiştir. Poisson regresyon modelinin iki temel varsayımı bulunmaktadır. Bunlardan ilki sayma verinin de özelliği olan bağımlı değişkene ait beklenen değerlerin pozitif olması ile ilgilidir. İkincisi ise Poisson dağılımında ortalama ve varyansın birbirine eşit olması

gerekliliğidir. Ortalama ve varyansın eşitliği “eşit yayılım” olarak ifade edilmektedir. Ancak uygulamada sayma veri ile oluşturulan bağımlı değişkenlerin varyansları genellikle ortalamalarından büyüktür ve bu durum aşırı yayılım olarak adlandırılmaktadır (Arzu ve Önder, 2013:169). Söz konusu varsayımın geçerliliğinin belirlenebilmesi için Tablo 24’te bağımlı değişkene ait istatistikler belirtilmiştir.

Tablo 24. Bağımlı Değişkene Ait Özet İstatistikler (Firmaların Çalışan Sayısı)

Minimum Değer	10
Maksimum Değer	14426
Ortalama	293.5415
Standart Sapma	630.293
Varyans	397269.3
Skewness (Çarpıklık)	8.039335
Kurtosis (Basıklık)	108.5068

Tablo 24 incelendiğinde bağımlı değişkene ait varyansın, ortalamadan oldukça büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda bağımlı değişkenin dağılımının aşırı yayılıma sahip olduğu görülmektedir. Aşırı yayılımın incelenebilmesi için ayrıca histogram grafiklerinden de faydalanılmaktadır. Şeki 9.’da bağımlı değişkene ait ortalama değere (293) göre dağılım gösterilmektedir. Buna göre verilerin bazı değerlerde yoğunlaşmaması (aşırı yayılım) gerekir.



Şekil 9. Bağımlı Değişkene Ait Histogram

Şekil 9’da yer alan histogram incelendiğinde gözlemlerin sağa çarpık dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Histogram grafiği de veride aşırı yayılıma işaret etmektedir. Bunun yanı sıra aşırı yayılımın varlığının belirlenebilmesi için istatistiki bir test de yapılabilmektedir. Tablo 25’te aşırı yayılım testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 25. Aşırı Yayılım Testi (Wald Testi) Sonuçları

ystar	Coef.	Std. Err.	t	p> t	[95% Conf. Int]	
muhat	.976263	.0629962	15.50	0.000	.8527625	1.099763

Tablo 25 incelendiğinde test istatistik değerinin 15.50 olduğu ve teste ait katsayının istatistiki olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) olduğu görülmektedir. Bu durumda bağımlı değişkene ait dağılımın aşırı yayılıma sahip olduğu doğrulanmaktadır. Aşırı yayılım olduğu durumlarda Poisson regresyon tutarsız sonuçlar vermektedir. Bu tutarsızlık, dirençli standart hatalar hesaplanarak giderilebilmektedir (Birecikli ve Şengül, 2021:191-192). Bu çalışmada, hem dirençli standart hatalar hesaplanarak Poisson modeli hem Negatif Binom regresyon modeli ayrı ayrı sınanmış ve veriye en uygun regresyon modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, model seçim kriterleri hesaplanmıştır. Tablo 26’da iki model için literatürde en çok kullanılan AKAIKE (AIC) ve BAYSIAN (BIC) kriterlerine ait hesaplamalar yer almaktadır:

Tablo 26. Model Seçim Kriterleri

Model	Gözlem	ll(null)	Ll(model)	df	AIC	BIC
PR-Poisson Regresyon	4,934	-1431174	-435552.6	29	871163.2	871351.8
NBR-Negatif Binom Regresyon	4,934	-32239.31	-26739.62	30	53539.24	53734.36

Ele alınan modellerde, söz konusu kriterlere ait en düşük değerleri alan modelin ekonometrik açıdan en uygun model aldığı ifade edilmektedir (ATIF). Tablo 26 incelendiğinde her iki karşılaştırma kriteri için en düşük değeri alan modelin Negatif Binom Regresyon Modeli olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim yukarıda da ifade edildiği gibi bu çalışmanın bağımlı değişkeni sayma verilerden oluşmaktadır ve bu durumda poisson veya poisson varsayımları sağlanmazsa negatif binom regresyonun kullanılması uygundur. Bu bilgiler ışığında araştırma için Negatif Binom Regresyon Modeli seçilmiştir.

Bu model EKK yerine En Çok Olabilirlik Tahmin edicisi ile parametre tahminlerini gerçekleştirmektedir. Yatay kesit veri için otokorelasyon, yapısal kırılma varsayımları gerçeli olmayıp, çoklu doğrusal bağlantı ve değişen varyans varsayımlarının sağlanması gerekir (Tataoğlu, 2020: 119). Çoklu doğrusal bağlantının belirlenebilmesi için Varyans Büyütme Faktörü-VIF değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 27. Bağımsız Değişkenlere Ait VIF Değerleri

N= 4.934	VIF
Nesnelerin İnterneti (Üretim Süreçleri İçin)	4.58
Yapay Zekâ (Üretim İçin)	4.13
Emek yoğun Sektör-Nesnelerin İnterneti-üretim	3.88
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Veri Saklama)	3.48
Emek yoğun Sektör-Endüstriyel Robot	3.32
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Satış Stratejisi)	3.31
Endüstriyel Robot	3.22
Emek yoğun Sektör-Yapay zekâ-üretim	2.87
Hizmet Robotu	2.54
3D Yazıcı	2.47
Emek yoğun Sektör-Hizmet Robotu	2.44
Emek yoğun Sektör-3D Yazıcı	2.40
Büyük Ölçek	2.36
Yapay Zekâ (Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme)	2.18
Küçük ölçekli olma	2.00
Nesnelerin İnterneti (Tesis Güvenliği-alarm vb.)	1.99
Yapay Zekâ (İşletme Yönetimi İçin)	1.98
Yapay Zekâ (Görüntü Tanıma-İşleme)	1.94
Nesnelerin İnterneti (Enerji Tüketimi Yönetimi İçin)	1.89
Yapay Zekâ (Lojistik İçin)	1.88
Nesnelerin İnterneti (Makine Bakım vb. için)	1.68
Nesnelerin İnterneti (Lojistik Yönetimi için)	1.65
Emek Yoğun Sektörde Olma	1.59
Yapay Zekâ (İKY veya İşe Alım)	1.56
Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı (ERP)	1.56
Orta Ölçek	1.45
Yapay Zekâ (Yazı Dili Analizi)	1.44
Nesnelerin İnterneti (Müşteri Hizmetleri İçin)	1.37
Bulut Bilişim	1.24

VIF değerlerinin 5'in altında olduğu durumlarda çoklu doğrusallık probleminin bulunmadığı kabul edilmektedir (Tataoğlu, 2020:116). Bu doğrultuda Tablo 26 incelendiğinde, bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal ilişki probleminin olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla araştırma modeli kısmında açıklanan tüm bağımsız değişkenlerin modele dahil edilebileceği anlaşılmaktadır. Öte yandan araştırma modelinde değişen varyans probleminin varlığı *Breusch-Pagan* testi ile sınanmıştır (Gujarati ve Porter, 2012:385). Değişen varyansın olmadığını öne süren sıfır hipotezi %5 önem düzeyinde reddedilerek ($\chi^2 = 16861.62$ p = 0.0000), modelde değişen varyans problemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişen varyans problemi olması durumunda, tutarlı parametre tahminleri elde edilebilmesi için dirençli standart hatalar kullanılmaktadır (Tataoğlu, 2021:128-129). Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının firma istihdamı üzerindeki etkisini belirlemek için Negatif Binom Regresyon modeli dirençli standart hatalar yaklaşımı esas alınarak tahmin edilmiştir.

Negatif binom regresyon modellerinde uyum iyiliğinin belirlenebilmesi için sapma istatistiği, Pearson istatistiği ve olabilirlik oran testi kabul gören ölçetlerdir. Buna göre (Akoğul ve Filiz, 2021: 681);

-aşırı yayılımın sağlanabilmesi için sapmanın (değer/sd) 1'den büyük olması gerekmekte,

-modelin verilere uygun olması için Pearson Ki-Kare (değer/sd) değerinin 0.05'ten büyük olması gerekmekte,

-modelin istatistiksel olarak anlamlı olması için olabilirlik oran testine ait p değerinin 0.05'ten küçük olması gerekmektedir.

Bu kapsamda, çalışmada esas alınan negatif binom regresyonuna ait ilgili istatistiksel değerler hesaplanarak Tablo 28'de paylaşılmıştır.

Tablo 28. Negatif Binom Regresyonu İçin Uyum İyiliği ve Olabilirlik Oran Testi Sonuçları

	Değer	S.d.	Değer/S.d.
Sapma	11083.797	4933	2.247
Pearson Ki-Kare	22666.293	4933	4.595
Log Olabilirlik	-32977.477		
Ki-Kare	23349.12	p = 0.000	

Tablo 28'e göre sapma değeri (değer/s.d.) 2.247 olduğundan aşırı yayılım olduğu kabul edilebilir ve bu durumda negatif binom regresyon modelinin esas alınması uygundur. Pearson-Ki-Kare değeri 4.595'tir ve bu durum modelle verilerin uyumlu olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra olabilirlik oran testi sonucuna göre Ki-Kare 10999.38 ve $p=0.000$ olduğundan model istatistiksel olarak anlamlıdır.

2.1.6. Bulgular, Yorum ve Tartışma

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojilerini temsilen belirlenen teknolojilerin firma düzeyindeki kullanım durumunun, firma istihdamı üzerindeki etkilerini belirlemek için dirençli standart hatalar esas alınarak Negatif Binom Regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 29'da bu analize ilişkin sonuçlar gösterilmektedir.

Tablo 29. Negatif Binom Regresyon Model Sonuçları

Bağımlı değişken: Çalışan Sayısı N=4.935	β	Dirençli Stndrt Ht	p
Değişkenler			
Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler			
3D Yazıcı	.123	.060	0.042**
Endüstriyel Robot	.112	.043	0.010**
Hizmet Robotu	.602	.236	0.011**
Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler			
Nesnelerin İnterneti (Enerji Tüketimi Yönetimi İçin)	.060	0.41	0.148
Nesnelerin İnterneti (Tesis Güvenliği-alarm vb.)	-.060	.0036	0.098*
Nesnelerin İnterneti (Üretim Süreçleri İçin)	.080	.046	0.080*
Nesnelerin İnterneti (Lojistik Yönetimi İçin)	-.048	.043	0.270
Nesnelerin İnterneti (Makine Bakım vb. için)	.081	.055	0.143
Nesnelerin İnterneti (Müşteri Hizmetleri İçin)	-.100	.074	0.046**
Yapay Zekâ (Yazı Dili Analizi)	.413	.170	0.016**
Yapay Zekâ (Görüntü Tanıma İşleme)	.057	.095	0.544
Yapay Zekâ (Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme)	.347	.138	0.012**
Yapay Zekâ (Üretim İçin)	.360	.178	0.043**
Yapay Zekâ (İşletme Yönetimi)	-.026	.130	0.838
Yapay Zekâ (Lojistik İçin)	-.091	.147	0.536
Yapay Zekâ (İKY veya İşe Alım)	-.280	.110	0.011**

Tablo 29. (Devamı)

Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı (ERP)	.162	.022	0.000***
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Veri Saklama)	-.023	.054	0.670
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Satış Stratejisi)	.153	.061	0.013**
Bulut Bilişim	.055	.029	0.057*
Kontrol Değişkenleri			
Küçük Ölçekli Firma Olma Özelliği	-3.19	.031	0.000***
Orta Ölçekli Firma Olma Özelliği	-1.68	.029	0.000***
Emek-yoğun Sektörde Olma	-.004	.022	0.839
Etkileşimli Değişkenlere Ait Sonuçlar: Referans Kategori Sermaye Yoğun Sektörde Olma			
Emek-yoğun Sektörde; Endüstriyel Robot	.015	.058	0.790
Emek-yoğun Sektörde; Hizmet Robotu	-.040	.367	0.265
Emek-yoğun Sektörde; 3D Yazıcı	-.016	.085	0.843
Emek-yoğun Sektörde; Nesnelerin İnterneti-Üretim İçin	.017	.052	0.747
Emek-yoğun Sektörde; Yapay Zekâ-üretim için	-.326	.170	0.056*
Sabit Terim	6.15	.038	0.000***
Inalpha	-1.240470	.0343443	
alpha	.2892458	.0099339	
LR test of alpha=0: chibar2(01) = 8.2e+05		Prob >= chibar2 = 0.000	
Wald chi2(21) = 23349.12		Prob> chi2= 0.0000***	Pseudo R ² =0.1706
Log Likelihood =-26739.672			

(Not: *%10, **%5, ***%1 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.)

Tablo 29'un son beş satırında yer alan bilgilerle ilgili bazı yorumlar yapılmaktadır. Buna göre LR test istatistiği 8.2e+05 olarak elde edilmiştir. Test sonucuna göre α (alpha)'nın sıfırdan farklı (.0099339) olması aşırı yayılım olduğunu doğrulamaktadır. Bunun yanı sıra modele ait anlamlılık testinin %1 düzeyinde anlamlı olduğu (0.0000***) anlaşılmaktadır. Log olabilirlik ve Psodo R² değerlerinin ise bu modellerde bir karşılığı bulunmamaktadır (Greene, 2016:312). Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmalarının firmaların ölçeklerine göre farklı istihdam etkileri gösterip göstermediğini belirlemek için oluşturulan etkileşimli değişkenlerin tümü anlamsız olduğundan model dışında bırakılmıştır. Bu sonuç H_{2a} hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Negatif Binom Regresyon Modellerinde elde edilen sonuçlar marjinal etki veya IRR (incidence rate ratio) değerlerine göre yorumlanmaktadır. Marjinal etkiler birim bazında yorumu

mümkün kılarken, IRR değerleri örnekleme oluşturan farklı birimler arasında “katlı” yorumlar yapılabilmesini mümkün kılmaktadır (Alkan vd., 2022:195-197). Bu kapsamda, ayrıca marjinal etkiler ve IRR değerleri hesaplanmıştır. Tablo 29’da modele ait IRR değerleri gösterilmektedir.

Tablo 30. Negatif Binom Regresyon Modeline Ait İRR (incidence rate ratio) Değerleri

Bağımlı değişken: Çalışan Sayısı N=4.935	IRR	Dirençli Stndrt Ht	p
Değişkenler			
Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler			
3D Yazıcı	1.130	.068	0.042**
Endüstriyel Robot	1.118	.048	0.010**
Hizmet Robotu	1.827	.432	0.011**
Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler			
Nesnelerin İnterneti (Enerji Tüketimi Yönetimi İçin)	1.062	.044	0.044**
Nesnelerin İnterneti (Tesis Güvenliği-alarm vb.)	.940	.034	0.016**
Nesnelerin İnterneti (Üretim Süreçleri İçin)	1.083	.049	0.161
Nesnelerin İnterneti (Lojistik Yönetimi İçin)	.952	.041	0.145
Nesnelerin İnterneti (Makine Bakım vb. için)	1.084	.060	0.028**
Nesnelerin İnterneti (Müşteri Hizmetleri İçin)	.904	.067	0.026**
Yapay Zekâ (Yazı Dili Analizi)	1.512	.258	0.000***
Yapay Zekâ (Görüntü Tanıma İşleme)	1.059	.100	0.544
Yapay Zekâ (Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme)	1.415	.195	0.012**
Yapay Zekâ (Üretim İçin)	1.433	.255	0.043**
Yapay Zekâ (İşletme Yönetimi)	.973	.126	0.838
Yapay Zekâ (Lojistik İçin)	.912	.134	0.536
Yapay Zekâ (İKY veya İşe Alım)	.755	.083	0.011**
Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı (ERP)	1.176	0.027	0.000***
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Veri Saklama)	.977	.052	0.670
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Satış Stratejisi)	1.165	.071	0.013**
Bulut Bilişim	1.057	.030	0.057*
Kontrol Değişkenleri			
Küçük Ölçekli Firma Olma Özelliği	.041	.001	0.000***
Orta Ölçekli Firma Olma Özelliği	.185	.005	0.000***
Emek-yoğun Sektörde Olma	.995	.022	0.839

Tablo 30. (Devamı)

<i>Etkileşimli Değişkenlere Ait Sonuçlar: Referans Kategori Sermaye Yoğun Sektörde Olma</i>			
Emek-yoğun Sektörde; Endüstriyel Robot	1.015	.058	0.790
Emek-yoğun Sektörde; Hizmet Robotu	.663	.243	0.265
Emek-yoğun Sektörde; 3D Yazıcı	.983	.084	0.843
Emek-yoğun Sektörde; Nesnelerin İnterneti-Üretim İçin	1.018	.061	0.747
Emek-yoğun Sektörde; Yapay Zekâ-üretim için	.721	.123	0.056*

(Not: *%10, **%5, ***%1 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.)

Tablo 30’da 1’den büyük olan IRR değerleri pozitif anlamda etkilere işaret ederken 1’den küçük olan IRR değerleri negatif etkiye işaret etmektedir. Hem bu durumdan hem de katlı yorumların karmaşıklığından dolayı elde edilen sonuçlar, birim yoruma izin veren marjinal etki değerleri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Fakat burada modele ilişkin genel bilgiler ve yorumlardan bahsedilmektedir.

Tablo 29 ve Tablo 30 incelendiğinde modelde esas alınan bağımsız değişkenlerin büyük bir çoğunluğunun firma istihdamı üzerinde anlamlı etkilere sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu bağımsız değişkenler, kukla değişken özelliği gösterdiğinden tüm bağımsız değişkenlere ait bir referans kategorisi bulunmakta ve elde edilen sonuçlar referans kategori üzerinden yorumlanabilmektedir. Örneğin; endüstriyel robot kullanımı ile ilgili elde edilen sonuç, bu teknolojiyi kullanan firmanın kullanmayan firmaya göre çalışan sayısındaki değişimi ifade etmektedir. Buna göre endüstriyel robot kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre yaklaşık 1.11 kat daha fazla işçi çalıştırmaktadır. Kontrol değişkenlerine ait sonuçlar incelendiğinde firmaların büyük ya da orta ölçekli olmasının firma çalışan sayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Fakat firmaların emek yoğun sektörlerde yer almasının sermaye yoğun sektörlerde yer almasına göre çalışan sayısı bakımından anlamlı bir farkının olmadığı görülmektedir.

Tablo 30’da gösterilen sonuçlara bakıldığında, genel olarak araştırma modeli başlığında belirtilen beklentilerle uyumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra model yorumlamaları için belirlenen ve Tablo 31’de gösterilen marjinal etkilerle IRR değerlerinin uyumlu olduğu görülmektedir. Makine tabanlı dijital teknolojiler özellikle üretim süreçleriyle doğrudan ilişkili olmaları, firma ölçeği ve verimliliği üzerinde pozitif etkiler gösterme potansiyelleri dolayısıyla firma istihdamını artırmaktadır. Bu kapsamda söz konusu etkilerin yanı sıra, tamamlayıcılık etkisine de

sahip olan hizmet robotlarını kullanan firmaların kullanmayan firmalara göre 1.82 kat daha fazla işçi çalıştırdığı görülmektedir. Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilere ilişkin sonuçlar ise beklendiği gibi daha karmaşıktır. Nitekim genellikle üretimle ilgili olan dijital teknolojiler olumlu etkilere sahipken üretimle ilgili olmayan ve imalat firmalarının üretim-dışı bölümleriyle ilgili olanların negatif etkilere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre yapay zekâ teknolojisini üretim için kullanan firmaların kullanmayan firmalara göre 1.43 kat daha fazla işçi çalıştırdığı görülmektedir. Nitekim bu sonuçlar birden fazla Endüstri 4.0 teknolojisini esas alan ve firma düzeyinde gerçekleştirilen diğer çalışmaların sonuçlarıyla da tutarlıdır (Balsemier ve Woerter 2019; Bessen vd., 2020; Qin vd., 2022). Bu genel yorumlamalara ilaveten her bir teknoloji ile ilgili literatür destekli spesifik yorumlar, marjinal etki değerleriyle birlikte yorumlanmaktadır. Hesaplanan marjinal etki değerleri, Tablo 30.'da gösterilmektedir.

Tablo 31. Negatif Binom Regresyon Modeline Ait Marjinal Etkiler Tablosu

Bağımlı değişken: Çalışan Sayısı N=4.935	dy/dx	Stdrt Ht	p
Değişkenler			
Makine Tabanlı Dijital Teknolojiler			
3D Yazıcı (Kendi Kullanımı)	35.397	17.417	0.042**
Endüstriyel Robot	32.300	12.547	0.010**
Hizmet Robotu	173.401	68.766	0.011**
Makine Tabanlı Olmayan Dijital Teknolojiler			
Nesnelerin İnterneti (Enerji Tüketimi Yönetimi İçin)	17.414	12.083	0.044**
Nesnelerin İnterneti (Tesis Güvenliği-alarm vb.)	-17.537	10.645	0.016**
Nesnelerin İnterneti (Üretim Süreçleri İçin)	23.18	13.292	0.161
Nesnelerin İnterneti (Lojistik Yönetimi İçin)	-13.860	12.596	0.145
Nesnelerin İnterneti (Makine Bakım vb. için)	23.356	15.950	0.028**
Nesnelerin İnterneti (Müşteri Hizmetleri İçin)	-28.817	21.443	0.026**
Yapay Zekâ (Yazı Dili Analizi-Doğal Dil İşleme)	118.909	49.458	0.000***
Yapay Zekâ (Görüntü Tanıma İşleme)	16.630	27.363	0.544
Yapay Zekâ (Makine Öğrenmesi-Derin Öğrenme)	99.946	40.102	0.012**
Yapay Zekâ (Üretim İçin)	103.667	51.793	0.043**
Yapay Zekâ (İşletme Yönetimi)	-7.651	37.438	0.838
Yapay Zekâ (Lojistik İçin)	-26.243	42.520	0.536

Tablo 31. (Devamı)

Yapay Zekâ (İKY veya İşe Alım)	-80.739	31.939	0.011**
Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımı (ERP)	46.806	6.754	0.000***
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Veri Saklama)	-6.630	15.545	0.670
Müşteri İlişkileri Yönetimi Yazılımı (CRM-Satış Stratejisi)	44.067	17.774	0.013**
Bulut Bilişim	15.967	8.341	0.057*
Kontrol Değişkenleri			
Küçük Ölçekli Firma Olma Özelliği	-917.602	26.628	0.000***
Orta Ölçekli Firma Olma Özelliği	-485.268	17.301	0.000***
Emek-yoğun Sektörde Olma	-1.306	6.439	0.839
Etkileşimli Değişkenlere Ait Sonuçlar: Referans Kategori Yüksek Teknolojili İmalat			
Emek-yoğun Sektörde; Endüstriyel Robot	4.447	16.698	0.790
Emek-yoğun Sektörde; Hizmet Robotu	-117.803	105.566	0.265
Emek-yoğun Sektörde; 3D Yazıcı	-4.868	24.586	0.843
Emek-yoğun Sektörde; Nesnelerin İnterneti-Üretim İçin	5.102	16.783	0.747
Emek-yoğun Sektörde; Yapay Zekâ-üretim için	-93.851	49.611	0.056*

(Not: *%10, **%5, ***%1 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.)

Tablo 31 incelendiğinde, imalat firmalarında 3D yazıcı kullanımının firma istihdamı üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuca göre 3D yazıcı kullanan firmaların, kullanmayan firmalara göre ortalama 35 işçi daha fazla çalıştırdığı anlaşılmaktadır. 3D yazıcının genel olarak düşük hacimli üretimi kolaylaştırması, müşteriye özel daha esnek üretimi mümkün kılması (Schwab ve Davis, 2018:200-205) ve özellikle imalat sanayi için dijital ortamda planlanan ve kontrol edilen nihai ürünlerin fiziksel olarak üretilebilmesini sağlaması dolayısıyla oldukça faydalıdır (Tofail vd., 2018:22-23). Nitekim bu sonuç, Felice vd., (2022) tarafından sektörel düzeyde gerçekleştirilen araştırmanın sonuçlarıyla tutarlıdır. Felice vd., (2022) çalışmasında 3D yazıcıların özellikle üretim süreçlerine, yeni ara malı ve yeni makine dahil edilmesine neden olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun da ürün yeniliği etkileri dolayısıyla istihdam üzerinde anlamlı etkileri ortaya çıkarmasının beklenebilir bir durum olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma kapsamında 3D yazıcıların emek veya sermaye yoğun sektörlerde yer alan firmalarda kullanımının istihdam

açısından anlamlı bir farka neden olup olmadığının belirlenebilmesi için oluşturulan etkileşimli değişkenin anlamsız olduğu görülmektedir. Bu sonuç 3D yazıcı kullanımının hem emek hem sermaye yoğun firmalarda olumlu ve benzer düzeyde etkilere neden olduğunu göstermektedir. 3D yazıcıların özellikle ürün yeniliğine neden olduğu göz önüne alındığında bu sonucun kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Nitekim literatürde ürün yeniliğinin genel olarak sektörel düzeyde (Antonucci ve Pianta, 2002; Falk ve Hagsten, 2018) ve genel olarak firma düzeyinde (Harrison vd., 2014; Buffour vd., 2020) istihdam üzerinde olumlu etkilere sahip olduğuna ilişkin sonuçlara ulaşılmıştır.

Robot teknolojisi ile ilgili sonuçlar incelendiğinde, her iki değişkenin de %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı ve pozitif istihdam etkisine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre endüstriyel robot kullanan firmaların, kullanmayan firmalara göre ortalama 32 işçi daha fazla çalıştırdığı anlaşılmaktadır. Elde edilen diğer sonuca göre hizmet robotu kullanan firmaların, kullanmayan firmalara göre ortalama 173 işçi daha fazla çalıştırdığı anlaşılmaktadır. Söz konusu farkın nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Fakat özet istatistikler kısmında paylaşıldığı gibi çalışmanın örnekleminin %60'ı orta (50-249 çalışan) ve büyük ölçekli (250 üzeri çalışan) firmalardan oluşmaktadır. Öte yandan örneklemini oluşturan firmaların ortalama çalışan sayısı 293'tür. Bu bilgiler ışığında söz konusu farkın yüksek olması kabul edilebilir bir durumdur. Bunun yanı sıra endüstriyel robotlar ile hizmet robotlarının firma düzeyinde istihdam etkisi arasında da önemli bir fark olduğu görülmektedir. Bu farkın iki olası nedeninden bahsedilebilir. İlk neden, söz konusu iki teknolojinin işlevini ortaya koyan tanımları ile ilgilidir. Endüstriyel robotlar, operasyonel süreçleri otomatikleştiren makine veya ekipman olarak tanımlanırken (Zheng vd., 2021:1923), hizmet robotları insan üretkenliğini artırmak ve/veya sosyal etkileşimde bulunmak için algılayabilen, düşünebilen ve hareket edebilen programlanabilir araçlar olarak tanımlanmaktadır (Bartneck ve Forlizzi, 2004:591). Bu tanımlarda, üretim süreci içerisinde endüstriyel robotların çalışanların yerini alabileceğine vurgu yaparken, hizmet robotlarının çalışanlarla işbirliği içinde hareket ettiğine vurgu yapmaktadır. İkinci neden ise ilgili teknolojilerin kullanım amaçlarıyla ilgilidir. Nitekim üretim süreci içerisinde endüstriyel robotlar, genellikle sağlıklı ve tehlikeli işleri kısıtlı ortamlarda veya kafeslerde otonom bir şekilde çalıştırılırken, hizmet robotları (özellikle işbirlikçi robotlar çerçevesinde) ise kısıtlanmamış ortamlarda insanlarla birlikte çalıştırılabilmektedir (Chan ve Thug, 2019:458). Bu bilgiler ışığında

endüstriyel robotların, Acemoğlu ve Restrepo (2020)'da vurgulanan ölçek ve verimlilik etkisi dolayısıyla firma düzeyinde istihdamı artırdığı düşünülmektedir. Nitekim Koch vd., 2021 çalışmasında, robot kullanan firmalarda yaklaşık %20-25 verimlilik artışı, işgücü maliyetlerinde %5-7 azalma ve %10 yeni işin ortaya çıktığı ve robot kullanmayan firmalarda ise iş kaybı yaşandığına dair sonuçlara ulaşmışlardır. Hizmet robotlarının, söz konusu etkilere ilaveten insanlarla birlikte çalışması ve dolayısıyla doğrudan daha fazla istihdama neden olması dolayısıyla firma düzeyinde istihdamı daha fazla artırması beklenebilir bir durumdur. Bu çalışma, hizmet robotları kullanımının imalat sanayi firmalarında istihdam etkisinin ayrıca incelendiği ilk çalışmadır. Her iki teknoloji türü toplamda robot olarak kabul edildiğinde literatürle karşılaştırılabilir bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar ülke düzeyinde gerçekleştirilen bazı çalışmalarda ulaşılan sonuçlarla zıt iken (Acemoğlu ve Restrepo 2017; Graetz ve Michaels 2018; Fossen ve Sorgner, 2022) diğer bazı çalışmalarda (Klenert vd. 2023; Dekle, 2020) örtüşmektedir. Ülke düzeyinde farklı sonuçlar, yukarıda ifade edildiği gibi ülke farkından ve çalışmaların baz aldığı zaman aralığından kaynaklanabilmektedir. Nitekim söz konusu çalışmalar farklı ülkeler için gerçekleştirilmiş ve özellikle Klenert vd. (2023) çalışmasında robot yayılımının nispeten gerçekleştiği 1993-2017 dönemi esas alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, sektörel düzeyde gerçekleştirilen ve özellikle imalat sanayi sektörünü baz alan çalışmalarda karşılaştırıldığında daha karmaşık bir durum ortaya çıkmaktadır. Nitekim sadece Leigh vd., (2020) imalat sektöründe robotların olumlu istihdam etkisine ilişkin sonuçlara ulaşırken daha fazla çalışma (Dauth vd. 2018; Ni ve Obashi 2021; Dottori 2021; Compagnucci vd. 2019) olumsuz sonuçlara ulaşmıştır. Sektörel anlamda ortaya çıkan olumsuz etkilerin daha çok yeni teknolojileri kullanmayan ve bu yüzden rakipleriyle rekabet edemeyerek istihdamı azaltan firmalardan kaynaklanabileceği (Acomuğlu ve Restrepo, 2020:36) varsayımı altında bu sonuçların beklenebilir olduğu anlaşılmaktadır. Firma düzeyinde robotların istihdam etkisini inceleyen çalışmalar ise (Humlum, 2019 hariç olmak üzere: bu çalışmada firma toplam istihdamını etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır.), bu çalışmayla benzer şekilde olumlu istihdam etkilerine ilişkin sonuçlara ulaşmışlardır (Acemoğlu vd., 2020; Cheng vd., 2019; Zhang vd., 2023; Ballestar vd., 2020; Koch vd. 2021). Söz konusu teknolojilerin emek veya sermaye yoğun sektörlerdeki imalat firmalarında kullanımlarının farklı istihdam

etkilerine neden olup olmadığını belirlemek için modele dahil edilen etkileşimli değişkenlerin anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar makine tabanlı dijital teknolojilerin firma düzeyindeki kullanımının genel olarak firma istihdamını artırdığını göstermektedir. Bu sonuç, araştırma kısmında ifade edilen H_{1a} hipotezinin kabul edildiğini göstermektedir. Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerle ilgili sonuçlar daha karmaşıktır.

Tablo 31 incelendiğinde, nesnelerin interneti teknolojisinin firmalarda kullanım amaçlarına göre farklı istihdam etkileri gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda, üretim süreçleri ve lojistik yönetimi amacıyla kullanımının anlamlı istihdam etkileri göstermediği anlaşılmaktadır. Öte yandan enerji tüketimi yönetimi, tesis güvenliği, makine bakımı ve müşteri hizmetleri için kullanımının ise %5 anlamlılık düzeyinde firma istihdamı üzerinde etkilere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre nesnelerin interneti teknolojisini enerji tüketimi için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 17 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisinin enerji tüketimi yönetimi için kullanımının optimum enerji tüketimi ile üretimin gerçekleştirilebilmesini ve dolayısıyla enerji verimliliğini sağladığı (Yang vd., 2019:1199) göz önüne alındığında bu sonucun ortaya çıkması beklenebilir bir durumdur. Nitekim enerji verimliliği firmaların rekabet gücünü ve kârını artırarak büyümeye gitmesini ve daha fazla işçi talep etmesini teşvik edebilecektir. Ulaşılan diğer bir sonuca göre, nesnelerin interneti teknolojisini makine bakımı için kullanan firmalar, kullanmayan firmalar göre ortalama 23 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Nesnelerin internetinin bu kullanım amacı doğrultusunda, makine ve teçhizatın çalışır durumda olup olmaması ve bir makinenin bakım veya güncelleme ihtiyacı olup olmadığına ilişkin bilgileri üretim süreci içerisindeki personele bildirebilme yeteneği (Greengard, 2021:93) göz önüne alındığında bu sonucun beklenebilir olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim bu kullanım, üretim sürecinde aksamaya neden olabilecek makine arızalarının önlenmesini mümkün kılarak firmaların daha etkin ve verimli bir üretim sürecine sahip olmasını sağlayabilecektir. Bu da yine firmalarda ölçek ve verimlilik etkileri dolayısıyla daha fazla istihdamı teşvik edebilecektir. Bu sonuçlar firma düzeyinde gerçekleştirilen Butgereit (2020) ve Men vd. (2022) çalışmasında ulaşılan sonuçlarla örtüşmektedir. Öte yandan nesnelerin interneti teknolojisini tesis güvenliği, alarm vb. için kullanan firmalar, kullanmayan firmalar göre ortalama 17 işçi daha az çalıştırmaktadır. Güvenlik amacıyla kullanım durumunda nesnelerin interneti video

gözetimi ve izinsiz giriş uyarıcıları ile tesis güvenliğini sağlayabilmektedir (Borgia, 2014:10). Bu durum imalat tesislerinin güvenliği için daha az sayıda güvenlik görevlisi çalıştırılmasına neden olarak firma düzeyinde istihdamı azaltabilecektir. Bunun yanı sıra, nesnelerin interneti teknolojisini müşteri hizmetleri için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 28 işçi daha az çalıştırmaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisinin müşteri hizmetleri için kullanımı, hedef odaklı tanıtım ve mesaj platformları ile firmaya katkıda bulunabilmekte (Greengard, 2021:94), bunun yanı sıra daha önce tanıtım faaliyetlerini gerçekleştiren hizmet işçilerinin yerini alabilmektedir. Bu sonuçlarla benzer şekilde Sarbu (2022), nesnelerin interneti teknolojisinin kullanım amaçları doğrultusunda firma istihdamını azaltabileceği yönünde sonuçlara ulaşmıştır. Öte yandan üretim için nesnelerin interneti teknolojisinin emek veya sermaye yoğun sektörlerdeki kullanımlarının farklı etkilere neden olmadığı görülmektedir.

Diğer bir genel amaçlı teknoloji olan yapay zekânın farklı kullanımlarına ilişkin sonuçların da farklı etkilere neden olduğu görülmektedir. Buna göre yapay zekânın görüntü tanıma işleme, işletme yönetimi ve lojistik için kullanımlarının firma düzeyinde anlamlı istihdam etkilerine sebep olmadığı görülmektedir. Öte yandan yazı dili ve doğal dil algılama %1, makine öğrenmesi, İKY ve işe alım ve üretim amaçlarıyla kullanımının %5 anlamlılık düzeyinde firma istihdamı üzerinde anlamlı etkilere neden olduğu görülmektedir. Buna göre yapay zekâ teknolojisini doğal dil işleme veya yazı dili analizi için kullanan firmalar, kullanmayan firmalar göre ortalama 118 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Benzer şekilde, yapay zekâ teknolojisini makine öğrenmesi-derin öğrenme için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 99 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Ulaşılan başka bir sonuca göre yapay zekâ teknolojisini üretim için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 103 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Yapay zekânın makine öğrenmesi yeteneğiyle ilgili bu üç farklı kullanımı genellikle bir çalışan için öğrenilebilen ve büyük verilerin kullanımını gerektiren zaman alıcı işlemleri gerçekleştirebilmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2017:5-6). Üretim için kullanımı özellikle önceden arıza bildirimi ve üretim hatlarının sürekli etkinliğini sağlayarak fazladan maliyetleri engellediği ve verimliliği artırdığı ifade edilmektedir (Javaid vd., 2022:83). Doğal dil işleme ile ilgili kullanım özellikle üretim süreci içerisindeki robotlara entegre edilerek yapay zekâ destekli ve daha etkili robotların kullanımını ortaya çıkarmaktadır (Kim vd., 2022:116). Burada üç kullanım amacının da

doğrudan üretim süreçleri ile ilgili olduğu ve gerek ölçek gerekse verimlilik etkileri dolayısıyla istihdamı artırdığı kabul edilebilir bir durumdur. Dixon vd., (2021) benzer şekilde yapay zekâ destekli robotların firma düzeyinde toplam istihdamı artırdığı yönünde sonuçlara ulaşmışlardır. Öte yandan yapay zekânın bu ve benzeri özelliklerinin ülke düzeyinde mesleki istihdam üzerindeki etkisini araştıran Georgieff ve Hyee (2021) söz konusu özelliklerin istihdam üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Son olarak yapay zekâ teknolojisini İKY veya işe alım için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 80 işçi daha az çalıştırmaktadır. Büyük veriyle desteklenen yapay zekânın işletme yönetimi sürecinde insanların işleyebileceğinden çok fazla bilgi işleyerek yöneticiler için yardımcı bir işlevi yerine getirdiği (Heafner vd., 2021:5) ve İKY ve işe alım işlemlerinde de benzer şekilde aday havuzu oluşturma, ilgili başvuruları değerlendirme vb. birçok işi otomatik bir şekilde gerçekleştirebildiği (Bankins, 2021:842) göz önüne alındığında, bu sonucun beklenebilir olduğu anlaşılmaktadır. Alderucci vd., (2020) yapay zekânın bazı kullanımlarının imalat sanayi içerisinde özellikle ofis işleriyle ilgili olduğuna vurgu yapmaktadır. Benzer şekilde Dixon vd. (2021) yapay zekâ ve yapay zekâ destekli robotların imalat firmalarında insan hatalarını azaltarak idari görevlere olan ihtiyacı ve özellikle üretim dışı büro işleri için talebi azalttığını ifade etmektedirler. Nitekim yapay zekânın gerçekleştirdiği bu işler imalat firmalarında daha çok yardımcı yönetici veya büro elemanları tarafından gerçekleştirilmektedir. Rutin yanlı teknolojik değişim yaklaşımında vurgulandığı gibi yeni teknolojiler özellikle tekrarlanan ve kolaylıkla kodlanan görevleri rahatlıkla yerine getirebilmektedir (Autor vd., 2003). Lu (2022) ve Webb (2019) yapay zekânın özellikle vasıflı olarak kabul edilen işgücü için istihdamı azalttığı ve düşük eğitimli-vasıfsız işgücü için istihdamı artırdığı yönünde sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışma, yapay zekânın çeşitli kullanım amaçları ile birlikte firma düzeyinde istihdam etkisini araştıran ilk çalışmadır. Bu kullanımların tümü yapay zekâ teknolojisi olarak değerlendirildiğinde literatürle karşılaştırılabilir bir durum ortaya çıkmaktadır. Yapay zekânın ülke düzeyinde istihdam etkisini araştıran çalışmalar genellikle bu etkiyi mesleklerin görev içeriği üzerinden oluşturulan bir indeks ile araştırmış ve olumsuz istihdam sonuçlarına ulaşmışlardır (Fossen ve Sorgner, 2022; Felten vd., 2019). Nitekim yukarıda da ifade edildiği gibi ülke düzeyinde çalışmalar genellikle olumsuz sonuçlara ulaşma eğilimindedir. Sektör düzeyinde ise daha karmaşık sonuçlara ulaşılmıştır (Gu vd., 2022; Bação vd., 2022).

Firma düzeyindeki çalışmaların ise bazıları imalat firmaları için olumlu istihdam sonuçlarına ulaşırken (Alderucci vd., 2020; Yang 2022; Xue vd. 2022) başka bir çalışmada olumsuz istihdam sonuçlarına ulaşılmıştır (Xie vd., 2021). Firma düzeyinde yeni teknolojilerin genellikle olumlu istihdam sonuçlarına neden olduğu kabulüne karşın bu karmaşık sonuçların bazı nedenlerinden bahsedilebilir. Öncelikle söz konusu çalışmalar bu çalışmanın aksine yapay zekâyı kullanım amaçlarını göz önünde bulundurmaksızın değerlendirmiştir. Öte yandan yapay zekâ kullanımlarının genellikle ofis işleriyle ilgili görevlerde etkili olduğu (Alderuci vd., 2020) olumsuz etkilerin imalat sanayi içerisinde üretim dışı bölümlerle ilgili olduğu kabul edilebilir bir durumdur. Yapay zekânın üretim için kullanımının emek veya sermaye yoğun sektörlerde kullanım durumunun farklı istihdam etkileri gösterip göstermediğini belirlemek için oluşturulan etkileşimli değişkenin de %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre yapay zekânın üretim için kullanımı açısından emek yoğun sektörle sermaye yoğun sektör arasında önemli bir istihdam etkisi farkı ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuca göre, bu kullanım sermaye yoğun sektörlerde emek yoğun sektörlerle göre istihdam açısından daha yüksek düzeyde olumlu etkiler göstermektedir. Bu farkın emek yoğun sektörlerde basit ve tekrarlanan iş veya görevlerin sermaye yoğun sektörlerle oranla daha yüksek düzeyde olmasından kaynaklanabileceği kabul edilebilir bir durumdur.

Tablo 31 incelendiğinde imalat firmalarında kurumsal kaynak planlama yazılımı (ERP) kullanımının %1 anlamlılık düzeyinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna göre kurumsal kaynak planlama yazılımı kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 46 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. ERP yazılımının daha düşük tedarik maliyetleri, daha küçük stoklar, daha etkili satış stratejileri vb. faydalar sağlayarak (Dery vd., 2006:199), firmaların daha rekabetçi olmasına ve sürekliliğini sağlamasına yardımcı olduğu (Wang vd., 2006:5107) göz önüne alındığında elde edilen sonuç tutarlıdır. Nitekim söz konusu etkiler dolayısıyla firma, verimlilik ve ölçek etkileri ile birlikte istihdamını artırabilmektedir. ERP yazılımlarının firma düzeyinde etkisini araştıran iki çalışmada anlamlı istihdam etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Poston ve Grabski 2000; Atasoy vd. 2016). Fakat her iki çalışma da imalat firmalarından ziyade tüm sektörlerden firmalar için gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sonuç farklılıklarının imalat sanayinin kendine özgü yapısından kaynaklanabileceği kabul edilebilir bir durumdur.

Loukis vd., (2017) ise cam, seramik ve çimento imalatı sektöründe faaliyette bulunan firmalarda ERP kullanımının istihdamı olumlu etkilediği ile ilgili sonuçlara ulaşmıştır.

Müşteri ilişkileri yönetimi yazılımı (CRM) teknolojisine ilişkin iki değişkenden birinin imalat firmalarında istihdam üzerinde anlamlı etkilere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre CRM yazılımının satış stratejisi için kullanımının %5 anlamlılık düzeyinde firma istihdamını olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Buna göre CRM yazılımını satış stratejisi için kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 44 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. CRM teknolojisinin müşteri ilişkileri alanında kullanımının müşteri ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş bir deneyim sağlayarak üreticinin önemli bir rekabet avantajı elde etmesine ve daha fazla müşteri sadakati oluşturmaya olanak tanıdığı (Zheng vd., 2021:1938-1939) göz önüne alındığında bu sonucun ortaya çıkması beklenebilir bir durumdur. Bu sonuç, yukarıda ifade edilen ve dijital teknolojilerin üretim dışı işlerde kullanımının genellikle imalat firmalarında istihdamı azalttığı yönündeki sonuçlarla çelişmektedir. Fakat CRM yazılımının müşteri ilişkileri için kullanımının doğrudan firmanın ürün satışını artırarak firma kârını yükselttiği anlaşılmaktadır. Bu durum ise firmanın büyümeye gitmesine ve istihdamı artırmasına neden olabilecektir. Nitekim Kyriakou ve Loukis (2019) CRM kullanımının imalat firmalarında istihdamı olumlu etkilediğine ilişkin sonuçlara ulaşmıştır.

İmalat firmalarında bulut bilişim teknolojisi kullanımının %10 anlamlılık düzeyinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna göre bulut bilişim teknolojisi kullanan firmalar, kullanmayan firmalara göre ortalama 15 işçi daha fazla çalıştırmaktadır. Bulut bilgi işlemin sanallaştırma dolayısıyla kaynak paylaşımı, dinamik veri hazırlama, esnek veri geliştirme gibi birçok avantaj sunarak yüksek performans ve düşük maliyetle üretimi kolaylaştırdığı (Xu vd., 2017:2947) göz önüne alındığında bu sonucun ortaya çıkması beklenebilir bir durumdur. Bunun yanı sıra bulut bilişim teknolojisi, sağladığı veri avantajıyla nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojilerinin daha etkin kullanımını mümkün kılarak da üretim süreçlerine fayda sağlamaktadır (Yang vd., 2019:1195). Bu durum, firmaların hem verimlilik hem ölçek etkisi dolayısıyla istihdamı artırmasını mümkün kılabilir. Nitekim bulut teknolojisinin imalat istihdam etkisini araştıran çalışmalar hem sektör düzeyinde (Etro, 2009), hem de firma düzeyinde (Loukis vd., 2017; Kyriakou ve Loukis 2019) olumlu etkilerin görüldüğüne ilişkin sonuçlara ulaşmışlardır.

Elde edilen sonuçlar makine tabanlı olmayan ve doğrudan üretimle ilgili olan dijital teknolojilerin firma düzeyindeki kullanımının genel olarak firma istihdamını artırdığını göstermektedir. Bu sonuç araştırma modeli kısmında ifade edilen H_{1b} hipotezinin kabul edildiğini göstermektedir. Öte yandan makine tabanlı olmayan ve üretim dışı bölümlerde kullanılan dijital teknolojilerin genel olarak firma istihdamını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu teknolojilerden sadece CRM teknolojisinin istihdamı artırdığı sonucuna ulaşılsa da CRM'nin doğrudan satış ve kâr artışı etkilerinin bu sonuca neden olabileceği değerlendirilmiştir. Elde edilen bu sonuç, H_{1c} hipotezinin kısmen kabul edildiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, araştırma hipotezlerine ilişkin özet bilgi Tablo 32'de gösterilmektedir.

Tablo 32. Araştırma Hipotezlerine Ait Sonuçlar

H₁		Türkiye imalat firmalarında Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı, firmaların istihdam düzeyini istatistiki olarak anlamlı bir şekilde etkilemektedir.	Kabul
	H_{1a}	Makine tabanlı dijital teknolojilerin kullanımı imalat firmalarının istihdam düzeyini anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir.	Kabul
	H_{1b}	Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin doğrudan üretimle ilgili kullanımları firmalarının istihdam düzeyini anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir.	Kabul
	H_{1c}	Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilerin üretim dışı bölümlerdeki kullanımları firmaların istihdam düzeyini anlamlı ve negatif yönde etkilemektedir.	Kabul
H₂		Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının istihdam etkisi firmaların ölçeklerine ve bulundukları sektörlerle göre farklılık gösterir.	Ret
	H_{2a}	Dijital teknoloji kullanımının istihdam etkisi, firmaların ölçekleri büyüdükçe daha yüksek düzeyde gerçekleşmektedir.	Ret
	H_{2b}	Dijital teknoloji kullanımının istihdam etkisi, firmaların emek yoğun veya sermaye yoğun sektörlerde bulunma durumlarına göre anlamlı farklılık gösterir.	Kabul

Elde edilen sonuçlar Türkiye imalat sanayi özelinde düşünüldüğünde nispeten tutarlı sonuçlar elde edildiği kabul edilmektedir. Özellikle olumlu etkiler için yapılan

ölçek ve verimlilik etkilerine ilişkin varsayımların Türkiye imalat sanayi için doğrulanmış olması bu tutarlılığın temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda Fazlıoğlu vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışma, Türkiye imalat sanayinde teknoloji kullanımının verimlilik etkisini doğrularken Dalgıç ve Fazlıoğlu (2021) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışma yenilik (ar-ge, teknolojik yenilikler vb.) faaliyetlerinin firmaların büyümesi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu doğrulamıştır.



GENEL DEĞERLENDİRME

Teknolojik yeniliklerin insanların işlerini ellerinden alarak, büyük bir işsizlik problemine neden olacağı fikrine dayanan otomasyon kaygısının tarihi oldukça eskidir. Henüz sanayi devrimi gerçekleşmeden önce geliştirilen bazı teknolojik icatlar, bu kaygı dolayısıyla yaygınlaşmamış ve etkili olamamıştır. Birinci sanayi devriminin gelişimi ile birlikte bu kaygılar daha yaygın hale gelerek, işçilerin fabrikalardaki makineleri kırmasına neden olan bir boyuta ulaşmıştır. İkinci sanayi devrimini temsil eden elektriğin keşfi ve içten yanmalı motorun icadı ve üçüncü sanayi devriminde bilgisayarın keşfi ve gelişimi ile otomasyon kaygısı devam etmiştir. Söz konusu kaygı, sadece devlet adamları veya işçilerin değil aynı zamanda önemli iktisatçıların da dikkatini çekmiştir. David Ricardo 1817 yılında makinelerin işçiler için faydalı olacağı yönündeki fikrinin yanlış olduğunu itiraf ederek, yeni teknolojilerin işçiler için genellikle çok zararlı olduğunu ifade etmiştir. Ricardo’dan yaklaşık yüz yıl sonra John Maynard Keynes otomasyon kaygısının iktisat literatüründeki teorik karşılığı ve açıklamasını içeren teknolojik işsizlik kavramını; “işgücü kullanımından tasarruf etme araçlarını keşfetme hızının işgücü kullanımı için yeni alanların ortaya çıkarılma hızından daha yüksek olması” şeklinde tanımlamıştır. Keynes’in tanımı doğru olsa da teknolojik yeniliklerin çalışma sürelerini azaltacağı ve daha az işin olacağına yönelik tahminleri doğru çıkmamıştır. Nitekim sanayi devrimleriyle birlikte gelişen yeni teknolojiler öncelikle tarımdaki istihdamı sanayi istihdamına sonrasında ise hizmet istihdamına kaydırmıştır. Bu, işgücünün teknolojiyle yer değiştiğini ve işgücüne ihtiyaç duyulan diğer sektörlere kaydığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, ilk üç sanayi devrimi sürecinde teknolojik yenilikler kitlesel işsizliğe neden olmak yerine daha fazla yeni işin ortaya çıkmasına ve istihdamın sürekli olarak artmasına neden olmuştur. Sanayi devrimlerini tam olarak gerçekleştirmiş ülkeler bu sonuca en uygun örnekler olarak gösterilmektedir. 1820’den 2003’e kadar İngiltere’de kişi başına makine/ekipman sayısı 92’den 14.291’e, Amerika’da 87’den 32.240’a ve Japonya’da 94’ten 31.232’ye yükselmesine rağmen istihdam oranı sürekli olarak artmıştır (Maddison 2007:305-306). Gelişmiş ülkelere göre sanayileşme çabaları daha geç dönemlerde gerçekleşen Türkiye’de de teknolojik gelişme ile işsizlik arasında herhangi bir pozitif ilişkinin bulunmadığı, aksine sanayileşme çabalarıyla birlikte büyüme ve refah artışının daha fazla istihdama neden olduğu anlaşılmaktadır.

21. yüzyılda yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik vb. akıllı teknolojilerdeki hızlı gelişmelerin yeni bir sanayi devrimine neden olduğu kabul edilmektedir. Dördüncü Sanayi Devrimi-Endüstri 4.0 sürecinde geliştirilen yeni teknolojilerin de yaygın bir işsizliğe neden olabileceği yönünde tartışmalar mevcuttur. Yeni teknolojilerin yaygın işsizliğe neden olacağını ifade eden teknolojik kötümserler genellikle “bu kez farklı” anlayışına sahiptirler. Bu ifade, yeni teknolojilerin ilk üç sanayi devrimindeki teknolojilerden oldukça farklı ve daha işlevsel olduğu, dolayısıyla istihdam kaybına ve yaygın işsizliğe neden olacağı varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım ise temelde daha önceki teknolojilerin kas gücü gerektiren pis ve tehlikeli işleri gerçekleştirip diğer işleri insanlara bıraktığı, yeni teknolojilerin ise sahip oldukları yetenekler dolayısıyla bu işlerin yanı sıra insanların gerçekleştirdiği ‘zihinsel’ işleri de gerçekleştirebildiği fikrine dayanmaktadır. Teknolojik iyimserler ise yeni teknolojilerin bazı işleri tamamen ortadan kaldıracığı, birçok işin yapılış şeklini büyük ölçüde değiştireceğini kabul etseler de, bazı işlerin uzun bir zaman dilimi için yeni teknolojiler tarafından gerçekleştirilemeyeceğini iddia etmektedirler. Bunun yanı sıra iyimserlere göre yeni teknolojiler de ilk üç sanayi devriminde olduğu gibi mutlaka yeni işler ortaya çıkaracak ve istihdamı artıracaktır. Nitekim dron pilotu, veri bilimci, veri uyum sorumlusu gibi mesleklerin 2000’li yılların başında var olmadığı ve yeni teknolojiler dolayısıyla ortaya çıktığını, 2040-2050’li yıllara gelindiğinde benzer şekilde şuan ismi bilinmeyen birçok iş veya mesleğin ortaya çıkacağını ifade etmektedirler. Öte yandan teknolojik gelişmeler dolayısıyla ortaya çıkan ekonomik gelişme ve refah artışının talebi artıracığı ve bu talep artışının ürün/hizmet taleplerindeki artış dolayısıyla istihdamı artıracığı da ifade iddia edilmektedir. Söz konusu iki gruptan hangisinin haklı olduğu şuan için net değildir. Dördüncü Sanayi Devrimi ya da Endüstri 4.0’ın henüz tamamlanmamış olması ve etkilerinin net olarak belirlenmesi için yayılımının belli bir zaman gerektirmesi dolayısıyla belli bir süre de netleşmeyecek gibi görünmektedir. Fakat yeni teknolojilerin olası istihdam etkisi ile ilgili bazı yeni teorik yaklaşımlar mevcuttur ve bu yaklaşımları esas alan ampirik araştırmaların sayısı git gide artmaktadır.

Yeni veya Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisinin belirlenebilmesi için esas alınan ilk teorik model Beceri Yanlı Teknolojik Değişim Yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, yeni teknolojilerin eğitilmiş-vasıflı işgücü için istihdamı artırırken eğitim düzeyi düşük vasıfsız işgücü için istihdamı azalttığını ifade etmektedir. Bu yaklaşımın bir uzantısı olan

Rutin Yanlı Teknolojik Değişim Yaklaşımı ise yeni teknolojilerin istihdam etkisinin işleri oluşturan görevler üzerinden belirlenebileceğini ifade etmektedir. Buna göre nasıl gerçekleştirildiği kolaylıkla açıklanabilen ve bir bilgisayar programcısı tarafından kolaylıkla kodlara aktarılabilen ‘rutin’ görevler, teknolojinin kolaylıkla gerçekleştirebileceği görevlerdir. Bu yaklaşıma göre işgücü yüksek-orta-düşük vasıflı olarak sınıflandırılır ve yeni teknolojiler çoğunlukla rutin işlerin yoğun olduğu orta vasıflı işgücünü tehdit etmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinde meydana gelen hızlı değişimler dolayısıyla her iki yaklaşım da eleştirilmektedir. Nitekim yapay zekâda meydana gelen gelişmeler hem vasıf-eğitim gerektiren bazı işleri gerçekleştirerek yüksek vasıflı işgücünü olumsuz etkileyebilmekte, hem de söz konusu gelişmeler dolayısıyla ‘rutin’ işlerden fazlasını gerçekleştirebilmektedir. Her iki yaklaşımla ilgili geniş bir literatür bulunmaktadır. İlgili çalışmalar genel olarak karmaşık sonuçlara ulaşsa da bu yaklaşımlar geliştirilmektedir ve yeni teknolojilerin hangi iş, işgücü ya da meslekleri nasıl etkileyebileceğinin belirlenebilmesi için oldukça uygun bir anlayış sağlamaktadırlar. Bu çalışma kapsamında bu yaklaşımların sınanması mümkün olmasa da teorik yaklaşımlarından faydalanılmıştır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisine ilişkin diğer teorik yaklaşımlar ise nispeten daha güncel ve ampirik olarak daha sınanabilir özelliklere sahiptirler. Bu kapsamda özellikle Acemoğlu ve Autor (2011) tarafından ortaya atılan karşılaştırmalı üstünlük yaklaşımına göre, bir iş çeşitli görevlerden oluşur ve bu işi teknolojinin mi çalışanın mı gerçekleştireceği ikisi arasındaki üstünlüğe bağlıdır. Öte yandan teknoloji bir işi tamamen gerçekleştirebilse de işi hangisinin yapacağı işgücü ve teknolojinin maliyet açısından karşılaştırılmasına bağlıdır. Bu kapsamda, bir teknoloji bir işi veya görevi en az bir çalışan kadar iyi yaptığında ve işgücünden daha düşük bir maliyetle elde edilebildiğinde ‘negatif yer değiştirme’ etkisi ortaya çıkmaktadır. Acemoğlu ve Restrepo (2017, 2020) ise özellikle sektör ve firma düzeyinde ampirik çalışmalar için daha yol gösterici bazı yaklaşımlar ortaya koymuştur. Buna göre dijital tabanlı teknolojilerin kullanımı, üretim maliyetlerini azaltarak ve toplam çıktının artmasına sebep olarak ilgili sektörde veya firmada verimliliği artırabilmektedir. Bu durum firma veya sektör düzeyinde büyümeye neden olarak işgücü talebini ve istihdamı artırabilmektedir: ölçek ve verimlilik etkisi.

İlgili teorik yaklaşımlar doğrultusunda gerçekleştirilen ampirik çalışmalar da teorik yaklaşımlara benzer şekilde Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisinin yönü hakkında tutarlılık göstermemektedir. Ampirik çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmasının nedenlerine ilişkin gerçekleştirilen inceleme, birkaç önemli noktanın vurgulanması gerektiğini göstermektedir: (I) Endüstri 4.0 ya da bu çalışmada sınıflandırıldığı şekliyle dijital teknolojilerin yayılımı tam olarak gerçekleştirmemiştir ve dolayısıyla bu teknolojiler hakkında ayrıntılı veri elde edilmesi oldukça zordur. Bu durum, araştırmalarda dijital teknolojilerin, ar-ge harcamaları, teknolojik yatırım vb. değişkenlerle temsil edilmesine neden olabilmektedir. (II) Dijital teknolojiler hem makine tabanlı hem de makine tabanlı olmayan teknolojileri oluşturan birçok teknolojik aracı kapsamaktadır ve dolayısıyla bu teknolojilerin farklı etkileri ortaya çıkabilmektedir. (III) Söz konusu teknolojilerin etkisinin araştırıldığı analiz düzeyi, önceki iki durumu da etkileyerek belirleyici bir role sahiptir. Nitekim ülke veya sektörel düzeyde gerçekleştirilen çalışmalarda veri eksikliği nedeniyle genellikle tek bir dijital teknoloji türü esas alınmaktadır. Genellikle zaman boyutu içeren bu çalışmalarda, dijital teknolojilerin yayılımının henüz tam gerçekleşmediği zaman dilimlerinin esas alınmasının eksik ya da hatalı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Öte yandan tek bir dijital teknolojinin esas alındığı ülke ya da sektör düzeyindeki çalışmalar, Endüstri 4.0 teknolojilerini temsilen istihdam etkilerini belirleme noktasında eksik kalabilmektedirler. Yine de gerek zaman boyutu gerekse esas aldığı dijital teknoloji noktasında önemli olan bu çalışmalar genellikle dijital teknolojilerin olumsuz istihdam etkilerine ilişkin sonuçlara ulaşmaktadırlar. Bu sonuçlar dijital teknolojilerin ‘negatif yer değiştirme’ etkisine ilişkin kanıtlar sunmaktadır. Fakat Acemoğlu vd., (2020) ülke ve sektör düzeyinde ortaya çıkan olumsuz sonuçların genellikle dijital teknolojileri kullanmayarak rekabet gücünü kaybeden firmalardan kaynaklandığını ve istihdam kayıplarının genellikle bu şekilde gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Nispeten yeni olgularda tümdengelimli çalışmalara temel oluşturulabilmesi için birim düzeyinde araştırmaların önemi bu noktada ortaya çıkmaktadır. Adam Smith örneğinde olduğu gibi, işbölümünün keşfi fabrikanın ziyaret edilmesi dolayısıyla gerçekleşmiştir. Öte yandan örneğin, robotu benimseyen firmalar üretkenlik ve istihdam kazanımları yaşarken, aynı sektördeki benimsemeyen firmalar istihdam ve verimlilik kayıpları yaşayabilmektedir. Bu varsayım altında, robotların endüstri düzeyinde istihdam

kayıplarına neden olduğu gözlemlense bile robotların gerçekten iş kaybına neden olup olmadığı belirsizliğini korumaktadır. Robot kullanan firmalarda işçilerin yerinden edilme durumu veya benimsemeyen firmalarda rekabet gücünün azalması nedeniyle işçilerin yerinden edilme durumu, sektör veya ülke düzeyinde belirlenemez (Dixon, 2021:7). Yeni teknolojilerin istihdam etkilerinin de bu örnekte olduğu gibi, söz konusu teknolojilerin kullanıldığı birimlerde (firmalarda) araştırılması gerekliliğine vurgu yapılmaktadır (Seamans ve Raj, 2019). Firma düzeyinde araştırmalar yoğunlukla bu vurgudan sonra gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalarda yeni teknolojilerin genellikle “verimlilik-ölçek” etkileri bağlamında olumlu istihdam etkisine ilişkin sonuçlara ulaşılmıştır. Öte yandan bu çalışmalar söz konusu teknolojilerin en fazla istihdam etkisine sahip olabileceği imalat firmalarında gerçekleştirilmiştir. İmalat firmaları endüstriyel robot, nesnelerin interneti, 3D yazıcı gibi teknolojilerin yoğun olarak kullanılabildiği ve basit-rutin işlerin yoğun olmasından dolayı yeni teknolojilerin ikame etkisinin yüksek olabileceğinin kabul edildiği üretim birimleri olarak değerlendirilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye imalat sanayi sektöründen firma düzeyinde elde edilen kapsamlı anket verilerinin kullanıldığı bu çalışma, firma düzeyinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojilerinin firma istihdamı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kurulan araştırma modelinde bağımlı değişken firmaların çalışan sayıları iken, firmalara ait bazı özellikler (kontrol değişkenleri), Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım durumları ve söz konusu teknolojilerin kullanım durumlarının firma özelliklerine göre farklı etkiler gösterip göstermeyeceğini belirlemek adına oluşturulan etkileşimli değişkenler ise bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Endüstri 4.0 teknolojileri teorik olarak makine tabanlı ve makine tabanlı olmayan dijital teknolojiler olmak üzere ikili bir sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Kurulan regresyon modelinde, bağımlı değişkenin sayma veri özelliğine sahip olması gerekçesiyle Negatif Binom Regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak araştırma modelinde ve hipotezlerde ifade edilen beklentiler ve firma düzeyinde gerçekleştirilen diğer çalışmaların sonuçlarıyla tutarlıdır.

Elde edilen sonuçlar, makine tabanlı dijital teknolojilere ilişkin tüm kullanımların imalat firmalarının istihdamını artırdığını göstermektedir. 3D yazıcı, endüstriyel robot ve hizmet robotları imalat firmalarının doğrudan üretim süreci içerisinde yer alan ve verimliliği artırma potansiyeli yüksek olan teknolojilerdir. 3D yazıcı ve endüstriyel robotların gerek işlevleri gerekse kullanım amaçları doğrultusunda işgücünü ikame etkisi potansiyelinin yüksek olduğu ifade edilmektedir. Fakat bu teknolojilerin firma düzeyinde kullanımlarının verimlilik, firma kârı ve büyüme üzerindeki olumlu etkilerinin ikame etkilerinden daha yüksek düzeyde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Hizmet robotlarının ise diğer makine tabanlı dijital teknolojilerden daha yüksek düzeyde olumlu istihdam sonuçlarına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, hizmet robotlarının işleviyle ilgilidir. Hizmet robotları verimlilik ve ölçek etkilerinin yanı sıra, doğrudan işgücüyle işbirlikçi bir şekilde hareket etmesi dolayısıyla işgücünü tamamlayıcı etki göstermektedir ve kullanımı doğrudan daha fazla işçinin çalıştırılmasına neden olmaktadır. Öyle ki hizmet robotu kullanan imalat firmalarının kullanmayan firmalara göre yaklaşık 174 işçi daha fazla çalıştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Robotların nispeten yüksek düzeydeki istihdam sonuçları başka çalışmalarda da vurgulanmaktadır. Örneğin; Zhang vd., (2023),

Çin imalat sektöründe %1 daha fazla endüstriyel robot kullanımının, istihdamı yaklaşık %31 artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Öte yandan firmaların 3D yazıcı ve endüstriyel robot kullanımlarının firmaların emek yoğun veya sermaye yoğun sektörlerde yer alma durumları açısından farklı etkilere neden olmadığı, fakat hizmet robotlarının anlamlı bir farka neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre hizmet robotlarının kullanımı sermaye yoğun sektörde yer alan firmalarda daha yüksek düzeyde olumlu istihdam sonuçlarına neden olmaktadır. Bu sonuç iki sektör arasında, farklı işlerin veya görevlerin yoğunluğundan kaynaklanabilmektedir. Emek yoğun sektörlerde sermaye yoğun sektörlerle göre basit ve otomasyona uygun işlerin daha yüksek düzeyde olduğu ifade edilmektedir. Bu kapsamda hizmet robotlarının kullanımları dolayısıyla sermaye yoğun sektörlerde hem verimlilik hem işbirlikçi özelliklerle daha fazla istihdama neden olduğu, emek yoğun sektörlerde ise işbirlikçi özelliğine ilaveten bazı otomatikleştirilebilir görevleri ikame edebileceğine ilişkin bir ihtimali göstermektedir. Yine de bu sonuç, hizmet robotlarının her iki sektörel özellik için de olumlu etkilere neden olduğunu göstermektedir.

Makine tabanlı olmayan dijital teknolojilere ilişkin sonuçlar ise beklendiği gibi daha karmaşıktır. Özellikle genel amaçlı olarak birbirinden çok farklı işlevleri yerine getirmesi için kullanılabilen yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojileri, bu çalışma kapsamında farklı kullanım amaçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Bu kapsamda nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojilerinin doğrudan üretim süreci veya kârla ilgili kullanım amaçlarının firma istihdamını olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin, yapay zekâ teknolojisini üretim için kullanan firmaların kullanmayan firmalara göre yaklaşık 104 işçi daha fazla çalıştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu kullanım amaçları üretim süreci içerisinde makine tabanlı olarak kabul edilen robot ve 3D yazıcıların daha etkin bir şekilde çalışmasını sağlayabilmektedir. Bunun yanı sıra özellikle enerji ve diğer üretim bileşenlerine ilişkin maliyetleri azaltarak firmaların verimliliğini yüksek düzeyde artırma ve dolayısıyla büyümelerini sağlamayabilmektedir. Bu nedenlerle söz konusu kullanım amaçlarının firma istihdamını önemli derecede olumlu etkilemesi kabul edilebilir bir durumdur. Öte yandan nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojilerinin imalat firmalarında üretimle ilgili olmayan bazı kullanım amaçları doğrultusunda istihdamı olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. İmalat firmaları ana işlevi olan üretimin yanı sıra satış, pazarlama, İnsan Kaynakları vb. başka bölümleri de

içerebilmektedir. Örneğin, yapay zekâ teknolojisini İnsan Kaynakları ve İşe alım için kullanan firmaların, kullanmayan firmalara göre yaklaşık 81 işçi daha az çalıştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Yapay zekâ ve nesnelerin internetinin söz konusu alanlardaki işlevler için kullanımının istihdamı olumsuz yöne etkilemesi, bu kullanım amaçlarının ikame etkisinin tamamlayıcı etkisinden yüksek olduğuna işaret etmektedir. Nitekim rutin yanlı teknolojik değişim yaklaşımına göre kolaylıkla kodalanabilen ve tekrarlayan görevler teknolojik araçların kolaylıkla gerçekleştirebildiği görevlerdir. Bu yaklaşıma uygun şekilde, örneğin nesnelerin internetinin tesis güvenliği için kullanımının firma istihdamını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Nesnelerin internetinin güvenlik için kullanımı söz konusu firmalarda izleme, kayıt ve tehdit durumunda alarm verme gibi görevlerde güvenlik görevlilerini tamamlayabilmektedir. Ancak bunun yanı sıra söz konusu görevleri yerine getirmesi firmalarda daha az sayıda güvenlik görevlisi çalıştırılmasına da neden olabilecektir. Söz konusu kullanım amaçlarının imalat firmalarının ana işleviyle ilgili olmamaları dolayısıyla ölçek ve verimlilik etkisi bağlamında değerlendirilemeyeceği kabul edilebilir bir durumdur. Öte yandan firmaların söz konusu teknolojileri doğrudan üretimle ilgili amaçlar için kullanımının emek yoğun veya sermaye yoğun sektörlerde yer alma durumlarına göre farklı etkilerinin sadece yapay zekânın üretim için kullanımı açısından ortaya çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre yapay zekânın üretim için kullanımı emek yoğun sektörlerdeki firmalara göre sermaye yoğun sektörlerdeki firmalarda daha yüksek düzeyde olumlu istihdam etkisine neden olmaktadır. Bu sonuç, hizmet robotlarına ilişkin sonuçlarda vurgulandığı gibi emek yoğun sektörlerde yoğun olan rutin görevlerden kaynaklanabilmektedir.

Makine tabanlı olmayan diğer Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımının da firma istihdamı üzerinde olumlu etkilere neden oldukları yönünde sonuçlara ulaşılmıştır. Söz konusu ERP ve bulut teknolojilerinin, yapay zekâ ve nesnelerin internetinin üretimle ilgili amaçlarına benzer şekilde üretim sürecini etkinleştirici özelliklerinin olumlu etkileri açıklayabileceği düşünülmektedir. Etkin bir üretim süreci, verimliliği ve ölçeği artırarak daha fazla istihdama neden olabilmektedir. Öte yandan CRM yazılımının satış stratejileri için kullanımının üretimle ilgili olmamasına rağmen istihdamı artırdığı yönünde sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuç çalışmada beklenen sonuçlar için bir istisna oluşturmaktadır. Fakat bu kullanımın, firma satışlarını önemli derecede artırarak firma kârını artırabileceği ve dolayısıyla firma için büyümeye neden olarak istihdamı

artırabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim Cirillo vd. (2022) yeni dijital teknolojilerin firma satışlarını önemli ölçüde artırdığına ilişkin sonuçlara ulaşmıştır.

Çalışmada ulaşılan genel sonuç, farklı Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve farklı kullanım amaçlarının istihdam üzerinde farklı etkileri olabileceği yönündeki fikirleri doğrulamaktadır. Bunun yanı sıra imalat firmalarının ana işlevi olan üretim süreçlerinde kullanılan Endüstri 4.0 teknolojilerinin genel olarak firma istihdamını artırdığı, üretimle ilgili olmayan teknolojik kullanımların ise firma istihdamını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç Acemoğlu ve Restrepo (2017, 2020)'de vurgulanan teorik çerçeve ile uyumludur. Öte yandan ulaşılan sonuçlar ışığında Endüstri 4.0 teknolojilerinin doğrudan bu teknolojileri kullanan firmalarda araştırılmasının daha incelikli ve daha net sonuçlara ulaşılabilmesini sağladığı anlaşılmaktadır. Nitekim ülke ve sektör düzeyindeki çalışmalar çelişkili sonuçlara ulaşsa da firma düzeyindeki çalışmalar bu çalışmaya benzer şekilde olumlu istihdam sonuçlarına ulaşmaktadırlar. Elde edilen sonuçlar Türkiye ve Türkiye imalat sanayi bağlamında düşünüldüğünde de önemli nokralara değinilebilir. Öncelikle çoğu gelişmiş ülkelerin aksine Türkiye işgücü piyasasının emek arz eksikliği değil emek arz fazlasına sahip olduğu göz önüne alındığında firmaların işgücü taleplerinin karşılanabileceği anlaşılmaktadır. Fakat talep edilen işgücünün özelliklerinin de ampirik bulgularla netleştirilmesi önem arz etmektedir. İŞKUR verilerine göre Türkiye imalat sanayinde en yüksek oranda talep edilen beceriler mesleki ve teknik becerilerdir. Bu durum işgücü için resmi eğitimle vasıflandırılmadan ziyade, mesleki ve teknik eğitimlerle beceri kazandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra hem beceri yanlı hem rutin yanlı yaklaşımlar ışığında düşünüldüğünde, emek arz fazlalığı ve işgücü piyasasında eğitilmiş işgücü oranının artan bir yapıya sahip olması Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımını avantajlı hale getirerek daha yüksek düzeyde istihdama neden olabilecektir. Türkiye imalat sanayi özelinde düşünüldüğünde, olumlu sonuçlara dayanak oluşturan verimlilik ve ölçek etkilerine ilişkin yorumların dayanak noktası özellikle son yıllarda bu etkilerin varlığını ortaya koyan ampirik çalışmalardır (Fazlıoğlu vd., 2019; Dalgıç ve Fazlıoğlu 2022). Türkiye imalat sanayinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin nispeten düşük seviyede kullanıldığı ancak bu teknolojilerin kullanımının artırılması için çeşitli teşvik politikaları izlendiği görülmektedir. Nitekim bu çalışmanın örnekleme içerisinde bazı Endüstri 4.0 teknolojilerinin %50 ve bazılarının %25 civarında bir kullanıma sahip olduğu görülmektedir. Nitekim gelişmekte olan ekonomilerde,

sanayileşmenin gelişimi ve daha yüksek kalite standartlarına ulaşma ihtiyacı, yeni teknolojilere yatırım yapma eğilimini artırmaktadır (Barbieri vd., 2019:3-14). Elde edilen bu sonuçlar, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının Türkiye imalat firmaları için verimlilik ve büyüme üzerinde olumlu etkiler göstererek firma istihdamını artırdığını ortaya koymaktadır. Bu teknolojileri kullanmayan firmaların rekabet edememesi nedeniyle istihdam kaybı yaşayabileceği ve bu durumun imalat sanayi sektöründe toplamda istihdam kabına neden olabileceği kabul edilebilir bir durumdur. Nitekim ilk üç sanayi devriminde istihdamın genel olarak sanayi sektöründen hizmet sektörüne kaydığı kabul edilmektedir. Ancak Türkiye özelinde göz önüne alındığında, sanayi sektörü Türkiye'nin üretimini artırma adına sürekli olarak teşvik edilmekte ve nispeten sabit düzeyde istihdamın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, firma düzeyinde elde edilen sonuçlar Endüstri 4.0 teknolojilerinin imalat sanayi sektöründeki istihdamı azaltmaktan ziyade artırma yönünde etkilerini doğrulanmaktadır. Dolayısıyla söz konusu teknolojilerin sanayi sektörü istihdamını azaltarak hizmet sektörüne kaydırması yerine, Türkiye işgücü piyasasının avantajları kullanılarak artırılabilirliği anlaşılmaktadır. Sektörel kaymalar hipotezi doğrultusunda Türkiye için istihdamın sanayiden hizmet sektörüne kaymasından ziyade gelişmiş ülkelere göre hala yüksek seviyede gerçekleşen tarımdaki istihdamın sanayi ve hizmet sektörüne kayabileceği anlaşılmaktadır. De Vries vd. (2020) Türkiye'yi de dahil ettikleri çalışmalarında, gelişmiş ülkelerin aksine gelişmekte olan ülkelere robot kullanımının rutin manuel görevleri bile ortadan kaldırmadığına ve bu ülkelere istihdam için imalat sektörünün önemine vurgu yapmışlardır. Dolayısıyla Türkiye imalat sanayi için asıl problemin bu teknolojilerin kullanımı dolayısıyla ortaya çıkacak işsizlik değil, Schlogl, vd., (2020:5) vurgulandığı gibi söz konusu teknolojilerin düşük seviyedeki kullanımıdır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin özellikle gelişmekte olan ülkelere üretimi ve verimliliği artıracığı ve bu ekonomik gelişimin istihdamı teşvik edeceği ve sürdürülebilir ekonomik gelişmenin önemli aktörlerinden biri olacağına vurgu yapılmaktadır (Ghobakhloo, 2020). Bu doğrultuda Wu ve Yang (2021) gelişmekte olan ülkeler için Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdamı artırdığı ve teşvik edilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadırlar.

Bu çalışmada gerçekleştirilen literatür taraması ve ampirik analizlerin sonuçları doğrultusunda konuyla ilgili diğer yeni çalışmalar, firmalar ve politika yapımcılar için önerilerde bulunulabilir. Konuyla ilgili sonraki çalışmalar için geliştirilen öneriler:

- Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisi meslek, yaş, eğitim durumu vb. çalışanlara ilişkin özellikleri de içeren daha ayrıntılı bir veri seti ile daha ayrıntılı bir şekilde belirlenebilecektir.
- Çalışanların gerçekleştirdiği görevlere ilişkin bilgiler dâhil edilerek Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının hangi görevleri ikame ettiği hangi görevleri tamamladığı belirlenebilecektir.
- Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdam etkisi hizmet sektöründe de araştırılarak farklı etkiler belirlenebilecektir.
- Seçilmiş bir örneklemle, Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların ölçeklerine göre farklı etkileri belirlenebilecektir.

Söz konusu çalışmalar, hangi Endüstri 4.0 teknolojilerinin hangi işgücü veya meslek grubu için nasıl etkiler göstereceğinin belirlenmesini sağlayabilecektir. Bu doğrultuda, doğrudan araştırmacı tarafından hem işveren hem çalışan için geliştirilen anketlerle kabul edilebilir bir örneklemden toplanan veriler oldukça işlevsel sonuçlara ulaşılabilmesini sağlayabilecektir. Öte yandan bu tarz çalışmaların sektöre özel firma düzeyinde gerçekleştirilmesi de önem arz etmektedir. Nitekim Türkiye özelinde göz önüne alındığında tekstil ve gıda gibi imalat sektörü içerisinde hem çalışan hem de sermaye açısından önde gelen sektörler üzerinde gerçekleştirilmesi önemli bulguların ortaya konulabilmesini sağlayabilecektir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin firma düzeyinde istihdamı artırdığı göz önüne alındığında politika yapıcılar için öneriler:

- İŞKUR'un ilan ettiği açık iş ilanlarından da anlaşılabilceği gibi imalat sanayi, Türkiye'deki işsizlik probleminin çözümü için önemli bir istihdam alanı sağlamaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'de bu teknolojilerin kullanımlarının daha yüksek seviyelerde gerçekleşmesi için mevcut teşviklerin artarak devam etmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.
- İmalat sanayinden bildirilen açık işlerin özellikleri bağlamında, işgücünün sadece resmi eğitim yoluyla vasıflandırılmasından ziyade teknik ve mesleki eğitim anlamında geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum Türkiye'de işgücü piyasası politikaları için eğitim ve işgücü piyasası arasındaki uyumun önemini ortaya koymaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin firma düzeyinde istihdamı artırdığı göz önüne alındığında firmalar için öneriler:

- Endüstri 4.0 teknolojilerinin olumlu yönde rekabet edebilirlik, verimlilik, ölçek ve dolayısıyla istihdam etkileri göz önüne alınarak söz konusu teknolojilerin kullanımının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



KAYNAKÇA

- Acemoglu, D. And Autor, D. 2011. "Skills, Tasks And Technologies: Implications For Employment And Earnings." *Handbook Of Labor Economics, Elsevier*. 4: 1043-1171.
- Acemoglu, D. (1998). "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change And Wage İnequality." *The Quarterly Journal Of Economics*, 113(4), 1055-1089.
- Acemoglu, D. (1998). "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change And Wage İnequality". *The Quarterly Journal Of Economics*, 113(4), 1055-1089.
- Acemoglu, D. (1999). "Changes in Unemployment And Wage İnequality: An Alternative Theory And Some Evidence". *American Economic Review*, 89(5), 1259-1278.
- Acemoglu, D. (2002). "Technical Change, İnequality, And The Labor Market". *Journal Of Economic Literature*, 40(1), 7-72.
- Acemoglu, D. (Ed.). (2021). *Redesigning Ai*. MIT Press.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets". *Journal Of Political Economy*, 128(6), 2188-2244.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). "The Race Between Man And Machine: Implications Of Technology For Growth, Factor Shares, And Employment". *American Economic Review*, 108(6), 1488-1542.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). "Automation And New Tasks: How Technology Displaces And Reinstates Labor". *Journal Of Economic Perspectives*, 33(2), 3-30.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). "Robots And Jobs: Evidence From US Labor Markets". *Journal Of Political Economy*, 128(6), 2188-2244.
- Acemoglu, D., Lelarge, C., & Restrepo, P. (2020, May). *Competing With Robots: Firm-Level Evidence From France*. In *AEA Papers And Proceedings* (Vol. 110, Pp. 383-388). 2014 Broadway, Suite 305, Nashville, TN 37203: American Economic Association.

- Acemoğlu, D., & Robinson, J. A. (2013). *Ulusların Düşüşü: Güç, Zenginlik Ve Yoksulluğun Kökenleri*. (çev. Faruk Rasim Velioğlu). Doğan Kitap:İstanbul.
- Aggarwal, R., & Das, M. L. (2012, August). "RFID Security In The Context Of" İnternet Of Things". In *Proceedings Of The First International Conference On Security Of Internet Of Things* (Pp. 51-56).
- Agrawal, A., McHale, J., & Oettl, A. (2019). *Artificial Intelligence, Scientific Discovery, And Commercial İnnovation*. Working Papero.
- Agrawal, M., Eloot, K., Mancini, M., & Patel, A. (2020). *Industry 4.0: Reimagining Manufacturing Operations After COVID-19*. McKinsey & Company, 1-11. Sayfa 2'deki şekilden elde edilmiştir.
- Akay, Ç. E., ve Korkmaz, Ö., (2021). *Sağlık Verileri İle Uygulamalı Mikroekonometri*. Der Yayınevi: İstanbul.
- Akerman, A., Gaarder, I., & Mogstad, M. (2015). "The Skill Complementarity Of Broadband İnternet". *The Quarterly Journal Of Economics*, 130(4), 1781-1824.
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). "Scanning The İndustry 4.0: A Literature Review On Technologies For Manufacturing Systems. Engineering Science And Technology", *An İnternational Journal*, 22(3), 899-919.
- Aldan, A., Çıraklı, M. E., & Torun, H. (2021). "Covid 19 And The Turkish Labor Market: Heterogeneous Effects Across Demographic Groups". *Central Bank Review*, 21(4), 155-163.
- Alderucci, D., Branstetter, L., Hovy, E., Runge, A., & Zolas, N. (2020, January). "Quantifying The Impact Of AI On Productivity And Labor Demand: Evidence From US Census Microdata". In *Allied Social Science Associations—ASSA 2020 annual meeting*.
- Alkan, Ö., Demir, A., Oktay, E., (2022). *Sayım Verisi İçin Regresyon Modelleri Ve Uygulamaları*. NEÜ Yayınları: Konya.
- Allen, R. C. (2009). "The Industrial Revolution In Miniature: The Spinning Jenny In Britain, France, And India". *The Journal Of Economic History*, 69(4), 901-927.

- Almeida, R., Fernandes, A. M., Viollaz, M., & Almeida, R. K. (2017). “Does The Adoption Of Complex Software Impact Employment Composition And The Skill Content Of Occupations? Evidence From Chilean Firms. Evidence From Chilean Firms (June 23, 2017)”. *World Bank Policy Research Working Paper*, (8110).
- Alsharari, N. (2022). “The Implementation Of Enterprise Resource Planning (Erp) İn The United Arab Emirates: A Case Of Musanada Corporation”. *International Journal Of Technology, Innovation And Management (IJTIM)*, 2(1).
- Anakpo, G., & Kollamparambil, U. (2021). “Effect Of Automation On Unemployment: The Case Of Southern Africa”. *Development Southern Africa*. 39(4), 516-527.
- Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. Random House.
- Antonucci, T., & Pianta, M. (2002). “Employment Effects Of Product And Process İnnovation İn Europe”. *International Review Of Applied Economics*, 16(3), 295-307.
- Aren, S. (2005). *İstihdam, Para ve İktisadi Politika*, 12. Baskı, Savaş Yayınları: Ankara.
- Arısoy, A. G. İ. (2005). “Türkiye’de Sanayileşme Ve Temel Göstergeler Açısından Sanayinin Gelişimi”. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 45-67.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). “The Risk Of Automation For Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis”. *OECD Social, Employment and Migration Working Paper 189* (OECD Publishing, Paris).
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2017). “Revisiting the Risk of Automation”. *Economics Letters*, 159, 157-160.
- Arzu, A. R. I., & Onder, H. (2013). “Farkli Veri Yapılarında Kullanılabilir Regresyon Yöntemleri”. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.
- Arzu, A. R. I., & Onder, H. (2013). “Farkli Veri Yapılarında Kullanılabilir Regresyon Yöntemleri”. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.
- Arzu, A. R. I., & Onder, H. (2013). Farkli veri yapılarında kullanılabilir regresyon yöntemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.

- Atack, J., Bateman, F., & Margo, R. A. (2008). "Steam Power, Establishment Size, and Labor Productivity Growth In Nineteenth Century American manufacturing". *Explorations in Economic History*, 45(2), 185-198.
- Atasoy, H., Banker, R. D., & Pavlou, P. A. (2016). "On the Longitudinal Effects of IT use on Firm-Level Employment". *Information Systems Research*, 27(1), 6-26.
- Atkeson, A., & Kehoe, P. J. (2001). *The Transition to a New Economy After the Second Industrial Revolution*. NBER Working Paper No. 8676
- Autor, D. (2013) 'The "Task Approach" to Labor Markets: An Overview', *Journal for Labour Market Research*, 46, 185–199.
- Autor, D. H. (2015). "Why are There Still so Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation". *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30.
- Autor, D. H. 2013. "The "task Approach" to Labor Markets: An Overview." *Journal for Labour Market Research*. 46(3), 185-199.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration". *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279-1333.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). "The Skill Content Of Recent Technological Change: An Empirical Exploration". *The Quarterly Journal Of Economics*, 118(4), 1279-1333.
- Autor, D., Katz, L. F. and Kearney, M. S. (2006) "The Polarization of the US Labor Market" (No. w11986), *National Bureau of Economic Research*
- Baço, P., Gaudêncio Lopes, V., & Simões, M. (2022). "AI, Demand and the Impact of Productivity-enhancing Technology on Jobs: Evidence from Portugal". *Eastern European Economics*, 1-25.
- Baffour, P. T., Ebo Turkson, F., Gyeke-Dako, A., Oduro, A. D., & Abbey, E. N. (2020). "Innovation and Employment in Manufacturing and Service Firms in Ghana". *Small Business Economics*, 54, 1153-1164.

- Ballestar, M. T., Díaz-Chao, Á., Sainz, J., & Torrent-Sellens, J. (2020). "Knowledge, robots and Productivity in SMEs: Explaining the Second Digital Wave". *Journal of Business Research*, 108, 119-131.
- Balsmeier, B., & Woerter, M. (2019). "Is This Time Different? How Digitalization Influences job Creation and Destruction". *Research Policy*, 48(8), 103765.
- Baltacı, I. K., & Özaydin, M. M. (2020). "Eğitimin İşgücü Piyasasındaki Rolü Çerçevesinde Uyumsuz Eşleşme Olgusu: Türkiye İşgücü Piyasasına İlişkin Talep Yönlü Bir Değerlendirme". *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 313-336.
- Bankins, S. (2021). "The Ethical use of Artificial Intelligence in Human Resource Management: A Decision-Making Framework". *Ethics and Information Technology*, 23(4), 841-854.
- Barbieri, L., Mussida, C., Piva, M., & Vivarelli, M. (2019). *Testing the Employment Impact of Automation, Robots and AI: A Survey and Some Methodological Issues*.
- Bartneck, C., & Forlizzi, J. (2004, September). "A Design-Centred Framework for Social Human-Robot Interaction". In RO-MAN 2004. *13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (IEEE Catalog No. 04TH8759) (pp. 591-594). IEEE.
- Başkol, M. O., & Bektaş, S. (2020). "Türkiye İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısının Rekabet Gücü Üzerine Bir Analiz". *TESAM Akademi Dergisi*, 7(2), 331-356.
- 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, 117-148.
- Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., & van den Berge, W. (2020, May). *Firm-Level Automation: Evidence from the Netherlands*. In *AEA Papers and Proceedings* (Vol. 110, pp. 389-393). 2014 Broadway, Suite 305, Nashville, TN 37203: American Economic Association.
- Biçerli, M. K. (2014). *Çalışma Ekonomisi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım:.

- Bilan, Y., Rubanov, P., Vasylieva, T. A., & Lyeonov, S. (2019). "The Influence of Industry 4.0 on Financial Services: Determinants of Alternative Finance Development". *Polish Journal of Management Studies*.
- Birecikli, Ş. Ü., ve Şengül, S., (2021). *Uygulamalarla Mikroekonometri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Blanas, S., Gancia, G., & Lee, S. Y. (2019). "Who is Afraid of Machines?". *Economic Policy*, 34(100), 627-690.
- Boratav, K. (2015). *Türkiye İktisat Tarihi 1908-2009*, 20. Baskı, Ankara: İmge Kitabevi.
- Borgia, E. (2014). "The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues". *Computer Communications*, 54, 1-31.
- Brambilla, I., & Tortarolo, D. (2018). "Investment in ICT, Productivity, and Labor Demand: The Case of Argentina". *World Bank Policy Research Working Paper*, (8325).
- Briscoe, G., & Wilson, R. (2003). "Modelling UK Occupational Employment". *International Journal of Manpower*, 24(5), 568-589.
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2003). "Computing Productivity: Firm-Level Evidence". *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 793-808.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). "Artificial Intelligence, for Real". *Harvard Business Review*, 1, 1-31.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2018). *İkinci Makine Çağı*. (Çev. Levent Göktem). İstanbul: Optimist Yayın Grubu (Orijinal çalışma basım tarihi: 2014).
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *İkinci Makine Çağı*. Göktem, Levent (Çev.) İstanbul: Pasifik Ofset.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2018). *İkinci Makine Çağı*. Göktem, Levent (Çev.) İstanbul: Pasifik Ofset.
- BSTB, (2018). "İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası". <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>

- Buchmeister, B., Palcic, I., & Ojstersek, R. (2019). "Artificial Intelligence in Manufacturing Companies And Broader: An Overview". *DAAAM International Scientific Book*, 81-98.
- Buerkle, A., Eaton, W., Al-Yacoub, A., Zimmer, M., Kinnell, P., Henshaw, M., ... & Lohse, N. (2023). "Towards Industrial Robots as a Service (IRaaS): Flexibility, Usability, Safety and Business Models". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 81, 102484.
- Bughin, J. (2020). "Artificial Intelligence, Its Corporate Use and How It Will Affect the Future of Work. In Capitalism", *Global Change and Sustainable Development* (pp. 239-260). Springer International Publishing.
- Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). "Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi". *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Butgereit, L. (2020). "Using the Internet-of-Things and Clustering Algorithms to Help Allocate Temporary Work to the Unemployed". In *2020 IST-Africa Conference (IST-Africa)* (pp. 1-9). IEEE.
- BYTK, (2016). 2016/101 no.lu 'Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması'Kararı
- Camina, E., Diaz-Chao, A., & Torrent-Sellens, J. (2020). *Automation Technologies: Long-term Effects for Spanish Industrial Firms. Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119828.
- Chan, A. P. H., & Tung, V. W. S. (2019). "Examining the Effects of Robotic Service on Brand Experience: The Moderating Role of Hotel Segment". *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 36(4), 458-468.
- Chandler Jr, A. D., Hikino, T., & Von Nordenflycht, A. (2005). *Inventing the Electronic Century: The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries*, With A New Preface (Vol. 47). Harvard University Press.
- Chen, Z. (2022). "Collaboration Among Recruiters and Artificial Intelligence: Removing Human Prejudices in Employment". *Cognition, Technology & Work*, 1-15.

- Cheng, H., Jia, R., Li, D., & Li, H. (2019). "The rise of Robots in China". *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 71-88.
- Cirillo, V., Rinaldini, M., Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2021). "Technology vs. Workers: the case of Italy's Industry 4.0 factories". *Structural Change and Economic Dynamics*, 56, 166-183.
- Coetzee, L., & Eksteen, J. (2011, May). "The Internet of Things-Promise for the Future? An Introduction". In *2011 IST-Africa Conference Proceedings* (pp. 1-9). IEEE.
- Compagnucci, F., Gentili, A., Valentini, E., & Gallegati, M. (2019). "Robotization and Labour Dislocation in the Manufacturing Sectors of OECD Countries: A Panel VAR Approach". *Applied Economics*, 51(57), 6127-6138.
- Coyle, D. (1999). *The Weightless World: Strategies for Managing the Digital Economy*. MIT press.
- Çelik, O. (2020). "The Impact of Technology on Employment at Regional Level: The Case of Turkey". *Öneri Dergisi*, 15(54), 412-430.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). "The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance". *International Journal of production economics*, 204, 383-394.
- Dalgıç, A. (2014). "Türkiye'de Sanayileşme Süreci ve Sanayileşmenin Geleceği". *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (603), 95-101.
- Dalgıç, B., & Fazlıoğlu, B. (2021). "Innovation and Firm Growth: Turkish Manufacturing and Services SMEs". *Eurasian Business Review*, 11, 395-419.
- Dalgıç, B., Fazlıoğlu, B., & Güven, A. (2023). "Innovation, Employment and Market Structure: Firm Level Evidence From Turkey". *Empirical Economics*, 1-23.
- Damioli, G., Van Roy, V., & Vertesy, D. (2021). "The Impact of Artificial Intelligence on Labor Productivity". *Eurasian Business Review*, 11, 1-25.
- Damioli, G., Van Roy, V., Vertesy, D., & Vivarelli, M. (2023). "AI Technologies and Employment: Micro Evidence From The Supply Side". *Applied Economics Letters*, 30(6), 816-821.

- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., & Woessner, N. (2018). "Adjusting to Robots: Worker-Level Evidence". *Opportunity and Inclusive Growth Institute Working Papers*, 13.
- De Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S., & Wacker, K. M. (2020). "The Rise Of Robots And The Fall Of Routine Jobs". *Labour Economics*, 66, 101885.
- De Vries, J. (1994). "The Industrial Revolution And The Industrious Revolution". *The Journal of Economic History*, 54(2), 249-270.
- Deane, P. M. (1979). *The first Industrial Revolution*. Cambridge University Press.
- Deguchi, A., Hirai, C., Matsuoka, H., Nakano, T., Oshima, K., Tai, M., & Tani, S. (2020). "What is Society 5.0", *Society*, 5, 1-23.
- Dekle, R. (2020). "Robots and Industrial Labor: Evidence From Japan". *Journal of the Japanese and International Economies*, 58, 101108.
- Demirdöğen, A., & Olhan, E. (2017). "Türkiye Tarımının Kısa Tarihi: Destekleme Politikası Özeli". *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 23(1), 1-12.
- Dery, K., Grant, D., Harley, B., & Wright, C. (2006). "Work, Organisation and Enterprise Resource Planning Systems: An Alternative Research Agenda". *New Technology, Work and Employment*, 21(3), 199-214.
- Dixon, J., Hong, B., & Wu, L. (2021). "The Robot Revolution: Managerial and Employment Consequences for Firms". *Management Science*, 67(9), 5586-5605.
- Dottori, D. (2021). "Robots and Employment: Evidence From Italy". *Economia Politica*, 38(2), 739-795.
- Dura, C. (1990). *Bilgi Toplumu*. Ankara: Kültür Bakanlığı/1244-Bilim ve Teknoloji/3.
- Dzogbewu, T. C., Amoah, N., Fianko, S. K., Afrifa, S., & de Beer, D. (2022). "Additive Manufacturing Towards Product Production: A Bibliometric Analysis". *Manufacturing Review*, 9, 1.
- Easterly, W. R. (2002). *The Elusive Quest for Growth: Economists' Adventures and Misadventures in the Tropics*. MIT press.
- Ede, A. (2019). *Technology and Society: A World History*. Cambridge University Press.

- Eğilmez, A. M. (2019). *Değişim Sürecinde Türkiye: Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Sosyo-Ekonomik Bir Değerlendirme*. Remzi Kitabevi.
- Eldem, V. (1970). *Osmanlı İmparatorluğu'nun İktisadi Şartları Hakkında Bir Tetkik*. İstanbul: İş Bankası Yayınları.
- Ellingrud, K., Gupta, R., & Salguero, J. (2020). *Building the Vital Skills for the Future of Work in Operations*. Eds. Sneader, K., Singhal, S., & Sternfels, B. What now, 66-73.
- Eroğlu, N. (2007). "Atatürk Dönemi İktisat Politikaları (1923-1938)". *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2).
- Ertin, G. (1998). "Türkiye'de Sanayi". *Türkiye Coğrafyası*, 20, 163-183.
- Estlund, C. (2021). *Automation Anxiety: Why and How to Save Work*. Oxford University Press.
- Eşiyok, B. A. (2014). "Türkiye-AB Arasında Dış Ticaretin Teknolojik Yapısı, Rekabet Gücü ve Endüstri-İç Ticaret: Ampirik Bir Değerlendirme". *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 13(1), 91-124.
- Etro, F. (2009). "The Economic Impact of Cloud Computing on Business Creation, Employment and Output in Europe". *Review of Business and Economics*, 54(2), 179-208.
- Faber, M. (2020). "Robots and Reshoring: Evidence from Mexican Labor Markets". *Journal of International Economics*, 127, 103384.
- Falk, M. and E. Hagsten (2018). "Employment Impacts of Market Novelty Sales: Evidence for nine European Countries." *Eurasian Business Review* 8(2): 119-137.
- Farr, J. (2003). "World Eras". Volume 9: *Industrial Revolution in Europe, 1750-1914*. Gale.
- Fazlıoğlu, B., Dalgıç, B., & Yereli, A. B. (2019). "The Effect of İnnovation on Productivity: Evidence From Turkish Manufacturing Firms". *Industry and Innovation*, 26(4), 439-460.
- Felice, G., Lamperti, F., & Piscitello, L. (2022). "The Employment İmplications of Additive Manufacturing". *Industry and Innovation*, 29(3), 333-366.

- Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2019). *The Occupational Impact of Artificial Intelligence: Labor, Skills, and Polarization*. NYU Stern School of Business.
- Fernández-Macías, E., & Bisello, M. (2020). *A Taxonomy of Tasks for Assessing the Impact of new Technologies on work*. JRC Technical Report No. 120618, Joint Research Centre (European Commission).
- Fernández-Macías, E., & Hurley, J. (2017). "Routine-Biased Technical Change and Job Polarization in Europe". *Socio-Economic Review*, 15(3), 563-585.
- Fernandez-Macias, E., Klenert, D., & Anton, J. I. (2021). "Not so Disruptive yet? Characteristics", *Distribution and Determinants of Robots in Europe. Structural Change and Economic Dynamics*, 58, 76-89.
- Fitzsimmons, J. (1994). "Information Technology and the Third Industrial Revolution. *The Electronic Library*. 12(5), 295-297.
- Fogel, D. B. (1999). An overview of evolutionary programming. In *Evolutionary Algorithms* (pp. 89-109). Springer New York.
- Ford, M. (2018). *Robotların Yükselişi: Yapay Zeka ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi*. Duran, Cem (Çev.), İstanbul: Kronik Yayınevi.
- Fossen, F. M., & Sorgner, A. (2022). "New Digital Technologies and Heterogeneous Wage and Employment Dynamics in the United States: Evidence From Individual-Level data". *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121381.
- Frank, M. R., Autor, D., Bessen, J. E., Brynjolfsson, E., Cebrian, M., Deming, D. J., ... & Rahwan, I. (2019). "Toward Understanding the Impact of Artificial Intelligence on Labor". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(14), 6531-6539.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). "The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?". *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Frow, P. E., & Payne, A. F. (2009). "Customer Relationship Management: A Strategic Perspective". *Journal of Business Market Management*, 3, 7-27.

- Fujiwara, I., & Zhu, F. (2020). *Robots and Labour: Implications for Inflation Dynamics*. BIS Paper, (111c).
- Gal, P., Nicoletti, G., Renault, T., Sorbe, S., & Timiliotis, C. (2019). *Digitalisation and Productivity: In Search of the Holy Grail—Firm-Level Empirical Evidence from EU countries*. OECD Economics Department Working Papers, No. 1533, OECD Publishing, Paris.
- Gartner, J., Maresch, D., & Fink, M. (2015). “The Potential of Additive Manufacturing for Technology Entrepreneurship: An Integrative Technology Assessment”. *Creativity and Innovation Management*, 24(4), 585-600.
- Georgieff, A., & Hyee, R. (2022). “Artificial Intelligence and Employment: New Cross-Country Evidence”. *Frontiers in Artificial Intelligence*, (5).
- Ghobakhloo, M. (2018). “The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 4.0”. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910-936.
- Ghobakhloo, M. (2020). “Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability”. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869
- Ghose, A. K., Majid, N., & Ernst, C. (2010). *Küresel İstihdam Sorunu*. Ankara: Efil Yayınevi:.
- Goldin, C., & Katz, L. F. (1998). “The Origins of Technology-Skill Complementarity”. *The Quarterly journal of economics*, 113(3), 693-732.
- Gonzalez-Aguirre, J. A., Osorio-Oliveros, R., Rodríguez-Hernández, K. L., Lizárraga-Iturralde, J., Morales Menendez, R., Ramírez-Mendoza, R. A., ... & Lozoya-Santos, J. D. J. (2021). “Service Robots: Trends and Technology”. *Applied Sciences*, 11(22), 10702.
- Goodwin, T. (2018). *Digital Darwinism: Survival of the Fittest in the age of Business Disruption*. Kogan Page Publishers.
- Goos, M., Manning, A. and Salomons, A. (2014) “Explaining Job Polarization: Routine-biased Technological Change and Offshoring”, *The American Economic Review*, 104, 2509–2526.

- Gordon, R. J. (2000). "Does the "New Economy" Measure up to the Great Inventions of the Past?". *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 49-74.
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). "Robots at Work". *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.
- Greene, W. H. (2016). *Ekonometrik çözümleme*. Çev.: Ümit Şenesen, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Greengard, S. (2021). *The Internet of Things*. MIT press.
- Greenwood, J. (1997). *The Third Industrial Revolution: Technology, Productivity, and Income Inequality* (No. 435). American Enterprise Institute.
- Greenwood, J., Hercowitz, Z., & Krusell, P. (1997). "Long-run Implications of Investment-Specific Technological Change". *The American Economic Review*, 87(3), 342-362.
- Gu, T. T., Zhang, S. F., & Cai, R. (2022). "Can Artificial Intelligence Boost Employment in Service Industries? Empirical Analysis Based on China". *Applied Artificial Intelligence*, 36(1), 2080336.
- Guimarães, L., & Gil, P. M. (2022). "Explaining the Labor Share: Automation vs Labor Market Institutions". *Labour Economics*, 75, 102146.
- Gujarati, D. N., Porter, D. C., Şenesen, Ü., & Günlük-Şenesen, G. (2012). *Temel ekonometri*. Literatür Yayıncılık.
- Güney, A. (2009). "İşsizlik, Nedenleri, Sonuçları ve Mücadele Yöntemleri". *Kamu-İş Dergisi*, 10(4), 135-159.
- Gürel, B. (2011). "Agrarian Change and Labour Supply in Turkey, 1950–1980". *Journal of Agrarian Change*, 11(2), 195-219.
- Habibi, N. (2017). "Higher Education Policies and Overeducation in Turkey". *European Journal of Higher Education*, 7(4), 440-449.
- Haefner, N., Wincent, J., Parida, V., & Gassmann, O. (2021). "Artificial Intelligence and Innovation Management: A Review, Framework, and Research Agenda☆". *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120392.

- Haenlein, M., Kaplan, A., Tan, C. W., & Zhang, P. (2019). “Artificial Intelligence (AI) and Management Analytics”. *Journal of Management Analytics*, 6(4), 341-343.
- Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., & Peters, B. (2014). “Does Innovation Stimulate Employment? A Firm-Level Analysis Using Comparable Micro-Data From Four European Countries”. *International Journal of Industrial Organization*, 35, 29-43.
- Hawken, P., Lovins, A. B., & Lovins, L. H. (2013). *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution*. Routledge.
- Headrick, D. R. (2009). *Technology: A World History*. Oxford University Press.
- Helm, J. M., Swiergosz, A. M., Haeberle, H. S., Karnuta, J. M., Schaffer, J. L., Krebs, V. E., ... & Ramkumar, P. N. (2020). “Machine Learning and Artificial Intelligence: Definitions, Applications, and Future Directions”. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13, 69-76.
- Humlum, A. (2022). *Robot Adoption and Labor Market Dynamics*. Rockwool Foundation Research Unit. Princeton University.
- Hynninen, S. M., Ojala, J., & Pehkonen, J. (2013). “Technological Change and Wage Premiums: Historical Evidence From Linked Employer–Employee Data”. *Labour Economics*, 24, 1-11.
- IFR, (2022). https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf (Erişim Tarihi: 05.02.2023).
- Infante-Moro, A., Infante-Moro, J. C., & Gallardo-Pérez, J. (2020). “The Employment Possibilities of the Internet Of Things In The Hotel Sector and Its Training Needs. Educ”. *Knowl. Soc*, 21(7), 10-14201.
- ISO 8373. (2012). *Robots and Robotic Devices—Vocabulary*. International Organization for Standardization (ISO).
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). “Industrie 4.0 Roadmap: Framework For Digital Transformation Based On The Concepts Of Capability Maturity and Alignment”. *Procedia Cirp*, 72, 973-978.
- Işığçok, Ö. (2011). *İstihdam ve İşsizlik*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

- İnan, K. (2019). *Teknolojik İşlevsizlik*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- İŞKUR (2017). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. <https://media.iskur.gov.tr/15164/imalat-sektoru-raporu.pdf>
- İŞKUR (2018). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. <https://media.iskur.gov.tr/22138/imalat.pdf>
- İŞKUR (2020). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. <https://media.iskur.gov.tr/45260/imalat-sektoru.pdf>
- İŞKUR (2021). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. <https://media.iskur.gov.tr/51149/imalat-sektoru.pdf>
- İŞKUR (2022). İşgücü Piyasası Araştırması İmalat Sektörü Raporu. <https://media.iskur.gov.tr/66633/imalat-sektoru.pdf>
- İŞKUR (2023). İstatistik Yıllıkları. <https://www.iskur.gov.tr/kurumsal-bilgi/istatistikler/>
- Jarrah, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business horizons*, 61(4), 577-586.
- Javadi, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). “Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study”. *Journal of Industrial Integration and Management*, 7(01), 83-111.
- Jonscher, C. (1994). “An Economic Study of The Information Technology Revolution”. *Information Technology and the Corporation of the 1990s: Research Studies*, 5-42.
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., ... & Noh, S. D. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, And Future Directions. *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing-Green Technology*, 3, 111-128.
- Kaplinsky, R. (1989). “‘Technological Revolution’and The International Division Of Labour In Manufacturing: A Place For the Third World?”. *The European Journal of Development Research*, 1(1), 5-37.

- Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M., & Husak, E. (2015). "The Application of Service Robots for Logistics in Manufacturing Processes". *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4).
- Karcıoğlu F. (1996). *Osmanlı Döneminin İktisadi ve İdari Yapısına Genel Bir Bakış*. (Doktora Seminer Çalışması). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Katz, L. F. (1999). "Changes in the Wage Structure and Earnings Inequality". In *Handbook of labor economics* (Vol. 3, pp. 1463-1555). Elsevier.
- Kim, S. W., Kong, J. H., Lee, S. W., & Lee, S. (2022). "Recent Advances of Artificial Intelligence in Manufacturing Industrial Sectors: A Review". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 1-19.
- Klenert, D., Fernandez-Macias, E., & Anton, J. I. (2023). "Do Robots Really Destroy Jobs? Evidence from Europe". *Economic and Industrial Democracy*, 44(1), 280-316.
- Koch, M., Manuylov, I., & Smolka, M. (2021). Robots and Firms. *The Economic Journal*, 131(638), 2553-2584.
- Koru, A. T., & Dinçer, N. N. (2018). "Türkiye’de Sanayi ve Hizmet Sektörleri". *İktisat ve Toplum*, 88(1), 55-11.
- Köksel, B. (2016). "Demografik Fırsat Penceresi'nden Türkiye'de İstihdam ve İşsizlik". *Journal of International Social Research*, 9(43). 2013-2022.
- Kumpulainen, S., & Terziyan, V. (2022). "Artificial General Intelligence vs. Industry 4.0: Do They Need Each Other?". *Procedia Computer Science*, 200, 140-150.
- Kuznets, S., & Murphy, J. T. (1966). *Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Spread* (Vol. 2). New Haven: Yale University Press.
- Küçükkalay, A. M. (2014). *Dünya İktisat Tarihi*. Beta.
- Kyriakou, N., & Loukis, E. N. (2019). Do strategy, processes, personnel and technology affect firm’s propensity to adopt cloud computing? An empirical investigation. *Journal of enterprise information management*. 32(3), 517-534

- Lane, M., & Saint-Martin, A. (2021). The Impact of Artificial Intelligence on the Labour Market: What do we Know so Far? OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 256
- Lanfranco, A. R., Castellanos, A. E., Desai, J. P., & Meyers, W. C. (2004). Robotic Surgery: a Current Perspective. *Annals of Surgery*, 239(1), 14-21.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6, 239-242.
- Leigh, N. G., Kraft, B., & Lee, H. (2020). “Robots, Skill Demand and Manufacturing in US Regional Labour Markets”. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), 77-97.
- Lenger, A. (2016). “The Inter-industry Employment Effects of Technological Change”. *Journal of Productivity Analysis*, 46(2-3), 235-248.
- Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). “The Internet of Things: A Survey”. *Information Systems Frontiers*, 17, 243-259.
- Liagkou, V., Stylios, C., Pappa, L., & Petunin, A. (2021). “Challenges and Opportunities in Industry 4.0 for Mechatronics, Artificial Intelligence And Cybernetics”. *Electronics*, 10(16), 1-23.
- Litwin, A. S., Hammerling, J. H., Carré, F., Tilly, C., Benner, C., Mason, S., ... & Theodore, N. (2022). “A Forum on Emerging Technologies”. *ILR Review*, 75(4), 807-856.
- Liu, Y., & Zhou, G. (2012). *Key Technologies and Applications of Internet of Things. In 2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation* (pp. 197-200). IEEE.
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). *Man and Machine in Industry 4.0: How will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025*. The Boston Consulting Group, 2.
- Loukis, E., Arvanitis, S., & Kyriakou, N. (2017). “An Empirical Investigation of the Effects of Firm Characteristics on the Propensity To Adopt Cloud Computing”. *Information Systems and e-Business Management*, 15, 963-988.

- Lu, C. H. (2022). "Artificial Intelligence And Human Jobs". *Macroeconomic Dynamics*, 26(5), 1162-1201.
- Lucke, D., Constantinescu, C., & Westkämper, E. (2008). Smart factory-a step towards the next generation of manufacturing. In *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier: The 41 st CIRP Conference on Manufacturing Systems* May 26–28, 2008, Tokyo, Japan (pp. 115-118). Springer London.
- Ma, H., Gao, Q., Li, X., & Zhang, Y. (2022). "AI Development and Employment Skill Structure: A Case Study of China". *Economic Analysis and Policy*, 73, 242-254
- Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). "Internet of Things (IoT): A Literature Review". *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164.
- Maddison, A. (2003). *Development Centre Studies the World Economy Historical Statistics: Historical Statistics*. OECD publishing.
- Maddison, A. (2006). *The World Economy: Volume 1: A Millennial Perspective and Volume 2: Historical Statistics* Development Centre of the OECD.
- Maddison, A. (2007). *Contours of the World Economy 1-2030 AD: Essays in Macro-Economic History*. OUP Oxford.
- Makal A. (1997). "Osmanlı İmparatorluğu'nda Çalışma İlişkileri:1850-1920", İmge Kitabevi, Ankara
- Marchant, G. E., Stevens, Y. A., & Hennessy, J. M. (2014). "Technology, Unemployment & Policy Options: Navigating the Transition To A Better World". *Journal of Ethics and Emerging Technologies*, 24(1), 26-44.
- Marengo, L. (2019). "Is This Time Different? A Note on Automation and Labour in the Fourth Industrial Revolution". *Journal of Industrial and Business Economics*, 46(3), 323-331.
- Marr, B. (2020). *The Intelligence Revolution: Transforming Your Business With AI*. Kogan Page Publishers.
- Maurin, E. and Thesmar, D. 2004. "Changes in the Functional Structure of Firms and the Demand for Skill." *Journal of Labor Economics*. 22(3): 639-664.

- McClure, P. K. (2018). “You’re Fired,” Says the Robot: The Rise of Automation in the Workplace, Technophobes, and Fears of Unemployment. *Social Science Computer Review*, 36(2), 139-156.
- McElheran K (2018). *Economic Measurement of AI*. Natl. Bur. Econ. Res. Working Paper:29.
- McKinsey & Company Turkey, (2020). Future of Work: Turkey’s Talent Transformation in the Digital Era. <https://www.mckinsey.com/tr/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/turkey/our%20insights/future%20of%20work%20turkey/future-of-work-mckinsey-turkey-full-report.pdf>
- McKinsey & Company, (2022a). What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir?hlkid=7b117c65a56343c0938cbdd677dd7470&hctky=12674830&hdpid=76b4619d-d3b2-42e3-b455-7aa2a62856a4> (Erişim tarihi: 10.10. 2022).
- McKinsey & Company, 2022b. The Global Lighthouse Network. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/world-economic-forum/knowledge-collaborations/the-future-of-production> (Erişim tarihi: 19.10.2022).
- Mehmet, Ö., & Kılıç, C. (2009). *Çalışma Ekonomisi Teorisi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Melnyk, L. H., Kubatko, O. V., Dehtyarova, I. B., Dehtiarova, I. B., Matsenko, O. M., & Rozhko, O. D. (2019). The Effect of Industrial Revolutions on the Transformation of Social and Economic Systems. *Problems and Perspectives in Management*, 17(4), 381-391.
- Men, F., Yaqub, R. M. S., Yan, R., Irfan, M., & e Fatima, M. (2022). “Resource-Based Theory Perspective in the Textile Industry: The Impact of the Digital Supply Chain on Operational Performance”. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
- Mendonca, J., & Heitor, M. (2016). The changing patterns of industrial production: How does it play for the Iberian Peninsula?. *Technological Forecasting and Social Change*, 113, 293-307.
- Meschi, E., Taymaz, E., & Vivarelli, M. (2011). “Trade, Technology and Skills: Evidence from Turkish Microdata”. *Labour Economics*, 18, S60-S70.

- Misita, M., Lapcevic, N., Tadic, D., Milanovic, D. D., & Borota-Tisma, A. (2016). "New Model of Enterprises Resource Planning Implementation Planning Process in Manufacturing Enterprises". *Advances in Mechanical Engineering*, 8(5), 1687814016646263.
- Mitra, A., & Jha, A. K. (2015). "Innovation and Employment: A Firm Level Study of Indian Industries". *Eurasian Business Review*, 5(1), 45-71.
- Mohajan, H. (2019). *The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments*.
- Mohapatra, S. M. (2022). "Export Performance: A Study Of Labour And Capital Intensive Manufacturing Industries in India". *Transnational Corporations Review*, 1-11.
- Mokyr, J., & Strotz, R. H. (1998). "The Second Industrial Revolution, 1870-1914". *Storia dell'economia Mondiale*, 21945(1).
- Mondolo, J. (2022). "The Composite Link Between Technological Change and Employment: A Survey of the Literature". *Journal of Economic Surveys*, 36(4), 1027-1068.
- Montobbio, F., Staccioli, J., Virgillito, M. E., & Vivarelli, M. (2022). *Robots and the Origin of Their Labour-Saving Impact. Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121122.
- Moon, Y. B. (2007). "Enterprise Resource Planning (ERP): A Review of the Literature". *International Journal of Management and Enterprise Development*, 4(3), 235-264.
- Morikawa, M. (2020). *Heterogeneous Relationships between Automation Technologies and Skilled Labor: Evidence from a Firm Survey*. Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI).
- Morris, I. (2010). *Why the West Rules-For Now: The Patterns of History and What They Reveal About the Future*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Nazlıcan, B. D. and Meçik, O. 2018. "Türkiye’de Endüstri 4.0’ın İşgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri." *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari*

Bilimler Fakültesi Dergisi 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı): 1581-1606.

- Nedelkoska, L. and Quintini, G. 2018, “Automation, skills use and training”, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 202, OECD Publishing, Paris.
- Ni, B., & Obashi, A. (2021). “Robotics Technology and Firm-Level Employment Adjustment in Japan”. *Japan and the World Economy*, 57, 101054.
- Nomura, C., Nomura, C., & Kawakami. (2018). *House of Tata Meets the Second Industrial Revolution*. Springer.
- O’Donovan, N. (2020). “From Knowledge Economy to Automation Anxiety: A Growth Regime in Crisis?”. *New Political Economy*, 25(2), 248-266.
- OECD, (2016). *Beceriler Önemlidir: Yetişkin Becerileri Araştırmasının Kapsamlı Sonuçları Türkiye Ülke Notu*. Erişim: <https://www.oecd.org/skills/piaac/Skills-Matter-Turkey-Turkish-version.pdf>.
- Olhager, J., & Selldin, E. (2003). “Enterprise Resource Planning Survey of Swedish Manufacturing Firms”. *European Journal of Operational Research*, 146(2), 365-373.
- Orbay, B. Z., Aydede, Y., & Erkol, N. (2021). “Why Does Field of Study–Occupation Mismatch Have no Effect on Wages in Turkish Labour Markets?”. *Applied Economics*, 53(58), 6683-6701.
- Ortaylı İ. (2015). *İmparatorluğun En Uzun Yüzyılı*, İstanbul: Timaş Yayınları.
- Outman, J. L. (2003). *Industrial Revolution. Primary Sources*.
- Ökçün, G. A. (1970). *Osmanlı Sanayii, 1913-1915 Yılları Sanayi İstatistiki*. Ankara: Tarihi İstatistikler Dizisi, DİE.
- Özerkek, Y. (2014). Türkiye’de Ücretli İstihdam ve Büyüme (1988-2013). *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 36(1), 215-227.
- Özmucur, S., & Pamuk, Ş. (2002). “Real Wages and Standards of Living in the Ottoman Empire, 1489–1914”. *The Journal of Economic History*, 62(2), 293-321.
- Öztemel, E., & Gürsev, S. (2020). “Literature Review of Industry 4.0 and related Technologies”. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 127-182.

- Pamuk, Ş. (1994). *Osmanlı Ekonomisinde Bağımlılık ve Büyüme (1820-1913)*. 2. Baskı, İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- Pamuk, Ş. (2012). *Türkiye'nin 200 Yıllık İktisadi Tarihi*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Pérez-Pérez, M. P., Gómez, E., & Sebastián, M. A. (2018). "Delphi Prospection on Additive Manufacturing in 2030: Implications for Education and Employment in Spain". *Materials*, 11(9), 1500.
- Petit, P., & Soete, L. (Eds.). (2001). *Technology and the future of European Employment*. Edward Elgar Publishing.
- Philbeck, T., & Davis, N. (2018). "The Fourth Industrial Revolution". *Journal of International Affairs*, 72(1), 17-22.
- Pianta, M., & Vivarelli, M. (Eds.). (2003). *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*. Routledge.
- Poston, R., & Grabski, S. (2000). "The Impact of Enterprise Resource Planning Systems on Firm Performance". *ICIS 2000 Proceedings*. 48.
- Prisecaru, P. (2016). "Challenges of the Fourth Industrial Revolution". *Knowledge Horizons. Economics*, 8(1), 57-62.
- PwC, U. (2018). How will Automation Impact Jobs. <https://www.pwc.co.uk/services/economics/insights/the-impact-of-automation-on-jobs.html>
- Qin, X., Xu, W., Chen, H. C., Zhong, J., Sun, Y., & Li, X. (2022). "Automation, firm Employment and Skill Upgrading: Firm-Level Evidence From China". *Industry and Innovation*, 29(9), 1075-1107.
- Raj, M., & Seamans, R. (2018). Artificial Intelligence, Labor, Productivity, and the Need for Firm-Level Data. In *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 553-565). University of Chicago Press.
- Reese, B., (2018). *Yapay Zekâ Çağı*. (Çev. Mihriban Doğan), İstanbul: Say Yayınları.

- Rehse, J. R., Mehdiyev, N., & Fettke, P. (2019). Towards Explainable Process Predictions for Industry 4.0 in the Dfki-Smart-Lego-Factory. *KI-Künstliche Intelligenz*, 33, 181-187.
- Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., & Paiva, S. (2021). *Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0—a Literature Review*. *Procedia Computer Science*, 181, 51-58.
- Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*. Macmillan.
- Roschli, A., Gaul, K. T., Boulger, A. M., Post, B. K., Chesser, P. C., Love, L. J., ... & Borish, M. (2019). “Designing for big Area Additive Manufacturing. *Additive Manufacturing*, 25, 275-285.
- Rosenberg, R. S. (2013). *The Social Impact Of Computers*. Elsevier.
- Salunkhea, O., & Berglunda, Å. F. (2022). “Industry 4.0 Enabling Technologies for Increasing Operational Flexibility in Final Assembly”. *Int. J. Ind. Eng. Manag*, 13(1), 38-48.
- Sarbu, M. (2022). “Which Factors Determine the Adoption of the Internet of Things? Impacts and Benefits”. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 242(1), 107-147.
- Savolainen, J., & Collan, M. (2020). “How Additive Manufacturing Technology Changes Business Models?—Review of Literature”. *Additive Manufacturing*, 32, 101070.
- SBB (2022). NACE Rev.2 Sınıflamasına Göre İmalat Sanayi Çalışan Sayısı. [https://www.sbb.gov.tr/imalat-sanayii-gostergeleri/#prettyPhoto\[rel-19631-958363475\]/0](https://www.sbb.gov.tr/imalat-sanayii-gostergeleri/#prettyPhoto[rel-19631-958363475]/0)
- SBB (2022a). *Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*. DPT. (1963). Ankara
- Schlogl, L., Sumner, A., Schlogl, L., & Sumner, A. (2020). “Automation and Structural Transformation in Developing Countries”. *Disrupted Development and the Future of Inequality in the Age of Automation*, 51-78.
- Schwab K. (2015). "The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond, “Foreign Affairs”, Available at:

<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>,
(Erişim Tarihi: 15.10.2022).

Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Currency.

Schwab, K., & Davis, N. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. Currency.

Schwab, K., (2021). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Çev. Zülfü Dicleli), İstanbul: Optimist Yayın Grubu.

Seamans, R., & Raj, M. (2018). *AI, Labor, Productivity and the Need for Firm-Level Data*. (No. w24239). National Bureau of Economic Research.

Simó, J., Balbastre, P., Blanes, J. F., Poza-Luján, J. L., & Guasque, A. (2021). “The Role of Mixed Criticality Technology in Industry 4.0”. *Electronics*, 10(3), 226.

Smith, B. L. (2001). “The Third Industrial Revolution: Policymaking for the Internet”. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*, 3, 1.

Spitz-Oener, A. (2006) ‘Technical Change, Job tasks, and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure’, *Journal of Labor Economics*, 24, 235–270.

Srour, I., Taymaz, E., & Vivarelli, M. (2013). *Skill-biased Technological Change and Skill-Enhancing Trade in Turkey: Evidence From Longitudinal Microdata*.

ST, (2019). *ST-Robot Yatırımları Dergisi ve Zirvesi*. <https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/turkiye-de-endustride-isbasina-gecen-robot-sayisi-h104887.html>

Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2021). *The Present, Past, and Future of Labor-Saving Technologies*. In *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics* (pp. 1-16). Cham: Springer International Publishing.

Stiglitz, J. (1999). “Public Policy For A Knowledge Economy”. *Remarks at the Department for Trade and Industry and Center for Economic Policy Research*, 27(3), 3-6.

Suleiman, Z., Shaikholla, S., Dikhanbayeva, D., Shehab, E., & Turkeyilmaz, A. (2022). “Industry 4.0: Clustering of Concepts and Characteristics”. *Cogent Engineering*, 9(1), 2034264.

- Susskind, D. (2020). *Çalışılmayan Bir Dünya*. (Çev. Taner Gezer). İstanbul: Optimist Yayın Grubu:
- Taalbi, J. (2019). “Origins and Pathways of Innovation in the Third Industrial Revolution”. *Industrial and Corporate Change*, 28(5), 1125-1148.
- Tataoğlu, F. Y. (2020). *Ekonometri Stata Uygulamalı*. Beta Yayıncılık: İstanbul.
- Tatlıyer, M. (2020). İstihdamı paylaşmak: işsizliğin nedenleri ve çözümü. SET Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Taymaz, E. (1998). *Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişme ve İstihdam*. Ankara: Teknoloji ve İstihdam.
- Terziyan, V., & Vitko, O. (2022). “Explainable AI for Industry 4.0: Semantic Representation of Deep Learning Models”. *Procedia Computer Science*, 200, 216-226.
- Tinbergen, J. (1974). *Substitution of Graduate by Other labour*. Kyklos: International Review for Social Sciences.
- Tofail, S. A., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). “Additive Manufacturing: Scientific and Technological Challenges, Market Uptake and Opportunities”. *Materials Today*, 21(1), 22-37.
- Tokol, A. (2012). *Türk Endüstri İlişkileri Sistemi*. Dora Basım-Yayın Dağıtım.
- Torkzadeh, G., & Angulo, I. E. (1992). “The Concept and Correlates of Computer Anxiety”. *Behaviour & Information Technology*, 11(2), 99-108.
- Tsarouchi, P., Makris, S., & Chryssolouris, G. (2016). “Human–robot Interaction Review and Challenges on Task Planning and Programming”. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(8), 916-931.
- TTGV, (2020). *Teknolojik İnovasyon Ekosisteminde İnsan Kaynakları Araştırması*.
- Tussyadiah, I. (2020). “A Review of Research Into Automation in Tourism: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on Artificial Intelligence and Robotics in Tourism”. *Annals of Tourism Research*, 81, 102883.

- TÜİK (2018). Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması, 2018. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Girisimlerde-Bilisim-Teknolojileri-Kullanim-Arastirmasi-2018-27820>
- TÜİK (2022). Yıllık Sanayi Ürün (PRODCOM) İstatistikleri, 2021. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-\(PRODCOM\)-Istatistikleri-2021-45835](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-(PRODCOM)-Istatistikleri-2021-45835)
- TÜİK (2022b). Ekonomik Faaliyete Göre İstihdam Edilenler. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108>
- TÜİK (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108>
- TÜİK, (2013). İstatistik Göstergeler 1923-2013. Ankara.
- TÜİK, (2021). Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Girisimlerde-Bilisim-Teknolojileri-Kullanim-Arastirmasi-2021-37435>
- TÜİK, 2022a. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-ve-Konut-Sayimi-2021-45866>
- Uğur, M., Awaworyi Churchill, S., & Solomon, E. (2018). “Technological Innovation and Employment in Derived Labour Demand Models: A Hierarchical Meta-Regression Analysis”. *Journal of Economic Surveys*, 32(1), 50-82.
- Uyanık, S., & Çelikel, D. C. (2019). “Türk Tekstil Endüstrisi Genel Durumu”. *Teknik Bilimler Dergisi*, 9(1), 32-41.
- Üstündağ, A., & Çevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. by Springer Nature.
- Vardalas, J., & Niosi, J. (2003). “The Computer Revolution in Canada”. *Canadian Journal of Sociology*, 28(1), 115.
- Verhoef, L. A., Budde, B. W., Chockalingam, C., Nodar, B. G., & van Wijk, A. J. (2018). “The Effect of Additive Manufacturing on Global Energy Demand: An Assessment Using a Bottom-up Approach”. *Energy Policy*, 112, 349-360.
- Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). “Survey on Human–Robot Collaboration in Industrial Settings: Safety, Intuitive Interfaces and Applications”. *Mechatronics*, 55, 248-266.

- Violante, G. L. (2008). "Skill-biased Technical Change". *The new Palgrave Dictionary of Economics*, 2, 1-6.
- Vongsingthong, S., & Smachat, S. (2014). "Internet of Things: A Review of Applications and Technologies". *Suranaree Journal of Science and Technology*, 21(4), 359-374.
- Walsh, T. (2018). *2062: The world that AI made*. Black Inc..
- Wang, Z. J., Xu, X. F., & Zhan, D. C. (2006). "Component Reuse Based Agile Reconfiguration for Enterprise Resource Planning (ERP) Systems in Manufacturing Enterprises". *International Journal of Production Research*, 44(23), 5107-5129.
- Weller, C., Kleer, R., & Piller, F. T. (2015). "Economic Implications of 3D Printing: Market Structure Models in Light of Additive Manufacturing Revisited". *International Journal of Production Economics*, 164, 43-56.
- Wilson, W. J. (1997). *When Work Disappears: The world of the New Urban Poor*. Vintage.
- Wirtz, J., Patterson, P. G., Kunz, W. H., Gruber, T., Lu, V. N., Paluch, S., & Martins, A. (2018). "Brave New World: Service Robots in the Frontline". *Journal of Service Management*, 29(5), 907-931.
- World Bank (2022). World Development Indicators Statistic: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> (Erişim Tarihi: 12.12.2022)
- World Bank. (2018). *World Development Report 2019: The Changing Nature of Work*. The World Bank.
- World Economic Forum, V. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. Retrieved from Geneva.
- Woschank, M., Rauch, E., & Zsifkovits, H. (2020). "A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics". *Sustainability*, 12(9), 3760.

- Wu, B., & Yang, W. (2022). "Empirical test of The Impact of the Digital Economy on China's Employment Structure". *Finance Research Letters*, 49, 103047.
- Xie, M., Ding, L., Xia, Y., Guo, J., Pan, J., & Wang, H. (2021). "Does Artificial Intelligence Affect the Pattern of Skill Demand? Evidence from Chinese Manufacturing Firms". *Economic Modelling*, 96, 295-309.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018b). "Industry 4.0: State of the art and Future Trends". *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018a). "The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges". *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90-95.
- Xu, X. (2012). "From Cloud Computing to Cloud Manufacturing". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75-86.
- Xu, Y., Yen, D. C., Lin, B., & Chou, D. C. (2002). *Adopting Customer Relationship Management Technology*. Industrial Management & Data Systems.
- Xue, M., Cao, X., Feng, X., Gu, B., & Zhang, Y. (2022). "Is College Education Less Necessary with AI? Evidence from Firm-Level Labor Structure Changes". *Journal of Management Information Systems*, 39(3), 865-905.
- Yang, C. H. (2022). "How Artificial Intelligence Technology Affects Productivity and Employment: Firm-Level Evidence From Taiwan". *Research Policy*, 51(6), 104536.
- Yang, H., Kumara, S., Bukkapatnam, S. T., & Tsung, F. (2019). "The Internet of Things for Smart Manufacturing: A Review". *IIE Transactions*, 51(11), 1190-1216.
- Yıldırım, K. (2018). *Osmanlı'da İşçiler: 1870-1922 Çalışma Hayatı, Örgütler, Grevler: Çalışma Hayatı, Örgütler, Grevler*. İletişim Yayınları.
- Yıldız, B., Ilgaz, H., & Seferoğlu, S. S. (2010). "Türkiye'de Bilim ve Teknoloji Politikaları: 1963'den 2013'e Kalkınma Planlarına Genel Bir Bakış". *Akademik Bilişim*, 10, 12.
- Zaim, S. (1992). *Çalışma Ekonomisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.

- Zhang, L., Gan, T., & Fan, J. (2023). *Do Industrial Robots Affect the Labour Market? Evidence from China*. Economics of Transition and Institutional Change.
- Zhang, X. (2022). “Development and Construction of Internet of Things Training Practice Platform for Employment Skills Assessment”. *Journal of Sensors*, (2022,1-7).
- Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., ... & Xu, X. (2018). “Smart Manufacturing Systems for Industry 4.0: Conceptual Framework, Scenarios, and Future Perspectives”. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13, 137-150.
- Zheng, P., Yu, S., Wang, Y., Zhong, R. Y., & Xu, X. (2017). “User-Experience Based Product Development for Mass Personalization: A Case Study”. *Procedia CIRP*, 63, 2-7.
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). “The Applications of Industry 4.0 Technologies in Manufacturing Context: A Systematic Literature Review”. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922-1954.
- Zhou, G., Chu, G., Li, L., & Meng, L. (2020). “The Effect of Artificial Intelligence on China’s Labor Market”. *China Economic Journal*, 13(1), 24-41.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ensar BALKAYA
Doğum Yeri ve Tarihi	
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	
Y. Lisans Öğrenimi	
Bildiği Yabancı Diller	
Bilimsel Faaliyetleri	
İş Deneyimi	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	
İletişim	
E-Posta Adresi	
Tarih	