



**ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA VE
GELECEĞİN MESLEKLERİNE
POTANSİYEL ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

İpek SANCAR

Eskişehir 2025

**ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA VE GELECEĞİN MESLEKLERİNE
POTANSİYEL ETKİLERİ**

İpek SANCAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İktisat Ana Bilim Dalı

İktisat Programı

Danışman: Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY

Anadolu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2025

Eskişehir

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İpek SANCAR'ın "ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA VE GELECEĞİN MESLEKLERİNE POTANSİYEL ETKİLERİ" başlıklı tezi .../.../2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, İktisat Ana Bilim dalında İktisat Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Ünvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Danışman)	: Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY	
Üye	: Doç. Dr. Burak Tuğberk TOSUNOĞLU	
Üye	: Doç. Dr. Fatma Zişan KARA (Aksaray Üniversitesi)	

Prof. Dr. Nafiz Öncü CAN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA VE GELECEĞİN MESLEKLERİNE POTANSİYEL ETKİLERİ

İpek SANCAR

İktisat Ana Bilim Dalı

İktisat Programı

Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2025

Danışman: Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY

Sanayi devrimleri, üretim, ekonomi ve toplum yapısında köklü değişimlere yol açmıştır. Günümüzde yaşanan Dördüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0), yapay zekâ, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi ileri teknolojilerle üretim ve hizmet süreçlerini dönüştürmektedir. Bu dönüşümün en belirgin etkisi iş gücü piyasasında görülmekte, yaratıcı ve analitik beceriler gerektiren alanlara olan talep artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Endüstri 4.0'ın iş gücü piyasasına olan etkileri, bu bağlamda ortaya çıkması muhtemel yeni meslek grupları ve bu meslekler için ihtiyaç duyulacak beceriler bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında; sanayi devrimleriyle birlikte meydana gelen teknolojik ilerlemeler, iş yapış biçimlerindeki değişiklikler, mevcut mesleklerin devamlılığına ilişkin karşılaşılabilecek sorunlar ve eğitim sistemlerinin bu dönüşüme nasıl yanıt vermesi gerektiği analiz edilmektedir.

Araştırmanın özgün yönü, Endüstri 4.0'ın dinamiklerini inceleyerek gelecekteki işgücü ihtiyaçlarını öngörmekte ve bu dönüşüm sürecine hem bireylerin hem de kurumların nasıl hazırlanabileceğine dair bir perspektif sunmasında yatmaktadır. Literatür taramasına dayalı olarak geliştirilen bu çalışma, iş dünyası ve eğitim sistemleri açısından stratejik bir rehber niteliği taşımakta; dijital dönüşüm sürecinde etkin uyum sağlanmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın özgün yönü, Endüstri 4.0'ın dinamiklerini inceleyerek gelecekteki işgücü ihtiyaçlarını öngörmesi ve bu dönüşüm sürecine bireyler ile kurumların nasıl hazırlanabileceğine dair stratejik bir bakış sunmasıdır.

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0, İşgücü Piyasası, Kalkınma, Geleceğin Meslekleri.

ABSTRACT

POTENTIAL EFFECTS OF INDUSTRY 4.0 ON THE LABOR MARKET AND PROFESSIONS OF THE FUTURE

İpek SANCAR

Department of Economics

Programme in Economics

Graduate School of Anadolu University, July 2025

Supervisor: Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY

Industrial revolutions have led to radical changes in production, economy and society. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is transforming production and service processes with advanced technologies such as artificial intelligence, the internet of things and big data. The most obvious impact of this transformation is seen in the labor market; automation is taking over repetitive jobs, while demand for areas requiring creative and analytical skills is increasing.

In this thesis, the effects of Industry 4.0 on the labor market, the new occupational groups that are likely to emerge in this context, and the skills that will be needed for these occupations are addressed with a holistic approach. Within the scope of the study; technological advances that occurred with industrial revolutions, changes in business practices, problems that may be encountered regarding the continuity of existing occupations, and how education systems should respond to this transformation are analyzed. The original aspect of the research lies in the fact that it examines the dynamics of Industry 4.0, predicts future labor needs, and offers a perspective on how both individuals and institutions can be prepared for this transformation process. This study, developed based on a literature review, is a strategic guide for the business world and education systems; It aims to contribute to effective adaptation in the digital transformation process.

Keywords: Industry 4.0, Labor Market, Development, Professions of the Future.

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması, sanayi devrimlerinden günümüze uzanan teknolojik dönüşümün, özellikle Endüstri 4.0'ın iş gücü piyasasına etkilerini incelemek ve bu bağlamda gelecekte ortaya çıkacak meslekler ile bu mesleklerde gereksinim duyulacak becerileri değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada, teknolojik ilerlemelerin eğitim sistemleri üzerindeki yansımaları da ele alınmış, dijital dönüşüm sürecine bireylerin ve kurumların nasıl hazırlanabileceği konusunda bir perspektif sunulmuştur.

Tez sürecinde akademik bilgi birikimim kadar kişisel motivasyonumun da güçlenmesini sağlayan, her koşulda desteklerini esirgemeyen, bana her zaman güvenen ve varlıklarıyla güç veren aileme; sevgi, sabır ve fedakârlığıyla yanımda olan, en zor zamanlarda bile beni yüreklendiren annem Işıl YALÇIN'a, hayatım boyunca bana sevgisini ve desteğini her daim hissettiren, araştırmacı kişiliğiyle örnek olan dedem Zeki YALÇIN'a, her koşulda çalışmanın önde geldiğini hissettiren, önemini kavramama vesile olan ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen anneannem Gülsen YALÇIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca bu sürecin her aşamasında akademik rehberliğiyle bana yol gösteren ve katkılarıyla tezime değer katan danışman hocam Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY'a teşekkür ederim. Bu çalışmanın, dijital dönüşüm sürecinde eğitim ve iş dünyası açısından yol gösterici bir kaynak olması dileğiyle...

İpek SANCAR

Eskişehir, 2025

....../....../2025

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIM BEYANI

Bu tezi hazırlarken (ChatGPT, Gemini, DALL-E vb.) üretken yapay zekâ programlarından destek aldığımı/almadığımı beyan ederim. Tezin hazırlığı aşamasında üretken yapay zekâ programlarından (örneğin çeviri, bilimsel makale vb.) desteği aldım. Üretken yapay zekâ programlarından aldığım bilgilerin doğruluğunu kontrol ettiğimi bildiririm. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İpek SANCAR

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ	v
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIM BEYANI	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
1 ENDÜSTRİ 4.0 VE YARATTIĞI DÖNÜŞÜM	6
1.1 Endüstri Devrimlerinin Tarihsel Süreci	6
1.1.1 Birinci endüstri devrimi (Endüstri 1.0)	7
1.1.2 İkinci endüstri devrimi (Endüstri 2.0)	10
1.1.3 Üçüncü endüstri devrimi (Endüstri 3.0)	11
1.1.4 Dördüncü endüstri devrimi (Endüstri 4.0)	13
1.2 Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	17
1.2.1 Siber-fiziksel sistemler	18
1.2.2 Nesnelerin interneti	18
1.2.3 Büyük veri	19
1.2.4 Bulut bilişim sistemleri	20

1.2.5 Akıllı sistemler, 3D yazıcılar	20
1.2.6 Yapay zeka	22
1.3 Endüstri 4.0'ın Ekonomik Etkileri	23
İKİNCİ BÖLÜM	
2 ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA YANSIMALARI	26
2.1 Endüstri 4.0'ın İşgücü Piyasasına Potansiyel Etkileri	26
2.1.1 İstihdam ve işsizlik	27
2.1.2 Ücretler ve çalışma süreleri	27
2.1.3 İş ilişkileri	28
2.1.4 Endüstri 4.0'ın avantajları ve dezavantajları	28
2.2 İşgücü Piyasasında Dijital Dönüşüm ve Değişen Çalışma Modelleri	29
2.2.1 Dijitalleşmenin işgücü piyasasındaki dönüşüme etkileri	30
2.2.1.1 Uzaktan çalışma ve esnek çalışma modelleri	31
2.2.1.2 Dijital göçebelik ve küresel işgücü	31
2.2.1.3 Yapay zekanın istihdam üzerindeki etkileri: iş kaybı ve yeni istihdam alanları	31
2.2.2 Endüstri 4.0 ve işgücü piyasasında yetkinlik dönüşümü	32
2.2.2.1 Dijital okuryazarlık ve yeni nesil beceriler	32
2.2.2.2 Teknik ve sosyal yetkinliklerin dönüşümü	33
2.2.2.3 Sürekli öğrenme kültürü ve işgücü adaptasyonu	33
2.3 Endüstri 4.0'ın İş Dünyasına Etkileri	34
2.3.1 İnsan-makine etkileşimi ve otomasyon	35
2.3.2 İşgücü piyasasında otomasyonun yeri	36
2.3.3 Robotik süreç otomasyonu ve işgücü	37
2.3.3.1 Robotik teknolojiler ve insansız sistemler	37

2.3.3.2 İnsan-makine iş birliğinin geleceği	38
---	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3 ENDÜSTRİ 4.0'DA GELECEĞİN MESLEKLERİ VE BECERİLERİ İÇİN EĞİTİMDE DÖNÜŞÜM	39
--	----

3.1 Geleceğin Meslekleri ve Gereksinim Duyulan Beceriler	39
--	----

3.1.1 Mevcut mesleklerin kalıcılığı	40
---	----

3.1.2 Yeni mesleklerin tanımı ve özellikleri	42
--	----

3.1.3 Geleceğin mesleklerinde gereksinim duyulan temel beceriler	42
--	----

3.1.3.1 Teknoloji odaklı yetenekler	43
---	----

3.1.3.2 İletişim, iş birliği ve problem çözme yetenekleri	44
---	----

3.1.3.3 Yeni mesleklerin niteliğinde eğitim	44
---	----

3.2 Eğitim Sisteminin Dönüşümü: Endüstri 4.0 ve Eğitim 5.0	45
--	----

3.2.1 Geleneksel eğitim modelleri ve zorlukları	45
---	----

3.2.2 Teknoloji destekli eğitim yaklaşımları	46
--	----

3.2.3 Eğitim sisteminde Endüstri 4.0 araçlarının yeri ve önemi	47
--	----

3.2.4 Endüstri 4.0 ile uyumlu eğitim programları	47
--	----

3.3 Eğitimde Dönüşüm ve Kalkınma	48
--	----

3.3.1 Eğitim ve kalkınma ilişkisi	49
---	----

3.3.2 Eğitimde dönüşüm kavramı	49
--------------------------------------	----

3.3.3 Eğitimde dönüşüm ve kalkınma modelleri, küresel eğitim trendleri	49
--	----

3.3.4 Eğitim politikalarının kalkınma üzerindeki etkisi	50
---	----

3.4 Eğitimde Dönüşümün Meslekler Üzerindeki Etkileri	51
--	----

3.4.1 Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkileri üzerine genel sonuçlar ...	51
---	----

3.4.2 Toplum 5.0 ve Eğitim 5.0	52
--------------------------------------	----

3.5 Geleceğin Mesleklerinde Etik ve Sorumluluklar	52
---	----

4 SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1 Sonuç	55
4.2 Tartışma	57
4.3 Öneriler	59
KAYNAKÇA	61
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1 Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi	13
Tablo 1.2 Endüstri 4.0 Tanımının Özeti	15
Tablo 2.1 İktisatçılar ve Teorilerinin Karşılaştırılması	36



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 New Comen'in Atmosferik Buhar Makinasının Çalışması	10
Şekil 1.2 Dört İşlemde Endüstri 4.0	15



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 1.1 Sanayi (D)evriminin Aşamaları	14
---	-----------



KISALTMALAR DİZİNİ

3D: 3 Boyutlu

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AI: Yapay Zeka

AR-GE : Araştırma ve geliştirme

ARPANET : Advanced Research Projects Agency Network (İleri Araştırma Projeleri Ajansı Ağı)

GSYİH : Gayri safi yurtiçi hasıla

IOT: Nesnelerin interneti

MIT : Massachusetts Teknoloji Enstitüsü

MÜSİAD : Müstakil Sanayici ve İş adamları Derneği

OECD : Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü

RSO : Robotik Süreç Otomasyonu

SSCB : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği

STEM : Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik

TDK : Türk Dil Kurumu

UNESCO : Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu

WEF : Dünya Ekonomik Forumu

GİRİŞ

İnsanlık tarihinde endüstri devrimleri teknoloji, üretim, istihdam, toplumsal yapı üzerinde devrim niteliğinde yeniliklerin ve değişimlerin temelini atan süreçler olmuştur. Bu süreçler insanlığın, toplumların gelişiminde, ekonomide, kalkınmada, büyümede dönüm noktası niteliği taşıyan etkiler oluşturmuştur. Endüstri devrimleri, bu etkilerin belirgin yapı taşlarındandır. Birinci Endüstri Devrimiyle (Endüstri 1.0) birlikte, mekanik üretim sistemleriyle buhar gücü entegre edilerek üretimde devrim yaşanmıştır. Bu devrim neticesinde gelişen üretim alanları, insanlığın üretim kapasitesini ve ekonomik yapıyı kökten değiştirmiştir. Tekstil endüstrisinde dokuma tezgahlarında kullanılan buhar gücü entegrasyonu ile çalışan makinelerin olduğu fabrikaların yaygınlaşması, üretimde makineleşmeye geçiş sürecini hızlandırmıştır. Bu dönemde toplumun ekonomik ve sosyal yapısında önemli değişimler meydana gelmiş, yeni çalışma alanlarının ortaya çıkmasıyla köyden kente göçler yaşanmıştır. Sanayileşme sürecinin hız kazanmasıyla ve yeni fabrikaların ortaya çıkışıyla birlikte yeni işçi sınıfları oluşmuştur. Toplumda süregelen geleneksel iş yapma biçimleri, endüstriyel üretime dönüşmüş ve işçi sınıfının oluşmasıyla çalışma koşullarında köklü değişiklikler meydana gelmiştir. Modern çağın temellerinin atıldığı bu dönemde iş dünyasında meydana gelen devrim niteliğindeki değişim ve gelişmelerle bir evrimleşme süreci başlamıştır.

18. yüzyılın sonlarında gerçekleşen Sanayi Devrimi ve Fransız Devrimi, Aktan ve Tunç'a (1998, s. 3) göre tarım toplumundan sanayi toplumuna geçişi hızlandırmıştır. Sanayi Devrimi, James Watt'ın 1765 yılında geliştirdiği buhar makinesiyle birlikte bu teknolojinin enerji kaynağı olarak kullanılması ve ekonomik alanda yaygınlaşmasıyla önemli bir dönüşüm yaratmıştır. Fransız Devrimi ise sosyal, siyasi ve kültürel alanlarda derin etkiler bırakmıştır. Üretimin süreçlerinde köklü değişimlere yol açan endüstri devrimlerinden Endüstri 1.0'ın ortaya çıkışıyla, küçük ve dağınık üretim alanları büyük endüstrilere dönüşmüştür. Birinci endüstri döneminden, ikinci endüstri dönemine geçiş, üretim süreçlerinde ve iş dünyasında köklü değişimlere yol açmıştır. Mekanik gücün kullanımının arttığı dönem olan Endüstri 1.0'da üretim, büyük endüstrilerde yoğunlaşmıştır. İşçi sınıfının oluşumuyla birlikte üretim, sadece ihtiyaçları karşılamaktan çıkıp karın söz konusu olduğu bir hale gelmiştir. Birinci endüstri döneminin devamı olan ikinci endüstri dönemi ile birlikte ise üretim süreçleri otomatik hale gelmeye başlamıştır. Seri üretim bantlarıyla birlikte iş bölümü ortaya çıkmış, bunun neticesinde meydana gelen uzmanlaşma ile işçi, üretim sürecindeki yönetici konumundan, üretimin bir parçası

konumuna gelmiştir. İşçilerin rollerinin ve çalışma koşullarının önemli ölçüde değiştiği bu geçiş sürecinde Endüstri 2.0 ile birlikte üretimde verimlilik, hız gibi faktörler artmış ve işçilerin görev tanımları, becerileri bu sürece adapte olmayı gerektiren bir hale gelmiştir. Elektriğin üretim sistemine dahil edildiği, teknolojik gelişmelerin ön planda olduğu, bilginin önem kazandığı Endüstri 2.0 döneminde bilim dünyasında pek çok yenilik meydana gelmiştir. 21. yüzyılın başlarından itibaren bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, üretim süreçlerinden işgücü piyasasına kadar birçok alanda köklü dönüşümlere neden olmuştur. Bu dönüşüm süreci, “Dördüncü Sanayi Devrimi” veya yaygın kullanımıyla “Endüstri 4.0” kavramı altında tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0; nesnelerin interneti, yapay zekâ, büyük veri, siber-fiziksel sistemler, bulut bilişim ve robotik gibi ileri teknolojilerin entegre edilmesiyle üretim ve hizmet sistemlerinin dijitalleşmesini ifade etmektedir. Bu teknolojik devrim, sadece ekonomik ve teknik yapıları değil, aynı zamanda işgücü piyasalarının işleyişini, istihdam yapısını ve mesleklerin doğasını da derinden etkilemektedir.

Teknolojik ilerlemelerin hız kazandığı ve üretim alanlarına bilgisayarların girmesi ile birlikte üçüncü endüstri dönemi (Endüstri 3.0), bir diğer ifade ile “dijital dönüşüm¹” devri meydana gelmiştir. Kitle iletişim araçları, bilgisayarlar ve internet gelişmeye başlamıştır ve artık günlük hayata yeni kullanım alanları eklenmiştir. Bu teknolojilerin, üretim süreçlerine entegrasyonu hızlanmıştır. Bilişim teknolojisinin, internet ve haberleşme alanlarının gelişmesi, dijital üretim sürecini meydana getirmiştir. Bu dönemde yenilenebilir kaynaklar öne çıkmış, sürdürülebilirlik söz konusu hale gelmiştir.

Teknoloji, endüstri devrimlerinin adeta temel taşıdır ve Endüstri 4.0 ile oldukça ileri bir konuma erişmiştir. Bu gelişmiş teknoloji, üretim süreçlerinde devrim yaratmaktadır. Bu süreç, üretim faktörlerini değiştirerek, ekonomik büyümenin ve rekabetin temel itici gücü haline gelmiştir. Dijital dönüşümün zirvesi olan dijitalleşme, yapay zeka, nesnelerin interneti ve otomasyonun² entegrasyonu ile karakterize edilen Endüstri 4.0, içinde bulunduğumuz dönemi ifade etmektedir. Kısacası Endüstri 4.0, üretim süreçlerindeki devrim niteliğindeki dönüşümü temsil etmektedir. Bu dönemde, makineler arası iletişim, veri analitiği ve akıllı üretim gibi kavramlar önem kazanmıştır. Endüstri 4.0'ın odak

¹ Dijital dönüşüm; “iş faaliyetlerinin, süreçlerin, yetkinliklerin ve modellerin dijital teknolojilerin değişimlerini, fırsatlarını ve toplum üzerindeki etkilerini stratejik ve öncelikli bir şekilde tam olarak kaldıracak derin ve hızlanan dönüşümdür” (Yankın, 2019).

² Otomasyon, üretim süreçlerini genellikle otomatik olarak kontrol eden, sanal bir fiziksel sistem tabanlı üretim sistemleri ağıyla sağlanır (Soylu, 2018, s. 47).

noktalarından biri, üretimdeki akıllı ve bağlantılı sistemlerin geliştirilmesidir. Bu sistemler, üretim verimliliğini artırırken aynı zamanda esneklik, özelleştirme ve daha verimli kaynak kullanımı gibi avantajlar sunmaktadır. Fabrikaların akıllı hale gelmesiyle üretim süreçleri daha öngörülebilir, esnek ve verimli hale gelmektedir. Ayrıca, Endüstri 4.0, üretimde insan ve makine arasındaki etkileşimi vurgulamaktadır. Yapay zeka ve otomasyon gibi teknolojiler, insanların rutin işlerden daha karmaşık görevlere odaklanmasını sağlamaktadır. Bu da daha yaratıcı ve problem çözme yetenekleri gerektiren işlerin öne çıkmasına yardımcı olmaktadır. Genel olarak, Endüstri 4.0, üretim ve endüstriyel süreçlerdeki dijital dönüşümü ve teknolojik ilerlemeyi temsil etmektedir. Bu dönem, endüstriyel sektörlerin daha akıllı, bağlantılı ve verimli bir şekilde çalışmasını hedeflemektedir.

Problem Durumu

Sanayi devrimleri tarihsel olarak işgücü piyasalarında önemli kırılmalara yol açmıştır. Günümüzde yaşanmakta olan Endüstri 4.0 süreci ile birlikte otomasyon, yapay zekâ ve dijitalleşme gibi teknolojiler iş süreçlerini yeniden şekillendirmektedir. Bu dönüşüm; istihdam biçimleri, mesleki yetkinlikler ve iş tanımlarında ciddi değişimleri beraberinde getirmektedir. Ancak bu süreç, sadece fırsatlar değil aynı zamanda yapısal riskler de içermektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, eğitim sisteminin teknolojik dönüşüme yeterli yanıt verememesi, beceri uyumsuzlukları ve meslek kayıpları gibi sorunlar gündeme gelmektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına ve gelecekte talep edilecek mesleklere yönelik olası etkileri hâlâ bilimsel ve politik olarak netleşmemiş bir araştırma problemidir.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Endüstri 4.0 sürecinin işgücü piyasası üzerindeki potansiyel etkilerini analiz etmek ve bu dönüşümün gelecekte ortaya çıkabilecek meslek yapıları üzerindeki yansımalarını değerlendirmektir. Bu doğrultuda;

- Endüstri 4.0'ın teknolojik bileşenleri tanıtılacak,
- İşgücü piyasasında meslek dönüşümüne neden olan başlıca faktörler açıklanacak,
- Geleceğin mesleklerine ilişkin öngörüler literatür ve uluslararası raporlar ışığında ele alınacak,

- Türkiye'nin bu dönüşüm karşısındaki uyum kapasitesi genel çerçevede değerlendirilecektir.

Araştırmanın Kapsamı

Bu tez çalışması, Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkilerini kavramsal ve değerlendirme temelli biçimde ele almaktadır. Uluslararası raporlar (WEF, OECD, ILO, vb.) ve akademik literatür aracılığıyla gelecekte önem kazanması beklenen meslek grupları ile beceri setleri incelenmektedir. Türkiye örneği üzerinden genel yapısal değerlendirmeler yapılmakta; ancak sektörel düzeyde ayrıntılı veya kantitatif bir analiz yapılmamaktadır. Bu yönüyle tez, konunun genel çerçevesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Araştırma Yöntemi

Araştırma nitel bir çalışma olup, betimleyici yöntem yaklaşımı benimsenmiştir. Çalışmada, literatür taraması ve içerik analizi teknikleri bir arada kullanılmıştır. Ulusal ve uluslararası raporlar, akademik yayınlar ve mesleki sınıflandırmalar incelenerek yorumlayıcı değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında özgün bir saha araştırması veya nicel analiz (anket, ekonometrik model, vb.) uygulanmamıştır; ancak ikincil verilerle oluşturulan grafik ve tablolar kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, endüstri devrimleri; Dördüncü Endüstri Devrimi öncesi, Birinci, İkinci ve Üçüncü Endüstri Devrimlerinden söz edilmektedir. Bu devrimlere yol açan icatların ve teknolojik gelişmelerin üretim süreçlerinde yarattığı değişiklikler ele alınarak, beraberinde meydana gelen yeniliklerden ve dönüşümden bahsedilmektedir. Endüstri 4.0 ve yarattığı dönüşüm, endüstri devrimlerinin tarihsel süreci ele alınarak detaylandırılmıştır. Endüstri 4.0'ın araçları/ bileşenleri; siber- fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim sistemleri, akıllı sistemler, 3D yazıcılar, yapay zeka alanları ile açıklanmıştır. Son olarak Endüstri 4.0'ın ekonomik etkilerini ele alınmıştır.

İkinci bölümde Endüstri 4.0'ın iş gücü bir yazısına yansımaları ele alınmıştır. Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına potansiyel etkileri; istihdam ve işsizlik, ücretler ve çalışma süreleri, iş ilişkileri, Endüstri 4.0'ın avantajları ve dezavantajları başlıkları altında incelenmiştir. Endüstri 4.0'ın getirdiği insan-makine iş birliği, otomasyon ve robotik teknolojiler gibi unsurlar, iş dünyasında derin değişikliklere yol açmıştır. Bu çalışma, bu değişimleri ve bu teknolojilerin işgücü piyasasındaki rolünü ele almıştır.

Sürdürülebilirlik, günümüzde iş dünyasının öncelikli konularından biridir. Bu çalışma, sürdürülebilirliğin tanımı, önemi ve tarihçesini incelerken, özellikle Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirliğe olan etkilerini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, yapay zeka teknolojisinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri ve akıllı sistemlerin sürdürülebilirlik açısından sağladığı fırsatlar incelenmiştir. Çalışma, Endüstri 4.0'ın iş dünyası ve sürdürülebilirlik arasındaki bu etkileşimi derinlemesine ele alarak, teknolojik gelişmelerin işgücü piyasasındaki ve sürdürülebilirlik perspektifindeki rolünü açıklığa kavuşturmayı hedeflemiştir.

Üçüncü bölümde, Endüstri 4.0 döneminde ortaya çıkması öngörülen/ beklenen yeni meslekler ve bu meslekler için gereken becerilerin eğitimde dönüşümü ele alınmaktadır. Öncelikle, mevcut mesleklerin kalıcılığı ve Endüstri 4.0'un getireceği değişimlerin bu meslekler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, yeni ortaya çıkacak mesleklerin tanımı ve nitelikleri üzerinde durularak, geleceğin mesleklerinde gereksinim duyulan temel yetenekler ve beceriler belirlenmiştir.

Geleneksel eğitim modellerinin zorlukları ve bu modellerin teknoloji destekli eğitim yaklaşımlarıyla nasıl dönüştürülebileceği ele alınmıştır. Endüstri 4.0'ın eğitimdeki araçlarının ve bu teknolojilerin eğitim programlarındaki yeri ve önemi üzerinde durulmuştur. Eğitimdeki dönüşümün kalkınma ile ilişkisi, küresel eğitim trendleri ve eğitim politikalarının kalkınma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bununla birlikte, eğitimdeki dönüşümün meslekler üzerindeki etkileri ve işgücü piyasasına genel etkileri değerlendirilmiştir. Son olarak, Toplum 5.0 ve Eğitim 5.0 kavramlarına odaklanılarak, bu dönüşümün toplum ve eğitim açısından uzun vadeli potansiyel etkileri üzerinde durulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1 ENDÜSTRİ 4.0 VE YARATTIĞI DÖNÜŞÜM

Endüstri 4.0, dijital ve teknolojik dönüşümün iş dünyasına ve endüstriyel süreçlere getirdiği büyük değişimi ifade etmektedir. Bu dönem, makineler arası iletişim, veri analitiği, yapay zeka ve otomasyon gibi ileri teknolojilerin entegrasyonunu içermektedir. Endüstri 4.0'ın özünde, üretimdeki akıllı ve bağlantılı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanılması vardır. Bu sistemler, üretim verimliliğini artırırken esneklik, özelleştirme ve daha verimli kaynak kullanımı gibi avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, insan-makine iş birliği, otomasyonun işgücü piyasasındaki rolü, robotik teknolojiler ve işgücü piyasasında sürdürülebilirlik gibi kavramlar da Endüstri 4.0'ın dönüşümüyle ilişkilendirilmektedir.

İnci (2020, s. 4) Endüstri 4.0'ın dünyada ve ülkemizde mevcut işsizlik ve istihdam üzerine etkilerini konu aldığı tezinde 'endüstri' kavramını şöyle açıklamıştır:

“Dilimize Fransızcadan geçmiş olan ‘endüstri’ kavramı Türk Dil Kurumu (TDK) tarafından, ‘enerji kaynaklarını yaratmak ve ham maddeleri işlemek için kullanılan araç ve yöntemlerin tamamı’, olarak tanımlanmakla beraber ilk resmi anlamda endüstrileşme hareketlerinin 18. yy ’da Endüstri Devrimlerine yol açtığı görülmektedir. İnsanoğlunun varoluşundan bu yana hammaddeyi işleme çabası, zaman içerisinde endüstriyi daha da geliştirmiş, sanayide kullanılan yöntemlerin hızla çoğalmasına sebep olmuştur.”

Endüstri devrimleri ve beraberinde meydana gelen teknolojik yeniliklerle birlikte çeşitli alanlarda değişimler yaşanmıştır.

1.1 Endüstri Devrimlerinin Tarihsel Süreci

Tarihsel sürece bakıldığında endüstri devrimleri, üretim yöntemlerinde yeni gelişmeler meydana getirmiştir; üretim hızı ve kapasitesi artmış ve seri üretime geçilmiştir. Bu gelişmelere ek olarak içinde bulunulan dönemde kentlere göçler artmış, yeni iş imkânları da doğmuştur. Endüstrileşme, tarihsel akış içerisinde birbirini izleyen gelişmeler ile sürekli yenilenmiştir. Örneğin internet teknolojileri yeni bir endüstri dönemine geçişte öncü yeniliklerden biridir. İnternet iş yapma biçimlerini kökünden değiştirmiş ve akıllı teknolojilerin gün yüzüne çıkmasına öncülük etmiştir. Böyle bir düzende pazarlama, günlük hayatın rutininden çıkıp bilimselliğe doğru bir yola girmiştir. Dönemler itibarıyla yaşanan gelişmeler pazarlamanın yapılış biçimlerini değiştirmiştir. Endüstrileşmenin sağladığı altyapı, internetin etkinliği, düşen maliyeti ve artan erişim hızı, gelişmiş teknolojiler, akıllı cihazlar ve uygulamalar pazarlama anlayışında da sürükleyici

değişimler yaratmaktadır. Teknoloji geliştikçe insanların yaşam biçimleri, alışkanlıkları, rutinleri, davranışları, zevkleri de değişmektedir.

Endüstri kavramı, tarihsel süreçte önemli gelişmelerin yaşandığı bir konumdur. Modern endüstrinin temelleri, 18. yüzyılın sonlarında İngiltere'de başlayan ve “tarihte bir kırılma noktası” (Berktaş ve Dimli Oraklıbel, 2021, s. 2) olarak adlandırılan sanayi devrimi ile atılmıştır. Sanayi devrimi, üretim süreçlerinde köklü değişikliklere yol açmıştır. Bu dönemde, el yapımı üretimden makineleşmeye geçiş yaşanmış ve bu durum endüstriyel üretim modelinin doğuşunu sağlamıştır. Endüstriyel devrim, tarımsal toplumların endüstriyel toplumlara dönüşmesine yol açmış ve ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda büyük etkiler yapmıştır. Sonraki yıllarda, endüstri kavramı giderek genişleyerek, teknolojik ilerlemelerle birlikte, üretim ve hizmet sektörlerinin her alanını kapsayacak şekilde evrilmiştir. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra daralma ve kriz döneminin olduğu dönemde, “Almanların geliştirdiği ve gizli askeri haberleşmede kullandığı Enigma³ adlı cihaz, ikinci savaş sonrasında bilgisayar teknolojilerinin öncüsü olmuştur” (Aydın, 2017, s. 28).

Günümüzde endüstri kavramı, geleneksel üretim süreçlerinden, dijitalleşmiş ve otomasyona dayalı sistemlere kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu tarihsel süreç, endüstrinin gelişimini anlamak ve modern endüstriyel sistemlerin karmaşıklığını değerlendirmek için önemli bir temel oluşturur.

1.1.1 Birinci endüstri devrimi (Endüstri 1.0)

Endüstri devrimi terimi, ekonomik ve sosyal sistemlerin teknolojik değişimini ifade eder. Bu değişim, işin doğası, yaşam koşullarının değişimi ve ekonomik refaha odaklanmayı içerir (Dombrowsi ve Wagner'den akt. Akben ve Avşar, 2018). Endüstri devrimlerinden ilki olan Birinci Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0), makine gücünün ve fabrika sistemlerinin yükselişiyle başlayarak modern endüstriyel toplumun temellerinin atıldığı, sanayi devrimi olarak bilinen dönemin başlangıcını işaret etmektedir. Bu dönem, 18. yüzyılın sonları ile 19. yüzyılın başları arasında gerçekleşmiştir.

³ “Kelime anlamı itibarıyla Enigma, bilmece, gizem, muamma ya da anlaşılabilir kimse demektir. Ancak insanlığın hafızasında çok daha farklı ve bir o kadar da esrarengiz bir şekilde yer etmiştir. Enigma makinesi, Alman silahlı kuvvetleri tarafından güvenli bir şekilde kripto mesaj üretmek ve deşifre etmek için kullanılan bir makinedir” (IENSTITU, 2020).

İnsanlık tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilen endüstri devrimi, özellikle 19. yüzyıl ve sonrasında tarihin hızlı bir değişim ve dönüşüm sürecine işaret eder. İnsanların doğa üzerindeki hakimiyetini büyük ölçüde artıran bu dönemde, coğrafi keşiflerin ardından Avrupalı devletler denizcilik alanındaki gelişmelerle ticaret merkezlerine yerleşerek kapitalist ve merkantilist politikalarla sermaye birikimi sağlamışlardır. Akagündüz'e (2016) göre "bu sermaye birikimi, bilim ve teknoloji alanındaki yeniliklerle birleşerek yüksek üretim değerlerine ulaşma hedefini beraberinde getirmiştir. Bu durum, Batı'nın diğer medeniyetlere kıyasla daha zengin ve güçlü bir ekonomik altyapıya sahip olmasını sağlayan bir sanayileşme sürecini başlatmıştır".

"İngiltere'de 1760-1850 yılları arasında yaşanan sanayi devrimi neticesinde Avrupa ve ABD başta olmak üzere farklı ülkelerde yeni sermaye sahibi bir sınıf doğmuştur. Sanayi devriminden önce, Avrupa'da nüfusun %90'ı köylerde yaşarken, milli gelir düşüktü ve büyük çoğunluk fakirdi. Sanayi devrimi ile birlikte kırdan kente göçler ve fabrika işçiliğine doğru hızlı bir dönüşüm süreci yaşanmaya başladı. Bu süreçte küçük burjuvazi ve orta sınıfın zenginleşmesiyle birlikte kentler daha çekici hale geldi" (Arslan ve Ergün, 2012).

"Endüstri 1.0'ın ortaya çıkışı ile birlikte üretimde önemli değişiklikler yaşanmıştır. Üretim, sanayi devrimi öncesi evlerde veya atölyelerde basit aletlerle ve kas gücüyle yapılırken, sanayi devrimi ile birlikte fabrikalarda makinelerle gerçekleştirilmeye başlanmıştır" (Günay, 2002). 18. yüzyılın ortalarında, endüstriyel faaliyetlerde ilk hareket İngiltere'den başlayarak ABD'ye yayılmıştır (Dombrowsi ve Wagner'den akt. Akben ve Avşar, 2018). 18. yüzyılda yapılan karmaşık makineler, buhar makinesinin icadı ve geliştirilmesi beraberinde, buhar gücüyle çalıştırılmaya başlanmıştır. İngiltere'den başlayarak dünyanın başka yerlerine yayılan sanayi devriminde İngiltere, 19. yüzyılın ortalarına kadar bütün ülkelerden önde olmuştur. İngiltere sanayi devrimi döneminde (1765-1850), 'dünyanın atölyesi' olarak anılıyordu. 19. yüzyıl sonlarında ve 20. yüzyılda da diğer ülkeler, özellikle Belçika, Fransa, Almanya, ABD, SSCB, Japonya, Çin ve Hindistan da zamanla sanayileşmiştir (Günay, 2002).

Makinelerin kullanımıyla üretim hızlanmış, verimlilik artmış ve endüstriyel üretimde büyük ölçekli üretim mümkün hale gelmiştir. Bu sayede fabrikalarda üretimin de hız kazanmasıyla birlikte yerel pazardan ulusal pazara doğru bir pazarlama anlayışı oluşmuştur. Endüstrideki teknolojik, ekonomik ve sosyal sistemlerin değişimi, özellikle

Çalışma ve yaşam koşullarındaki değişimler toplumsal refahı artırmıştır. Yeni teknolojilerin üretimde kullanılması ve iş bۆlümündeki artış, üretim ve verimlilikte hızlı bir artışa neden olmuştur. Bu gelişmeler, toplumun yapısında ۆnemli değişimlere yol açmıştır (Aktan ve Tunç, 1998).

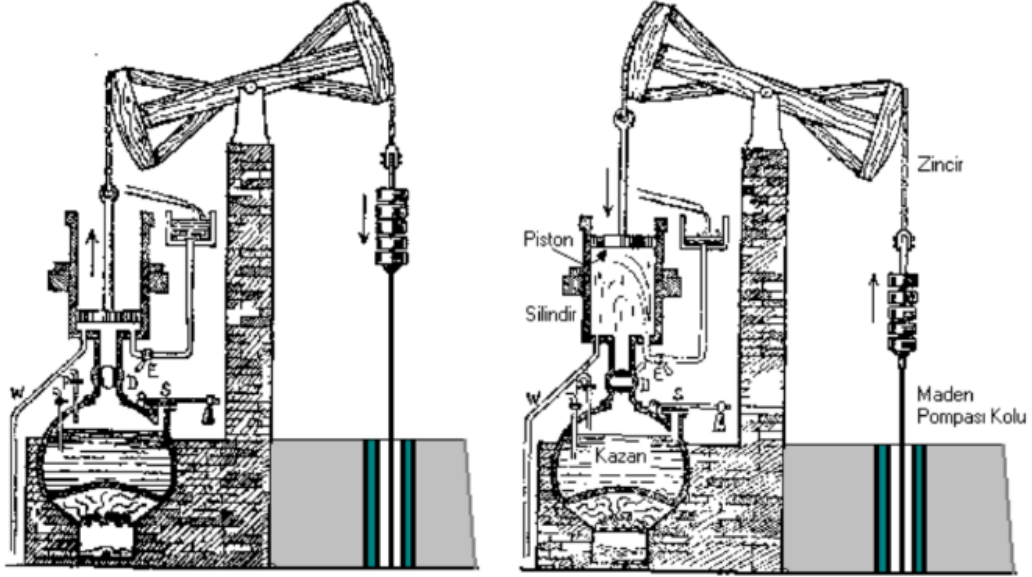
Küresel pazarlama sistemlerinin geliştirildiği bu dۆnemde fabrikalaşma ve buhar, demir ve kۆmr odaklı kaynakların kullanımı ile birlikte ekonomik, politik, teknik ve toplumsal alanlarda kۆkl değişimler yaşanmıştır. “Sürdürülebilir Ekonomiye Geçiş” olarak adlandırılan bu dۆnemde, refah seviyesinde artış yaşanırken düzensiz yayılan endüstrileşmenin ve uluslararası ticaretin gelişmesi, zengin-fakir arasındaki uçurumun genişlemesine neden olmuştur. Bu durum az gelişmiş ülkelerin, endüstrileşmiş ülkelere olan bağımlılığını artırarak ticari sۆmrgeleřmeye yol açmıştır (şahin, 2014).

Sanayi devrimiyle başlayan; bilişim, elektronik ve ekonomi etkileşiminden doğan otomasyon dۆnemi, kۆmre dayalı enerji üreten buhar makineleriyle başlamıştır. Bu dۆnemin ۆzellięi, insan emeğinin makinelerle değiştirilmesidir. Otomasyonun başlangıcında fabrikaların yanı sıra deniz ve demiryolu da ulaşım sistemlerinde etkili olmuştur. 19. yüzyılın sonlarına doğru elektrik enerjisinin kullanılmaya başlamasıyla, merkezi olarak üretilen enerjinin geniş bir bۆlgeye iletilip kullanılabilmesi mümkün hale gelmiştir (Aktan ve Tunç, 1998).

Teknik icatlarla başlayarak zanaata dayalı üretimden modern sanayi aşamasına geçişi simgeleyen sanayi devriminde, küçük el aletlerinin ve insan gücünün yerini makineler almıştır. Bu dۆnřm, toplumsal yapıda kۆkl bir değişime yol açmıştır. İşgücü, tarım sektöründen kentlere doğru bir güçle sağlanmış ve emek ağırlıklı üretimden, makineler aracılığıyla yapılan üretime geçilmiştir. Ancak, makinelerin maliyeti sermaye sahiplerini ۆn plana çıkarmış ve küçük ustalar ile sanayicilerin “işçi” sınıfına dۆnřmesine sebep olmuştur. Bu süreçte, yeni bir sınıf olan işçi sınıfı ortaya çıkmış ve toplumsal dengeler radikal bir şekilde değişmiştir (Yılmaz ve Aktaş, 2018). Sanayi devrimi dۆnemi James Watt’ın, New Comen’in atmosferik buhar makinesini ticari olarak kullanılabilcek düzeyde geliştirmesiyle de bilinmektedir (Günay, 2002) (şekil 1.1).

Şekil 1.1

New Comen'in Atmosferik Buhar Makinasının Çalışması (Günay,2002, s. 14)



1.1.2 İkinci endüstri devrimi (Endüstri 2.0)

Teknik ilerlemelerin; elektrik motoru, içten yanmalı motor, elektrik ampulü, telefon, telsiz, telgraf gibi icatlara dayalı sanayilerin 19. yüzyılın ikinci yarısında dünya ekonomik sistemini değiştirmesiyle geçilen bu yeni dönem, İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) olarak adlandırılmaktadır (Günay, 2002). 19. yüzyılın sonlarından 20. yüzyılın başlarına kadar olan zaman dilimini kapsayan dönemde, özellikle 20. yüzyılın başlarında sanayileşme ve teknolojik ilerleme hız kazanmıştır. Endüstri 2.0 dönemi, 19. yüzyılın sonundan 1980'lere kadar olan süreci kapsamaktadır. Bu dönemde, üretimde buharın, kömürün ve demirin yanı sıra elektrik, çelik, petrol ve bazı kimyasal maddeler de kullanılmaya başlanmıştır. Temel teknolojik yenilikler elektrik, elektronik, mekanik cihazlar ve arabalardır.

Seri üretim bu dönemin kilit faaliyetidir. Seri üretim teknolojileri ile talebin üzerinde ürün üretilmeye başlanmış ve "ne üretirsem onu satarım" yaklaşımı pazarda hakim anlayış haline dönüşmüştür. Ford otomobil fabrikasının kurucusu Henry Ford'un siyah renkte tek tip otomobili T Model⁴; dönemin üretim anlayışını tanımlayan bir üretim örneğidir

⁴ Birçok denemeden ve alfabenin harfleriyle gösterilen araba modellerinin üretilmesinden sonra, 1903 ile 1908 yılları arasında Henry Ford ve mühendisleri, Model A'dan Model S'ye kadar alfabenin 19 harfini hızla incelediler. 1908 yılında efsane T Modeline ulaştılar (Mihaela, 2015, s. 86)

(Yavan, s. 5). Bu üretim şekli istihdama sağladığı önemli katkı ve iş imkanlarında sunduğu çeşitlilik bakımından sıradan insanların yaşam standartlarını önemli ölçüde geliştirmiştir (Şahin ve Kaya, 2019). Alçın'a (2016, s. 20) göre, Birinci Endüstri Devrimi "ekonomik pazarlar için kelimenin tam anlamıyla kopuşu" olarak tanımlanmaktadır.

Sanayi devrimlerinin tanımlanmasında kullanılan enerji kaynakları belirleyici unsur sayılmaktadır. Birinci sanayi devrimi döneminde kömür ve odun gibi kaynaklar kullanılırken, ikinci sanayi devriminde patlamalı motor ve elektrik ön plana çıkmıştır. İkinci sanayi devriminin liderliği İngiltere'den ABD ve Almanya'ya geçmiştir. Bu dönemdeki üretim artışı, Birinci Dünya Savaşı'na zemin hazırlamıştır. 1929 Büyük Buhranına kadar yaşanan ekonomik ve siyasal yapılanma değişimleri, sonrasında ekonomik dünyanın yeniden şekillenmesine ve iktisat bilimi ile doktrinlerinde değişikliklere yol açmıştır (MÜSİAD, 2017).

İkinci endüstri devrimi için yaygın kabul gören başlangıç ilk olarak Henry Ford'un otomobil fabrikasında uygulanan ve özellikle II. Dünya Savaşı sonrası dönemde - Keynesyen harcamacı politikaların da etkisiyle - yaygın olarak benimsenen kitlesel üretim çağı olmuştur. Bu dönem Fordizm⁵ olarak anılmaktadır. Bu dönemin üretiminin karakteristik özelliği kayan bant sisteminin varlığıdır. Bu sistem tek tipe dayalı kitlesel üretimi olanaklı kılmıştır. 60'lı yılların sonlarına kadar fordizmin kitlesel üretimi ülkelerin üretime ilişkin temel stratejini oluşturmuştur. Rekabetteki yoğunlaşma ve tüketici tercihlerindeki çeşitlenme fordizmin sunduğu tek kalıp üretimi zorlamaya başlamış ve nihayetinde 1973 petrol krizi sonrasında bu sistem çökmüştür (Alçın, 2016).

1.1.3 Üçüncü endüstri devrimi (Endüstri 3.0)

Birinci ve ikinci endüstri devrimleri, modern toplumun şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Bu devrimler, ideoloji, sosyal hiyerarşi, üretim ve dağıtım, uluslararası ilişkiler ve teknolojik gelişmeler gibi birçok alanda iki yüzyıl boyunca büyük değişikliklere neden olmuştur.

⁵ Fordizm: "Sanayi üretiminin büyük oranda kitlesel üretim olarak gerçekleştirildiği, idari işler ile kol kuvvetine dayalı işlerin Taylorist bir ayırımla belirlendiği, iş bölümünün ve iş tanımlarının katı bir şekilde yapıldığı, ürün standartlaştırmasının verimlilik artışları getirdiği ve artan talebin bu standartlaşmayı hızlandırdığı bir üretim biçimidir"(Eraydın, 1992).

Üçüncü sanayi devriminin amacı ise toplumun hemen her yönünü, özellikle yaşam tarzını ve planlamasını değiştirmektir. ARPANET⁶'in 1969'da geliştirilmesi ve günümüz internet ağının temellerini oluşturmaları, Endüstri 3'ün temel tetikleyicisi olmuştur. Bu devrim, önceki devrimlere benzer şekilde, imalat, dağıtım ve enerji alanlarındaki teknolojik ilerlemelerden beslenmektedir. Bu teknoloji, üretimin küreselleşmesine ve iş yapılarının değişerek yeniden dağılmasına katkı sağlamaktadır (İnci, 2020).

Üçüncü endüstri devrimi dönemi bilgisayar, bilgi teknolojisi ve dijitalleşme alanlarındaki gelişmelerin etkilerinin görüldüğü bir dijital devrim dönemidir. Dijital teknolojinin üretim ve servis otomasyonuna imkan sağladığı bu dönemde, imalat süreçleri seri üretimden kitlesel kişiselleştirmeye doğru gelişmiştir. Üretim sistemlerinde önemli değişiklikler yaşanmış, internet teknolojileri üretimi yaygınlaştırmış ve geniş kitlelerin erişimine açık hale getirmiştir. Bu gelişmeler, üretim ve tüketim alanında önemli değişimlere yol açmış, dünyayı tek bir pazar haline getirerek küreselleşmeyi ekonomik, sosyo-politik ve kültürel açılardan etkilemiştir (Şahin ve Kaya, 2019).

Bilgisayarların üretim süreçlerine ve sistemlere dahil edilmesiyle 1970'lerde başlayan üçüncü endüstri devrimi, üretimin bilgisayar destekli makinelerle otomasyonu olarak tanımlanmıştır. Teknolojinin hızlı gelişimiyle diğer devrimlere kıyasla kısa bir sürede oluşmuştur. Üretimdeki artış, bilgisayar ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte dünya çapında e-ticaret olgusunun doğmasına yol açmıştır. İnternet sayesinde yerel ürünlerin küresel talep görmesi, şirketler arasında rekabeti artırmış ve büyümelerini sağlamıştır. Rekabetin artmasıyla birlikte şirketler, teknolojinin gelişimiyle tedarik zincirlerini daha kontrollü ve planlı hale getirmiştir. Bu dönemde lojistik süreçlere entegre edilen yazılımlar, depo yönetimi, taşıma planlaması ve müşteri siparişlerinin dijital olarak kontrolünü sağlayarak lojistik süreçlerin daha verimli hale gelmesini sağlamıştır. Bu süreç, lojistik faaliyetlerin kapsamlı bir süreç haline gelmesine ve tedarik zinciri kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Kullanılan teknolojik gelişmeler, işletmelerin lojistik planlamalarını kolaylaştırmış ve küreselleşmeyi artırmıştır (Ata, 2023).

⁶ ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network): Soğuk Savaş döneminde, bilim insanlarının ve araştırmacıların iş birliğini kolaylaştırmak ve dosya paylaşımını sağlamak amacıyla kurulan dünyanın ilk bilgi işlem ağıdır. Bu ağ, nükleer bir saldırı durumunda telefon hatlarının kullanılamaması durumunda bilgisayar iletişimini sürdürmeyi amaçlamaktadır (Dilek Eren vd., 2019).

Üçüncü endüstri devrimi, 1970'lerden 2010'a kadar süren bir dönemi kapsamakta ve üretimin otomasyonu ve dijitalleşmesini içermektedir. Bu devrim, bilgisayar teknolojisi, mikroelektronik, fiber optik ve diğer alanlardaki ilerlemelerle birlikte enerji kaynaklarının dönüşümünü ve çevresel kaygıların artmasını işaret etmektedir. Fosil yakıtların tükenmesi ve çevresel etkilerin artmasıyla, yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Dördüncü endüstri devrimi ise bu olumsuz etkilere maruz kalmadan, atomaltı enerji kaynaklarından yararlanarak yapay zeka, 3D yazıcılar, robot teknolojisi ve sürücüsüz arabalar gibi yeni buluşlara olanak sağlamaktadır (Davutoğlu, 2020). Dördüncü endüstri devriminin tarihsel gelişimi Tablo 1.1'de kronolojik sırayla gösterilmiştir.

Tablo 1.1

Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi (Özkan vd., 2018, s. 133)

Mekanik Üretim Tesislerinin Uygulanması (18. Yüzyıl)	
1712	Buhar Makinesinin İcadı
Elektrik ve İş Bölümüne Dayalı Seri Üretime Geçilmesi(19.-20. Yüzyıl)	
1840	Telgraf ve 1880 Telefon İcatları
1920	Taylorizm (Bilimsel yönetim)
Üretim Süreçlerinin Otomasyonu (20. Yüzyıl)	
1971	İlk mikro bilgisayar (Altair 8800)
1976	Apple I (S. Jobs ve S. Wozniak)
Otonom Makineler ve Sanal Ortamlar (21. Yüzyıl)	
1988	AutoIDLab. (MIT)
2000	Nesnelerin İnterneti
2010	Hücresel Taşıma Sistemi
2020	Otonom Etkileşim ve Sanallaştırma

1.1.4 Dördüncü endüstri devrimi (Endüstri 4.0)

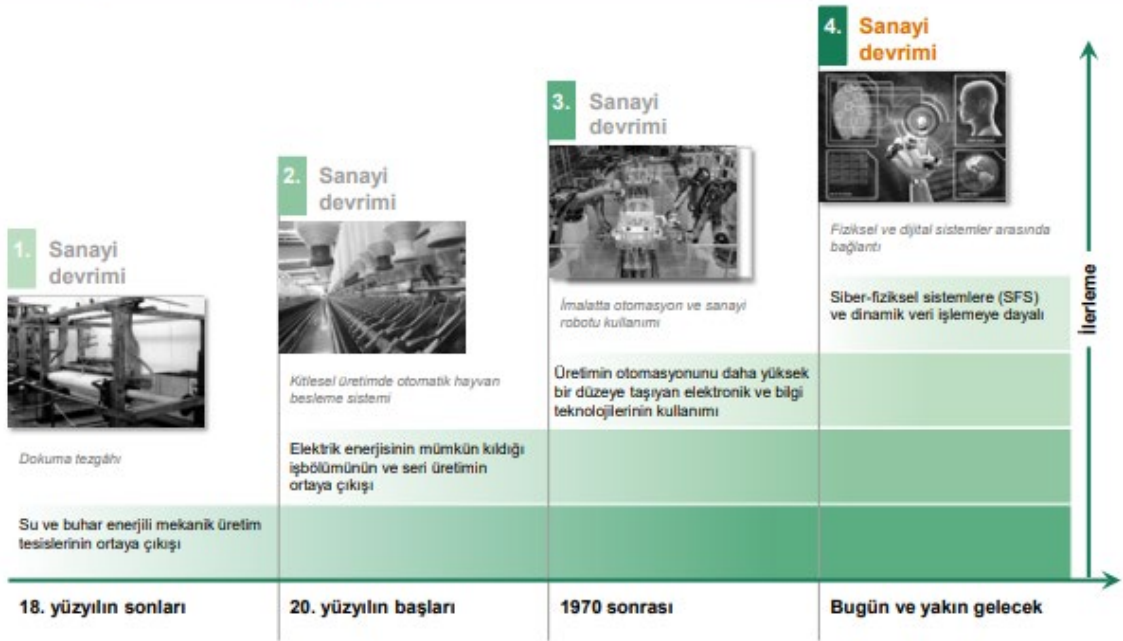
“1900’lü yılların son çeyreğinden itibaren ortaya çıkan bilişim teknolojileri üretim sistemlerinin otomasyonu geliştirmekle kalmayarak dijitalleşmenin de önünü açmıştır. Böylece sayısallaştırmayla başlayıp, 2000’li yıllarla birlikte, endüstri devriminin dördüncü aşaması ya da Endüstri 4.0 olarak kabul edilen siber fiziksel sistemlere, yani sensörler yardımıyla fiziksel dünyayı sanal bilgi işlem dünyasına bağlayan sistemlere geçişle ilerleyen yeni süreç dijital dönüşüm dalgasını başlatmıştır. Bu dönüşüm, akıllı fabrika sisteminin oluşmasında büyük rol oynayan nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti ve siber-fiziksel sistemlerden oluşan bir değerler bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır” (Yankın, 2019, s. 4). Fiziksel ve dijital sistemlerin hayatımıza girmesiyle

başlayan ve endüstri devrimlerinin son aşaması olan Endüstri 4.0'ın tarihsel süreci Görsel 1.1 de aşamalarıyla gösterilmiştir.

Görsel 1.1. Sanayi (D)evriminin Aşamaları

Kaynak: TÜSİAD (2016, s. 19)

Sanayi 4.0, sanayi (d)evriminin dördüncü aşaması



Endüstri 4.0, Almanya'nın öncülük ettiği bir girişim olup, üretim ortamının dijitalleştirilmesi ve otomasyonuna odaklanmaktadır. İlk kez 2011'de Hannover Fuarı'nda tanıtılmıştır. Bu yeni endüstri devrimi, sadece üretimi değil, aynı zamanda "akıllı" olarak adlandırılan birçok alanda (bina, fabrika, şehir, ulaşım vs.) dijitalleşmeyi ifade etmektedir. Üretim sürecindeki otomasyon, nesnelerin hâkimiyetini artırarak insan kas gücüne olan gereksinimi azaltmıştır. Makineler, insan gücüyle yapılan işleri daha hızlı ve düşük maliyetle gerçekleştirebilmektedir. Maliyetlerin düşmesi, yeni teknolojilerin hızla geliştirilmesini teşvik etmiştir. Bu süreç, çalışma ilişkilerinde önemli değişikliklere yol açmıştır (İnci, 2020).

Dördüncü sanayi devrimi, diğerlerinden farklı olarak sensörler, veri, bilgi ve işlem unsurlarını vurgulamaktadır. Bu unsurlar, Endüstri 4.0'ın niteliksiz işgücünün rolünü azaltarak, hatalı ve istikrarsız işlemleri ön plana çıkardığı bir dönemi temsil eder. Endüstri 4.0'ı diğer devrimlerden ayıran en belirgin özellik, bu dört unsurun önemi ve etkileşimidir. Bu unsurlarla birlikte gerçekleşen üretim süreci, niteliksiz işgücünü ortadan kaldırırken,

hatalardan arındırılmış ve istikrarlı bir üretim modeli sunar. Şekil 1.2’de, dördüncü sanayi devriminin üretim modellemesi dört aşamada gösterilmektedir.

Şekil 1.2

Dört İşlemde Endüstri 4.0 (Sener ve Elevli, 2017, s. 27)



Endüstri 4.0 dönemi, nesnelerin interneti, büyük veri, elektrikli araçlar, 3D baskı, bulut bilişim, yapay zeka ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojik yeniliklerin gündemde olduğu bir dönemdir (Şahin, 2014). Tablo 1.2’de, dördüncü sanayi devriminin farklı tanımları özet şeklinde görülmektedir.

Tablo 1.2

Endüstri 4.0 Tanımının Özeti

Yazar ve Tarih	Tanım
Kagermann, Wahlster ve Helbig (2013)	İletişim teknolojisinin gücünden ve icatlardan yararlanan Endüstri 4.0, imalat sanayisinin gelişimini hızlandıran bir süreçtir.
Schumacher, Erol ve Sihn (2016)	İleri teknoloji ağıyla değer zincirini dönüştüren Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti, yapay zeka, robotik ve katmanlı üretim gibi alanlarda ve üretim süreçlerinde yeni bir çağa yol açıyor.
Mrugalska ve Wyrwicka (2017)	Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde devrim yaratmak için gelişmiş makinelerin, gelişmiş yazılımların ve ağ bağlantılı sensörlerin entegrasyonunu temsil eder. Hem toplumsal sonuçların hem de iş modellerinin planlanması, tahmin edilmesi ve kontrolü için modern araçların kullanımını kapsar.
Schuh, Potente, Wesch-Potente, Weber ve Prote (2014)	Endüstri 4.0; üretimle ilişkili tüm birimlerin birbiriyle ortak bir şekilde çalışmasını, karar verme süreçlerinin iyileştirilmesini planlar ve dijital verilerin, bilişim teknolojilerinin ve yazılımın birbiriyle entegre halde çalışmasını öngörür.

Sanal gerçeklik ile gerçek dünya arasındaki sınırların belirsizleşmesi ile siber-fiziksel sistemler adı verilen bir fenomen ortaya çıkmaktadır. Üretim işletmeleri şu anda bu teknolojileri benimseyerek Endüstri 4.0'ı gerçekleştirmektedir. Ancak bu durum, tüm firma seviyelerindeki artan karmaşıklık, gelişen teknolojik yetenekler ve bu yetenekleri geliştirmek için uygun stratejiler konusunda belirsizlik yaratmaktadır (Schumacher vd., 2016).

Mrugalska ve Wyrwicka'ya (2017) göre “karmaşık fiziksel makinelerin ağ bağlantılı sensörler ve yazılımlarla entegrasyonu olarak tanımlanan Endüstri 4.0, daha iyi iş ve toplumsal sonuçları tahmin etmeyi, kontrol etmeyi ve planlamayı amaçlamaktadır” (s. 469). Endüstri 4.0, özünde, rekabetçi ürün ve hizmetlerin tasarımı ve uygulanmasından güçlü ve esnek lojistik ve üretim sistemlerinin geliştirilmesine kadar her şeyi kapsayan, gelecekte rekabet edebilirliğin sağlanmasına yönelik bir strateji olarak hizmet vermektedir.

Acatech (2013, s. 15-16) “Endüstri 4.0 Girişimi” Çalışma Grubunun nihai raporunda, Endüstri 4.0 girişiminin büyük bir potansiyelini şöyle sıralamaktadır:

- **“Bireysel müşteri ihtiyaçlarının karşılanması:** Endüstri 4.0 bireysel, müşteriye özel tasarımda yer alacak kriterler, sipariş, planlama, üretim ve işletme aşamaları halinde son dakika değişikliklerinin yapılmasını sağlar.
- **Esneklik:** Siber- Fiziksel Sistemler tabanlı özel ağ iletişimi, dinamikliği mümkün kılar. İşin farklı yönlerinin yapılandırılması; kalite, zaman, risk, sağlamlık gibi süreçlerin fiyat ve çevre dostu olması bu sürekliliği kolaylaştırır.
- **Optimize edilmiş karar alma:** Endüstri 4.0 şunları sağlar; gerçek zamanlı olarak uçtan uca şeffaflık, tasarım kararlarının doğrulanması, küresel optimizasyon.
- **Kaynak üretkenliği ve verimliliği:** Endüstriyel sektörler için genel stratejik hedefler üretim süreçleri hala Endüstri 4.0 için geçerlidir; mümkün olan en yüksek ürün çıktısını sunmak, belirli bir kaynak hacminden (kaynak üretkenliği) ve mümkün olan en düşük miktarda kaynaktan yararlanmak gibi hedefler mevcuttur.
- **Yeni hizmetler yoluyla değer fırsatları yaratmak:** Endüstri 4.0 yeni istihdam biçimleri aracılığıyla değer yaratmanın yeni yollarını açmaktadır.
- **İş yerinde demografik değişime yanıt vermek:** Endüstri 4.0, işgücü çeşitliliğinin artması açısından (yaş, cinsiyet ve kültürel arka plan) ve esnek kariyer yollarını mümkün kılacak şekilde insanların daha uzun süre çalışmaya devam etmelerine ve üretken kalmalarına olanak tanır.
- **İş-yaşam dengesi:** Çalışanların artan ihtiyaçlarını karşılamak için işleri, özel yaşamları ve ayrıca kişisel gelişimleri ile mesleki gelişimleri ve hayatları arasında daha iyi bir denge kurmalarına olanak tanır.
- **Hala rekabetçi olan yüksek ücretli bir ekonomi:** Endüstri 4.0'ın ikili stratejisi Almanya'nın lider tedarikçi konumunu geliştirmesine ve aynı zamanda Endüstri 4.0 çözümleri için lider pazarı haline gelmesine olanak sağlayacaktır” (s. 15-16).

1.2 Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

“Dördüncü Endüstri Devrimi, nesnelerin internet üzerinden birbirine bağlanabildiği, gerçek zamanlı verilere ulaşım ve siber-fiziksel aygıtların tanıtılması yardımıyla tamamen yeni bir düzeye ve dijital teknolojiye önem vermektedir” (Işık ve Erol, 2020, s. 91).

Yankın'a (2019, s. 1) göre, 2000'li yıllardan itibaren yapay zeka ve robot teknolojilerinin gelişmesi, 3D yazıcıların yaygınlaşması, nesnelerin interneti ve akıllı fabrika sistemleri gibi yeniliklerle birlikte sürücüsüz araçlar, üretim süreçlerinde köklü değişimlere yol açmıştır. Bu gelişmeler, dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 sürecini tanımlamaktadır. Bu çerçevede, sensörler aracılığıyla fiziksel dünyayı sanal bilgi işlem dünyasıyla birleştiren siber fiziksel sistemler, dijital dönüşüm sürecini de başlatmıştır.

“Endüstri 4.0, üretim ve tüketim ilişkilerini temelden değiştiren bir yapıdır. Tüketicinin değişen ihtiyaçlarına anlık olarak uyum sağlayan üretim sistemleri ile sürekli iletişim ve koordinasyon halinde olan otomasyon sistemleri, bu yeni dönemin karakteristik özelliklerini oluşturur” (Alçın, 2016). “Endüstri 4.0, teknolojilerin ve değer zinciri organizasyonları kavramlarının kolektif bir bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır” (Özkan vd., 2018, s. 134). Genel olarak siber- fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim sistemleri, akıllı sistemler, 3D yazıcılar ve yapay zeka gibi temel kavramlara sıkça rastlanmaktadır. “Endüstri 4.0 dijital dönüşümlerle, robotik teknolojilerin büyük ölçüde insan kaynağının yerini alacağı, akıllı fabrikalar ve nesnelerin interneti ile bütünleşik bir yapıyı göstermektedir” (Şendoğdu, 2020, s. 163).

Akıllı fabrikalar, sensörlerle iş ihtiyacını algılayarak internet aracılığıyla diğer üretim araçlarıyla iletişim kurar ve bulut sistemlerindeki büyük veriden ihtiyaç duydukları üretim bilgisini alır. “Nesnelerin interneti, üretim araçlarının birbirleriyle iletişimini olanaklı kılar, siber- fiziksel sistemler ise fiziksel ve siber dünya arasındaki iletişim ve koordinasyonu içerir” (Alçın, 2016). “Bu süreçte firmaların kalite, verimlilik, hız, rekabet ve bilgiye dayalı inovatif teknolojileri geliştirmesi ve bu doğrultuda üretim yapmaları ve teknolojinin geleceği konusunda öngörüye sahip olmaları, değişime, gelişime hızlı ayak uydurmaları kendilerini güncellemeleri ve yenilemeleri gerekmektedir. Küresel rekabetin yoğun olduğu günümüz koşullarında ancak bu şekilde varlıklarını sürdürebilirler” (Yıldız Tonga ve Tonga, 2022, s. 41).

1.2.1 Siber-fiziksel sistemler

“Fiziksel dünya ile siber dünya arasındaki iletişim ve koordinasyonu içeren yapıların bütünü Siber-Fiziksel Sistemler olarak adlandırılmaktadır” (Alçın, 2016, s. 20). “Siber-fiziksel sistemler fiziksel süreçlerle hesaplamanın bütünleştirilmesidir” (Yıldız, 2018, s. 549). Alçın, “siber-fiziksel sistem” kavramının ilk olarak 2006 yılında ABD’de, fiziksel dünya ile bağlantılı bilgisayar sistemlerinin artan önemine vurgu yapmak için Lee tarafından kullanıldığını ifade etmiştir (2016, s. 23).

Bektaş (2021, s. 21)’a göre Endüstri 4.0’ın en temel unsurlarından biri, fiziksel ve sanal dünyaların bir araya gelmesidir. Bu bütünleşme, siber-fiziksel sistemler aracılığıyla mümkün hale gelmektedir. Siber-fiziksel sistemler, ağlar yardımıyla birbirleriyle iletişim kuran bilgisayarların fiziksel süreçleri analiz etmesi, hesaplamalar yapması, kontrol sağlaması ve bu süreçlere ilişkin geri bildirimler sunması olarak tanımlanabilir.

Siber- fiziksel sistemlerin evrimsel gelişimi, teknikler arasındaki etkileşimin sonucudur. Siber- fiziksel sistemler, iki baskın yenilik alanının daha da geliştirilmesi ve entegre kullanımının sonucudur; bir yanda gömülü yazılıma sahip sistemler, internet gibi küresel veri ağları ve diğer yanda etkileşimli uygulama sistemleri mevcuttur. Küresel ölçekte faaliyet gösteren ve iş birliği yapan şirketlerin kullandığı sensörler ve iletişim ağlarından oluşan güçlü bir altyapı bulunmaktadır (Geisberger ve Broy, 2012).

1.2.2 Nesnelerin interneti

İnternetin yaygınlaşmasıyla birlikte, nesnelerin internete bağlanması yeni bir fenomen doğurmuştur; Nesnelerin İnterneti “Üretim araçlarının birbirleriyle kurdukları iletişim ve etkileşim internet aracılığıyla sağlanmaktadır. Nesnelerin birbiriyle iletişimini olanaklı kılan yapılara Nesnelerin İnterneti (IoT – Internet of Things) adı verilmektedir” (Alçın, 2016, s. 20). “Nesnelerin interneti kavramı bir İngiliz girişimci Kevin Ashton tarafından oluşturulmuştur. Fikir, maddi dünyanın bilgisayarlarla (veri alışverişi) her yerde bulunan sensörlerle iletişim kurduğu bir sistemi tanımlamak için 1999’da formüle edilmiştir” (Yıldız, 2018, s. 550).

İnternetin evrimi ve teknolojinin ilerlemesiyle, bu cihazlar arasındaki etkileşim giderek artmış ve günlük yaşamımızda önemli bir yer edinmiştir. Bu dönüşüm, nesnelerin interneti kavramının doğuşunu ve gelişimini sağlamıştır (Akince, 2021). “Resmi olarak ilk tanım ise 2005 yılında kısa mesafeli mobil alıcı-vericileri, parçalara ve günlük nesnelere yerleştirerek herhangi bir zamanda veya herhangi bir yerde insanların ve nesnelerin etkileşimini gerçekleştirmek şeklinde yapılmıştır” (Bektaş, 2021, s. 23). “İlk olarak Kopetz (2011) tarafından kullanılan Nesnelerin İnterneti kavramı ile bir işyeri ya da fabrikada bulunan farklı kaynaklardan verilerin toplanılabilmesi, çoğaltılabilmesi ve organize edilebilmesini anlatmaktadır” (Alçın, 2016, s. 25).

Akince’nin ifadesi ile “nesnelerin interneti akıllı telefonların, sensörlerin kullanımının yaygınlaşması ile hayatın ayrılmaz bir parçası olmuş ve insan hayatını kolaylaştırmıştır” (2021). “Ancak insan hayatını kolaylaştıran bu teknoloji insanların kafasında çok önemli bir soru işareti oluşturmuştur. Bu soru gizlilik ve güvenlik sorusudur” (Akince, 2021, s. 55). “Uzaktan algılama, performans izleme görevleri yürütme özellikleri olan nesnelerin internetinin uygulama alanları bazı alanlarda sınırlı kalsa da endüstri, enerji sistemleri, ev otomasyonu, lojistik, sağlık, tarım gibi alanlarda uygulamalarıyla karşımıza çıkmaktadır” (Endüstri 4.0, 2021).

1.2.3 Büyük veri

“Endüstri 4.0 içerisinde işletme ve endüstrilerin ihtiyaç duyulan yüksek hızlara ulaşılabilmesinde en etkili stratejilerden bir tanesi de büyük veri uygulamasıdır. Büyük veri, internet ve diğer uygulamalar sayesinde bir araya getirilerek dijitalleştirilmiş veri tabanlarını tanımlamak için kullanılmaktadır” (Öçal, 2021, s. 62). IBM’e göre, büyük verinin dört bileşen ile karakterize edilir. Bu bileşenler; çeşitlilik, hız ve doğrulama şeklindedir ve bu bileşenler her türlü veri için geçerlidir. Bileşenlerin kısaca tanımları şu şekildedir (Zikopoulos vd, 2013’ten aktaran Boz Eravcı, 2020, s. 95).

- “Hacim: Veri miktarı ve büyüklüğünün ifade edildiği terabayt, petabayt veya daha fazlası olarak adlandırılan bir tanımdır.
- Hız: Hareket halindeki veriler veya akış verilerinin hızını ve verinin sisteme girme hızını gösterir.
- Çeşitlilik: Her türden yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri; metin, video, sensör verileri, tıklama akışları, ses, günlük dosyaları ve daha fazlasının içeriğini, kapsamını ve yapısını belirtmekte kullanılır.
- Doğrulama: Verilere güvenilirliğinin kontrolü ve doğrulaması ile ilgilidir.”

1.2.4 Bulut bilişim sistemleri

“Kişisel bilgisayarlarımızda kullandığımız yazılım ve donanım bileşenlerinin internet yoluyla uzaktan kullanılması bulut bilişim olarak tanımlanmaktadır” (Küçüksille vd., 2013, s. 695). “Bulut bilişim internet ve ağ tabanlı bilgi enformasyon yaklaşımıdır. İnternet ağına bağlı olarak bulunan sunucu bilgisayarlar ve programlar işlerin büyük bölümünün ağ ve internet ortamında yapılmasına olanak sağlar” (Erdem, 2020, s. 17).

Alçın'a (2016, s. 26) göre, büyük veri gibi sistemler, firmaların sunucu (server) ihtiyaçlarını azaltarak üretim süreçlerinde gerekli bilgilere daha kolay ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu sistemler, bilginin kamusal niteliğini daha görünür hale getirerek işletmeler için maliyet tasarrufu sunarken, tüketicilere ise daha uygun fiyatlarla ürün ve hizmet imkanı sunmaktadır. Kullanıcılar, bulut bilişim hizmet sağlayıcıları tarafından sunulan altyapı, platform veya yazılım hizmetlerini internet üzerinden istedikleri zaman ve yerden kullanabilirler. Bu sayede, kullanıcılar kendi donanım ve yazılım yatırımlarını azaltabilir ve daha esnek bir şekilde bilgi teknolojileri hizmetlerinden faydalanabilirler. Erdem'e göre bulut bilişimin avantaj ve dezavantajları şu şekildedir (2020, s. 18):

- Avantajları; “bulut bilişim sistemleri hızlı kullanım kolaylığı sağlar. Seri depolama imkanı ve yedekleme maliyetlerinde tasarruf yapılması imkanı sağlamaktadır. Sistem tam performans ile çalışır, işletim sistemleri arasında uyumsuzluk yoktur. Dokümanların açılması ve görüntülenmesinde sorun yaşanmaz”.
- Dezavantajları; “İnternet bağlantısında yaşanan sorunlar nedeniyle işler aksar. Bulut bilişiminde kontrolün sınırlı olması veri güvenliği ilkesini tehlikeye sokar. Bulut bilişim teknolojisi dataları saklaması, kullanıcıların verilerin güvenliğini tehlikeye sokması güvenilirliği ve gizliliği sağlayamamaktadır. Ülkelerin finansal durumlarından dolayı teknolojik ayrılmalar artacak ve siyasi ve finansal sorunlar meydana gelecektir.”

1.2.5 Akıllı sistemler, 3D yazıcılar

Akıllı sistemler, genellikle yapay zeka, makine öğrenimi ve sensör teknolojilerini kullanarak çevrelerini algılayabilen, veri işleyebilen ve buna göre kararlar alabilen sistemlerdir. Bu sistemler genellikle otomasyon, veri analizi, tahminleme ve optimize etme gibi alanlarda kullanılır ve birçok endüstride, sağlık hizmetlerinden üretim sektörüne kadar çeşitli uygulamalarda bulunabilirler. “Klasik anlamda akıllı otonom sistemler, otonomiye ön plana çıkaran kendi hedefleri doğrultusunda karar verebilen ve buna uygun hareket edebilen, değişen ortam şartlarına adapte olabilen ve diğer sistemlerle etkileşim kurabilen sistemlerdir” (Topçu, 2015, s. 18).

Yıldız'a (2018, s. 551) göre, Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikaları, iş gereksinimlerini sensörler yardımıyla algılayan, internet üzerinden diğer üretim araçlarıyla iletişim kuran ve ihtiyaç duydukları üretim bilgilerini bulut sistemlerindeki büyük veriden elde eden akıllı makineler ve sistemlerden oluşmaktadır.

Öçal'a (2021, s. 61) göre, siber-fiziksel sistemlerin üretim süreçlerine entegre edilmesiyle akıllı fabrikalar ortaya çıkmaktadır. Akıllı fabrikalarda ürünler, kaynaklar ve süreçler siber-fiziksel sistemlerle bir araya getirilmiştir. Geleneksel üretim sistemleriyle karşılaştırıldığında bu yapı, kalite, zaman, kaynak kullanımı ve maliyet açısından önemli avantajlar sunmaktadır. 3D yazıcılar ise üç boyutlu nesneleri katman oluşturarak baskı yapabilen cihazlardır. Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarıyla oluşturulan dijital modelleri kullanarak çeşitli malzemeleri kullanarak gerçek dünyada nesneleri üretebilirler. 3D yazıcılar, prototip üretimi, özel parçaların imalatı, tıbbi uygulamalar ve hatta gıda üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar, katmanlı üretim yöntemiyle çalışan cihazlardır. Katman kesitlerinin bir araya gelmesiyle nesneler üretilir. Bu teknoloji, aslında oldukça eski bir geçmişe sahiptir ve 1902'de ilk patentler alınmıştır. "Üç boyutlu yazdırma" terimi genellikle bireysel ve amatör işleri çağrıştırırken, "katmanlı üretim" daha profesyonel işleri ifade eder (Şahin ve Turan, 2018, s. 98). Erdem'e göre, katmanlı imalat teknolojilerinde kullanılan modeller, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla, 3 boyutlu yazıcılar ve tarayıcılar veya 3 boyutlu kameralarla elde edilebilir (2020).

Üç boyutlu yazıcılar, kişisel bilgisayarların veya yazıcıların gelişim sürecinden farklı bir süreç izlemiştir. Gelişimleri genellikle girişimci ve meraklı bireylerin kontrolünde olmuştur. Bu durum, teknolojinin farklı amaçlar için çeşitli çözümler üretmesine ve farklı teknikler, üretim biçimleri ve malzeme türlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bektaş'a (2021) göre, "son dönemde ısı ve nem gibi çevresel değişikliklere tepki vererek kendi kendini değiştiren ürünler yaratmak amacıyla 4D üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu teknolojinin insan vücuduna uyum sağlamak üzere tasarlanmış implantlar gibi sağlığı ilgilendiren ürünlerde olduğu kadar kılık kıyafet ve ayakkabılarda da kullanılması planlanmaktadır". Gülerüz'e (2020, s. 26) göre, üç boyutlu yazıcılar; robotik, havacılık ve uzay, eğitim, ayakkabı tasarımı, aksesuar üretimi, inşaat mühendisliği, coğrafi bilgi sistemleri, mücevher tasarımı, heykelticilik, otomotiv endüstrisi, endüstriyel ve mimari tasarımlar, dişçilik ve tıp gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

1.2.6 Yapay zeka

Yapay zeka, insan benzeri düşünme, öğrenme ve problem çözme yeteneklerini simüle eden, bilgisayarlar ve yazılımlar aracılığıyla çalışan bir teknoloji alanıdır. Veri analizi, öğrenme algoritmaları ve otomasyon sayesinde yapay zeka, karar verme, öngöründe bulunma ve çeşitli görevleri yerine getirme yeteneğine sahiptir. Günümüzde sağlık, eğitim, ulaşım ve iş dünyası gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Binbir'e (2021, s. 315) göre, yapay zeka kavramı genellikle pozitif bilimlerle ilişkilendirilen ve sıkça karşılaşılan bir konu olarak ön plandadır. Ancak günümüzde, yapay zeka, Endüstri 4.0'ın etkisiyle sadece pozitif bilimleri değil, birçok farklı bilim dalını beraberinde etkilemeye başlamıştır. Yapay zeka, "herhangi bir makinenin veya makiye bağlı başka bir parçanın zeki canlılara benzer bir şekilde hareket edebilme yetisine denmektedir" (Bektaş, 2021, s. 36). "Günümüzde yaşamakta olduğumuz teknoloji çağının en önemli buluşlarından biri de yapay zeka teknolojisidir" (Sucu, 2019, s. 204).

"Sürücüsüz araç tasarımı, finansal analiz, bireysel eğitim uygulamaları, pazarlama analizleri, müzik ilişkilendirme uygulamaları gibi birçok faaliyetlerinde yer alan yapay zeka, gün geçtikçe farklı uygulama alanlarına da sirayet etmektedir" (Artut, 2019). Yapay zeka, bilgisayar sistemlerinin insanların zeka benzeri görevleri gerçekleştirebilmesini sağlayan bir alanıdır. Bu sistemler, veri analizi, örüntü tanıma, öğrenme ve problem çözme gibi yeteneklerle donatılmıştır. Yapay zeka teknolojileri, otonom araçlar, kişisel dijital asistanlar, sağlık tanı araçları ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Pirim'in tanımına göre, yapay zeka kavramı kronolojik olarak incelendiğinde dönemlere ayırmak mümkündür: "tarih öncesi dönem, karanlık dönem, rönesans dönemi, ortaklık dönemi, girişimcilik dönemi". Girişimcilik dönemi, 1980'de başlar. Bu dönemde "yapay zeka laboratuvarların dışına çıkarılarak, gerçek dünyanın ihtiyaçlarına göre çok daha kompleks uygulamalarla düşünülmüştür. Hala devam eden bir dönemdir" (2006).

Yapay zeka, gelecekte daha akıllı ve kişiselleştirilmiş hizmetlerle kullanıcı deneyimini geliştirecek önemli değişimlere öncülük etmesi beklenen bir alandır. Çetin'e (2024) göre, yapay zeka destekli teknolojiler, önümüzdeki yıllarda şu alanlarda önemli ilerlemeler kaydedecektir:

- Otonom araçlar ve robotlar
- Sağlık ve Tıp
- Eğitim
- Endüstriyel dönüşüm
- Otomasyon ve İşgücü
- Kişisel asistanlar ve akıllı evler

Yapay zeka, iş süreçlerini ve modellerini yeniden şekillendirerek iş dünyasında önemli değişiklikler yaratabilir. Bazı sektörlerde fırsatlar sunarken, bazılarında mevcut iş modellerini zorlayabilir. Hızla gelişen bu teknolojinin birçok sektörü derinden etkilemesi beklenmektedir.

1.3 Endüstri 4.0'ın Ekonomik Etkileri

Oldukça çeşitli ekonomik etkileri olan ve birçok sektörü etkileyen endüstri 4.0 “Mevcut küreselleşme dünya çapında sürekli artan sermaye ve tüketim malları talebini karşılama ve aynı anda insanoğlunun ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla sürdürülebilir gelişimini amaçlamaktadır” (Kasa, 2020, s. 306).

Endüstri 4.0, ekonomide verimliliği artırarak iş süreçlerini dönüştürür ve yeni iş olanakları yaratır. Ayrıca, küresel rekabetçiliği artırır ve teknolojiye yapılan yatırımları teşvik eder. “Geleneksel üretim modellerinin yerini almakta olan yeni ekonomik üretim modelinin, fabrikalarda vücut bulmasında etkili olan faktörlerden biri, üretimde verimlilik artışı sağlamaktır” (Doğru ve Meçik, 2018, s. 1589).

Üretim süreçlerindeki dijital dönüşümü ifade eden endüstri 4.0'da yaşanan dönüşüm, yapay zeka, otomasyon ve internetle bütünleşik üretim sistemleri ile gerçekleşir. “Gelişmiş ekonomilerde işgücü maliyetlerinin yüksek olması, ülkelerin dijital dönüşüme ve nihayetinde mesleki ve teknik eğitime adaptasyonunu hızlandıran etmenler olabilir” (Doğru ve Meçik, 2018, s. 1599). “Endüstri 4.0 ile birlikte rekabet avantajını yitirmiş gelişmiş pazar ekonomilerinin (ABD, Almanya, Japonya gibi) yeniden öne çıkma ihtimali güçlenmektedir” (Erden Özsoy, 2018, s. 263).

“Gelişmekte olan ekonomiler için işgücü maliyetlerinin düşük ve fiziki sermayenin pahalı olması, dijital dönüşümü yavaşlatan bir etmendir. Dijital dönüşümün yavaş gerçekleşmesi ülkeler için eğitimde dönüşümü geri planda bırakabilir” (Doğru ve Meçik, 2018, s. 1599). Geleneksel tedarik zincirleri, daha esnek ve adapte olabilen tedarik ağlarına evrilirken, küçük ve orta ölçekli işletmeler, bu katma değerli ağlarda önemli bir rol oynayacaklardır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0, geleceğin zorluklarına çözüm sunabilecek potansiyele sahiptir (Gabriel ve Pessl, 2016).

Eşiyok ve Demircioğlu'nun (2022) çalışmaları neticesinde OECD ülkelerinin Endüstri 4.0 performanslarına yönelik kapsamlı bir karşılaştırma yapılmıştır. Öne çıkan göstergeler ve bulgular şunlardır:

1. Kriterler ve Metodoloji:

- “Ülkelerin Endüstri 4.0 düzeylerini değerlendirmek için 14 farklı kriter kullanılmıştır: patent başvuruları, Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ye oranı, toplam araştırmacı sayısı, sabit geniş bant abonelikleri, güvenli internet sunucuları, endüstriyel robot yoğunluğu, kişi başına GSYİH, iş yapma kolaylığı, küresel inovasyon endeksi gibi faktörler.

- CRITIC yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, CODAS yöntemiyle ülkeler sıralanmıştır”.
- 2. Sonuçlar ve Sıralama:
 - “Ekonomik ve teknolojik olarak gelişmiş ülkelerden ABD, Japonya, Güney Kore ve Almanya en yüksek sıralarda yer almıştır.
 - Avrupa’nın önde gelen ülkeleri olan Danimarka, İsveç, Fransa, İsviçre, Finlandiya ve İngiltere, üst sıralardaki ülkeleri takip etmiştir.
 - Son sıralarda ise Slovenya, İspanya, Slovakya, Türkiye ve Meksika yer almıştır”.
- 3. Kriterlerin Ağırlıkları:
 - “Patent başvuruları, güvenli internet sunucuları ve endüstriyel robot yoğunluğu en yüksek ağırlığa sahip kriterler olarak öne çıkmıştır.
 - Küresel rekabet endeksi ve ağ hazırlığı endeksi ise en düşük ağırlıklara sahip kriterlerdir”.
- 4. Türkiye’nin Durumu:
 - “Türkiye, Endüstri 4.0 göstergeleri bakımından 19. sırada yer alarak son sıralarda bulunmuştur. Bunun temel nedenleri arasında Ar-Ge yatırımlarının ve dijital altyapı gelişmişliğinin diğer ülkelere kıyasla düşük olması gösterilmiştir” (Eşiyok ve Demircioğlu, 2022).

Yıldız Tonga ve Tonga’nın (2022) Endüstri 4.0’ın sanayinin geleceğine etkileri konulu çalışmasında endüstri 4.0 ve bilişim bileşenleri ele alınmış, bu kavramın üretim süreçlerini ve iş dünyasını nasıl etkilediği incelenmiştir. Çalışmaya göre, endüstri 4.0’ın temel bileşenleri bulut teknolojisi, 3D yazıcılar, nesnelerin interneti, büyük veri, otonom robotlar ve artırılmış gerçeklik uygulamalarıdır. Bu bileşenler, üretimde esneklik, verimlilik, düşük maliyet, kalite artışı ve hız gibi avantajlar sağlamaktadır.

Endüstri 4.0, geleneksel üretim sistemlerinin ötesine geçerek tüm süreçlerin dijital entegrasyonunu temsil etmektedir. Bu dönüşüm, sadece imalat süreçlerini değil, tedarik, finans, hizmet ve müşteri ilişkilerini de kapsamaktadır. Bu dönüşüme dünya genelinde yer aldığı gibi, Türkiye’nin de ayak uydurması önem taşımaktadır. Bu süreçte eğitim politikalarının geliştirilmesi, AR-GE çalışmalarının artırılması, devlet desteği sağlanması ve yenilikçi üretim sistemlerine geçiş kritik önem taşımaktadır.

Endüstri 4.0’ın istihdama yönelik tehditleri, nitelikli iş gücü ihtiyacı nedeniyle fırsata dönüştürülebilir. Bu süreçte dijital becerilere, eleştirel ve yaratıcı düşünme yetkinliklerine sahip bireyler yetiştirilmesi, sürecin başarısı için önemlidir. Böylece, toplum olarak Endüstri 4.0’a uyum sağlayarak rekabet avantajı elde edilebilir.

İKİNCİ BÖLÜM

2 ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞGÜCÜ PİYASASINA YANSIMALARI

İşgücü piyasasında köklü değişimlere yol açan Endüstri 4.0, bir endüstriyel dönüşüm sürecidir. Bu süreçte yapay zeka, dijitalleşme ve otomasyon gibi teknolojilerin benimsenmesiyle işgücü yapısında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Endüstri 4.0, işgücü piyasasında daha esnek, yenilikçi ve teknolojiye uyum sağlayabilen bireylerin ön plana çıkmasına olanak tanımaktadır. Nitelikli iş gücüne olan talep artarken, dijital becerilere, problem çözme yeteneğine ve yaratıcılığa sahip bireyler için daha fazla iş fırsatı doğmaktadır. Ayrıca, uzaktan çalışma ve esnek iş modelleri gibi uygulamalar yaygınlaşarak çalışma biçimlerinde dönüşüme neden olmuştur. Yantur'a (2022, s. 479) göre Almanya'nın öncülük etmesiyle birlikte, Endüstri 4.0 dünya genelinde önem kazanmaya başlamış ve ülkelerin bu sürece dahil olma çabası rekabeti artırmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin başka ülkelerle arasındaki rekabette Endüstri 4.0'a geçiş yapması ve bu süreçteki engelleri aşması büyük bir önem taşımaktadır. Bu süreçte işverenlerin ve hükümetlerin, işgücü piyasasında oluşan dengesizlikleri minimize etmek için mesleki eğitim, yeniden beceri kazandırma ve yaşam boyu öğrenme programlarına yatırım yapmaları konuları önem arz etmektedir. Geleneksel iş gücü talebini azaltan Endüstri 4.0, dijitalleşmeye dayalı yeni iş modellerini destekleyen bir işgücü ekosistemi yaratma potansiyeline sahiptir.

2.1 Endüstri 4.0'ın İşgücü Piyasasına Potansiyel Etkileri

Günümüzde dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte üretim süreçlerinde köklü bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dönüşüm, genellikle "Endüstri 4.0" kavramı çerçevesinde ele alınmaktadır. 2011 senesinde Almanya tarafından Hannover Fuarı'nda ortaya atılan Endüstri 4.0, siber-fiziksel sistemler, büyük veri, nesnelerin interneti, yapay zekâ ve bulut bilişim gibi teknolojilerin üretim sistemlerine entegre edilmesini ifade etmektedir (Kagermann vd., 2013). Bu yeni sanayi devrimi, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda işgücü piyasasını da derinden etkilemektedir.

Endüstri 4.0'ın işgücü üzerindeki etkileri çok boyutludur. Bir yandan otomasyon ve yapay zekâ gibi teknolojiler bazı iş kollarında istihdam kaybına yol açma potansiyeli taşıırken, diğer yandan yeni meslek alanlarının ortaya çıkmasına ve nitelikli iş gücüne olan talebin artmasına neden olmaktadır (Schwab, 2016).

Bu bölümde, Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına olan potansiyel etkileri incelenecek; teknolojik dönüşümün istihdam yapısını, mesleklerin geleceğini ve işgücü niteliklerine olan talebi nasıl değiştirebileceği ele alınacaktır.

2.1.1 İstihdam ve işsizlik

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde otomasyonun artmasıyla birlikte, bazı iş kollarında istihdamın azalmasına neden olabilir. Özellikle rutin ve tekrarlayan görevlerde çalışan işçiler, otomasyon ve robotik sistemler tarafından ikame edilebilir. Bu durum, düşük vasıflı işçiler için işsizlik riskini artırabilir (Doğru ve Meçik, 2018). Yantur (2022)'a göre, otomasyon ve yapay zekâ teknolojilerinin gelişimi, his ve duygu gerektirmeyen işlerde insan emeğine olan talebi azaltabilir. Bu durum, Endüstri 4.0'a dair en önemli endişelerden biridir. Dünya Ekonomik Forumu'nun da vurguladığı gibi, robotlar ve yazılımlar bazı iş kollarında insan işgücünün yerini alma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu dönüşüm aynı zamanda yeni iş alanlarının ve mesleklerin ortaya çıkmasına da zemin hazırlar. Örneğin, dijital teknolojilerle ilgili uzmanlık gerektiren pozisyonlar ve veri analitiği gibi alanlarda istihdam fırsatları artabilir (Doğru ve Meçik, 2018).

2.1.2 Ücretler ve çalışma süreleri

Endüstri 4.0'ın etkisiyle, yüksek beceri gerektiren işlerde çalışanların ücretlerinde artış gözlemlenebilirken, düşük beceri gerektiren işlerde ücretler baskı altında kalabilir. Otomasyonun artmasıyla birlikte, bazı rutin işler ortadan kalkabilir, bu da düşük vasıflı işçilerin istihdamını ve ücretlerini olumsuz etkileyebilir (Doğru ve Meçik, 2018). Ancak, teknolojinin verimliliği artırmasıyla birlikte, çalışma sürelerinde esneklik ve azalma gibi olumlu gelişmeler de mümkün olabilir.

Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojik değişim, ücret dağılımında da önemli farklılıklar yaratmaktadır. Yüksek beceri gerektiren mesleklerde çalışan bireyler için ücret artışları görülürken, düşük vasıflı işler için ücretlerde gerileme yaşanabilmektedir (Goos vd, 2014). Bu durum, işgücü piyasasında “kutuplaşma” olarak adlandırılan olgunun bir göstergesidir (Autor ve Dorn, 2013).

Bunun yanı sıra, otomasyonun üretkenliği artırması sayesinde daha esnek ve kısa çalışma süreleri mümkün hale gelebilir (Frey ve Osborne, 2017). Ancak bu, her sektör ve ülke için geçerli olmayıp, sosyal politikaların düzenleyici etkisine bağlıdır.

2.1.3 İş ilişkileri

Dijitalleşme, geleneksel iş ilişkilerini de yeniden tanımlamaktadır. Uzaktan çalışma, freelance iş modelleri, dijital platformlar üzerinden çalışma gibi esnek istihdam biçimleri yaygınlaşmaktadır (De Stefano, 2016). Bu durum, işçi-işveren ilişkilerinin hukuki ve sosyal yönlerinin yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca, dijital platformların iş gücü üzerindeki denetimi artırarak güvencesiz çalışmayı yaygınlaştırabileceği belirtilmektedir (Wood vd., 2019). Bu noktada iş güvencesi, sosyal haklar ve örgütlenme gibi konular yeniden tartışma gündemine taşınmaktadır.

2.1.4 Endüstri 4.0'ın avantajları ve dezavantajları

Endüstri 4.0'ın sunduğu avantajlar arasında üretimde yüksek verimlilik, daha hızlı karar alma, hata oranlarının azalması ve ürün kalitesinin artması yer almaktadır (Kagermann vd., 2013). Aynı zamanda, çalışanlara esnek çalışma koşulları ve dijital yetkinliklerini geliştirme fırsatları sunmaktadır (Schwab, 2016).

Öte yandan, iş güvencesinin zayıflaması, dijital uçurum, nitelik yetersizliği ve iş kaybı gibi dezavantajlar da söz konusudur (Spencer, 2018). Bu durum, sosyal eşitsizliklerin artmasına ve işgücü piyasasında bölünmelere neden olabilir (ILO, 2019).

Avantajları:

Teknolojinin sürekli gelişimiyle birlikte güvenilir, sağlam ve hızlı üretim sistemleri ortaya çıkmaktadır. Yıldız Tonga ve Tonga'ya (2022) göre, Endüstri 4.0'ın temel hedeflerinden biri, bilgisayar kontrollü üretim süreçleriyle verimliliği artırarak ürünlerin müşteriye daha hızlı ulaştırılmasıdır. Bu teknolojik dönüşümün başlıca avantajları şunlardır: üretim esnekliğinin artması, verimlilik kazanımları, hata oranlarının düşmesi, yeni iş modellerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir üretim politikaları, kolaylaşan sistem takip süreçleri, maliyet avantajları ve insan kaynaklı hataların minimize edilmesi (Yıldız Tonga ve Tonga, 2022).

Dezavantajları:

İşsizlik Riski: Otomasyonun artmasıyla, bazı iş kollarında istihdam azalabilir. Bu durum, özellikle düşük vasıflı işçiler için işsizlik riskini artırır (Doğru ve Meçik, 2018).

Endüstri 4.0'ın uygulanması, özellikle mavi yakalı çalışanlar için önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Yazılım teknolojilerinin fiziksel sistemlerle bütünleşmesi, şirketleri ya teknik personel alıp mavi yakalıları işten çıkarmak ya da bu çalışanları yeniden eğitmek gibi zorlu seçimlerle karşı karşıya bırakmaktadır (Hofmann ve Rüsch, 2017). Önceki endüstri devrimlerinin aksine, Endüstri 4.0 vasıfsız işçiler için yeni istihdam alanları yaratmamakta, bu durum işsizlikte ciddi artışlara ve sosyal güvenlik sistemlerinde zorlanmalara yol açabilecek potansiyele sahiptir (Moktadir vd., 2018).

Küçük ve orta ölçekli işletmeler, bu teknolojilere yatırım yapmak için gerekli sermayeden yoksun olduklarından, piyasada tekelleşme riski artmaktadır (Muhuri vd., 2019). Üretim sistemlerinin giderek karmaşıklaşması, kod yazma, karar verme ve problem çözme gibi ileri becerilere sahip nitelikli çalışan ihtiyacını doğurmaktadır (Pejic-Bach vd., 2020). Bu dönüşüm, mavi yakalıların etkinliğini azaltarak sendikalaşmayı zayıflatmakta ve çalışanları bireysel olarak sömürüye daha açık hale getirebilmektedir (Arpetekci, 2021).

2.2 İşgücü Piyasasında Dijital Dönüşüm ve Değişen Çalışma Modelleri

Küresel ölçekte yaşanan dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik altyapıyı değil, aynı zamanda sosyoekonomik yapıları da etkilemektedir. Bu dönüşümün en belirgin yansımalarından biri ise işgücü piyasasında görülmektedir. Dijitalleşme ile birlikte hem iş süreçleri hem de çalışma modelleri yeniden şekillenmekte; klasik istihdam biçimleri yerini daha esnek, teknoloji odaklı ve platform temelli modellere bırakmaktadır (Baldwin, 2019).

İşgücü piyasasındaki bu dönüşüm, bireylerin mesleklerini icra etme biçimlerinden işverenlerin insan kaynağına yaklaşımına kadar pek çok unsuru etkilemektedir. Özellikle pandemi sonrası hız kazanan uzaktan çalışma, hibrit modeller ve dijital platformlar üzerinden yürütülen işler, geleneksel iş tanımlarını ve ofis kavramını yeniden sorgulatmıştır (Eurofound, 2020). Bu süreç, bir yandan yeni fırsatlar yaratırken, diğer yandan iş güvencesi, sosyal haklar ve çalışma koşulları açısından yeni belirsizlikleri de beraberinde getirmiştir.

Dijital dönüşümle birlikte işgücünden beklenen beceriler de değişmektedir. Problem çözme, yaratıcılık, dijital okuryazarlık ve adaptasyon gibi yetkinlikler, günümüz iş dünyasında öne çıkan beceriler arasında yer almaktadır (World Economic Forum, 2020). Dolayısıyla, işgücü piyasasında rekabet edebilirlik hem bireyler hem de ülkeler açısından daha fazla dijital yetkinliğe sahip olmayı gerektirmektedir.

Bu bölümde, dijital dönüşümün işgücü piyasasında yarattığı genel değişim ele alınacak; 2.2.1 başlığı altında dijitalleşmenin işgücü üzerindeki etkileri, 2.2.2 başlığında ise değişen çalışma modelleri ayrıntılı şekilde incelenecektir.

2.2.1 Dijitalleşmenin işgücü piyasasındaki dönüşüme etkileri

Dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, işgücü piyasasında köklü değişimlere yol açmaktadır. Dijitalleşme süreci; otomasyon, yapay zekâ, büyük veri analitiği, bulut teknolojileri ve nesnelerin interneti gibi yenilikçi çözümlerle desteklenerek iş yapma biçimlerini dönüştürmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Bu dönüşüm, yalnızca üretim sektörünü değil, hizmet sektöründen lojistiğe, eğitimden kamu yönetimine kadar çok geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bu bağlamda, dijitalleşme hem istihdamın yapısını hem de işgücünün niteliğini yeniden şekillendirmektedir.

Dijital dönüşüm, bazı mesleklerin otomasyon nedeniyle risk altına girmesine neden olurken, yeni iş alanlarının da ortaya çıkmasına imkân tanımaktadır. Özellikle veri bilimi, siber güvenlik, yapay zekâ mühendisliği ve dijital pazarlama gibi alanlarda istihdam artışı gözlemlenmektedir (Manyika vd., 2017). Bununla birlikte, dijital becerilere sahip olmayan bireyler için iş piyasasına katılım zorlaşmakta, bu durum işgücü piyasasında beceri uyumsuzluklarını derinleştirmektedir (World Economic Forum, 2020).

Ayrıca dijitalleşme, çalışma biçimlerinde de esneklik sağlamış; uzaktan çalışma, serbest zamanlı çalışma (freelance), platform temelli işler gibi yeni istihdam modellerini öne çıkarmıştır. Bu gelişmeler, klasik iş sözleşmelerinin yerini daha esnek ve dijital araçlarla desteklenen modellerin almasına neden olmaktadır (De Stefano, 2016).

Bu alt bölümde, dijitalleşmenin işgücü piyasasındaki etkileri çok yönlü biçimde incelenecek; teknolojik gelişmelerin istihdam yapısına, iş güvencesine ve işgücü niteliklerine olan etkisi ele alınacaktır.

2.2.1.1 Uzaktan çalışma ve esnek çalışma modelleri

Dijital dönüşüm, işgücü piyasasında önemli değişikliklere yol açmış ve çalışma modellerini yeniden şekillendirmiştir. Özellikle uzaktan çalışma ve esnek çalışma modelleri, teknolojinin gelişimiyle birlikte giderek yaygınlaşmaktadır.

Uzaktan çalışma, çalışanların fiziksel bir ofise bağlı kalmadan, dijital araçlar aracılığıyla işlerini yürütmelerine olanak tanımaktadır (Küçüköğlu ve Pınar, 2020). Çalışanlar, bulut teknolojileri ve çevrimiçi toplantı platformları sayesinde ofis ortamına ihtiyaç duymadan verimli bir şekilde çalışabilmektedirler. COVID-19 pandemisi bu dönüşümü hızlandırmış ve birçok şirket için kalıcı bir model hâline getirmiştir.

Esnek çalışma modelleri ise çalışanların zaman ve mekân açısından daha özgür olmasını sağlayarak iş-yaşam dengesini güçlendirmektedir. Küçüköğlu ve Pınar (2020), esnek çalışma modellerinin iş tatmini ve üretkenlik üzerinde olumlu etkiler yarattığını belirtmektedir. Ancak, sosyal izolasyon, iş disiplini kaybı ve aşırı mesai gibi olumsuz yönleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.1.2 Dijital göçebelik ve küresel işgücü

Dijitalleşmenin en dikkat çekici etkilerinden biri, dijital göçebelik kavramının ortaya çıkmasıdır. Dijital göçebeler, herhangi bir fiziksel ofise bağlı kalmadan, uzaktan çalışma araçları sayesinde dünyanın farklı noktalarından çalışabilen bireylerdir. Ancak, dijital göçebelik bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Vergilendirme, iş güvencesi ve sosyal haklar konusunda ülkeler arasında farklılıklar bulunmaktadır (Küçüköğlu ve Pınar, 2020). Bununla birlikte, dijital göçebelik, yerel ekonomiler üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabilmektedir.

2.2.1.3 Yapay zekanın istihdam üzerindeki etkileri: iş kaybı ve yeni istihdam alanları

Özellikle üretim, lojistik ve çağrı merkezi hizmetleri gibi alanlarda otomasyonun yaygınlaşması iş kayıplarına neden olmaktadır.

Ancak, yapay zekâ aynı zamanda yeni istihdam alanlarının doğmasını da sağlamaktadır. Veri bilimi, makine öğrenimi, yapay zekâ etiği ve siber güvenlik gibi alanlar, Endüstri 4.0 ile birlikte yükselişe geçen meslekler arasında yer almaktadır.

Çalışanların dijital becerilere yatırım yapması, iş gücü piyasasında rekabetçi kalmalarını sağlayacaktır.

2.2.2 Endüstri 4.0 ve işgücü piyasasında yetkinlik dönüşümü

Endüstri 4.0 ile birlikte işgücü piyasasında yalnızca meslekler değil, bu meslekleri icra edebilmek için gerekli yetkinlikler de köklü bir dönüşüm geçirmektedir. Dijitalleşme, otomasyon, yapay zekâ ve veri analitiği gibi teknolojilerle entegre hale gelen üretim ve hizmet süreçleri, çalışanlardan daha ileri düzeyde bilişsel, dijital ve sosyal beceriler talep etmektedir (World Economic Forum, 2020). Bu dönüşüm, klasik teknik yeterliliklerin yanı sıra, yaratıcılık, problem çözme, eleştirel düşünme ve adaptasyon gibi becerilerin de iş piyasasında daha fazla önem kazanmasına yol açmaktadır.

Endüstri 4.0 bağlamında ortaya çıkan yetkinlik talepleri, özellikle STEM (bilim, teknoloji, mühendislik, matematik) alanlarındaki bilgi düzeyini, dijital okuryazarlığı ve yaşam boyu öğrenme kapasitesini ön plana çıkarmaktadır (Bonekamp ve Sure, 2015). Bu gelişme, eğitim sistemlerinin ve mesleki eğitim programlarının Endüstri 4.0'ın ihtiyaç duyduğu niteliklerle uyumlu hale getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda, mevcut iş gücünün yeniden ve ileri düzeyde eğitilmesi (reskilling ve upskilling) gerekliliği, firmaların ve devlet politikalarının önemli bir gündem maddesi haline gelmiştir (OECD, 2019).

Günümüz iş dünyasında yalnızca teknik becerilere değil, aynı zamanda çok disiplinli düşünebilen, dijital araçlara hâkim, iş birliğine açık ve sürekli değişime ayak uydurabilen bireylere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çerçevede, Endüstri 4.0 yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil; aynı zamanda işgücünün zihinsel ve yapısal dönüşümünü de beraberinde getirmektedir.

Bu alt bölümde, Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasında yarattığı yetkinlik dönüşümü çok boyutlu biçimde ele alınacak; yeni nesil becerilerin tanımlanması, eğitim-işgücü uyumu ve politika önerileri üzerinde durulacaktır.

2.2.2.1 Dijital okuryazarlık ve yeni nesil beceriler

Endüstri 4.0 ile birlikte, iş gücünün dijital okuryazarlık seviyesinin artırılması gerekmektedir. Dijital okuryazarlık, yalnızca temel bilgisayar becerileri ile sınırlı kalmayıp; veri analizi, bulut bilişim ve yapay zekâ teknolojilerini anlama yetisini de kapsamaktadır (Küçüköğlu ve Pınar, 2020).

Küçüköğlu ve Pınar (2020), dijital okuryazarlık düzeyinin artırılmasının, çalışanların Endüstri 4.0'a uyum sağlamasını kolaylaştırdığını belirtmektedir. Özellikle kodlama, veri

analitiği ve robotik süreç otomasyonu gibi beceriler, yeni nesil iş dünyasında önemli hale gelmiştir.

2.2.2.2. Teknik ve sosyal yetkinliklerin dönüşümü

Endüstri 4.0 sürecinde çalışanların teknik ve sosyal becerileri kritik önem taşımaktadır. Timurcanday Özmen, Eriş, Özer ve Zerey'in (2023) çalışmasında vurgulandığı üzere, bu dönüşüm sadece teknolojik altyapıyla sınırlı kalmayıp, insan kaynağının niteliklerini de yeniden şekillendirmektedir.

Araştırmacıların belirttiğine göre, Endüstri 4.0'da başarılı olabilmek için çalışanlarda dört temel yetkinlik grubu öne çıkmaktadır:

1. Sosyal yetkinlikler: İletişim becerileri, liderlik özellikleri ve takım çalışmasına yatkınlık
2. Kişisel yetkinlikler: Öğrenmeye açıklık ve değişime uyum sağlayabilme esnekliği
3. Metodolojik yetkinlikler: Analitik düşünme ve problem çözme becerileri
4. Teknik yetkinlikler: Dijital okuryazarlık ve süreç yönetimi bilgisi

Timurcanday Özmen ve arkadaşlarının çalışmasında özellikle vurgulanan nokta, bu yetkinliklerin birbiriyle uyumlu şekilde geliştirilmesi gerekliliğidir. Çalışmada, sadece teknik becerilere odaklanmanın yetersiz kalacağı, sosyal ve kişisel yetkinliklerin de eş zamanlı olarak geliştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir.

Ayrıca, söz konusu çalışmada Endüstri 4.0'ın dokuz temel teknolojisi (akıllı robotlar, 3D baskı, artırılmış gerçeklik vb.) ile çalışacak personelin hem kavramsal hem de operasyonel düzeyde bu teknolojilere hakim olmasının önemi vurgulanmaktadır.

Bu bulgular ışığında, işletmelerin çalışan gelişim programlarını sadece teknik eğitimlerle sınırlı tutmaması, aynı zamanda iletişim, takım çalışması ve problem çözme gibi sosyal ve metodolojik becerileri de kapsayacak şekilde tasarlaması önerilmektedir.

2.2.2.3 Sürekli öğrenme kültürü ve işgücü adaptasyonu

Endüstri 4.0 ile birlikte, sürekli öğrenme kültürü zorunlu hâle gelmiştir. Teknoloji ve işgücü piyasası ilişkisi üzerine tarihsel ve teorik yaklaşımlar iktisat düşüncesinin önemli bir tartışma alanını oluşturmuştur. İlk teorik çerçevelerden biri olan Ricardo'ya göre, makineleşme sermayenin emeğin yerine geçmesini sağlayan ikame sürecini doğurur.

Ancak işçi sınıfı tamamen yok olmayacak; bakım ve kontrol gibi işler için emek talebi devam edecektir (Ardor ve Varlık, 2009, s. 16-17).

Çevrimiçi eğitim platformları, sertifika programları ve mikro öğrenme uygulamaları, çalışanların sürekli gelişimini destekleyen araçlar arasındadır (Küçüköğlu ve Pınar, 2020). Marx ise teknolojinin artı değeri artırarak emeğin sömürsünü derinleştirdiğini belirtmiştir. Ona göre makineleşme, emeğin üretkenliğini artırırken aynı zamanda işçinin yabancılaşmasını ve işgücünün değersizleşmesini de beraberinde getirmiştir (Günaydın, 2009, s. 350).

Bu iki klasik yaklaşımın aksine, Schumpeter teknolojik değişimi yaratıcı yıkım kavramıyla açıklamıştır. Ona göre yenilikçi girişimciler teknolojiyi kullanarak piyasayı dönüştürür ve bu süreçte bazı firmalar yok olurken yenileri ortaya çıkar (Fikirli ve Çetin, 2017, s. 30-33). Bu da işgücü açısından hem fırsatlar hem de riskler barındırır.

Daha yakın dönem analizlerinde ise iki ana görüş hâkimdir:

1. **Kötümser yaklaşım:** Teknolojik gelişmelerin işsizliği artıracığı ve emeğin tamamen ikame edileceği savunulur (Doğru ve Meçik, 2018, s. 1586).
2. **İyimser yaklaşım:** Yeni mesleklerin ve istihdam biçimlerinin ortaya çıkacağı, bireylerin yeniden konumlanacağı vurgulanır (Schwab, 2016, s. 44-45).

McKinsey Global Institute'un raporuna göre, 2030'a kadar 400-800 milyon kişinin mevcut işlerini kaybetmesi beklenmekte; ancak 375 milyon kişinin yeni alanlarda istihdam edilebileceği öngörülmektedir (Özışık ve Şahin, 2022, s.87). Bu dönüşüm özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha şiddetli yaşanacak, tarım ve geleneksel sektörlerdeki işlerin kolayca otomasyona geçmesi, düşük nitelikli işgücü için daha büyük tehditler oluşturacaktır (Schlogl ve Sumner, 2018, s. 33, 86).

Nart (2020, s. 17), Endüstri 4.0 süreciyle birlikte iş yaşamının daha esnek modellerle yeniden şekilleneceğini ve bireylerin evden, dijital ortamda çalışabileceğini belirtmektedir. Bunun yanında gelir eşitsizliği, iş güvencesizliği, sendikal etkinliğin azalması gibi sosyal sorunların artması beklenmektedir (Toker, 2018, s. 58-61).

2.3 Endüstri 4.0'ın İş Dünyasına Etkileri

Endüstri 4.0, yalnızca üretim teknolojilerinde bir devrim değil; aynı zamanda iş dünyasının tüm yapısal ve stratejik süreçlerini yeniden şekillendiren kapsamlı bir

dönüşüm sürecidir. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, büyük veri, siber-fiziksel sistemler ve otomasyon gibi teknolojilerin entegre biçimde kullanılması, şirketlerin iş yapma biçimlerini kökten değiştirmiştir (Schwab, 2016). Bu teknolojiler sayesinde daha esnek, verimli ve müşteri odaklı üretim ve hizmet süreçleri mümkün hale gelmiştir.

Endüstri 4.0'ın iş dünyasına olan etkileri çok katmanlıdır. Operasyonel verimlilik, üretim kalitesi ve hızında sağlanan artışlar işletmelere rekabet avantajı sunarken; aynı zamanda stratejik karar alma süreçleri de daha veri odaklı ve dinamik hale gelmektedir (Kagermann vd., 2013). Bununla birlikte, iş dünyası sadece teknik boyutta değil; organizasyonel yapı, insan kaynakları yönetimi, inovasyon kültürü ve iş modelleri açısından da büyük bir dönüşüm geçirmektedir.

Bu dönüşüm, firmalar için hem fırsatlar hem de riskler barındırmaktadır. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), dijital teknolojilere erişim ve adaptasyon konusunda büyük ölçekli firmalara kıyasla çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır (OECD, 2021). Diğer yandan, dijitalleşme sayesinde yeni iş modelleri, küresel pazarlara erişim ve iş birliği ağları oluşturmak da artık daha ulaşılabilir hale gelmiştir.

Bu bölümde, Endüstri 4.0'ın iş dünyasına olan etkileri bütüncül bir yaklaşımla ele alınacak; teknolojik dönüşümün işletme süreçleri, organizasyon yapıları ve rekabet stratejileri üzerindeki yansımaları değerlendirilecektir.

2.3.1 İnsan-makine etkileşimi ve otomasyon

İnsan-makine etkileşimi, sadece üretim sektöründe değil, hizmet sektöründe de önem kazanmaktadır. Yapay zekâ tabanlı sohbet botları, müşteri hizmetleri süreçlerinde çalışanlarla birlikte görev alırken, üretim sektöründe kooperatif robotlar (cobot'lar) insanlarla uyum içinde çalışmaktadır. Tablo 2.1'de iktisatçılar ve teorilerinin, teknolojiye yaklaşımları ve işgücü üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Tablo 2.1

İktisatçılar ve Teorilerinin Karşılaştırılması

İktisatçı / Teori	Teknolojiye Yaklaşımı	İşgücü Üzerindeki Etkisi
Ricardo (Klasik)	Sermaye-emek makineleşme kaçınılmaz	ikamesi, İş gücü azalır ancak tamamen ortadan kalkmaz
Marx (Emek-değer kuramı)	Artı değer ve sömürü artar	İşçinin değeri düşer, sömürü artar
Schumpeter (Yaratıcı Yıkım)	Yenilikçilikle piyasa dönüştür	Yeni işler yaratılır, bazıları yok olur
Modern kötümser yaklaşım	Otomasyon işsizliği artırır	Düşük vasıflı işler kaybolur
Modern iyimser yaklaşım	Yeni meslekler ortaya çıkar	Yüksek becerili işler artar, yeniden beceri kazanımı önem kazanır

2.3.2 İşgücü piyasasında otomasyonun yeri

Otomasyon teknolojileri, iş gücü piyasasında önemli bir yer edinmiş ve birçok sektörde operasyonel süreçleri yeniden şekillendirmiştir. Robotik sistemler ve yapay zekâ destekli yazılımlar, tekrar eden işleri devralarak verimlilik artışı ve maliyet avantajı sağlamaktadır (Çelik, 2019). Ancak, otomasyonun yaygınlaşması istihdamın geleceği açısından iki yönlü bir etki yaratmaktadır:

İş Kaybı: Otomasyon, rutin ve fiziksel işleri devralarak bazı mesleklerin ortadan kalkmasına neden olmaktadır (Yılmaz, 2020).

Özellikle sanayi ve lojistik sektörlerinde otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması, iş gücünün niteliğini dönüştürmekte ve çalışanların sürekli kendilerini geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır (Çelik, 2019).

2.3.3 Robotik süreç otomasyonu ve işgücü

Robotik Süreç Otomasyonu (RSO), son yıllarda işgücü piyasasını dönüştüren en önemli dijital teknolojilerden biri haline gelmiştir. RSO; yapılandırılmış, tekrarlayan ve kural tabanlı görevlerin yazılım robotları tarafından gerçekleştirilmesini sağlayan bir teknolojidir (Willcocks vd., 2015). Bu sistemler, özellikle muhasebe, insan kaynakları, müşteri hizmetleri ve veri işleme gibi ofis tabanlı süreçlerde verimliliği artırmak amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır.

RSO'nun işgücü üzerindeki etkileri iki yönlüdür. Bir yandan işletmeler açısından maliyetleri düşürme, hata oranlarını azaltma ve işlem hızını artırma gibi avantajlar sunarken, diğer yandan birçok geleneksel görev ve pozisyonun otomasyon nedeniyle ortadan kalkmasına yol açmaktadır (Frey ve Osborne, 2017). Bu durum, düşük nitelikli işgücünü doğrudan etkileyerek bazı meslek gruplarının ortadan kalkmasına neden olabileceği gibi, aynı zamanda RSO'nun kurulumu, yönetimi ve denetimi için yeni becerilere sahip profesyonellere olan talebi de artırmaktadır.

RSO'nun yaygınlaşmasıyla birlikte işgücü piyasasında beceri dönüşümüne olan ihtiyaç artmıştır. Çalışanların rutin görevlerden daha yaratıcı ve analitik işlere yönelmesi, iş tanımlarının yeniden şekillenmesi ve çalışanların dijital okuryazarlık düzeylerinin yükseltilmesi gerekmektedir (ILO, 2021). Dolayısıyla RSO, yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda örgütsel ve kültürel bir değişimi de beraberinde getirmektedir.

Bu alt bölümde, Robotik Süreç Otomasyonu'nun işgücü piyasası üzerindeki potansiyel etkileri analiz edilecek; hangi sektörlerde nasıl bir dönüşüme yol açtığı ve çalışanların bu sürece nasıl uyum sağladığı detaylandırılacaktır.

2.3.3.1 Robotik teknolojiler ve insansız sistemler

Endüstri 4.0 ile birlikte robotik süreç otomasyonu, iş dünyasında önemli bir yer edinmiştir. RPA, özellikle finans, insan kaynakları, müşteri hizmetleri ve lojistik gibi alanlarda iş akışlarını otomatize ederek çalışan verimliliğini artırmaktadır (Göktürk ve Arslan, 2022). Bununla birlikte, insansız sistemler de iş dünyasında giderek yaygınlaşmaktadır.

Özellikle depolama ve lojistik sektörlerinde kullanılan otonom robotlar, insan gücüne duyulan ihtiyacı azaltmaktadır (Yılmaz, 2020). Bu durum, iş gücü dönüşümünü zorunlu kılmakta ve çalışanların robotlarla birlikte uyum içinde çalışabilecek yetkinliklere sahip olmasını gerektirmektedir (Göktürk ve Arslan, 2022).

2.3.3.2 İnsan-makine iş birliğinin geleceği

Özellikle kooperatif robotlar, insanlarla yan yana çalışarak tekrarlayan işleri üstlenmekte ve çalışanların daha stratejik görevlere odaklanmasına yardımcı olmaktadır (Çelik, 2019). Ancak, makinelerle insan arasındaki etkileşimin güvenli bir şekilde yürütülmesi, iş sağlığı ve güvenliği açısından yeni standartların oluşturulmasını gerektirmektedir (Göktürk ve Arslan, 2022).

Bu bağlamda, gelecekte iş dünyasında insan-makine entegrasyonunun daha da derinleşmesi beklenmekte olup, çalışanların sürekli yeni beceriler geliştirmesi gerekmektedir (Yılmaz, 2020).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3 ENDÜSTRİ 4.0'DA GELECEĞİN MESLEKLERİ VE BECERİLERİ İÇİN EĞİTİMDE DÖNÜŞÜM

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinden iş gücü piyasasına kadar birçok alanda köklü değişimlere yol açarken, eğitim sistemlerinin de bu dönüşüme ayak uydurmasını zorunlu hale getirmiştir. Yapay zekâ, robotik süreç otomasyonu, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerin yaygınlaşması, iş dünyasında yeni mesleklerin ortaya çıkmasına ve mevcut iş gücü becerilerinin yeniden şekillenmesine neden olmaktadır (Kaya ve Yılmaz, 2021).

Geleneksel iş kolları, yerini giderek teknoloji tabanlı ve analitik yetkinlikler gerektiren mesleklere bırakmaktadır. Bu durum, eğitim sistemlerinin dijital dönüşümü benimsemesini ve bireyleri geleceğin iş gücüne hazırlayacak yeni beceriler kazandırmasını gerektirmektedir (Demir, 2020). Özellikle dijital okuryazarlık, veri analizi, yapay zekâ uygulamaları ve problem çözme yetkinlikleri, gelecekte iş dünyasında başarılı olabilmek için kritik hale gelmektedir (Göktürk ve Arslan, 2022). Bu bağlamda, eğitim sistemleri çevrimiçi öğrenme modelleri, STEM tabanlı ders programları ve sanal gerçeklik destekli uygulamalar gibi yenilikçi yöntemleri benimsemekte, öğrencileri değişen iş dünyasına adapte olabilecek donanımlı bireyler haline getirmeyi amaçlamaktadır (Yılmaz, 2020).

Bu bölümde, Endüstri 4.0'ın iş gücü üzerindeki etkileri doğrultusunda ortaya çıkan yeni meslekler, gerekli beceriler ve eğitimdeki dönüşüm süreçleri ele alınacaktır. Eğitim sistemlerinin gelecekte nasıl şekilleneceği, iş dünyasının talepleri doğrultusunda nasıl bir yön izlemesi gerektiği detaylı olarak incelenecektir.

3.1 Geleceğin Meslekleri ve Gereksinim Duyulan Beceriler

Endüstri 4.0, dijital dönüşümün bir sonucu olarak işgücü piyasasında köklü değişimlere yol açmaktadır. Bu süreçte bazı meslekler ortadan kalkarken, yeni meslekler ortaya çıkmakta ve mevcut mesleklerin gerektirdiği beceriler dönüşmektedir (Schwab, 2016).

WEF (2025) raporuna göre, “teknolojik becerilerin önümüzdeki beş yıl içinde diğer becerilerden daha hızlı önem kazanması öngörülmüyor. Yapay zeka ve büyük veri listenin başında yer alırken, bunu ağlar ve siber güvenlik ve teknolojik okuryazarlık takip ediyor.

Yaratıcı düşünme, esneklik, çeviklik, dayanıklılık gibi özellikler de merak ve yaşam boyu öğrenmeyle birlikte giderek önem kazanıyor. Yükselişte olan ilk 10 beceri arasında liderlik ve sosyal etki, yetenek yönetimi, analitik düşünme ve çevre yönetimi yer alıyor” (WEF, 2025).

3.1.1 Mevcut mesleklerin kalıcılığı

Geleneksel mesleklerden bazıları, dijitalleşmeye adapte oldukları ölçüde varlıklarını sürdürecektir. Örneğin, sağlık sektöründeki doktorluk, hemşirelik gibi meslekler, yapay zeka destekli tanı sistemleriyle birlikte çalışacak, ancak tamamen ortadan kalkmayacaktır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Benzer şekilde, öğretmenlik mesleği, dijital eğitim araçlarıyla desteklenerek dönüşecektir (OECD, 2019).

Endüstri 4.0, otomasyon ve yapay zekâ nedeniyle rutin işlerin %47'sini riske atarken, analitik ve yaratıcılık gerektiren meslekler (ör. doktorluk, öğretmenlik) dönüşerek varlığını sürdürecektir (Frey ve Osborne, 2017). Örneğin, sağlık sektöründe AI destekli tanı sistemleri, doktorların karar verme süreçlerini hızlandıracak ancak insan denetimi gerektirecektir (Topol, 2019).

Endüstri 4.0'ın etkileri, bazı geleneksel mesleklerin risk altına girmesine neden olurken, bazı mesleklerin dijitalleşmeye adapte olarak sürdürülebilir hale geldiğini göstermektedir. Özellikle insan dokunuşu, duygusal zeka, yaratıcılık ve etik karar verme süreçlerinin merkezi olduğu meslekler, teknolojik gelişmelere rağmen varlıklarını korumaktadır. Örneğin, sağlık sektörü hem ileri teknolojiyi hem de insan merkezli yaklaşımı bir arada gerektirdiği için doktorluk, hemşirelik ve psikologluk gibi meslekler, dönüşerek devam etmektedir (Topol, 2019). Ayrıca eğitim sektörü de bu kapsamdadır. Öğretmenlik, dijital içerik üretimi, çevrimiçi sınıf yönetimi ve bireyselleştirilmiş öğrenme gibi alanlara evrilmiş; ancak insan ilişkisi temelli yapısı nedeniyle yok olmamış, dönüşmüştür (OECD, 2020). Benzer şekilde hukuk, sosyal hizmetler, gazetecilik ve sanat gibi alanlar, insan perspektifi ve etik çerçeve gerektiren yapılarından ötürü Endüstri 4.0 çağında da kalıcılığını sürdürmektedir (Frey ve Osborne, 2017).

Dijitalleşmeye entegre olan mesleklerde şu üç dinamik öne çıkmaktadır: Teknolojiyle iş birliği: İnsan-robot ortaklığı, özellikle sağlık ve üretim sektörlerinde yaygındır. Yüksek duygusal zeka gerekliliği: Psikoloji, danışmanlık, eğitim gibi alanlarda otomasyon sınırlıdır. Etik ve sosyal sorumluluk: Hukuk, medya ve kamu yönetimi gibi alanlarda insan kararları merkezi önemdedir. Bununla birlikte, bu mesleklerde başarılı olmak için teknolojik araçları etkin kullanma, sürekli öğrenme ve adaptasyon yeteneği büyük önem taşımaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun 2023 raporuna göre, mevcut mesleklerin %60'ı önümüzdeki beş yıl içinde önemli düzeyde dijital beceri talep edecektir (WEF, 2023).

Endüstri 4.0'ın etkileri, bazı geleneksel mesleklerin risk altına girmesine neden olurken, bazı mesleklerin dijitalleşmeye adapte olarak sürdürülebilir hale geldiğini göstermektedir. Özellikle insan dokunuşu, duygusal zeka, yaratıcılık ve etik karar verme süreçlerinin merkezi olduğu meslekler, teknolojik gelişmelere rağmen varlıklarını korumaktadır. Örneğin, sağlık sektörü, hem ileri teknolojiyi hem de insan merkezli yaklaşımı bir arada gerektirdiği için doktorluk, hemşirelik ve psikologluk gibi meslekler, dönüşerek devam etmektedir (Topol, 2019).

Ayrıca eğitim sektörü de bu kapsamdadır. Öğretmenlik, dijital içerik üretimi, çevrimiçi sınıf yönetimi ve bireyselleştirilmiş öğrenme gibi alanlara evrilmiş; ancak insan ilişkisi temelli yapısı nedeniyle yok olmamış, dönüşmüştür (OECD, 2020). Benzer şekilde hukuk, sosyal hizmetler, gazetecilik ve sanat gibi alanlar, insan perspektifi ve etik çerçeve gerektiren yapılarından ötürü Endüstri 4.0 çağında da kalıcılığını sürdürmektedir (Frey ve Osborne, 2017).

Dijitalleşmeye entegre olan mesleklerde şu üç dinamik öne çıkmaktadır:

- Teknolojiyle iş birliği: İnsan-robot ortaklığı, özellikle sağlık ve üretim sektörlerinde yaygındır.
- Yüksek duygusal zeka gerekliliği: Psikoloji, danışmanlık, eğitim gibi alanlarda otomasyon sınırlıdır.

- Etik ve sosyal sorumluluk: Hukuk, medya ve kamu yönetimi gibi alanlarda insan kararları merkezi önemdedir.

Bununla birlikte, bu mesleklerde başarılı olmak için teknolojik araçları etkin kullanma, sürekli öğrenme ve adaptasyon yeteneği büyük önem taşımaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun 2023 raporuna göre, mevcut mesleklerin %60'ı önümüzdeki beş yıl içinde önemli düzeyde dijital beceri talep edecektir (WEF, 2023).



3.1.2 Yeni mesleklerin tanımı ve özellikleri

Endüstri 4.0 ile birlikte veri bilimciliği, yapay zeka mühendisliği, robotik süreç uzmanlığı, dijital pazarlama stratejisti, nesnelerin interneti uzmanı gibi yeni meslekler ortaya çıkmaktadır (World Economic Forum, 2020). Bu meslekler, yüksek düzeyde teknik bilgi ve analitik düşünme becerisi gerektirmektedir.

Veri Bilimcileri: Büyük veri analitiği ve makine öğrenimi uzmanları (WEF, 2020).

Yapay Zeka Eğitmenleri: AI modellerinin etik ve kültürel uyumunu sağlayanlar (Brynjolfsson ve McAfee, 2014).

Siber Güvenlik Analistleri: Nesnelerin İnterneti ağlarını koruyan uzmanlar (Gartner, 2023).

3.1.3 Geleceğin mesleklerinde gereksinim duyulan temel beceriler

Endüstri 4.0 ile birlikte iş dünyası, teknik bilgi kadar bilişsel, sosyal ve dijital yetkinlikleri de ön plana çıkaran bir yapı kazanmıştır. Geleceğin mesleklerinde başarılı olabilmek için bireylerin yalnızca teknik bilgiye değil, aynı zamanda bu bilgiyi kullanma, iş birliği yapma ve değişen durumlara uyum sağlama becerilerine de sahip olması beklenmektedir (World Economic Forum, 2020).

Bu bağlamda temel beceriler üç ana kategoride değerlendirilmektedir: teknoloji odaklı yetenekler, iletişim ve problem çözme becerileri ve yaşam boyu öğrenme yetkinlikleri.

1. Teknoloji Odaklı Yetenekler:

- Programlama ve yazılım geliştirme (Python, Java, SQL vb.)
- Veri analizi ve büyük veri uygulamaları
- Makine öğrenmesi ve yapay zekâ algoritmaları
- Siber güvenlik bilgisi
- Bulut bilişim ve IoT teknolojileri

2. İletişim, İş birliği ve Problem Çözme Becerileri:

- Ekip içinde etkin çalışma ve liderlik
- Çok disiplinli ortamlarda fikir geliştirme
- Eleştirel düşünme ve karar verme

- Yaratıcılık ve inovasyon yeteneği

3. Yaşam Boyu Öğrenme ve Adaptasyon:

- Yeni teknolojilere hızlı uyum sağlama
- Dijital araçları öğrenme isteği
- Mesleki gelişim için sürekli eğitim alma
- Küresel düşünme ve kültürel farkındalık

Bu becerilerin gelişimi, bireylerin sadece iş bulmalarını değil, aynı zamanda kariyerlerini sürdürülebilir ve anlamlı kılmalarını sağlamaktadır. Bu nedenle eğitim kurumlarının bu yetkinlikleri kazandıracak programlar oluşturması kritik önemdedir (OECD, 2019).

3.1.3.1 Teknoloji odaklı yetenekler

Dijital dönüşümün hız kazandığı günümüzde, bireylerin teknolojiye uyum sağlayabilmesi için gelişmiş dijital yetkinliklere sahip olması beklenmektedir. Özellikle programlama ve kodlama becerileri (örneğin Python, R, Java gibi diller), veri bilimi alanında çalışan profesyoneller için temel bir gereklilik haline gelmiştir (OECD, 2021). Bu diller, otomasyon, yapay zeka ve veri analitiği süreçlerinde etkin kullanım sağlamaktadır.

Ayrıca, büyük veri analitiği ve makine öğrenimi alanlarında uzmanlık, karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde ve öngörücü analizlerin yapılmasında kritik rol oynamaktadır. İşletmeler, devasa veri kümeleri üzerinden anlamlı bilgi elde edebilmek için bu alanlardaki uzmanlara ihtiyaç duymaktadır (Davenport ve Bean, 2018).

Bulut bilişim hizmetleri (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud vb.) ve siber güvenlik konularındaki bilgi düzeyi de giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu teknolojiler sayesinde hem veri yönetimi hem de bilgi güvenliği sürdürülebilir hale gelirken, iş süreçlerinin kesintisiz işlemesi sağlanmaktadır (NIST, 2020).

3.1.3.2 İletişim, iş birliği ve problem çözme yetenekleri

Teknolojik becerilerin yanında, bireylerin sahip olması gereken iletişim, iş birliği ve problem çözme yetenekleri de dijital iş gücünün ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Dijitalleşen iş ortamlarında, çalışanların çok disiplinli ekiplerle etkili iletişim kurabilmesi ve takım çalışmasına yatkın olması önem kazanmaktadır (World Economic Forum, 2023).

Bununla birlikte, karmaşık problemleri analiz etme ve çözüm üretme yetkinliği, sadece teknik değil aynı zamanda stratejik düşünme becerisini de gerektirir. Bu, özellikle belirsizlik ortamlarında karar alma süreçlerinde kritik bir beceridir (Heckman ve Kautz, 2012).

Ayrıca, duygusal zeka, liderlik becerileri ve adaptasyon yeteneği, dijital liderlerin ve ekip yöneticilerinin başarı şansını artırmaktadır. Empati kurabilen, etkili iletişim kuran ve kriz anlarında yön gösterici olabilen liderler, dijital dönüşüm süreçlerinde kurumlara rekabet avantajı kazandırır (Goleman, 2006).

3.1.3.3 Yeni mesleklerin niteliğinde eğitim

Geleneksel eğitim yaklaşımları, dijital çağın ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle eğitim sistemlerinin yalnızca teorik bilgi aktarımına değil, aynı zamanda uygulamalı ve proje tabanlı öğrenme modellerine ağırlık vermesi gerekmektedir. Öğrencilerin gerçek dünya problemleriyle karşılaştığı ve çözüm üretmeyi deneyimlediği öğrenme ortamları, onları iş yaşamına daha iyi hazırlar (European Commission, 2021). Ayrıca, staj programları, iş başı eğitimler ve saha çalışmaları, bireylerin iş dünyası ile erken dönemde tanışmasını sağlar. Bu süreçlerde edinilen deneyimler, yalnızca teknik bilgi değil, aynı zamanda iş ahlakı, zaman yönetimi ve ekip içi uyum gibi becerilerin de gelişimine katkı sunar (UNESCO, 2020).

Gelecekte ihtiyaç duyulacak mesleklerin çoğu henüz tam olarak tanımlanmamışken, bireylerin yaşam boyu öğrenme alışkanlığı kazanması ve kendini sürekli geliştirmeye açık olması, sürdürülebilir kariyer gelişimi açısından kaçınılmazdır (Schleicher, 2018). Eğitim sistemleri, teorik bilginin yanı sıra proje tabanlı öğrenme, staj ve işbaşı eğitimleri ile desteklenmelidir (European Commission, 2021).

3.2 Eğitim Sisteminin Dönüşümü: Endüstri 4.0 ve Eğitim 5.0

Günümüzde teknolojik cihazlardaki hızlı gelişim, bireylerin ihtiyaçlarını ve bilgiye ulaşma biçimlerini değiştirerek eğitim sürecini de etkilemektedir. Eğitimde kullanılan teknolojik araçlar çeşitlenmiş, video projektörler, akıllı tahtalar, mobil cihazlar ve dijital içerikler yaygınlaşmıştır. Bu durum, yeni neslin ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına teknolojinin eğitimde etkin şekilde kullanılmasını zorunlu hâle getirmiştir. Dijital dönüşüm yalnızca bir tercih değil, eğitim başta olmak üzere birçok alanda bir gereklilik olarak görülmektedir. Ülkelerin dijital rekabet gücü; bilgi, teknoloji ve geleceğe hazırlık

düzeyle ölçülmekte olup, bu bağlamda eğitimde dijital dönüşüm daha da önemli bir hâl almaktadır. Ancak bu dönüşüm sürecinin rastgele değil, bilinçli ve planlı şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, geleneksel sistemlerde öğretmenin rolü çoğunlukla bilgi aktarıcı olarak tanımlanır; oysa çağdaş eğitim anlayışında öğretmen, öğrenme sürecini kolaylaştıran bir rehber olmalıdır (Darling-Hammond vd., 2017). Bu dönüşüm sağlanmadığında, öğrenme süreci tek yönlü ve pasif hale gelir.

3.2.1 Geleneksel eğitim modelleri ve zorlukları

Geleneksel eğitim sistemleri, standart müfredatlarıyla esneklikten uzaktır. Öğrencilerin bireysel yeteneklerini geliştirmek yerine, tek tip bir yaklaşım sunmaktadır (Robinson, 2010). Geleneksel eğitim sistemleri, çoğunlukla öğretmen merkezli, müfredata sıkı sıkıya bağlı, ve sınıf içi zamanla sınırlı yapıdadır. Bu modeller, sanayi devriminin ihtiyaçlarına uygun olarak geliştirilmiş, bireyleri belirli bilgi ve becerilerle donatarak standart iş gücünü yetiştirme amacı taşımıştır (Robinson, 2010). Ancak bu yapı, günümüzün hızla değişen bilgi toplumunda yetersiz kalmaktadır.

Bireysel farklılıkların göz ardı edilmesi, geleneksel modellerin en çok eleştirilen yönlerinden biridir. Öğrencilerin öğrenme stilleri, ilgi alanları ve gelişim hızları birbirinden farklı olmasına rağmen, geleneksel sistem tek tip müfredat ve değerlendirme yöntemleriyle herkese aynı yaklaşımı sunar (Tomlinson, 2014). Bu durum, bazı öğrenciler için öğrenme sürecini sıkıcı ve verimsiz hale getirmekte, potansiyellerinin ortaya çıkmasını engellemektedir.

Ayrıca, geleneksel eğitimde ezbere dayalı bilgi aktarımı ön plandadır. Öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi yüksek düzeyde bilişsel becerileri geliştirmeleri çoğunlukla ihmal edilmektedir. Bu da öğrencilerin gerçek yaşam problemleriyle başa çıkmada zorlanmalarına yol açmaktadır (Saavedra ve Opfer, 2012).

Teknolojik gelişmelerin eğitim sürecine entegrasyonu konusunda yetersizlik, bir diğer önemli zorluktur. Geleneksel eğitimde dijital araçların sınırlı kullanımı, öğrencilerin dijital çağın gerektirdiği becerileri edinmesini zorlaştırmaktadır. Oysa günümüzde dijital okuryazarlık, bilgiye ulaşma, analiz etme ve sunma becerileri temel yeterlilikler arasında yer almaktadır (OECD, 2018). Ayrıca, geleneksel sistemlerde değerlendirme yöntemleri genellikle sınavlara ve standart testlere dayalıdır. Bu, öğrencilerin sadece akademik başarılarına odaklanılmasına neden olmakta; sosyal-duygusal beceriler, iş birliği ve iletişim gibi alanlar göz ardı edilmektedir (Black ve Wiliam, 2009).

Son olarak, mevcut eğitim yapılarının değişime karşı dirençli olması, yenilikçi yaklaşımların hayata geçirilmesini zorlaştırmaktadır. Eğitim politikaları, öğretmen eğitimi ve okul kültürleri çoğu zaman yenilikleri benimsemekte yavaş kalmaktadır (Fullan, 2007).

3.2.2 Teknoloji destekli eğitim yaklaşımları

Geleneksel eğitim yöntemlerinin dijitalleşme ile dönüşüme uğradığı günümüzde, yapay zeka (AI) tabanlı öğrenme platformları bireyselleştirilmiş eğitim imkânı sunarak öğrenme süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Coursera, Udemy, Khan Academy ve edX gibi çevrimiçi platformlar, yapay zekâ algoritmalarıyla öğrenme hızını, ilgi alanlarını ve gelişim düzeyini analiz ederek kişiye özel içerik sunmaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019). Bu sayede öğrenciler, kendi öğrenme stillerine uygun içeriklere erişebilmekte, geri bildirim alabilmekte ve öğrenme süreçlerini kendi hızlarında yönetebilmektedir.

Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) uygulamaları ise eğitimde deneyimsel öğrenmeyi mümkün kılmaktadır. Özellikle mühendislik, tıp ve fen bilimleri gibi alanlarda, karmaşık sistemleri modellemek ve görselleştirmek için bu teknolojiler kullanılmaktadır. AR/VR araçları, öğrencilerin soyut kavramları daha kolay anlamalarına ve gerçek dünyada karşılaşacakları durumları risksiz bir ortamda deneyimlemelerine olanak tanır (Radianti vd., 2020).

Bir diğer yenilikçi yöntem olan oyunlaştırılmış öğrenme (gamification), motivasyon artırıcı unsurlar (puanlar, rozetler, seviyeler, lider tabloları vb.) sayesinde öğrencilerin öğrenmeye olan katılımını ve bağlılığını artırmaktadır. Oyun mekaniği kullanılarak öğrenme süreci hem eğlenceli hale getirilmekte hem de öğrenme çıktıları somutlaştırılmaktadır (Deterding vd., 2011). Bu yaklaşım, özellikle genç kuşakların dikkatini çekmek ve onları aktif öğrenmeye teşvik etmek açısından etkilidir.

3.2.3 Eğitim sisteminde endüstri 4.0 araçlarının yeri ve önemi

Akıllı fabrikalar ve dijital ikizler gibi teknolojiler, mesleki eğitimde simülasyonlarla öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır (Kagermann vd., 2013). Endüstri 4.0, sadece üretim süreçlerini değil, aynı zamanda eğitim sistemlerini de yeniden şekillendirmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler ve dijital ikizler gibi teknolojiler, teknik eğitimlerde uygulama temelli öğrenmeyi mümkün kılmaktadır. Özellikle mesleki ve teknik eğitim alanında, dijital simülasyonlar sayesinde öğrenciler üretim süreçlerini sanal ortamlarda deneyimleme şansı elde ederler (Kagermann vd., 2013).

Dijital ikiz teknolojisi ile gerçek zamanlı veriler kullanılarak sanal modeller oluşturulmakta, bu sayede öğrenciler sistem davranışlarını gözlemleyip senaryo analizleri gerçekleştirebilmektedirler. Bu tür uygulamalar, teorik bilginin pratiğe dönüştürülmesinde önemli bir köprü işlevi görür (Tao vd., 2018).

Ayrıca, otomasyon ve robotik sistemlerin eğitim içeriklerine entegre edilmesiyle birlikte, öğrenciler sadece kullanıcı değil, aynı zamanda bu sistemleri tasarlayan ve yöneten bireyler olarak yetiştirilmektedir. Bu yaklaşım, bilgiye dayalı ekonomilerde nitelikli insan gücünün temelini oluşturur (Schwab, 2017).

3.2.4 Endüstri 4.0 ile uyumlu eğitim programları

Üniversiteler, disiplinlerarası programlar sunarak (örneğin, mühendislik + işletme) öğrencileri geleceğin iş dünyasına hazırlamalıdır (MIT Sloan, 2022). Geleceğin iş gücü için yalnızca teknik bilgi yeterli değildir; aynı zamanda disiplinler arası bakış açısı, eleştirel düşünme ve inovasyon yetenekleri de gereklidir. Bu bağlamda, üniversitelerin disiplinlerarası programlar sunması giderek daha önemli hale gelmektedir. Örneğin, mühendislik ile işletme, bilgisayar bilimi ile psikoloji ya da tasarım ile veri analitiği gibi alanların birleştiği programlar, öğrencilerin karmaşık iş problemlerini çok yönlü şekilde ele alabilmesini sağlar (MIT Sloan, 2022).

Endüstri 4.0'a uyumlu müfredatlar, yapay zeka, veri analizi, robotik, siber güvenlik ve bulut teknolojileri gibi alanları kapsayacak şekilde yeniden yapılandırılmalıdır. Bu müfredatlar aynı zamanda, takım çalışması, proje yönetimi ve etik konularını da içermelidir. Böylelikle mezunlar, yalnızca teknik olarak donanımlı değil, aynı zamanda iş

dünyasının çok yönlü beklentilerine cevap verebilecek yetkinliklere sahip bireyler olarak yetiştirilebilirler (WEF, 2020).

Buna ek olarak, yaşam boyu öğrenme anlayışı doğrultusunda, çalışanlara yönelik yeniden ve ileri düzey beceri kazandırma (reskilling/upskilling) programları da eğitim kurumları tarafından desteklenmelidir. Bu tür esnek ve modüler eğitimler, bireylerin değişen teknolojilere hızlı uyum sağlamasını kolaylaştırır (OECD, 2021).

3.3 Eğitimde Dönüşüm ve Kalkınma

Teknolojik gelişmeler bireylerin bilgiye erişim yöntemlerini ve hızını değiştirerek öğretim süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Eğitimde kullanılan teknolojik araçlar her geçen gün çeşitlenmekte; akıllı tahtalar, mobil araçlar, e-kitaplar ve çevrimiçi ağlar gibi dijital içerikler yaygınlık kazanmaktadır. Bu durum, eğitimde dijital dönüşümün artık bir zorunluluk hâline geldiğini göstermektedir (Kocaman-Karoğlu, vd., 2020).

Toplum 5.0 kavramı, teknolojinin insanlık yararına kullanılmasını öngörerek dijital dönüşümün hem bireysel hem de toplumsal yaşamda etkili olmasını hedeflemektedir. Bu süreçte dijitalleşme yaşam tarzlarını da değiştirmekte; bireylere küresel vizyon kazandırarak, yaşam kalitesini yükseltmeyi amaçlamaktadır (Kocaman-Karoğlu vd., 2020).

Eğitimde dijital dönüşüm Eğitim 1.0'dan Eğitim 4.0'a kadar dört aşamalı bir evrim geçirmiştir. Eğitim 1.0 ezbere dayalı, öğretmen merkezli bir yapıdayken; Eğitim 2.0 teknolojiyi öğretmeyi, 3.0 ise teknolojiyi kullanmayı hedeflemiştir. Günümüzde ise Eğitim 4.0, teknolojinin tasarımı ve inovatif kullanımını esas almakta; kişiselleştirilmiş öğrenme, artırılmış gerçeklik ve yapılandırmacı öğrenme gibi yenilikçi yaklaşımları içermektedir (Kocaman-Karoğlu vd., 2020).

Covid-19 pandemisi, dijital dönüşüm sürecini hızlandırmış; Türkiye'de MEB ve YÖK tarafından çeşitli senkron ve asenkron uzaktan eğitim uygulamaları devreye sokulmuştur. Bu süreçte dijital okuryazarlık ve dijital akıcılık gibi kavramların önemi artmış, bireylerin teknolojiyi yalnızca kullanmakla kalmayıp geliştirmesi ve adapte olabilmesi beklenmektedir (Kocaman-Karoğlu vd., 2020).

3.3.1 Eğitim ve kalkınma ilişkisi

Eğitim, ekonomik büyümenin en önemli itici güçlerinden biridir (Schultz, 1961). Nitelikli işgücü, ülkelerin rekabet gücünü artırır. Eğitim ile ekonomik kalkınma arasındaki simbiyotik ilişki, modern ekonomilerin temel dinamiğini oluşturmaktadır. Schultz'un (1961) beşeri sermaye teorisi, eğitim yatırımlarının işgücü verimliliğini ortalama %12-15 artırdığını ortaya koymuştur. Güncel araştırmalar bu etkinin dijital çağda daha da belirginleştiğini göstermektedir. Dünya Bankası (2023) verilerine göre, OECD ülkelerinde ortaöğretim sonrası her bir yıllık eğitim süresi, kişi başına düşen GSYİH'yi %8-10 oranında artırmaktadır. Türkiye özelinde ise TÜİK (2023) araştırmaları, mesleki ve teknik eğitimdeki %1'lik artışın imalat sanayi verimliliğini %0.37 yükselttiğini ortaya koymaktadır.

3.3.2 Eğitimde dönüşüm kavramı

Dijital okuryazarlık ve yenilikçi düşünme becerileri, eğitimde dönüşümün temel taşlarıdır (UNESCO, 2021). UNESCO'nun "Futures of Education" raporu (2021), dijital dönüşümün eğitim sistemlerinde yarattığı paradigma değişimini dört temel boyutta ele almaktadır:

Pedagojik Dönüşüm: Hibrit öğrenme modellerinin yaygınlaşması (OECD, 2022)

Müfredat Evrimi: Yapay zeka okuryazarlığının temel beceri olarak kabulü (EU Commission, 2023)

Altyapı Devrimi: 5G destekli akıllı kampüslerin gelişimi (Ericsson, 2023)

Değerlendirme Sistemleri: Blockchain tabanlı mikro sertifikasyon sistemleri (MIT Media Lab, 2022)

3.3.3 Eğitimde dönüşüm ve kalkınma modelleri, küresel eğitim trendleri

Finlandiya'nın öğrenci merkezli eğitim modeli;

PISA 2022 sonuçlarına göre:

- Öğrenci özerkliği endeksi: 0.87 (OECD ortalaması 0.63)
- STEM mezunlarının Ar-Ge sektörüne geçiş oranı: %43

- Öğretmen başına yıllık profesyonel gelişim bütçesi: 14,850€ (Statistics Finland, 2023)

Singapur'un STEM odaklı eğitim politikaları

Dünya Ekonomik Forumu (2023) verileri:

- SkillsFuture programı katılım oranı: %76
- STEM eğitimi GSYİH payı: %4.2
- Yapay zeka eğitimi başlangıç yaşı: 8 (3. sınıf) şeklindedir.

3.3.4 Eğitim politikalarının kalkınma üzerindeki etkisi

Eğitim, ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en temel dinamiklerinden biridir. Bireylerin bilgi, beceri ve yetkinliklerini geliştirmesinin yanı sıra toplumsal eşitlik, demokratik katılım ve üretkenlik açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle eğitim politikaları, yalnızca bireysel refahı artırmakla kalmaz; aynı zamanda ulusal kalkınma stratejilerinin merkezinde yer alır (Todaro ve Smith, 2020).

Etkin eğitim politikaları, beşeri sermayeyi güçlendirerek işgücü verimliliğini artırmakta ve yenilikçi kapasiteyi desteklemektedir. Nitelikli bir eğitim sistemi, bireylerin değişen ekonomik koşullara uyum sağlayabilmesini, dijital ve teknik beceriler kazanmasını ve yaşam boyu öğrenme alışkanlıklarını edinmesini sağlar. Bu da ülkelerin sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşmasını kolaylaştırır (Barro ve Lee, 2013). Eğitim düzeyi ile kişi başına düşen gelir arasında pozitif bir ilişki bulunduğu; özellikle ortaöğretim ve yükseköğretime erişimin arttığı ülkelerde ekonomik büyümenin daha istikrarlı olduğu birçok ampirik çalışmada gösterilmiştir (Hanushek ve Woessmann, 2008).

Eğitim politikalarının kalkınmaya olan etkisi yalnızca ekonomik göstergelerle sınırlı değildir. Nitelikli eğitim, sağlık göstergelerinin iyileşmesi, toplumsal cinsiyet eşitliğinin gelişmesi ve demokratik kurumların güçlenmesi gibi sosyal kalkınma alanlarında da doğrudan etkili olmaktadır (UNESCO, 2022). Bu nedenle eğitime yapılan yatırım, uzun vadeli refahın temel taşı olarak kabul edilmektedir.

Bu bölümde, eğitim politikalarının ekonomik ve sosyal kalkınma üzerindeki çok boyutlu etkileri değerlendirilecek; çeşitli ülke örnekleri ve ampirik bulgular ışığında eğitim yatırımlarının kalkınmadaki rolü ele alınacaktır.

Türkiye'nin 2024-2028 Dijital Dönüşüm Stratejisi kapsamında:

- Mesleki eğitimde "akıllı fabrika" laboratuvarları: 1.2 milyar TL (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023)
- Teknopark-üniversite iş birlikleri için vergi indirimleri: %80'e varan oranlar (Kanun No: 7343)
- EBA dijital platform kullanıcı sayısı: 18.4 milyon (MEB, 2023)

3.4 Eğitimde Dönüşümün Meslekler Üzerindeki Etkileri

Eğitim sistemlerinde yaşanan dönüşüm, yalnızca pedagojik yaklaşımları değil, aynı zamanda iş gücü piyasasını ve mesleklerin doğasını da derinden etkilemektedir. Dijitalleşme, yapay zeka, otomasyon ve büyük veri gibi teknolojiler, mesleklerin gerektirdiği beceri setlerini dönüştürmekte ve buna paralel olarak eğitim kurumlarının bu yeni becerilere yönelik hazırlık yapmasını zorunlu hale getirmektedir (World Economic Forum, 2020). Geleneksel eğitim sistemleri, çoğu zaman mevcut mesleklerin gereksinimlerine göre şekillendirilmiştir. Ancak son yıllarda veri bilimci, robotik mühendisi, yapay zeka etik uzmanı, siber güvenlik analisti gibi daha önce var olmayan yeni meslekler ortaya çıkmıştır (LinkedIn, 2023). Bu durum, eğitim sistemlerinin de esnek ve dinamik hale gelmesini, güncel teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek buna uygun müfredatlar geliştirmesini gerektirmektedir. Eğitimde dönüşüm, var olan mesleklerin de doğasını değiştirmektedir. Örneğin muhasebe, hukuk, pazarlama gibi alanlarda artık temel teknik bilginin yanı sıra veri analizi, programlama, dijital okuryazarlık gibi beceriler aranmaktadır (OECD, 2021). Bu da yaşam boyu öğrenme ve yeniden beceri kazandırma (reskilling/upskilling) programlarını kaçınılmaz kılmaktadır.

3.4.1 Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkileri üzerine genel sonuçlar

Otomasyon, rutin işleri ortadan kaldırırken, yaratıcılık gerektiren işler önem kazanmaktadır (Frey ve Osborne, 2017). Eğitimdeki dönüşüm, sadece öğretim yöntemlerini değil; aynı zamanda iş dünyasını, mesleklerin yapısını ve bireylerin kariyer planlarını da etkilemektedir. Bu süreçte eğitim sistemleri:

- Geleceğin mesleklerine odaklanan,
- Esnek ve yenilikçi,

- Teknik ve sosyal becerileri harmanlayan,
- Sürekli öğrenmeyi teşvik eden bir yapıya dönüşmelidir.

Ancak bu sayede bireyler, belirsizliklerle dolu iş dünyasında rekabetçi ve üretken olabilecek donanıma sahip olabilir.

3.4.2 Toplum 5.0 ve Eğitim 5.0

Japonya'nın öncülük ettiği Toplum 5.0, teknoloji ve insan odaklı bir toplum modelidir. Eğitim 5.0 ise, bu modele uygun yaşam boyu öğrenme yaklaşımını benimser (Cabinet Office Japan, 2021). Toplum 5.0, Japonya tarafından geliştirilen ve Endüstri 4.0'ın ötesine geçmeyi amaçlayan, insan merkezli ve teknoloji destekli bir toplum vizyonudur. Bu modelde, yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi teknolojiler sadece ekonomik büyüme için değil, aynı zamanda sosyal sorunların çözümünde de kullanılmaktadır (Cabinet Office Japan, 2021). Toplum 5.0, bireylerin refahını artırmayı hedeflerken, teknolojiyi insan hayatını kolaylaştıran bir araç olarak konumlandırmaktadır. Bu vizyon doğrultusunda şekillenen Eğitim 5.0, bireylerin sadece bilgi tüketicisi değil, aynı zamanda bilgi üreticisi olmalarını hedefleyen; öğrenmeyi yaşam boyu süren, çok disiplinli ve bireyselleştirilmiş bir süreç olarak tanımlar (Fukuyama, 2020). Eğitim 5.0'ın temelinde; yaratıcılık, eleştirel düşünme ve sistemsel analiz gibi beceriler yer alır. Öğrenciler, teknolojiyi pasif kullanıcılar olarak değil, sorun çözücü ve yenilikçi bireyler olarak kullanmayı öğrenirler. Eğitimin her düzeyinde sosyal fayda üretimi ve etik sorumluluk ön plandadır. Ayrıca, Eğitim 5.0 modeli, sadece okul çağındaki bireyler için değil, her yaşta öğrenmeyi destekleyen bir altyapıya sahiptir. Bu bağlamda dijital okuryazarlık, uzaktan eğitim ve kişiselleştirilmiş öğrenme platformları, modelin temel bileşenleri arasında yer alır (UNESCO, 2022).

3.5 Geleceğin Mesleklerinde Etik ve Sorumluluklar

Teknolojinin iş yaşamına entegre olmasıyla birlikte mesleklerin yalnızca teknik değil, etik ve sosyal yönleri de daha fazla önem kazanmaktadır. Geleceğin mesleklerinde çalışan bireylerin yalnızca yetkin değil, aynı zamanda sorumlu ve duyarlı olmaları beklenmektedir. Yapay zekâ tabanlı sistemlerin karar verme süreçlerinde yer alması, ayrımcılık, şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi önemli etik sorunları beraberinde getirmektedir. Örneğin, algoritmaların önyargılı veri ile eğitilmesi, toplumun belirli kesimlerine karşı haksızlık yaratabilir (Floridi vd., 2018). Bu nedenle; meslek

sahiplerinin algoritmik adalet, veri şeffaflığı ve yapay zekâ etiği konularında temel bilgi ve farkındalığa sahip olması gerekmektedir.

Veri gizliliği (privacy-by-design) ilkesi, özellikle sağlık, finans ve eğitim gibi alanlarda çalışan profesyonellerin temel sorumlulukları arasında yer almaktadır (European Commission, 2020). Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA/SDG), geleceğin iş gücünün sadece ekonomik değil, çevresel ve sosyal sorumlulukları da yerine getirmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda yeşil meslekler (green jobs), çevreye duyarlı üretim ve enerji tasarrufu gibi konular daha fazla gündeme gelmektedir (ILO, 2021). Mühendislikten finans sektörüne kadar pek çok alanda karbon ayak izi, doğal kaynak kullanımı ve sosyal etki analizi gibi kavramlar artık mesleki standartların bir parçasıdır. Dijitalleşme, fırsatlar sunduğu kadar eşitsizlikleri de derinleştirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, geleceğin mesleklerinde etik ilkeler; dijital bölünmenin azaltılması, engelli bireylerin erişimi, cinsiyet ve kültürel çeşitlilik gibi konuları da kapsamaktadır (ITU, 2022).

Yantur (2022)'ye göre, Endüstri 4.0 kapsamında yaşanan dijital dönüşüm, bazı ülkeler için fırsat, bazıları için ise kriz kaynağı haline gelebilir. Bu sürecin avantajlara dönüştürülebilmesi, ülkelerin otomasyon ve yeni teknolojilere ne ölçüde entegre olabildiğine bağlıdır. Araştırmalar, bazı mesleklerin yok olma riski taşıırken, yeni mesleklerin ortaya çıkmasıyla istihdamın farklı alanlara kayabileceğini göstermektedir.

Türkiye'deki firmalar, özellikle otomasyon ve siber-fiziksel sistemler konusunda henüz yeterli stratejik hazırlığa sahip değildir. Endüstri 4.0'a entegrasyon girişimleri yeni yeni başlamış olsa da, Almanya'nın 2011'de bu süreci başlatmış olması, Türkiye'nin ciddi bir zaman kaybı yaşadığını ortaya koymaktadır. Nitekim Türkiye'de firmaların yalnızca %22'si yeni sanayi devrimine ilişkin kapsamlı bilgiye sahiptir.

Ayrıca, manuel ve idari iş alanlarının teknolojik tehdit altında olduğu ve milyonlarca çalışanın işsiz kalabileceği öngörülmektedir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için hizmet sektörünün yeni teknolojilere uyum sağlaması ve iş gücünün yeni meslek alanlarına yönlendirilmesi önemlidir. Endüstriyel yazılım, bilişim sistemleri, veri analitiği ve robot koordinatörlüğü gibi alanlar geleceğin meslekleri arasında öne çıkmaktadır.

Ancak bu dönüşüm, güçlü bir eğitim altyapısı olmadan mümkün değildir. Türkiye, fen, matematik ve okuma yeterliliklerinde OECD ortalamasının altındadır. Eğitim düzeyinin yükseltilmesi, dönüşüm sürecinde işini kaybetme riskini azaltmakta kritik bir rol

oynamaktadır. Nüfusun sadece %0,4'ünün doktora, %2,3'ünün yüksek lisans, %19,1'inin ise lisans mezunu olması, bu alandaki gelişim ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, yapısal ve yenilikçi eğitim politikaları ile dönüşüme entegre olma çabaları eş zamanlı yürütülmelidir.

WEF (2025) raporuna göre, teknolojik gelişmeler, yeşil dönüşüm ve demografik değişimlerin etkisiyle küresel işgücü piyasası önemli ölçüde yeniden şekillenmektedir. Raporda, bu on yıl içinde yaklaşık 170 milyon yeni iş yaratılacağı, buna karşılık 92 milyon işin ortadan kalkacağı belirtilmektedir. Bu durum, 78 milyonluk net istihdam artışı anlamına gelmektedir (World Economic Forum, 2025).

En hızlı büyüme gösteren alanlar arasında yapay zekâ, büyük veri ve finansal teknolojiler yer almakta; AI ve makine öğrenimi uzmanları, büyük veri analistleri ve fintech mühendisleri gibi rollerin öne çıktığı vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, çiftlik işçileri, teslimat sürücüler, yazılım geliştiriciler, inşaat çalışanları ve mağaza satış temsilcileri de iş gücü piyasasında yüksek talep gören meslek grupları arasında yer almaktadır.

Bakım hizmetleri kapsamında ise, hemşirelik uzmanları, sosyal hizmet görevlileri ve danışmanlık alanında uzmanlaşmış profesyonellerin önümüzdeki beş yıl içinde ciddi bir büyüme göstermesi beklenmektedir. Bu eğilim, özellikle nüfusun yaşlanmasıyla birlikte artan sosyal hizmet ihtiyacına bağlanmaktadır.

4 SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1 Sonuç

Endüstri 4.0 süreci; dijitalleşme, yapay zekâ, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler ve büyük veri analitiği gibi bileşenleriyle işgücü piyasasında köklü dönüşümlere yol açmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu teknolojik dönüşümün işgücü üzerindeki etkileri, gelecekte ön plana çıkması beklenen meslekler ile bu dönüşüme uyum sağlayabilmek için gerekli beceriler kapsamlı biçimde analiz edilmiştir. Bulgular, tekrar eden ve fiziksel emeğe dayalı mesleklerin otomasyon karşısında yüksek risk altında olduğunu; buna karşın analitik düşünme, yaratıcılık, dijital okuryazarlık ve sosyal beceriler gibi yetkinliklerin önem kazandığını ortaya koymaktadır (Frey ve Osborne, 2013, s. 37).

Endüstri 4.0, yalnızca üretim süreçlerini değil; aynı zamanda işgücü piyasasını, meslek tanımlarını ve eğitim sistemlerini de köklü bir şekilde dönüştürmektedir. Günümüz iş yaşamı, dijital teknolojilerin etkisiyle hem süreçsel hem de yapısal bir değişim sürecinden geçmektedir. Özellikle yapay zekâ, büyük veri ve otomasyon uygulamaları iş yapma biçimlerini temelden yeniden şekillendirmektedir (World Economic Forum, 2020). Türkiye bağlamında değerlendirildiğinde, teknolojik adaptasyonun sektörler arasında dengesiz ilerlediği ve mevcut eğitim sisteminin işgücü piyasasının hızla değişen ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu doğrultuda, yaşam boyu öğrenme kültürünün yerleşmesi ve mesleki eğitimin dijital becerilere dayalı olarak yeniden yapılandırılması kritik bir önem arz etmektedir.

Çalışmanın sonucunda, yalnızca teknolojik yatırımların değil; aynı zamanda insan sermayesine yapılacak yatırımların da gelecekte sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayacağı vurgulanmıştır. Bu bağlamda, eğitim sistemlerinin geleneksel ve statik yapılarından sıyrılarak, daha esnek, teknolojiyle entegre ve yaşam boyu öğrenmeyi merkeze alan bir yapıya evrilmesi gerekmektedir. Özellikle dijital okuryazarlık, problem çözme, yaratıcılık, eleştirel düşünme ve disiplinlerarası yaklaşım gibi beceriler, yeni nesil işgücünün temel yetkinlikleri arasında yer almaktadır. Aksi takdirde, işgücü ile işveren beklentileri arasındaki uyumsuzluk derinleşecek ve bu durum ekonomik verimlilik açısından önemli riskler doğuracaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasında yarattığı dönüşümü kapsamlı biçimde ele almış; dijitalleşme, yapay zekâ ve otomasyon gibi teknolojilerin özellikle düşük vasıflı işgücü üzerinde iş kaybı riskini artırdığına dikkat çekmiştir. Buna

karşılık, yüksek becerilere ve dijital okuryazarlığa sahip bireylerin işgücü piyasasında daha avantajlı konuma geldikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde mesleki ve teknik eğitimin Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirilmesi, işgücü piyasasının esneklik kazanması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, sürekli öğrenme kültürünün yaygınlaştırılması, geleceğin mesleklerine adaptasyon sürecinde belirleyici bir rol oynayacaktır.

Bu çalışma göstermiştir ki, Endüstri 4.0 yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda işgücü piyasasının yapısını da dönüştürmektedir. Düşük vasıflı işgücünün iş kaybı riski artarken, dijital becerilere sahip meslek gruplarına olan talep yükselmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu dönüşümün yönetimi, mesleki eğitim sisteminin hızla modernize edilmesini ve beceri kazandırma mekanizmalarının güçlendirilmesini gerektirmektedir.

4.2 Tartışma

Endüstri 4.0, yalnızca teknolojik bir devrim değil; aynı zamanda işgücü piyasasında yapısal ve niteliksel bir dönüşüm sürecidir. Bu dönüşüm, üretim biçimlerinden eğitim sistemine, istihdam modellerinden meslek tanımlarına kadar pek çok alanda köklü değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Bu tez kapsamında elde edilen bulgular, dijitalleşmenin işgücü piyasasında yüksek vasıflı bireylere olan talebi artırdığını, buna karşılık düşük vasıflı ve tekrara dayalı işlerin otomasyon riski altında olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Elde edilen veriler, Frey ve Osborne'un (2013) çalışmalarında vurgulanan "otomasyon riski" yaklaşımıyla örtüşmektedir. Özellikle analitik düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi bilişsel beceriler gerektiren meslekler öne çıkarken; rutin ve fiziksel işlerin yerini otomasyon sistemlerine bırakma ihtimali artmaktadır. Ancak Arntz, Gregory ve Zierahn (2016) gibi araştırmacıların görev bazlı analizleri, otomasyonun etkilerinin ülkeden ülkeye değiştiğini ve bu etkinin sanıldığı kadar yüksek olmadığını savunmaktadır. Bu durum, analizlerde kullanılan yöntemsel farkların sonuçlara doğrudan etki ettiğini göstermektedir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, dijital dönüşüme hazırlık seviyesinin yetersiz olduğu görülmektedir. OECD (2018) verilerine göre Türkiye, dijital becerilere sahip işgücü oranında son sıralarda yer almaktadır. Bu durum, Becker'in (1964) insan sermayesi teorisi kapsamında değerlendirildiğinde, bireylerin ekonomik verimliliklerinin artırılması için eğitim sisteminin yapısal olarak güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Aynı zamanda Schumpeter'in "yaratıcı yıkım" yaklaşımı çerçevesinde, teknolojik dönüşümlerin bazı meslekleri ortadan kaldırırken, yeni iş alanlarını ve fırsatları da beraberinde getirdiği unutulmamalıdır.

Dijital dönüşüm süreci sadece teknik altyapının geliştirilmesiyle sınırlı değildir. Sürecin başarıya ulaşabilmesi için toplumsal kapsayıcılık, eğitimde fırsat eşitliği ve kültürel dönüşüm gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. OECD'nin (2021) de vurguladığı üzere, dijitalleşme yalnızca teknik bir mesele değil; aynı zamanda örgütsel ve kültürel bir dönüşüm süreci olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda, eğitim sistemleri bireyleri sadece teknik yeterliliklerle değil, aynı zamanda etik sorumluluk, iletişim becerileri ve takım çalışması gibi sosyal becerilerle de donatmalıdır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin Endüstri 4.0 sürecine etkin bir şekilde uyum sağlayabilmesi için yalnızca teknoloji yatırımlarına değil; aynı zamanda insan sermayesinin geliştirilmesine, eğitim sisteminin güncellenmesine ve işgücü piyasasıyla daha güçlü bir entegrasyon kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dönüşüm, ancak bütüncül ve kapsayıcı politikalarla mümkün olacaktır.



4.3 Öneriler

Endüstri 4.0 süreci, yalnızca üretim sistemlerini değil; aynı zamanda eğitim, istihdam ve mesleki yeterlilik alanlarını da köklü biçimde dönüştürmektedir. Bu dönüşüm karşısında, ülkelerin rekabet gücünü sürdürebilmesi ve işgücü piyasasında uyum sağlanabilmesi için çok yönlü ve bütüncül politikalara ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'nin bu sürece etkin şekilde adapte olabilmesi için aşağıdaki stratejik önerilerin hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır:

Eğitim Reformları ve Dijital Becerilerin Kazandırılması

- Milli Eğitim Bakanlığı, dijital becerileri esas alan yeni nesil müfredat reformlarını hayata geçirmeli; yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi alanlar lise düzeyinden itibaren öğretim programlarına entegre edilmelidir.
- Yükseköğretim kurumları, disiplinlerarası eğitim modellerini yaygınlaştırmalı; Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik uygulamalı ders ve laboratuvar imkânlarını artırmalıdır.
- STEM (fen, teknoloji, mühendislik ve matematik) alanlarına yönelik teşvikler güçlendirilerek gençlerin bu alanlara yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

Mesleki Eğitim ve Yaşam Boyu Öğrenme

- Mesleki ve teknik eğitim kurumları ile sanayi sektörleri arasındaki iş birlikleri artırılmalı; uygulamalı ve sektörel ihtiyaçlara odaklanan eğitim programları geliştirilmelidir.
- Hayat boyu öğrenme kültürü yaygınlaştırılmalı; erişilebilir, devlet destekli dijital öğrenme platformları oluşturulmalıdır.
- İŞKUR, sektör bazlı beceri haritaları hazırlayarak yeniden beceri kazandırma (reskilling) ve beceri geliştirme (upskilling) programlarını yaygınlaştırmalıdır.

KOBİ'ler ve Sektörel Dönüşümün Desteklenmesi

- KOBİ'lerin dijital dönüşüme uyum sağlayabilmesi için devlet destekli teknik eğitim, danışmanlık ve otomasyon teşvik programları başlatılmalıdır.
- İmalat sektörü için dijital üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasına yönelik somut adımlar atılmalı; sağlık sektörü özelinde ise veri güvenliği, dijital hasta kayıt sistemleri ve yapay zekâ destekli uygulamalar için insan kaynağı yetiştirilmelidir.

Kapsayıcı ve İnsan Odaklı Politikalar

- Kadınlar, gençler ve dezavantajlı gruplara yönelik dijital beceri kazandırma programları geliştirilmeli; toplumsal eşitlik ilkesine dayalı teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır.
- Kadınların STEM alanlarında eğitim alması için burslar, girişimcilik destekleri ve mentorluk programları yaygınlaştırılmalıdır.
- Dijital dönüşüm sürecinde iş güvencesi, iş-yaşam dengesi ve psikososyal refah gibi unsurlar göz önünde bulundurularak insan odaklı bir dönüşüm modeli benimsenmelidir.

Kurumsal Koordinasyon ve Stratejik Planlama

- Tüm bu adımların eşgüdüm içinde yürütülebilmesi amacıyla, kamu, özel sektör ve akademi temsilcilerinin katılımıyla ulusal düzeyde “İşgücü Gelecek Senaryoları Platformu” kurulmalıdır. Bu yapı, Türkiye’nin dijital dönüşüm sürecinde stratejik karar alma süreçlerini destekleyici bir rol üstlenmelidir.
- Ulusal Stratejik Çerçeve: Türkiye’nin Endüstri 4.0’a geçiş süreci için bir “İşgücü Dönüşüm Ulusal Strateji Belgesi” hazırlanmalı ve bu belge tüm sektörleri kapsamalıdır. Kamu, özel sektör ve akademinin ortak çalışabileceği bir dijital dönüşüm platformu kurulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akagündüz, Ü. (2016). Sanayi Devrimi ve Sanayileşme. İçinde: İ. Güven (Ed.), *Uygarlık Tarihi* (6. Baskı. ss. 422-431). Pegem Akademi.
- Akben, İ. ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve karanlık üretim: Genel bir bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.
- Aktan, C. C. ve Tunç, M. (1998), Bilgi toplumu ve Türkiye. *Yeni Türkiye Dergisi*, Ocak-Şubat, 118-134.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30. <https://doi.org/10.15637/Jlecon.129>
- Ardor, N. H. ve Varlık, S. (2009). David Ricardo ile Joseph Alois Schumpeter'in teknolojik gelişme kuramlarının karşılaştırılması. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 15-40. □ Günaydın, N. (2009). *Marx ve Emek Değeri Kuramı*. Mülkiye Dergisi, 33(3), 345-358.
- Arpetekci, A. (2021). Endüstri 4.0'ın çalışma ilişkilerine etkisi: *Sendikaların geleceği. Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 2(1), 7-15.
- Arslan, R. ve Ergün, H. (2012). John Hicks'e göre tarım merkantilizminden sanayi devrimine emeğin evrimi, *Emek ve Toplum Dergisi*, 1(1), 119-126.
- Artut, S. (2019). Yapay zekâ olgusunun güncel sanat çalışmalarındaki açılımları. *İnsan ve İnsan*, 6(22), 767-783. <https://doi.org/10.29224/insanveinsan>.
- Ata, V. (2023). *Türkiye'de lojistik 4.0'ın istihdama olan etkisi üzerine nitel bir araştırma* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. İstanbul.
- Aydın, M. (2017). Kapitalizmde bilginin işlevi ve e-devlet uygulamaları. *SAV (Sosyal Araştırmalar Vakfı) Katkı Dergisi*, 4, 22-25.
- Baldwin, R. (2019). *The globotics upheaval: Globalization, robotics, and the future of work*. Oxford University Press.
- Barro, R. J. ve Lee, J. W. (2013). *A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010*. *Journal of Development Economics*, 104, 184–198.
- Bektaş, A. (2021). Endüstri 4.0 gelişmelerinin işin ve işgücünün niteliği üzerindeki muhtemel etkileri: Almanya ve Türkiye karşılaştırması. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Berktaş, S. ve Dimli Oraklıbel, R. (2021). Sanayi devrimi ile gelen değişim: iş bölümü ve yabancılaşma. *Atlas Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(6), 112-121.
- Binbir, S. (2021). Pazarlama çalışmalarında yapay zeka kullanımı üzerine betimleyici bir çalışma. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(3), 314-328.
- Bonekamp, L. ve Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33–40.
- Boz Eravcı, D. (2020). Kurumların dijital dönüşümü: Büyük veri. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 11(1), 90-112.

- Brynjolfsson, E. ve McAfee, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W.W. Norton ve Company.
- Çelik, B. (2019). Endüstri 4.0’ın otomasyon süreçlerine etkileri. *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 245-261.
- Davenport, T. H. ve Bean, R. (2018). Big companies are embracing analytics, but most still don’t have a data-driven culture. *Harvard Business Review*.
- Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü ve dördüncü sanayi devrimleri arasındaki temel ve sistematik farklılıkların determinist bir yaklaşımla analizi. *Yönetim ve Siyaset Bilimi İncelemesi*, 2(1), 176-194.
- De Stefano, V. (2016). The rise of the “just-in-time workforce”: On-demand work, crowdwork, and labor protection in the “Gig-Economy”. *Comparative Labor Law ve Policy Journal*, 37(3), 471–504.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., ve Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*.
- Dilek Eren, C., Muşlu Kaygısız, G., ve Benzer, E (2019). Öğretmen adaylarının bilgi okuryazarlık becerileri ile bilgi kaynaklarının güvenilirliklerini değerlendirmeleri arasındaki ilişki. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1) 175–184.
- Doğru, B. ve Meçik, O. (2018). Türkiye’de Endüstri 4.0’ın işgücü piyasasına etkileri: firma beklentileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23 (Endüstri 4.0 Ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1581-1606.
- Eraydın, A. (1992). Post-Fordizm ve değişen mekânsal öncelikler. *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları*.
- Erdem, V. (2020). *Endüstri 4.0 uygulamasının firmaların rekabet öncelikleriyle bağlantısı üzerine bir araştırma: Beyaz eşya işletmelerinde çoklu örnek olay incelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Erden Özsoy, C. (2018). Endüstri 4.0 ve istihdam üzerindeki potansiyel etkisi. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 8(2), 249-270.
- Ericsson (2023). 5G for education: transforming learning experiences. Stockholm: Ericsson AB.
- Eşiyok, S., ve Demircioğlu, M. (2022). OECD ülkelerinin endüstri 4.0 düzeylerinin Critic ve Codas yöntemleri ile değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(43), 377-398. [https://doi: 10.46928/iticusbe.1076484](https://doi.org/10.46928/iticusbe.1076484)
- Eurofound. (2020). *Living, working and COVID-19*. COVID-19 series, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Commission (2023). *Digital education action plan 2021-2027*. Brussels: EU Publications.
- European Commission. (2020). *White paper on artificial intelligence: A European Approach to Excellence and Trust*.
- European Commission. (2021). *Digital education action plan 2021-2027*.

- Fikirli, M., Çetin, C. (2017). . *İktisadi Doktrinde Schumpeteryan Yaratici Yıkımdan Yaratici Birikime*, , Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi, 6(1): 27-64.
- Floridi, L., Cows J., Beltrametti M., Chatila R., Chazerand P., Dignum V., Luetge C., Madelin R., Pagallo U., Rossi F., Schafer B., Valcke P., Vayena E. (2018). AI4People—an ethical framework for a good AI society. *Minds and machines*, 28(4), 689–707.
- Frey, C. B., ve Osborne, M. A. (2017). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Technological Forecasting and Social Change, 114, 254–280.
- Fukuyama, M. (2020). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan Spotlight*, 29(1), 47–50.
- Gabriel, M. ve Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara International Journal of Engineering*, 14(2), 131–136.
- Geisberger, E., ve Broy, M. (2012). Agendacps, integrierte forschungsagenda cyberphysical systems (acatech studie). *Acatech - Deutsche Akademie Der Technikwissenschaften*.
- Goleman, D. (2006). *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ*. Bantam Books.
- Göktürk, S., ve Arslan, M. (2022). Robotik süreç otomasyonu ve iş gücü piyasasına etkileri. *Dijital Ekonomi ve Endüstri 4.0 Dergisi*, 3(1), 55-72.
- Gülyüz, H. (2020). *3B yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının öğretmen adaylarının 21. yüzyıl öğrenenlerinin öğrenilmesi, STEM kalıcı ve STEM öğretmenin öz yeterliğine etkisi* [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Açık Bilim. <https://bit.ly/3Mh9mFB>
- Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayi tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31, 8-14.
- Hanushek, E. A., ve Woessmann, L. (2008). The Role of cognitive skills in economic development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607–668.
- Heckman, J. J., ve Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19(4), 451–464.
- Hofmann, E. ve Rüsch, M. (2017). Çalışma dünyasında dijital dönüşüm: Endüstri 4.0'ın istihdama etkileri. *Endüstri İlişkileri Dergisi*, 12(3), 45-62.
- IBM (2015). IBM software defined infrastructure for big data analytics workloads, June.
- ILO – International Labour Organization. (2021). *Skills for a greener future: A global view based on 32 country studies*. Geneva: ILO.
- ILO (International Labour Organization). (2021). *Skills for a Green Transition*.
- Işık, M., ve Erol, H. Ö. (2020). Endüstri 4.0 farkındalığı ve işgücü nitelikleri üzerine etkileri: süleyman demirel üniversitesi öğrencileri üzerine bir araştırma. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 8(24), 86-112. <https://doi.org/10.33692/Avrasyad.831613>

- İnci, B. (2020). *Endüstri 4.0'ın Dünya'da ve Türkiye'de işsizlik ve istihdam üzerine muhtemel etkileri* (Yayın no. 636057) [Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kagermann, H., Wahlster, W. ve Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.
- Kagermann, H., Wahlster, W., ve Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Acatech – National Academy of Science and Engineering.
- Kasa, H. (2020). Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümeye etkisi: Yenilikçi ekonomilere yönelik ampirik bir analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 305-312.
- Kocaman-Karoğlu, A., Bal-Çetinkaya, K., ve Çimşir, E. (2020). Toplum 5.0 sürecinde Türkiye'de eğitimde dijital dönüşüm. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 147–149.
- Küçüköğlu, M. T., ve Pınar, R. İ. (2020). Dijital dönüşümün işgücü ve meslekler üzerindeki etkileri. *International Journal of Economics and Management Innovations*, 1(1), 1-10.
- Küçüksille, E. U., Özger, F., ve Genç, S. (2013). Mobil bulut bilişim ve geleceği. *Akademik bilişim konferansı bildirileri*, 695-699.
- Lee, E. A. (2006). Cyber-physical systems are computing foundations adequate? Nsf workshop on cyber-physical systems: Research Motivation, techniques and roadmap, Austin.
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., ve Dewhurst, M. (2017). A future that works: Automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute.
- MEB (2023). Eğitim Bilişim Ağı (EBA) Faaliyet Raporu. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MIT Media Lab (2022). Blockchain for Education: Credentialing Revolution. Cambridge: MIT Press.
- MIT Sloan. (2022). *Shaping the Future of Work and Learning through Interdisciplinary Education*. <https://mitsloan.mit.edu/>
- Mihaela, G. (2015) Innovation and Entrepreneurial Creativity Business During Henry Ford. Annals of the “Constantin Brâncuşi” University of Târgu Jiu, *Economy Series I*(II).
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S. ve Shaikh, M. A. A. (2018). *Endüstri 4.0'ın gelişmekte olan ekonomilerdeki sosyal etkileri*. *Temiz Üretim Dergisi*, 197, 23-36.
- Mrugalska, B., ve Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473. <https://doi.org/10.1016/J.Proeng.2017.03.135>
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K. ve Abraham, A. (2019). KOBİ'ler için Endüstri 4.0 uygulamalarındaki zorluklar. *Bilgi Füzyonu Dergisi*, 51, 191-207.

- NART, S. (2020). *Endüstri Devrimlerinin Çalışma Hayatına Yansıması*. İçinde Çalışma Yaşamında Yetenek 4.0. Ed: S. Nart. ss.1-27, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, ISBN: 9786052428375.
- NIST (National Institute of Standards and Technology). (2020). *Framework for improving critical infrastructure cybersecurity*.
- OECD (2019). *Preparing for the changing nature of work in the digital era*. OECD Employment Outlook.
- OECD (2021). *21st-century readers: developing literacy skills in a digital world*. OECD Publishing.
- OECD (2021). *Skills for a digital world*. OECD Publishing.
- OECD (2021). *The digital transformation of SMEs*. OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2022). *Education at a glance 2022: OECD indicators*. Paris: OECD Publishing.
- Öçal, N. S. (2021). *Sosyal politika perspektifinde endüstri devrimleri ve Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkileri üzerine bir inceleme*, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Özışık, T., Erdil Şahin, B. (2022). *Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş gücü ve işin geleceğine etkileri*. Journal of Life Economics. 9(2): 81-96, DOI: 10.15637/ jlecon.9.2.03
- Özkan, M, Al, A. ve Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü Endüstri Devrimi'nin etkileri ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 6(2), 126-156.
- Özkurt Çokgüngör, H. (2023). Dijitalleşme süreci ve Endüstri 4.0'ın Eğitim 4.0'a yansımaları. *Bilimsel Koleksiyon «InterConf»*, (184). <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/5044>
- Özmen, Ö. N., Eriş, E. D., Süral Özer, P., ve Zerey, H., (2019). *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, vol.20, no.2, 499-520.
- Pejic-Bach, M., Bertoncel, T., Meško, M. ve Krstić, Ž. (2020). Endüstri 4.0 beceri setleri: Geleceğin işgücü ihtiyaçları. *Teknolojik Öngörü ve Sosyal Değişim Dergisi*, 154, 119936.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., ve Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers and Education*, 147.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2023). 2024-2028 Dijital Dönüşüm Stratejisi. Ankara: STB Yayınları.
- Schleicher, A. (2018). *World Class: How to Build a 21st-Century School System*. OECD Publishing.
- Schlogl, L., Sumner, A. (2018). *The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and Wages in Developing Countries* Centre for Global Development Working Paper No: 487.
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., ve Prote, J. P. (2014). Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>.

- Schultz, T. W. (1961). "Investment in Human Capital". *American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Schumacher, A., Erol, S. ve Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* 52 161-166.
- Schwab, K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Z. Dicleli, Çev.). İstanbul: Optimist, ISBN:978-605-322- 295-8.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Publishing Group.
- Sener, S., ve Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim. *Mühendis Beyinleri Dergisi*, 2(1): 25-37 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/310191>.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32(1), 43-57.
- Statistics Finland (2023). Education in Finland 2023. Helsinki: Statistics Finland.
- Sucu, İ. (2019). Yapay zekanın toplum üzerindeki etkisi ve yapay zeka (A.I.) Filmi Bağlamında Yapay Zekaya Bakış. *Uluslararası Ders Kitapları ve Eğitim Materyalleri Dergisi*, 2(2), 203-215.
- Şahin, E. ve Kaya, F. (2019). Pazarlamada yeni dönem: Endüstri 4.0, yapay zekâ ve akıllı asistanlar, Çizgi Kitabevi.
- Şahin, K. ve Turan, B. O. (2018). Üç Boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116. <https://doi.org/10.30692/Sisad.441648>
- Şahin, S. (2014). *Teknolojik gelişmeler ve uluslararası rekabet gücü ilişkisi bağlamında nanoteknolojinin önemi ve Türkiye deneyimi*. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Şendoğdu, A. A. (2020). Endüstri 4.0 devriminde robotik kaynaklar yönetimi bağlamında insan kaynakları yönetiminde yeni açılımların kaçınılmazlığı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(1), 141-161. <https://doi.org/10.16951/Atauniiibd.631617>
- Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., ve Nee, A. Y. C. (2018). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- Todaro, M. P., ve Smith, S. C. (2020). *Economic Development* (13th ed.). Pearson Education.
- TOKER, K. (2018). *Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirliğe Etkileri*, Istanbul Management Journal, 29(84), 51–64.
- Topçu, O. (2015). Akıllı otonom sistemler. *Deniz Kuvvetleri Dergisi*, 622, 18-25.
- TÜİK (2023). Eğitim ve istihdam ilişkisi araştırması. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- TÜSİAD (2016). türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0: Gelişmekte olan ekonomi perspektifi, TÜSİAD-T/2016-03/576.
- UNESCO (2020). *Education for Sustainable Development: A Roadmap*.

- UNESCO (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. Paris: UNESCO Publishing.
- UNESCO (2022). *Futures of Education: Learning to Become*.
- UNESCO (2022). *Global Education Monitoring Report 2022: Education for Sustainable Development*. Paris: UNESCO Publishing.
- Willcocks, L. P., Lacity, M. C., ve Craig, A. (2015). *The IT function and robotic process automation*. The Outsourcing Unit Working Research Paper Series, London School of Economics.
- World Bank (2023). *World development report 2023: Learning to realize education's promise*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum (2020). *Schools of the future: Defining new models of education for the fourth industrial revolution*.
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. Geneva: WEF.
- World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*.
- Yankın, F. B. (2019). Dijital dönüşüm sürecinde çalışma yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 7(2), 1-38.
- Yantur, P. (2022). Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkileri: Türkiye örneği. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 476-489. <https://doi.org/10.47525/Ulasbid.1072019>
- Yıldız Tonga, M., ve Tonga, M. (2022). Endüstri 4.0'a genel bir bakış: Sanayinin geleceği. *G.Ü. İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 6(6), 40-60.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.321957>
- Yılmaz, T. (2020). Endüstri 4.0 ve iş dünyasında dijital dönüşüm. *Sanayi ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 99-118.
- Yılmaz, T. ve Aktaş, F. (2018). Yeni nesil istihdam ve geleceği. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı, 1, 47-66.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., ve Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1).

İnternet Kaynakları

- Acatech (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industry 4.0 Working Group. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf
- Cabinet Office Japan (2021). Society 5.0. https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html
- Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti ve Endüstriyel Uygulamaları (2020). <https://www.endustri40.com/nesnelerin-interneti-ve-endustriyel-uygulamaları/>, Erişim tarihi: 15.03.2024.IIENSTITU.
- ITU. (2022). *Digital Inclusion and Accessibility Report*. <https://www.itu.int/highlights-report-activities/2022-2023/digital-society/accessibility/>
- OECD (2021). Skills for a digital world. <https://www.oecd.org>
- World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>
- WEF Future of Jobs Report 2025 (2025). The jobs of the future – and the skills you need to get them <https://www.weforum.org/stories/2025/01/future-of-jobs-report-2025-jobs-of-the-future-and-the-skills-you-need-to-get-them/>
- Yavan, N. Üretim Sistemi: Fordist Üretim Tarzı. Sanayi Coğrafyası Hafta: 9. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü Beşeri ve İktisadi Coğrafya Anabilim Dalı ders sunusu. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/90983/mod_resource/content/0/Hafta%209-%C3%9Cretim%20Sistemi-Fordist%20%C3%9Cretim%20Sistemi.pdf

ÖZ GEÇMİŞ

Adı Soyadı : İpek SANCAR

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri / Yılı

E-Posta

Eğitim Bilgileri:

2025, Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İktisat (Tezli YL), İktisat Ana Bilim Dalı

2020, Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

2019, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Web Tasarımı ve Kodlama Bölümü

Mesleki Denevimi:

2023, Kısmi Zamanlı Öğrenci İşçi, Anadolu Üniversitesi, Öğrenci Kulüpleri Koordinatörlüğü

2022, Marka ve Patent Uzmanı/ Web Tasarımcısı, İpek Patent Ofisi

2022, Kurumsal İletişim Lideri, Günaydın Hukuk Bürosu

2021, Sosyal Medya İçerik Geliştiricisi/ Asistan Proje Yöneticisi, Maker Eskişehir

2021, Count Me In Projesi Genel Koordinatörü, Anadolu Üniversitesi, AEGEE-Eskişehir

2020, Konsey Komite Sekreteri, Anadolu Üniversitesi, AEGEE-Eskişehir

2019-2020, Fransızca Pratik Çalışma Grubu Sekreteri, AEGEE-Eskişehir

Tez Hazırlama Kontrol Listesi

	Evet	Hayır
1. Tez, “Tez Yazım Kılavuzu”na uygun olarak yazıldı.	☐	☐
2. Dış kapak ve iç kapak sayfası eklerde belirtilen şekilde düzenlenerek teze eklendi.	☐	☐
3. Ön sayfalar i, ii, iii şeklinde Romen rakamları ile numaralandırıldı.	☐	☐
4. Dizinler, “Tez Yazım Kılavuzu”na göre sıralandı ve metin içindeki yerleşime göre sayfa numaraları verildi.	☐	☐
5. Özet ve Abstract hazırlanarak teze eklendi.	☐	☐
6. Onay sayfası “Tez Yazım Kılavuzu”na uygun olarak hazırlandı, imzalatıldı ve teze eklendi.	☐	☐
7. Etik İlke ve Kurallara Uygunluk Beyannamesi sayfası imzalanarak teze eklendi.	☐	☐
8. Etik Kurul belgesi alındıysa belge teze eklendi. Eğer tezde Etik Kurul İzni gerekmiyorsa iznin gerekmediğine dair beyan imzalanarak teze eklendi.	☐ ☐	☐ ☐
9. Üretken yapay zekâ kullanım beyanı imzalanarak teze eklendi.	☐	☐
10. Simgeler, kısaltmalar, tablolar, şekiller ve görsellerin tamamı kontrol edilerek ilgili dizinde gösterildi.	☐	☐
11. Ana metinde harf karakteri, harf büyüklüğü ve satır aralıkları “Tez Yazım Kılavuzu”na uygun olacak şekilde düzenlendi.	☐	☐
12. Görseller, şekiller, tablolar ve denklemler metin içine “Tez Yazım Kılavuzu”na uygun şekilde yerleştirildi.	☐	☐
13. Kaynakça “Tez Yazım Kılavuzu”na göre düzenlendi.	☐	☐
14. Kaynakların tamamına tez içerisinde atıfta bulunularak “Kaynakça” bölümünde yer verildi.	☐	☐
15. Araştırmanın yapıldığı kurumlardan izin alınması gereken durumlarda alınan izin yazıları, formlar, sertifikalar teze eklendi.	☐	☐
16. Ekler “Tez Yazım Kılavuzu”nda belirtildiği şekilde sunuldu.	☐	☐
17. İlgili ana sanat dallarında sergi, konser, gösterim vb. sunumları hazırlandı.	☐	☐
18. Doktora/sanatta yeterlik programlarından mezuniyet için gerekli olan yayına ait bilgiler Enstitüye teslim edildi.	☐	☐

“ENDÜSTRİ 4.0’IN İŞGÜCÜ PİYASASINA VE GELECEĞİN MESLEKLERİNE POTANSİYEL ETKİLERİ” başlıklı tez, yukarıdaki listede yer alan konular açısından tarafımızca kontrol edilmiş ve gerekleri yerine getirilmiştir.

01/07/2025

İpek SANCAR

Prof. Dr. Ceyda ERDEN ÖZSOY

