



ANKARA
HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**EKONOMİLERİN ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜNDE
KURUMSAL POLİTİKALAR: KARŞILAŞTIRMALI
TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Güldeniz KARAASLAN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Nuran Halise BELET

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEORİSİ BİLİM DALI**

HAZİRAN 2023



**EKONOMİLERİN ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜNDE KURUMSAL
POLİTİKALAR: KARŞILAŞTIRMALI TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Güldeniz KARAASLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT TEORİSİ BİLİM DALI**

**ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İKTİSAT Anabilim Dalı
İKTİSAT TARİHİ Programı GÜLDENİZ KARAASLAN öğrencisi tarafından hazırlanan

**EKONOMİLERİN ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜNDE KURUMSAL POLİTİKALAR: KARŞILAŞTIRMALI TÜRKİYE
ÖRNEĞİ** Başlıklı tez çalışması 05/06/2023 tarih ve 12:00 saatinde yapılan tez savunma sınavında
aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile YÜKSEK LİSANS / ~~DOKTORA TEZİ~~
olarak KABUL edilmiştir.

	Kabul	Ret
Prof.Dr. Alev Söyemez-AHBVÜ-İ.İ.B.F	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Doç. Dr. Selcen Öztürk- H.Ü.-İ.İ.B.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dr. Öğr. Üyesi Nuran H. Belet-AHBVÜ-İ.İ.B.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ETİK BEYAN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

Güldeniz KARAASLAN

.../.../2023

EKONOMİLERİN ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜNDE KURUMSAL POLİTİKALAR:
KARŞILAŞTIRMALI TÜRKİYE ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Gülideniz KARAASLAN

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

İlk kez İngiltere’de meydana gelen Sanayi Devrimi ile dünya geriye döndürülemeyecek bir gelişme dinamiğine girmiştir. Teknolojik inovasyonun üstel olarak arttığı günümüz dünyasında insanlık sanayileşmenin dördüncü aşaması olan dördüncü sanayi devrimi ya da popüler adlandırma biçimiyle endüstri 4.0 olgusu ile karşı karşıyadır. Kapitalist sanayi üretiminin ayırt edici özelliği olan geleneksel fabrikanın, yerini akıllı fabrikaya; insan emeğinin yerini, yapay zeka ve nesnelerin interneti ile donatılmış makineye bırakması anlamında bir paradigma dönüşümü mevcuttur. Bu dönüşümle birlikte yeni üretim tarzı, siber-fiziksel üretim tarzı olacaktır. Sanayileşme ve dolayısıyla sanayileşmenin bizzat sonucu olan büyüme ve kalkınma her ülkede farklı seviyelerde gelişmiştir. Ana akım iktisat teorisi bu durumun nedeni açıklayamamıştır. Bu nedenle çeşitli heterodoks iktisadi görüşler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada heterodoks iktisadi düşünce perspektifinden seçilmiş ekonomilerin endüstri 4.0 politikaları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ülkelerin endüstri 4.0 dönüşümünde uyguladıkları kurumsal politikalar incelenmiştir. Her ülkenin kendine özgü kurumsal yapısının uygulanan bilim ve teknoloji politikalarının sonuçlarını etkilediği tespit edilmiştir. Kamu ve özel sektör arasında dengeli bir iş birliğine dayanan kurumsal yapının, endüstri 4.0 dönüşümünde ciddi bir avantaj olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilim Kodu : 118309
Anahtar Kelimeler : Endüstri4.0, kurumsal politikalar, sanayileşme
Sayfa Adedi : 105
Tez Danışmanı : Dr. Öğr.Üyesi Nuran Halise Belet

INSTITUTIONAL POLICIES IN THE INDUSTRY 4.0 TRANSFORMATION OF
ECONOMIES: COMPARATIVE CASE OF TURKEY

(M.Sc. Thesis)

Güldeniz KARAASLAN

ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY
THE INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

June 2023

ABSTRACT

The society caught an irreversible development dynamic because of with the Industrial Revolution that happened in England for the first time. Technological innovation is increasing exponentially therefore our society is faced with fourth stage of industrialization or industry 4.0 that as it is popularly named. From the conventional factory, which is the distinctive feature of capitalist industrial production is replaced to smart factory and from human labor is replaced by machines with artificial intelligence and the internet of the things. This whole process is a paradigm transformation. With this transformation, the new mode of production will be the cyber-physical mode of production. Growth and development as a result of industrialization are at different levels in each country. The mainstream economics view failed to explain this difference so heterodox economics emerged. In this study, industry 4.0 of selected countries policies are discussed from heterodox economics perspective. It has been determined that the specific institutional structure of each country affects the results of the applied science and technology policies. It has been concluded that the institutional structure based on a balanced cooperation between the public and private sectors is a serious advantage in the industry 4.0 transformation.

Science Code : 118309
Key Words : Industrie4.0, institutional policies, industrialization, new
Page Number : 105
Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Nuran Halise Belet

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLoların LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. SANAYİLEŞME KAVRAMI VE SANAYİ DEVRİMLERİ	5
2.1. Kavramsal Çerçeve.....	6
2.2. Sanayi Devrimleri.....	9
2.2.1. Birinci Sanayi Devrimi	9
2.2.2. İkinci Sanayi Devrimi	13
2.2.3. Üçüncü Sanayi Devrimi.....	15
2.2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi	18
2.3. Endüstri 4.0 ve Temel Bileşenleri	21
2.3.1. Yapay Zeka ve Robotlar	23
2.3.2. Nesnelerin İnterneti-IoT (Internet of Things).....	25
2.3.3. Büyük Veri ve Bulut Bilişim	26
2.3.4. Entegrasyon	28
2.3.5. Eklemeli Üretim.....	30
2.3.6. Siber-Fiziksel Sistemler	31
3. KURUMSAL YAPILAR VE İNOVASYON TEMELLİ BİLİM VE TEKNOLOJİ POLİTİKALARI	33
3.1. Teknolojik Gelişme, İnovasyon ve İnovasyon Temelli Politikalar	33

	Sayfa
3.2. Kurum ve Kurumsal Yapılar	37
3.3. İktisadi Düşünce Okullarında Teknolojik Gelişme ve İnovasyon.....	43
3.4. Temel İnovasyon Gösterge ve Endeksleri.....	46
4. SEÇİLİ OECD ÜLKELERİ VE TÜRKİYE’NİN ENDÜSTRİ 4.0 POLİTİKALARI.....	51
4.1. İngiltere	52
4.1.1. İngiltere’de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar	54
4.1.2. İngiltere’nin Endüstri 4.0 Politikaları	55
4.2. Almanya	56
4.2.1. Almanya’da Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar	57
4.2.2. Almanya’nın Endüstri 4.0 Politikaları	57
4.3. Güney Kore	59
4.3.1. Güney Kore’de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar	60
4.3.2. Güney Kore’nin Endüstri 4.0 Politikaları	61
4.4. Türkiye	63
4.4.1. Türkiye’de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar	66
4.4.2. Türkiye’nin Endüstri 4.0 Politikaları	69
4.5. Seçili OECD Ülkelerinin Temel Endüstri 4.0 Göstergeleri	73
4.5.1. Ar-Ge	73
4.5.2. Araştırmacı Sayısı.....	74
4.5.3. Patent Başvuruları.....	75
4.5.4. Küresel Rekabetçilik Endeksi	76
4.5.5. Küresel İnovasyon Endeksi	77
4.5.6. Küresel Dijital Rekabetçilik Endeksi.....	77
4.6. Seçili OECD Ülkeleri ve Türkiye Karşılaştırması	78
5. SONUÇ	85

	Sayfa
KAYNAKÇA.....	89
ÖZGEÇMİŞ	105



TABLULARIN LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1. Tekno-ekonomik paradigmada değişimler	18
Tablo 2.2. 990 Detroit-2014 silikon vadisi kıyaslaması	21
Tablo 3.1: İnovasyon tanımları	35
Tablo 3.2. Küresel Rekabetçilik Endeksi Bileşenleri.....	50
Tablo 4.1. Almanya'nın yıllar içinde sanayi ve hizmetler sektörü payı.	56
Tablo 4.2. Araştırmacı Sayısı (İstihdam edilen 1000 kişi başına)	75
Tablo 4.3. Patent Başvuruları.....	76
Tablo 4.4. Seçili ülkelerin 2022 küresel rekabetçilik puanları.....	76
Tablo 4.5. 2022 Küresel İnovasyon Endeksi	77
Tablo 4.6. Seçili ülkelerin 2022 küresel dijital rekabetçilik puanları.	78
Tablo 4.7. Ülkelerin endüstri 4.0'dan sorumlu kurumları.	78
Tablo 4.8. Ülkelerin yapay zeka alanında faaliyet yılları.	79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Endüstri 4.0 ve temel bileşenleri.....	22
Şekil 2.2. Nesnelerin interneti.....	25
Şekil 2.3. Nesnelerin internete bağlanma sayısı	26
Şekil 2.4. Araba imalatçıları için yatay ve dikey entegrasyon.....	29
Şekil 3.1. Kurumların ortaya çıkış aşamaları.	40
Şekil 3.3. Küresel inovasyon endeksi bileşenleri.....	49
Şekil 4.1. 1990-2010 arası İngiliz imalatının GSYİH içindeki değişimi.	53
Şekil 4.2: Ar-Ge Yoğunluğu (Ar-Ge Harcamaları/ GSYİH) (%)	74

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACATECH	Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi
AMP	İleri Üretim Ortaklığı
AR-GE	Araştırma Geliştirme
ARİA	Gelişmiş Araştırma ve İnovasyon Ajansı
BİT	Bilgi İletişim Teknolojileri
BMBF	Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı
BTYK	Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu
CNC	Sayısal Kontrollü Bilgisayar
DKFI	Yapay Zeka Alman Araştırma Merkezi
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IMD	Uluslararası Yönetim Geliştirme Enstitüsü
IMF	Uluslararası Para Fonu
IoT	Nesnelerin İnterneti
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
KAIST	Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
KAİTECH	Kore Teknoloji Akademisi
KECL	Kore Mühendislik Akademisi
KHK	Kanun Hükmünde Kararname
KIST	Kore Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
KİE	Küresel İnovasyon Endeksi
KİT	Kamu İktisadi Teşebbüsü
KOBİ	Küçük ve Orta Boylu İşletmeler
MESS	Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası
MEXT	Mess Teknoloji Merkezi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

MIIT	Sanayi ve Bilgi Teknolojisi Bakanlığı
MIT	Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
MOST	Bilim ve Teknoloji Bakanlığı
MOTİE	Kore Ticaret Sanayi ve Enerji Bakanlığı
NDRC	Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu
NNMI	Ulusal İnovasyon Ağı
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
PCAST	Bilim ve Teknoloji Danışmanlar Konseyi
PİSA	Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
POSCO	Pohan Demir Çelik Fabrikası
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TRAI	Türkiye Yapay Zeka İnisyatifi
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBA	Türkiye Bilimler Akademisi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği
TÜSSİDE	Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü
UK	Birleşik Krallık
UKRI	Birleşik Krallık Araştırma ve İnovasyon Ajansı
WIPO	Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü

1. GİRİŞ

İlk kez İngiltere’de 18. yüzyılda başladığı sanayileşme deneyimi ile dünya geriye döndürülemez bir gelişme dinamiğine girmiştir. Bu gelişme dinamiğinin en önemli faktörü teknoloji olmuştur. Teknolojik güç aracılığında dünya bugüne kadar dört farklı sanayileşme evresinden geçmiştir. Bu dinamik hala devam etmektedir. Sanayileşme deneyimi yarattığı toplumsal, iktisadi, kültürel yapıdaki değişiklikler nedeniyle sanayi devrimi olarak adlandırılır.

Sanayi devrimi, kendisinden önceki toplumsal ve iktisadi örgütlenme biçimlerinden keskin bir şekilde ayrımı ifade eder. Birinci sanayi devrimi ile toplum artık fabrika sistemine dayalı yeni bir üretim biçimine geçmiştir. Sanayi devrimi ile tarım temelli toplumdaki sanayi temelli topluma geçişin birinci aşaması da yaşanmaya başlanmıştır.

İkinci sanayi devrimi, teknoloji devrimi olarak da adlandırılır. Çelik, elektrik, kimya gibi ağır sanayinin öne çıktığı bir süreçtir. Bilimsel araştırmalar elektrik ve kimya sanayinin çok hızlı bir şekilde gelişmesini sağlamıştır. Hareketli montaj hattı sayesinde ise seri ve kitlesel üretim olan fordist üretim tarzı keşfedilmiştir.

Üçüncü sanayi devrimi, ise yeniliğin ve bilgi birikiminin doruğa ulaştığı dönemdir. Bu süreçte bilgiyi elde etmek önemli hale gelmiştir. Bilginin stratejik önemi keşfedilmiştir. Beşeri sermayeye verilen önem artmıştır. Üçüncü sanayi devrimiyle bu anlamda bilgi iletişim sektörü ve internet altyapısının gelişmesiyle de dördüncü sanayi devriminin temelleri atılmıştır.

Dördüncü sanayi devrimi ile sanayiye dayalı kapitalist üretim biçimi makinelerin üretimde kullanılması ile insan emeğinin ikame edilebileceği anlamında ciddi bir paradigma değişimi ile karşı karşıya kalmaktadır. Makinelerin üretimde kullanılması ile insan emeğinin ikame edilebileceği sanayileşmenin önceki aşamalarında gündeme gelmiştir. Fakat dördüncü sanayi devrimi ile vurgusu daha da yapılan bu aşamada insan emeğine hiçbir şekilde ihtiyaç duymadan çalışan fabrikaların üretim sistemine egemen olacağı kabul edilmiştir. Bu, daha önceki sanayileşme aşamalarında gerçekleşmemiş bir durumdur ve bir paradigma dönüşümüne işaret etmektedir.

Endüstri 4.0¹ ile daha az enerji hammadde ve işgücü tüketimi sayesinde maksimum çıktı elde edilmesi beklenmektedir. Endüstri 4.0 konsepti zaman tasarrufu ve verimlilikte artış ile ciddi bir maliyet avantajı sağlayacaktır. Bu hususta her ulusal ekonomi endüstri 4.0 dönüşümüne ayak uydurabilmek için kendi yol haritalarını belirlemektedir. Bu yol haritaları bilim ve teknoloji politikaları ekseninde hazırlanan kurumsal düzenlemeler şeklinde ilerlemektedir. Her bilim ve teknoloji politikasının sonucu ülkelerin kurumsal çerçevesine göre değişkenlik göstermektedir.

İktisat teorisinde büyüme ve gelişmenin temel unsurunun ne olduğu en çok tartışılan konuların başında gelmektedir. Ülkelerin farklı gelişmişlik seviyelerinde olmalarının altında yatan kök neden iktisatçılar tarafından sıklıkla incelenmiştir. Ana akım iktisadi görüş bu kök nedeni açıklayamamıştır. Ana akım iktisadi anlayışa göre İngiltere’de sanayi devriminin gerçekleşmesine neden olan faktörler bir başka ülkede uygulamaya konulduğunda aynı sonucu vermelidir. Fakat gerçek dünya çoğu zaman böyle değildir. Ülkeler arasındaki gelişmişlik farkının açıklanması amacıyla farklı unsurların iktisadi analize dahil edildiği farklı iktisadi düşünceler ortaya çıkmıştır. Ana akım iktisadın dışında kalan bu görüşler heterodoks iktisat olarak adlandırılır. Bu okulların inovasyon, bilim ve teknoloji algıları da farklılıklar göstermektedir.

İktisadi büyüme ve kalkınmanın kaynakları arasında bilgi, teknoloji ve inovasyon kilit rol oynamaktadır. Bilgi, teknoloji ve inovasyon üçlüsü birbirinin nedeni ve sonucu olacak şekilde iç içe geçmiş hale gelmiştir. Bu üç unsur uzun dönem iktisadi büyüme ve gelişmişliği sağlayan en önemli faktörler olarak da kabul edilmektedir. Günümüze kadar olan süreçte ekonomik gelişmişlik ile teknolojik gelişme arasındaki sıkı ilişkinin farkında olan ülkeler bilim ve teknoloji politikaları ile üretimde kullanılan teknolojiyi etkileyerek gelişmiş ülke statüsüne sahip olmayı hedeflemiştir.

Mikro düzeyde firmalar ve makro düzeyde ülkeler arasında var olan rekabet, dijitalleşme sürecini hızlandırmaktadır. Giderek daha karmaşık ve çok daha üstün teknolojiye dayanan üretim sistemleri devreye girmektedir. Endüstri 4.0 konseptinin hayata geçirilmesi noktasında inovasyon temelli bilim ve teknoloji politikaları önemli bir dönüşüm aracı olmaktadır. Bilim ve teknoloji politikalarının inovasyon temelli

¹ Aksi belirtilmedikçe endüstri 4.0 kavramı, teknolojinin üst düzeyde kullanıldığı bir otomasyon seviyesi anlamında kullanılmıştır.

olması yapılan araştırma çalışmalarının ticari değere dönüşmesini sağlayarak yukarıda bahsedilen ülkeleri gelişme dinamiğine sokmaktadır.

Bu çalışmanın amacı seçili Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (OECD) ülkelerinin endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmek için uyguladığı kurumsal politikalarını analiz ederek Türkiye'nin endüstri 4.0 dönüşümünde mevcut konumunu ve yapması gerekenleri tespit etmektir. Analize Almanya, İngiltere, Güney Kore ve Türkiye olmak üzere dört ülke dahil edilmiştir. Almanya endüstri 4.0'ın öncü ülkesi ve bu konsepti dünyaya duyuran ilk ülke olması nedeniyle, İngiltere ise sanayi devrimini ilk kez gerçekleştiren ülke konumunda olmasından ötürü, Güney Kore sanayileşme hamlesinden önce Türkiye ile benzer iktisadi seviyeye sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Endüstri 4.0 dönüşümünün dinamiklerini ve seçili politikalarını ayrıntılı anlatabilmek için çalışmada betimleyici analiz yöntemi tercih edilmiş bu doğrultuda ülkelerin endüstri 4.0 konseptini hayata geçirebilmek için uygulamış oldukları politikalar incelenmiştir. Bu bağlamda OECD, Dünya Bankası ve çeşitli kuruluşlar tarafından yayınlanan inovasyon istatistikleri ve endeksler de veri olarak kullanılmıştır. Bu istatistikler inovasyonu ölçmeye dönük tekil göstergeler olan Ar-Ge yoğunluğu, araştırmacı sayısı, patent başvurularıdır. Endeksler ise inovasyonu ölçmek için başvurulan çoklu göstergeler olan küresel inovasyon, küresel rekabet ve küresel dijital rekabetçilik endeksi olarak kullanılmıştır.

Çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde sanayileşme tarihi ve sanayi devrimleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde inovasyon, kurumsal yapılar ve bu unsurların iktisadi teoride ele alınış biçimleri irdelenmiştir. Dördüncü bölümde seçili OECD ülkelerinin endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmek için yürüttüğü politikalar ve inovasyon göstergeleri sunulmuş, seçili ülkelerin temel inovasyon gösterge ve endekslerinden hareketle karşılaştırma yapılmış ve ülkeler arasındaki farklı ve benzer politikalar incelenmiştir.



2. SANAYİLEŞME KAVRAMI VE SANAYİ DEVRİMLERİ

İngiltere’de sanayi devrimine giden yolda bir dizi dönüşümler yaşanmıştır. Düşünsel ve toplumsal anlamda ortaya çıkan bu dönüşümler sanayi devriminin gerçekleşmesinde rol almıştır.

Sanayi devriminin fiili olarak 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başladığı kabul edilir fakat devrimin altyapısını oluşturan ve hızlı bir şekilde ilerlemesini sağlayan fikir ve düşünceler, 15. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bu fikir ve düşünceler bilim devrimi ve aydınlanma çağı ile sınırlandırılabilir. Bilim devriminin temelleri 15 ve 16. yüzyılda güzel sanatlar, edebiyat, düşünce alanında meydana gelen yeniliklerin yaşandığı dönem Rönesans ve dini otoritenin zayıflatıldığı reform hareketleri ile atılmıştır. Dini kurumların gücünün zayıflamasıyla özgür düşüncenin önü açılmış ve bilimsel fikirler ortaya atılmıştır. 17. yüzyılda gerçekleşen bu yeni dönem bilim devrimi olarak adlandırılır. Bilim devrimi ortaçağ anlayışından kopuşu simgeler. Gözleme dayalı, gerçek bilgiye ulaşma amacı vardır. Doğayı anlama ve dönüştürme insan yaşamının odağı haline gelmiştir. Tüm bu anlama çabası aslında bilimin konusunu oluşturacaktır. Sanayi devrimin ortaya çıkmasını sağlayan çeşitli faktörler olmasına rağmen düşünsel ilerleme temel belirleyici etken olmuştur. Sanayileşme çağının başlamasından önce bu ilerlemeye teknik anlamda altyapı oluşturan faktörler iki yüzyıllık bir tarihe sahipken, entelektüel altyapı çok daha önceye dayanmaktadır (Sanayi Devrimleri , 2019).

Üniversitelerin çoğalması, bilim deneklerinin kurulması, Rönesans ve Reform dönemlerinde meydana gelmiştir. Bağımsız, evrensel bir bilim alanı ve topluluğu oluşmaya başlamıştır. Bu gelişme, kurumsal yapının oluşması sayesinde hayat bulabilmiştir. 16. ve 17. yüzyıllarda, bir yandan bilim dernekleri ve akademiler yoluyla bilimler ve deneyin kurumsallaşması bu çağa damgasını vuran olgulardır. Bilimsel Devrim, özellikle fizik ve astronomi alanlarında görülen devasa gelişmelerle özdeşleştirilir. Bu dönemde ayrıca tıp ve biyoloji alanları da başta olmak üzere fen bilimlerine çok önemli katkılar yapılmıştır. Gözlem ve deneye dayalı modern bilim gelişmeye başlamıştır. Kepler’in gözlemleri ile başlayan ve Newton tarafından tamamlanan astronomik tablo, bu dönemin en önemli yeniliğidir. Fizik ve onun ihtiyacı olan yeni matematik, Galileo ve Newton tarafından bir bilim alanı haline getirilmiştir. Bilimin temel derdinin cisimlerin ve canlıların hareketlerini açıklamak

olduğu, bilimsel devrimden sonraki dönemlere kalan asıl mirastır. Bilimsel devrimin bir diğer önemli sonucu, vakum kavramının ortaya atılması ve bu alandaki araştırmaların sonraki yüzyılda sanayi devrimindeki teknolojik gelişmelere yön vermesidir. (Başer, 2011)

Bilim Devrimi kendisinden sonra gelen yüzyılın Aydınlanma Çağı olarak adlandırılmasına neden olmuştur. 18. yüzyılda meydana gelen bu yeni dönemde bilim tamamen laikleşmiştir. Bilimin laikleşmesi ile toplumsal hayatın herhangi bir alanında icat yapan bireyler yargılanma kaygısı taşımadan yenilik peşinde koşmuşlardır (Usta, 2018).

18.yüzyıl, Aydınlanma Çağı veya Akıl Çağı olarak bilinir. Bu devrin genel özelliklerine ve bilimsel açıdan temel karakterine bakılacak olursa: Aydınlanma, insanın kendi aklı ve deneyimleri ile geleneksel görüşler, otoriteler ve ön yargılardan kendisini kurtararak kendi aklını esas alarak dünyayı ve yaşamını kavrayıp düzenlemeye çalışmasıdır. Bir anlamda Aydınlanma Çağı insan aklının otonom olduğu düşüncesine dayanır ve burada esas olan inanmak değil, bilmektir. Aydınlanma ortaçağ yaşantısını oluşturan fikir ve maddi unsurlara karşıt bir dünya görüşü olarak ortaya çıkmıştır. Rönesans'ta ve Bilim Devrimi'nde olduğu gibi, her türlü tarihsel otoriteden bağımsız olarak deneyin ve aklın sağladığı doğrularla doğayı ve yaşamı anlamak ve açıklamak amaçtır (Küçük , 2013).

2.1. Kavramsal Çerçeve

Sanayi kelimesi sözlük anlamı olarak ham maddeleri işlemek, enerji kaynaklarını yaratmak için kullanılan yöntemlerin ve araçların bütününü ifade etmektedir. (Türk Dil Kurumu Sözlükleri , 2022) Sanayileşme literatüründe çoğu zaman sanayi ve endüstri kavramları eş anlamlı olarak kullanılır. Endüstri, Latince çalışkanlık, gayret anlamına gelen *industria* kelimesinden türemiştir. Sanayi ise Arapça kökenli *şanā'ī* kelimesinden türemekte ve anlam olarak sanatlar, meslekler, imalat kavramına karşılık gelmektedir (Ne Demek Türkçe , 2022). Bu çalışmada iki kelime eş anlamlı olarak kullanılacaktır.

İlk kez İngiltere'de 18. yüzyıl sonlarında gerçekleşmeye başlayan sanayileşme süreci, toplumsal ve iktisadi bir dönüşümün başlangıcı olarak kabul edilir. Bir takım icatların yapıldığı, teknolojinin hızla geliştiği ve fabrikaya dayalı üretimin giderek yerleşik hale

geldiği süreç döneme damgasını vurmuştur. Bu dönüşüm sürecini ifade etmek için Sanayi Devrimi kavramı genel kabul görmüş ifade biçimidir. (Clark, 2013)

Sanayi Devriminin en basit tanımı, insanların ve hayvanların kas gücüne dayalı olarak gerçekleştirilen üretimin yerini makinelerin almaya başlaması olarak ifade edilir. Daha geniş bir tanımlamada ise bir toplumun bir ülkenin varlığını sürdürmesinde hayati derecede önemli olan düşünce sisteminin veya kurumların çok hızlı bir şekilde temelden değiştirilmesidir. (Sanayi Devrimleri , 2019)

Kavramı iktisat literatürüne ilk sokan kişinin A.J.Blanqui olduğu ve bir yıl sonrada ondan bağımsız olarak Belçikalı bir gazeteci olan Natalis Briavoine tarafından kullanıldığı bilinmektedir. J.A.Blanqui'nin eserinin yayımlanmasından sekiz yıl sonra, 1845'de deyimini F.Engels tarafından benzer bir çerçevede kullanıldığını görmekteyiz. Deyimin on dokuzuncu yüzyılın sonlarından itibaren yaygınlaşması Toynbee'nin *Lectures on the Industrial Revolution* isimli eserinin yayımlanmasından sonra olmuştur. (Üşür, 2021)

Sanayi Devrimi kavramı sosyal bilimler yazınında kendisine genişçe bir yer bulmuş olmasına rağmen yaşanan değişim sürecinin devrimci doğası tartışmalıdır. Devrim ifadesi kelime anlamı olarak belli bir alanda hızlı, köklü ve nitelikli değişiklik anlamına geldiği gibi bir devletin siyâsî, ekonomik ve sosyal yapısındaki ânî düzen değişikliği, zor kullanılarak yapılan köklü değişiklik, ihtilâl anlamında da kullanılır. (Kubbealtı Lugatı, 2022)

Tarihte ilk kez İngiltere'de ortaya çıkan endüstriyel dönüşüm sürecinin aniden ve zor yoluyla gerçekleştiğini söyleyememekle birlikte, dönüşümün köklü olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Sanayi devrimi bir kere gerçekleştikten sonra toplum geri döndürülemez bir gelişme dinamiğine girmiştir. Süreç önceki toplumsal ve iktisadi örgütlenme biçimlerinden keskin bir ayrımı ifade etmektedir. Fakat bu keskin dönüşüm, tarihin spesifik bir noktasında gerçekleşmediği gibi bir anda da ortaya çıkmamıştır.

Literatürde evrimci ve devrimci olmak üzere endüstrileşmenin kökenine ilişkin iki bakış açısı vardır. Devrimci görüşü savunanlara göre; tarihsel ve iktisadi süreçlerde kopuş ve olaylar arasında kesinti hakimdir. Bu görüşü savunanların odağında üretim birimi ölçeği, kişi başına hasılda meydana gelen artış, sanayileşmenin etkilerinin hemen hissedilmesi vardır. Devrimci anlayışta ise zaman kesintilidir, düz bir çizgi gibi

değildir sürekliliğinden kopmuştur. Zaman homojenliğe sahip değildir. Değişim aşamalı, yavaş, yumuşak biçimde değil ani ve serttir. Evrimci görüşe göre ise, tarihsel ve iktisadi olaylar arasında atlamalar söz konusu olamaz, olaylar arasında bir süreklilik vardır. Zaman adeta kağıt üzerinde kalem kaldırılmaksızın çizilen düz bir çizgi gibidir. Bu durumun ifade etmek için evrimciler sıklıkla, doğa hiçbir zaman sıçrama yapmaz, anlamında Latince *natura non facit saltum* deyişini kullanırlar (Üşür, 2021).

Paul Mantoux'ya göre modern fabrika sisteminin kökenleri 18. yüzyılın üçüncü çeyreğinde İngiltere'de ortaya çıktı ve daha başlangıcından itibaren etkileri hızlı bir şekilde hissedildi ve neden olduğu sonuçlar ancak devrim ile ifade edilebilirdi (Mantoux, 1961).

Sanayi Devrimi'ni serbest rekabet ve buharlı makineyle özdeşleştiren ve geçmişten kesin bir kopuş olarak değerlendiren A. Toynbee'ye göre; 1750'lerde İngiltere'de başlayan köklü bir değişim ve arkasından 1850'lere doğru başlayan hızlı ve genel bir sanayileşme izledi. Sanayi Devrimini ani ve hızlı bir değişim olarak gören Walt Rostow'da ekonomik büyüme hızı ve dış ticaretteki gelişmelerle ilgili istatistik bilgilere dayanarak Sanayi Devrimi'nin İngiliz uluslararası ticaretinin yukarıya doğru önemli bir sıçrama gösterdiği ve bunun 1780'lerde başladığını ileri sürmüştür. Rostow, Sanayi Devrimi'ni bir süreçten çok bir vaka olarak görmekte ve benzer yollarla her ülkenin sanayileşebileceğini iddia etmektedir. Ayrıca birçok iktisat tarihçisi Sanayi Devrimi'ni uzun bir tarihsel sürecin ürünü olarak ele almıştır. John U. Nef'e göre; İngiltere'nin sanayileşmesi sadece 18. yüzyılın sonları ve 19. yüzyılın başlarında yaşanan teknik olaylarla ilişkilendirilebilecek bir değişim olayı değildir. Tarihte devamlılığın esas olduğunu belirten Nef, büyük ölçekli sanayinin ve teknolojik değişimin başlangıçlarının 16 ve 17. yüzyıllara kadar götürülebileceğini ve bu dönemdeki ekonomik gelişmelerin bir sonraki yüzyılda yaşananlar ile eşit öneme sahip olduğunu düşünmektedir. (Güran , 2019, s. 162-163)

Sanayi Devrimi ile ifade edilen değişimin kökenleri devrimci ya da evrimci bakış açılarında zamanın algılanma biçimi farklılık gösterse de iki bakış açısında da ortak olan; toplumun artık yeni bir üretim sistemine geçiyor olması ve kültürel bir değişimin, iktisadi dönüşüme eşlik etmiş olmasıdır (Günay , 2002).

Sanayi Devrimi kavramı ile genelde, İngiltere’de meydana gelen sanayileşmenin ilk basamağı kastedilir. Fakat farklı anlamlarla da kullanılan kavramın genel olarak üç anlama karşılık gelecek şekilde kullanıldığı görülmektedir:

1. Sanayi Devrimi ile kastedilen tek bir sanayi dalı olabilir ve bu başlangıç seviyesinde yeni bir teknik buluş üretime dahil edilmiş ve sadece o sanayi dalı niteliksel bir dönüşüm geçirmiştir. Fakat ekonominin diğer dallarında henüz bir sanayileşme gözükmemiş olabilir.
2. Sanayi Devrimi terimi ile tek bir sanayi dalı değil, ekonominin belli sektörlerine ilişkin olabilir.
3. Ekonominin tümüne dair bir dönüşümü niteleyecek şekilde kullanılabilir. Bu kullanım ile anlamamız gereken tarım temelli toplumdaki sanayi temelli topluma geçiştir (Üşür, 2021).

Sanayi Devrimi yukarıda belirtilen kapsamına ilaveten insan zihninde oluşturduğu en geniş çağrışımın tarım temelli toplumdaki sanayi temelli topluma geçişin esas olduğu bir değişim süreci olduğunu kabul edebiliriz.

2.2. Sanayi Devrimleri

Sanayileşmenin gerçekleşmesinden sonraki süreçte farklı sanayi evreleri yaşanmıştır. Bu evrelerin her birisi çığır açan teknolojileri bünyesinde barındırdığı için devrim olarak kabul görmüştür. Bu bölümde sanayi devrimlerinin birinci, ikinci, üçüncü ve son olarak dördüncü aşamalarından genel hatlarıyla bahsedilecektir.

2.2.1. Birinci Sanayi Devrimi

İlk kez İngiltere’de 18. yy sonlarında gerçekleşmeye başlayan toplumsal ve iktisadi bir dönüşümün başlangıcı olarak da görülen bu dönem, Sanayi devrimi olarak adlandırılır. İnsanlık tarihinde köklü dönüşümlere neden olan bu devrim ile üretim yüksek miktarlarda artış göstermiştir. Sanayi devrimi bir kere gerçekleştikten sonra toplum geri döndürülemez bir gelişme dinamiğine girmiştir. Bu dinamik ile birlikte ilk kez fabrika sistemine dayalı üretime geçilmiştir. Ancak sanayi devrimi sürecinin literatürde tartışmalı olduğunu ve üzerinde genel bir mutabakatın olmadığını belirtmiştik. Fakat bu devrim söz konusu olduğunda genel kabul edilen gerçeklik, Malthus kapanı ekonomisinden çıkışın onun sayesinde gerçekleşmiş olmasıdır.

İnsanlık, uzun yıllar boyunca ücretler ve nüfus arasındaki karşılıklı olarak birbirini etkileyen ilişkinin egemen olduğu bir üretim sisteminde yaşamıştır. Bu ilişki şu şekilde ilerlemektedir: Nüfusta artış olduğunda ücretler asgari düzeye iner, ücretlerde artış olduğunda ise hayat standartlarının artması yoluyla nüfus artışı tetiklenir. Artan nüfus ise ücretleri yeniden düşürür. Bu kısır döngü Malthus kapanı olarak adlandırılmaktadır. Sanayi devrimini benzersiz yapan, genişçe bir literatürün konusu olmasına neden olan Malthus kapanından çıkışı sağlamış olmasıdır (Clark, 2013).

Sanayileşme öncesi dünyada yaşanan üretkenlik artışı hiçbir zaman sürdürülebilir olmamıştır. Sanayileşmiş bir ekonomide sanayileşme öncesi ve sonrasında ekonomiyi birbirinden ayıran en temel fark, sanayileşme öncesi dünyada refah ve üretkenliğin oransal olarak sabit kalmasıdır. Sanayileşme öncesi yapılarda üretkenlik, çıktı artışı ve yapısal değişimler olmuştur. Fakat bu değişimler ve artışların hiç biri kalıcı olmadığı gibi ortaya çıkmaları ile tersine dönmesi arasında ki süre çok kısa olmaktadır. Bu konuyu somutlaştırmak için Phyllis Deane çarpıcı örnekler vermektedir; 18. yüzyıl son çeyreğine gelmeden önceki yıllarda mevcut ekonomik durumu değerlendirmek için kullanılan nüfus göstergelerinde, 50-100 yıl önce hesaplanan nüfus sayıları kullanılmaktadır. Ayrıca, 18. yüzyıldaki yaşam süreleri, 15. yüzyılın sonlarında yaşayan bir İngiliz'den daha düşük olduğunu, Kara Veba ile Agincort Savaşı arasında yaşayan inşaat işçilerinin reel ücretlerinin iki kata yakın artış gösterdiği belirtilmektedir. Fakat yaklaşık 100 yıl sonra bu üretkenlik artışı, yerini büyük bir gerilemeye bırakmıştır. Öylesine etkili bir gerileme yaşanmıştır ki, o dönemin inşaat işçilerinin gelirleri 15. yüzyılda olduğunun beşte ikisine düşmüştür. Örneklerden görüldüğü üzere sanayileşme öncesi yaşam süreleri değişkenlik göstermektedir. Eğer bir üretkenlik artışı oluyorsa bu artış kalıcı olmamaktadır. P. Deane'e göre bu durgun durum üretkenliğe yol açan gelişmenin, gerilemeye götüren güçlerden daha etkin olmadığından ötürü meydana gelmektedir (Deane, 1988).

Bu şekilde meydana çıkan durgun durum tüm sosyal ve kurumsal hayatı etkilemekteydi. Toprak üzerindeki mülkiyet hakları da bu durgun durum üzerinden şekillenmekteydi. Örneğin, işgücünün hareketliliği 1662 yılında hayata geçirilen Yerleşme Yasası ile sınırlandırılmıştı. Geçimlik ücret düzeyinde yaşamını idame ettiren aileler, kendi mahallelerine hapsedilmişti. Bu aileler iktisadi bir gerileme anında yoksulluk yardımını sadece kendi mahallelerinden alabiliyorlardı. Ayrıca

tarımın temel üretim sektörü olduğu sanayileşme öncesi dünyada, mevsimsel etkiler her zaman belirleyici olmaktaydı. Sanayileşme öncesi ekonomi dışsal koşullara doğrudan bağımlıydı. (Deane, 1988, s. 9-10)

Sanayi öncesi ekonomiler tarıma dayalıydı. İngiltere’de de durum böyledir. Kırsalda yoğunlaşan bir nüfus ve tarıma dayalı ekonomi göze çarpar. Fakat ev içi üretim örgütlenmesi ile birlikte ekonomik üretim tarımdan endüstriye doğru değişim göstermiştir. Öne çıkan sektörsel tekstil sektörü yani pamuklu dokuma olmuştur. Bu konunun çarpıcılığını ünlü tarihçi E.J. Hobsbawm ‘*Sanayi devriminden bahseden pamuktan da bahsediyor demektir.*’ şeklinde dile getirmektedir. Pamuklu dokuma 1830’lara kadar İngiltere ekonomisinin büyümesinde en önemli kaynak olmuştur (Hobsbawm E. , 2018). Bu nedenle endüstrileşmenin birinci basamağı pamuklu dokumanın gelişimi ile yakından ilgilidir.

İngiltere’de, başlangıçta yünlü kumaş tekstile egemen olmuştur. Dönemin en ünlü pamuklu kumaşları ise Hindistan’a aittir. İngiltere’de Hint pamuklu kumaşlarının ithalatı İngiltere’de yasaklanmıştır ve bu durum İngiliz imalatçılarına pamuklu kumaş yerli olacak şekilde üretmek için fırsat yaratmıştır. Yünlü dokuma üreticileri tarafından çıkarılan bu yasak, ithal ikameci sanayileşme stratejisi etkisi yaratmıştır. Yerli pamuklu dokuma imalatçılarına gelecekte iç pazarda rakipsiz kalma gibi bir imkanı sağlamıştır (Hobsbawm E. , 2018, s. 53).

İngiliz pamuklu dokuma endüstrisinin sıçramasında önemli rol oynayan başlıca gelişmelerden biri köle ticaretidir. Köle plantasyonları, İngiltere’ye pamuk hammaddesi sağlamıştır aynı zamanda ucuz işgücü ve üretilen ürünün tekrar satıldığı karlı bir pazar durumundadır. Tüm bu unsurlar, sermaye birikimini maksimum düzeylere çıkarmaktadır. Elde edilen kar oranının yüksekliği, üretimi artırmak için motivasyon kaynağı olmuş ve teknik gelişmelerin önü açılmıştır. Girişimciler tarafından üretim kapasitesini artıracak yeni icatlar için büyük miktarda yatırımlar yapılmıştır. Bu yeni icatlara bağlı olarak İngiltere’de bilimsel araştırma ve yeniliklere karşı duyulan ilgi sürekli artış eğiliminde olmuştur (Öztok, 2021).

İngiltere’de dokuma sanayisinin gelişiminde en önemli etki, üretimde buhar gücünün kullanılması olmuştur. Demirin eritilmesinde odun kömürü yerine kok kömürü kullanılmaya başlanması ve kok kömürünün elde edilmesi için daha derin madenlerde kazı yapılması sonucunda derinlere inildikçe artan suyun tahliye edilmesi ihtiyacı

doğmuştur. 1698 yılında Thomas Savery tarafından icat edilen ilk buhar makinesi ile bu sorun çözülmüştür. Makinenin bu ilk hali daha çok buhar pompası gibi çalışmıştır. Daha sonra bu makineye Thomas Newcomen tarafından 1712 yılında hareketli parçalar dahil edilmiştir. 1764 yılında James Watt, daha gelişmiş bir buhar makinesi tasarlamıştır. Dokuma sanayicileri buhar makinesinden elde edilen gücü dokuma tezgahlarında kullanmıştır (Sercan , 2019).

Dönem içinde gelişen bir takım teknolojik yenilikler şu şekildedir:

- 1770 yılında John Lombe, İtalyan ipek dokuma makinesinin sırrını çalarak fabrika kurmuştur ve on dört yıllık imtiyaz alarak üretime başlamıştır.
- Demir dökümhanesi sahibi Darby'ler toz, kok ve bataklık kömürünü karıştırıp güçlü bir körük kullanarak dökme demir, üretimini geliştirdiler. Madenlerde de buharlı hava pompalarıyla suyu boşaltmayı sağladılar.
- 1773'te dokumacı John Kay daha çok ve daha büyük parçalar üretebilen hareketli mekiği keşfetmiştir.
- 1764'te dokumacı James Hargreaves elle çalışan ve birden çok ipliği eğirebilen çıkırığı (spinning jenny) geliştirmiştir.
- 1767-1770 civarında iğneci işçi Thomas Higs ve kuaför Arkwright su enerjisiyle çalışan çıkırıkları geliştirmiştir.
- İplikçi ve dokumacı Compton, 1779'da eğirme çıkırığı/çırçır makinesi (mule jenny) devreye soktu.
- James Watt 1760'lı yıllarda buhar makinesini hayata geçirdi. Söz konusu motorlar 1775'lere doğru sanayide kullanılmaya başlanmıştır.
- 1776'da ilk demir ray, 1779'da ilk demir köprü, 1787'de ilk demir gemi inşa edildi.
- 1783'te James Watt, çift etkili buhar makinesini gerçekleştirdi ve 1785'te buharla çalışan ilk iplik fabrikası faaliyete geçirildi (Beaud, 2016).

Buhar makinesinin dokuma sanayinde kullanılmasıyla ana girdi iplik bollaşmıştı fakat nihai ürün olan dokuma yetersiz kalmaktaydı. Cartwrigh, mekanik dokuma tezgahını gerçekleştirdi ve yüzyılın sonuna doğru kullanımı yaygınlaştı. (Beaud, 2016) Tekstilin yüzyıl başında gelişimindeyse hem arz hem talep yönlü sınırlı bir gelişme vardı. İplik eğirme ile dokuma arasında eş zamanlılığın bulunmayışı arz yönünde sıkıntılara neden

olmaktadır. Kay'ın hareketli mekiği dokumacılığın hızını iki kat artırırken iplik eğirme bu hıza yetişememiştir. Arkwright, su ile çalışan tezgahın patentini aldığı anda arz yönündeki sıkıntılar ortadan kalkmaya başlamıştır. Bu andan itibaren dokuma sanayinde sadece pamuk kullanılmaya başlanmıştır. Hargreaves iplik çirkirinin, Crompton çirkir makinesinin patentini almıştır. Böylece verimlilik artışı sağlanmıştır. 18. yüzyıl başında pamuklu dokumada lider olan Hintli tüccarlar 100 pound ağırlığındaki pamuğu elli bin saatte eğirebiliyorken, Crompton'un çirkiri bu süreyi iki bin saate, buharla çalışan makineler bu süreyi 300 saate ve 1825'lerde Roberts'in otomatik çirkir makinesi bu süreyi 135 saate düşürmüştür (Üşür, 2021).

1830'lara kadar olan döneme kadar pamuklu dokuma fabrikalaşmanın olduğu tek endüstri konumundadır ve sanayileşmenin ilk aşamasını temsil etmektedir. Bu aşamada özel girişimcinin dikkatini çekecek başka karlı bir sektör bulunmamaktadır. Diğer sektörlerde cılız bir sanayileşme hakim ancak ekonominin tamamını dönüştürecek bir güce sahip değildir. Pamuklu dokuma ise İngiltere ekonomisinin büyümesinden tek başına sorumludur. İngiliz dış ticaretinin yarısını neredeyse pamuk oluşturmuştur. Pamuktaki fiyat hareketleri ülkenin dış ticaretini belirlemiştir (Hobsbawm E. , 2018).

2.2.2. İkinci Sanayi Devrimi

Sanayileşmenin ilk aşaması İngiltere'de gerçekleşmişti. 1870'e gelindiğinde ise ABD, İngiltere'ye yetişip onu yakalamış, üretkenlik ve ekonominin büyüme hızı bakımından önüne geçmiştir.

19. yy başlangıcında ABD, doğal kaynaklara ve elverişli kurumlara sahip olmasına rağmen; büyüme, doğal zenginlikten ve pazarın büyüklüğünden yararlanmayı sağlayacak uygun bir altyapı yokluğu yüzünden geri kalmıştır. Demiryolları ve 19. yüzyıl sonu teknolojilerinin gelişi, bu ülkenin yarışta dünyanın geri kalanından çok daha önüne geçmesine imkan vermiştir. Başlangıçta, ABD sermaye ve emek kadar teknolojinin çoğunu Avrupa'dan ithal etmekle birlikte, Amerikan mucitleri bu teknolojileri kendi ülke koşullarına göre yeniden biçimlendirmişlerdir. Yüzyılın sonuna gelindiğinde Amerikan mühendisleri ve bilim insanları, çoğu sanayi kolunda İngiltere'de olduğundan daha üretken yeni süreçler ve yenilikçi ürünler geliştirmişlerdir.

Birinci sanayi devrimine öncülük eden ülke İngiltere ise ikinci devrimin öncüsü ABD olmuştur. İngiltere iktisadi üstünlüğünü kaybedince hegemonya devlet olma ayrıcalığını da kaybetmiştir. İngiltere'nin dünya ekonomisine hakim olduğu birinci sanayi devrimi yılları, klasik liberal düşüncenin egemen olduğu dönemdir. ABD'nin egemen olduğu ikinci sanayileşme sürecinde devletin ekonomiye müdahalesinin de teşvik edildiği bir dönemdir. Bu dönemde vurgulayacağımız gelişmeler genelde ABD ekonomisine özgü gelişmeler olacaktır.

Bu dönemin özelliği İngiltere'nin temel ekonomik göstergelerinde yaşanan düşüşler ve ihracat dengesindeki sert değişimdir. Öyle ki ülkenin 1870'lerdeki ihracat değerleri 1890'ların ikinci yarısına kadar bir daha gerçekleşmemiştir. İthalat artmaya devam ettikçe ödemeler dengesinde büyüyen bir açık ortaya çıkmıştır. İhracatın büyüklüğü de, 1840-1870 arasındaki yıllık ortalama %5 artış hızından, 1870-1890 arasında yüzde 2'ye, 1890-1900 arasında ise % 1'e düşmüştür, pamuklu mallar gibi eski sanayi sektörlerinde düşüş daha belirgin olmuştur (Hobsbawm E. , 2018).

İkinci Sanayi Devrimi teknoloji devrimi olarak da adlandırılır ve 1860 ile 1920 arası dönemi kapsar. Bu dönem için genelde Amerikan Sanayi Devrimi ifadeleri de kullanılır. Ayrıca İngiliz icatçı H. Bessemer'in 1860 yılında ucuz çelik üretim yöntemini keşfetmesiyle başlar (Sanayi Devrimleri , 2019, s. 112-113).

İkinci sanayi devriminin öne çıkan sektörleri çelik, elektrik ve kimya sanayidir. Çelik üretimi daha önceki yıllara ait bir gelişmedir, fakat üretimde Bessemer tekniğinin uygulanmasıyla ucuz ve kaliteli çeliğe artan erişim imkanları artmış, demiryolları ve gemi yapımında çelik tercih edilmeye başlanmıştır.

Sanayi Devriminin ortaya çıkışında bilimsel gelişmeler önemli rol almıştır. Bilimin rolü özellikle elektrik sanayinin gelişiminde kendini net olarak göstermiştir. Elektriğin bilimle olan bağı, birinci sanayi devrimin öncü sektörleri olan tekstil ve buhar makinelerinin bağından daha keskin olmuştur. Elektrik ve kimya sanayi bilimsel araştırmanın endüstriyel gelişmeyle doğrudan ve yakından ilişkili olduğu iki alandır. Elektrik bu dönemde birçok yatırım fırsatının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Ucuz çelik ve elektrik bileşimi bütün üretim sisteminin ve toplumsal-ekonomik yapının dönüşümünü sağlayarak yeni bir paradigmanın egemen olmasına yol açmıştır. Paradigma değişmesi, sanayinin daha önceki buhar gücüne dayalı makineleşmesiyle kıyaslanabilir bir değişimdir (Freeman & Louça, 2013).

Teknolojik gelişmelerle birlikte buharlı motorların gücü sürekli artmıştır. Benzin ya da mazotu yakıt olarak kullanan içten yanmalı motorların icadı petrolün önemini artırmıştır. Petrol daha önce keşfedilmiş olmasına rağmen ticari kullanımı ile otomobil, kamyon ve otobüs gibi taşıma araçları kullanılmaya başlanmıştır. İlk pratik otomobil 1885'te üretilmiştir. Otomobil, sanayileşen ülkelerde gelişen sektör konumuna gelmiştir. Kimya sanayindeki gelişmelerle yeni malzemelerin üretilmesi sağlanmış. Sentetik boyaların keşfi ile organik kimya sanayini doğurmuş. İlaçlar, patlayıcılar, fotoğraf malzemeleri ve sentetik dokuma ham maddeleri gibi pek çok yeni malzeme elde edilmiştir. Kimya sanayindeki gelişmeler tarım tekniklerinin değişmesine ve suni gübrelerin kullanılmasını da beraberinde getirmiştir (Güran , 2019). İkinci sanayi devrimi bu etkileşimleriyle iş organizasyonunun yapısı değişmiştir. İşlerin bilimsel örgütlenmesi adı verilen bu yaklaşımla üretim sisteminde yeni bir örgütlenme anlayışı ortaya çıkmıştır. İşlerin bölünmesi, örgütlenmesi daha profesyonelleşmiştir ve bununla işçi verimliliği de artırılmıştır (Sanayi Devrimleri , 2019).

2.2.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan dönem yeniliğin ve bilgi birikiminin hızla arttığı bir dönemdir. Yaklaşık olarak Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra başlamıştır. Ulus devletler arasındaki galip gelme kaygısı bilimsel araştırmaların hızlanmasını sağlamıştır. Askeri rekabetin baskısı altında teknolojik gelişme hızlanmıştır (Amin , 2018). Sanayileşmenin önceki devrimci dönüşüm süreçlerinden farklı olarak bu dönemde öne çıkan bir ülke bulunmamaktadır. İletişim teknolojilerinde ve ulaşım altyapısında yaşanan yenilikler dünyanın bir bütün haline gelmesini sağlamıştır. Bu bütünleşme, bilginin yayılmasını kolaylaştırmıştır. Bu süreçte, bilgiyi elde etmek önemli olmakla birlikte daha önemli olan bilginin nasıl işlendiği olmuştur. Sanayileşmenin bu evresinde teknolojik ilerleme toplumsal hayatın her alanını dönüştürmüştür. Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş yaşanmıştır. Emegın niteliği önem kazanmış beyaz yakalı kavramı ortaya çıkmıştır. Yeni teknolojik gelişmelerle birleşen sanayileşme yarışında beşeri sermayenin önemi keşfedilmiştir. Artan bilgi birikimi ve yeniliklere ayak uydurmak için yüksek öğrenim gerekli hale gelmiştir. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşmasıyla üretimde dijitalleşme ve otomasyon gerçekleşmiştir. Yeni nesil robotlar ilk kez bu devrimle birlikte ortaya

çıkıştır. Bu devrimde özellikle enerji sektörü değişim göstermiş, bilginin stratejik bir öneme sahip olduğu fark edilmiş ve bilgi sektörü ortaya çıkmıştır (Çakıroğlu , Karadirek , Genç, & Özmen, 2019).

20. yüzyılda ekonomik kaynaklar açısından en önemli gelişme, enerji alanında olmuştur. Dünya enerji üretimi 1900 ile 1950 arasında 4 kat, 1950'den yüzyılın sonuna kadar 3 kattan fazla artış göstermiştir. 19. yüzyıl boyunca ve 20. yüzyılın başlangıcına kadar kömür, sanayileşen ülkelerde temel enerji kaynağı iken, 20. yüzyılda petrol ve doğalgaz olmak üzere yeni enerji kaynakları kömürün yerini almıştır. 1928'de dünya enerji üretiminin %75'i kömürden elde edilirken petrolün payı %17, hidrolik enerjinin payı ise %48'di. Ancak 1980'lerde bu oranlar tamamen tersine dönmüş: Kömürün payı %27'ye düşerken petrol ve doğalgazın payı %64'e yükselmiştir. (Güran , 2019)

Enerjiye olan ihtiyaç sürekli artış göstermiştir. Fosil yakıt kullanımından sağlanan enerjiye çok büyük bir talep olmuştur. Bu talep doğrudan dış koşullara bağımlılık göstermiştir. Bu koşullar petrol ihraç eden ülkelere dolaylı siyasi nedenlerle olabildiği gibi, petrole bağımlı küresel ekonominin maruz kaldığı talep şokları gibi iktisadi nedenlerle de olabilir. Rifkin'e göre bu dışsal koşullardan kurtularak fosil yakıt kullanımından yenilenebilir kaynaklara geçişi savunmak üçüncü sanayi devriminin ayırt edici bir özelliği olmuştur. Üçüncü sanayi devriminin öne çıkardığı düşünce, enerji kıtlığına yaptığı vurgu ve alternatif enerji kaynakları ile ilgili yeni bir arayış çabası içinde olunması gerektiğidir. Mevcut enerji kaynaklarındaki bir darboğaz ve çevre kirliliği bu arayışın temel nedeni olmuştur. Bu bakışla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının aktif şekilde kullanılması bu sürecin öne çıkan düşüncesidir (Rifkin , 2021).

Üçüncü sanayi devriminin ortaya koyduğu en temel sorunlardan biri petrol ve diğer fosil yakıtların dünya üzerindeki rezervlerinin azalmasından dolayı yeni enerji kaynaklarına olan ihtiyacın sürekli artmasıdır. Bu devrim, yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde köklü bir değişim yapabilecek bir alt yapıya ve teknolojiye sahip olmaya olanak sağlamıştır. Üçüncü sanayi devrimi ile rüzgar, güneş, okyanus ve jeotermal kaynaklardan sağlanan enerjiler, hidroelektrik santralleri, bina çatıları üzerine konulan güneş panelleri, yağmur sularının depolanarak hidroelektrik üretilmesi, binaların dış yüzeylerine güneş ışığını tutup, depolayacak ve elektrik enerjisine çevirebilecek panellerden konulması, küçük yatırımlarla insanların kendi

bireysel ihtiyaçlarını karşılayabilecek kadar enerji üretmeleri amaçlanmıştır (Sanayi Devrimleri , 2019).

Bilgi sektörünün gelişimiyle, entelektüel sermaye ve kitlesel üretiminin önem kazandığı yeni bir dönem başlamıştır. Birinci sanayi devrimiyle üretim toplumu öne çıkarken ikinci sanayi devrimi; sanayi toplumu ve üçüncü sanayi devrimi ise bilgi toplumu kavramını doğurmuştur. Bu dönemde elektronik alet kullanımı özellikle kişisel olarak kullanılan bilgisayar sayısı artmıştır. Bilgisayar kullanımının işletmelerde yaygınlaşması ile üretimde otomasyon sağlanmıştır. Daha seri ve daha az maliyetli üretim gerçekleşmiştir. Bilgi teknolojisindeki gelişimlerle iş modelleri değişim göstermiştir. Önceki sanayileşme süreçlerinde gelişen sektörlerin iş yapma süreçleri ve algısı değişmiştir. Teknolojik ilerleme altyapı yatırımları ve internet sayesinde bilgisayar ağları üzerinden yönetilen yeni iş yapma modelleri ve bireysel teknoloji uygulaması ortaya çıkmıştır. İnsanların bir takım ürünler üretmesi için atölyelerde, fabrikalarda veya işletmelerde çalışması bir zorunluluk olmaktan çıkmıştır. Birinci sanayi devrimi ile başlayan ve ikinci sanayi devriminde doruk noktasına ulaşan merkezi veya toplu üretim biçimlerinden vazgeçilerek daha küçük ölçekli ve bireysel üretime olanak tanımıştır (Sanayi Devrimleri , 2019).

Bilgisayar ve yazılım teknolojileri bu dönemin öncü yenilikleri olmuş, ekonominin bütününe yönlendiren bir görev almışlardır. Elektrik, ikinci devrimde öne çıkan sektör iken elektronik üçüncü sanayi devriminde öne çıkan sektör olmuştur (Freeman & Loua, 2013).

1960'lara gelindiğinde elektronik ve telekomünikasyon sanayisi ile genç bilgisayar sanayisi arasındaki bağlantılar oldukça sağlamlaşmıştır, bilgi ve iletişim teknolojisi birbirine bağımlı hale gelmiştir. Bilgi hizmetlerinde ilerleme bilgisayarların ve telekomünikasyonun internet sayesinde bir araya gelmesi ile gerçekleşmiştir. Aynı zamanda internet hizmeti sağlayıcıları ekonominin en hızlı büyüyen kesimi haline gelmiştir. İnternetin üretim sürecinde yaygın olarak kullanılmasıyla Fordist üretim tarzına karşı daha esnek bir üretim süreci olarak post fordist üretim sistemi ortaya çıkmıştır. Bilgiye hızlı ve kolay erişim sayesinde iş örgütlenmesinin bazı katmanları, gereksiz ve aşırı yüklü hale gelmiştir. Ağ firması adı verilen yeni bir tip örgütlenme biçimi ortaya çıkmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojisinin ilerlemesi, ağ oluşturmanın gelişmesini sağlamıştır. Uzmanlaşmış bilgi biriktirebilen ve ağlara erişime sahip

olabilen firmalar, ölçek ekonomilerinin sağladığı fırsatlara sahip olmuştur (Freeman & Louça, 2013).

FORDİST (ESKİ)	BİT (YENİ)
Enerji Yoğun	Bilgi Yoğun
Çizim Bürolarında tasarım ve mühendislik	Bilgisayar destekli tasarım
Sıralı Tasarım ve Üretim	Koşut zamanlı mühendislik
Standartlaştırılmış	Kişiselleştirilmiş
Oldukça istikrarlı ürün yelpazesi	Ürün yelpazesinde hızlı değişimler
Uzmanlaşmış tesis ve donatım	Esnek üretim sistemleri
Otomasyon	Sistemasyon
Tek firma	Düz yatay yapılar
Hiyerarşik Yapılar	Tümleşik
Bölümlü	Ürünlü Hizmetler
Servisli Ürünler	Dağıtımli haber alma
Merkeziyetçilik	Çoklu-Beceriler
Uzmanlaşmış Beceriler	Koordinasyon ve düzenleme
Devlet denetimi ve bazen mülkiyeti	Vizyon
Planlama	

Tablo 2.1. Tekno-ekonomik paradigmadaki değişimler

Kaynak: (Freeman & Louça, 2013)

Üretim örgütlenmesinde kökten bir anlayış değişikliği yaşanmıştır. Teknolojinin üretim süreci üzerindeki egemenliği her devrimle birlikte daha da artmıştır. Üçüncü devrimle birlikte, sanayi üretiminde teknolojiye bağımlı bir paradigma değişiminin yaşanmasını mümkün kılacak altyapı hazırlanmıştır. Bugün gelinen noktada bu altyapı sayesinde ekonomilerin büyük bir dönüşüm içinde olduğu belirtilmekte birlikte bu paradigma değişimi ve ekonomilerin dönüşümü dördüncü sanayi devrimi (endüstri 4.0) olarak adlandırılmaktadır.

2.2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

İçinden geçtiğimiz yaklaşık olarak son yirmi yıl için sanayileşmenin dördüncü aşamasında olduğumuz kabul edilmektedir (Kılıç & Alkan, 2018). Bu dönem genel olarak dördüncü sanayi devrimi ya da endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Bu sürecin en belirgin özelliği tüm teknolojik gelişmelerin çok hızlı bir şekilde ilerlemesidir. Teknolojinin gelişimi önceki dönemlere göre üstel hızla artmaktadır. Sanayileşmenin dördüncü aşaması ile kapitalist üretim örgütlenmesinde ciddi bir

paradigma değişimi beklenmektedir. Üretim her aşamasında dijitalleşme gerçekleşmektedir.

Otomasyon ile birlikte insan emeğine olan talebin azalmasıyla emekten tasarruf edilebildiğini önceki sanayi devrimlerinden bilmekteyiz. Endüstri 4.0'a özgü ve yeni olan gelişme yapay zeka, nesnelerin interneti, bulut bilişim gibi teknolojilerin sağladığı akıllı üretim birimleri ve fabrikaların yaygınlaşması ile insan emeğinin tamamen ikame edilebilecek görüşünün genel kabul görmesidir. Endüstri 4.0'ın yenilikçi teknolojileri ile sermayenin emekten daha önce görülmemiş bir derecede bağımsız üst düzey bir otomasyon seviyesine erişilmesi beklenmektedir (Dyer-Witthoford, Kjosen, & Steinhoff, 2022).

Üretim sürecinde bilgi akışının eş anlı ve tüm birimlerce sağlanmasıyla zaman tasarrufu ve verimlilikte artış hedeflenmektedir. Tüm bunları sağlayan ekonomilerin ciddi bir maliyet avantajı elde edeceği dolayısıyla endüstri 4.0 bu anlamda hem içinden geçtiğimiz, hem de henüz tam anlamıyla gerçekleşmemiş devam eden bir süreci ifade etmektedir. Teknolojinin gelişimi ve dijitalleşmenin hayatın her alanına yaygınlaşmasının doğal bir sonucu olarak ulusal ekonomiler yaşanan sürece ayak uydurmak için yeni yol haritaları hazırlamak durumunda kalmışlardır.

Bu yeni koşullar ve gereklilik karşısında öncü ülkelerden biri Almanya olmuştur. Endüstri 4.0'dan ilk defa 2011'de Hannover Fuarında bahsedilmiştir. Bu yüzden resmi başlangıç yılı 2011 olarak kabul gösterilmektedir. Siemens'in öncülüğünde birden fazla firma, üniversite ve sivil toplum kuruluşundan yaklaşık 50 kişiden oluşan bir grup Alman hükümetine "Endüstri 4.0" başlığı altında, endüstriyel üretimde çıktıyı ve üretkenliği artıracak, gerçekleşmekte olan temel teknolojik yenilikleri kullandıracak öneri niteliği taşıyan bir yol haritası çıkarmıştır. Almanya, oluşturulan çalışmayı kabul ederek yayımlamıştır. Son on yıldır, hemen hemen her ulusal ekonomi kendi endüstri 4.0 görüşlerini belirlemeye çalışmaktadır (Yalçınkaya, 2021).

Sanayi kapitalizminin de ayrılmaz bir parçası olan fabrikalar, endüstri 4.0 ile artık akıllı fabrikalar olarak adlandırılmış, endüstri 4.0 ile özdeşleşen yapay zeka, robotlar, nesnelerin interneti, büyük veri, akıllı sensörler vb. gibi tüm bileşenler siber fiziksel sistemlerin parçası olarak ve akıllı fabrika sistemini oluşturmaktadır. Geleneksel fabrika üretiminde tüm aşamalar emeğin fiziksel ve zihinsel kontrolü altındayken,

endüstri 4.0'da cisimleşen akıllı fabrikalarda üretim tamamen sermaye yoğun hale gelerek sermayenin kontrolü altına gireceği kabul görmektedir.

Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikaları imalat için gerekli iş devrelerini sensörlerle algılayıp, uzaktaki diğer üretim cihazlarıyla internet aracılığıyla iletişim kurup, ihtiyaç duydukları üretim bilgisini bulut sistemler içerisindeki büyük veriden çeken yapay zeka tabanlı makineler ve internetle çalışan sistemleri gündeme gelmiştir (Alçın , 2016).

Ayrıca endüstri 4.0'ın üretim alanına getirdiği en büyük yenilik; teknolojiye olmayan fakat insanda olan beyin ile, teknolojiye olan fakat insanda olmayan yüksek verimin yapay zeka ile ortadan kaldırılmasıdır (Özkan, Al, & Yavuz , 2018).

Yaşanan gelişmeler ile birlikte insan emeğinin önemi azalırken, yapay zeka, robotik teknoloji ve yazılımlar temel yenilikçi teknolojiler olarak görülmüştür. İnsan emeğinin üretimde yer almaması yeni bir devrim olarak kabul edilmektedir ve bu devrimin tüm ulusal ekonomileri ve Türkiye'yi derinden etkilemesi beklenmektedir (Kaygın , Zengin , & Topçuoğlu , 2019).

Endüstri 4.0 genel itibariyle; robotların üretimi devralması, üç boyutlu yazıcılar ile üretimin sağlanması, yapay zekanın gelişmesi, büyük veri çalışmaları ve daha birçok yeniliklerle ilişkilendirilmektedir (Yüksekbilgili & Çevik, 2018).

Dünya bir dönüşümden geçmektedir ve yaşanan dönüşüm ileri düzey otomasyon ile tüm sektörleri etkilemektedir. Dördüncü sanayi devrimini önceki devrimlerden temelde farklı kılan birçok teknolojilerin bir araya gelmesi ve bu teknolojilerin tekil sınırlarının ortadan kalkması sonucuyla fiziksel, dijital ve biyolojik alanlarda karşılıklı etkileşimidir (Schwab, 2021). Dünya Ekonomik Forumu başkanı Klaus Schwab yaşanan dönüşümün tüm toplumu derinden etkileyeceğini ve yaşanan sürecin üçüncü sanayi devrimin bir devamı olmadığını 3 nedene vurgu yaparak savunmuştur:

1)Hız: Teknoloji çok hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Böylesi bir bilgi birikimi ve hızı tarihte daha önce gerçekleşmemiştir. Sürekli, çok yönlü ve birbiriyle bağlantılı bir gelişim söz konusudur.

2)Genişlik ve Derinlik: Bu devrim dijitalleşmenin üzerinde yükselmektedir ve hem toplumsal hem bireysel ciddi bir paradigma değişimini tetiklemektedir.

3)Sistem Etkisi: Ülkeler şirketler sektörler kendi içinde ve bir bütün olarak toplumda sistemlerin bütünsel bir dönüşümünü içermektedir.

Schwab'a göre inovasyon yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı çok hızlı artmaktadır ve bunun yayılma hızı önceki dönemlere göre çok daha hızlıdır. Ayrıca bir başka önemli nokta ölçek getirileri ile ilgilidir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile ölçek daha da kuvvetlenmekte, getiri oranları artmaktadır. 1990'ların gözde sanayi merkezlerinden biri olan Detroit'in en büyük üç firmasının verileri ile 2014 yılının Silikon Vadisi'nin en büyük iç firma verilerini kıyaslayan Schwab'ın sonuçlarına göre yaklaşık 10 kat daha az çalışanla daha yüksek piyasa değeri ve neredeyse aynı miktarda gelir üretilmektedir. Bir birim zenginlik 15 yıl öncesine göre çok daha az işçi ile üretilmektedir (Schwab, 2021).

	Piyasa Değeri	Toplam Gelir	Toplam Çalışan
DETROİT			
1990	36milyar\$	250 milyar\$	1.2milyon
SİLİKON VADİSİ 2014	1.09trilyon\$	247milyar\$	137bin

Tablo 2.2. 990 Detroit-2014 silikon vadisi kıyaslaması
Kaynak: (Schwab,2021)'den hareketle yazar tarafından oluşturulmuştur.

İleri düzey otomasyon ve veriye dayalı dijital ekonomi kavramlarıyla bütünleşen endüstri 4.0 ile üstün bir verimlilik artışının ortaya çıkması beklenmektedir.

2.3. Endüstri 4.0 ve Temel Bileşenleri

Endüstri 4.0, endüstri 3.0 teknolojilerini eski olarak niteleyecek yeni teknolojileri bünyesinde barındırır. Şekil 1.1'e göre gördüğümüz temel yenilikçi teknolojiler endüstri 4.0'ın bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu bileşenlerle birlikte ekonomilerde bir paradigma dönüşümü olduğu kabul edilmektedir. Yapay zekaya sahip makinelerin ve robotların yaygınlaşması, nesnelerin interneti ile cansız varlıkların geniş bir ağ üzerinden sürekli iletişim halinde olabilmesi, 3B yazıcıların kullanımı ve eklemeli üretim sayesinde geleneksel imalat yapısının değişmesi endüstri 4.0'a ait yeniliklerdir ve bahsedilen dönüşümü gerçekleştirmektedirler.



Şekil 2.1. Endüstri 4.0 ve temel bileşenleri

Endüstri 4.0 dönüşümüne ait sonuçların olumlu olacağına dair genel bir kana mevcuttur. Hatta daha genel bir ifadeyle evrimci bir gelişme dinamiği içinde olan her teknolojinin sonuçlarının olumlu olacağı beklentisi sosyal bilimlerde yaygındır. Bunun nedeni evrimsel sürece yüklenen ileriye dönük olması misyonudur. Fakat Darwin, evrim terimini, evrendeki bütün biçimler arasında atlama olmayıp süreklilik bulunduğunu ifade etmek için kullanmıştır. Fen bilimlerinde kullanılan evrim teriminin içerisinde ileriye dönük olma anlamında bir yön yoktur (Öktem , 2010). Evrimci baskılardan doğan yeni şartlara en iyi uyum sağlayan ve hayatta kalabilen güçlülerin sistemi daha iyiye ya da hedeflenmiş bir yöne doğru götüreceğine dair gerçek anlamda bir gösterge yoktur. Bu durumun sonucu olarak teknolojik gelişmelere dair belirli bir mesafe ile hareket edilmesi gerekmektedir (Aksoy, 2022). Aksoy'a göre bir teknolojik yeniliğin sırf daha yeni, yani aslında (d)evrimci olduğu için olumlu ya da iyi sonuçlar doğurmasını beklemek dar bir bakış açısıdır. Daha kapsayıcı bir perspektiften bakıldığında yeni teknolojilere dayanan paradigma dönüşümünün yaratacağı sonuçları belirleyecek esas faktör o ekonominin kurumsal çerçevesidir. Yeni teknolojileri elde etmek için uygulanacak bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarının etkinliği, ekonominin ve hatta o toplumun kurumsal çerçevesine bağlı olmaktadır (Özalp , 2020).

2.3.1. Yapay Zeka ve Robotlar

Endüstri 4.0'ın en önemli ve ayrılmaz bir parçası olarak yapay zeka ve robotlar olduğu görülmektedir. Üretimde robotların kullanılması spesifik olarak Üçüncü Sanayi devrimi ile özdeşleşmiş olan otomasyona içkindir. Makinelerin üretimde kullanılması ise genel olarak sanayi devrimlerinin en önemli özelliği olarak birinci sanayi devrimi ile hayatımıza dahil olmuştur. Endüstri 4.0 ile birlikte ise yapay zeka ile donatılmış robotları üretimde kullanılmasının daha önceki aşamalardan ayıran en önemli özelliği, insan müdahalesinin minimum düzeye inmesidir. Aslında her sanayi devrimi ile makineler insandan biraz daha özgürleşmiştir. Her ne kadar makinelerin insanları işsiz bırakması yeni bir tartışma olmasa da günümüzde endüstri 4.0 tartışmaları ekseninde yapay zekaya sahip bulut bağlantılı robotların üretimde insan emeğini tamamen ikame edeceği beklenmektedir (Aksoy, 2022).

Yapay zeka '*yeni elektrik*' olarak kabul edilmektedir. Andrew Ng, yapay zeka için şunları dile getirir: "*Nasıl elektrik 100 yıl önce her şeyi dönüştürmüştü, bugün önümüzdeki birkaç yıl içinde yapay zekanın dönüştürmeyeceği bir sektör bulmakta gerçekten zorlanıyorum.*" Daha önce elektriğin yaptığı yapay zekanın yapacağı, her şeyin arka planında işleyen temel bir altyapıya dönüşeceği, tüm altyapılar gibi küresel ekonomiyi dönüştüreceği beklenmektedir. Bu konuda çarpıcı bir ifadeyle şöyle söyleniyor: "*Daha önce elektrikleştirdiğimiz her şeyi şimdi zekileştireceğiz.*" (Dyer-Witthoff, Kjosen, & Steinhoff, 2022).

Robot tanımı ve sınıflandırılması, ISO 8373 standardına göre yapılmaktadır. Bu tanımlamaya göre robot, endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanılmak üzere bir alanda sabitlenebilen veya mobil olarak kullanılabilen üç veya daha fazla eksenle programlanabilen, çok işlevli, yeniden programlanabilir, otomatik olarak kontrol edilen hareketli manipülatördür (Robotnik, 2022).

Robotlar uzun zamandır günlük hayatımızın bir parçası olarak varlığını sürdürmektedir. Kullandığımız makineler, aklımıza gelen ve gündelik hayatımızı kolaylaştıran tüm makineler bu tanımlaya dahildir. Endüstri 4.0'a özgü teknolojilerden beklenen üretimin tüm aşamasında robotların insan emeğine gerek duymaksızın nihai ürünü kendilerinin gerçekleştirecek olmasıdır. Robotların emeği ikame etmesi yeni bir durum olmamakla birlikte, giderek akıllanan makinelerden istenen tam bir ikame sürecini sağlamalarıdır. Otomasyon, yapay zeka ile birlikte daha önce yaptığını

yapmaya devam etmekte, bir dizi alanda insan emeğini ikame etmektedir (Acemoğlu & Restrepo , 2018).

Yapay zeka alınındaki gelişmeler ile doğru orantılı ilerleyen bu süreçte robotların bir bilince sahip olup olamayacağı da tartışılmakla birlikte, bu tartışmalar ilk olarak 1950'lerde ünlü matematikçi Alan Turing tarafından yazılan makalede makineler düşünebilir tartışmasından Turing'in açtığı yol üzerinden yapay zeka üzerine araştırmalara yoğunlaşmıştır. Robot ile ilgili tek bir tanımla standardizasyon yapılıyor olsa da aynı şeyi yapay zeka için söyleyemiyoruz. Yapay zeka ile ilgili literatürde birden fazla tanım mevcut, genel kabul görmüş, üzerinde hemfikir olunan tek bir yapay zeka tanımı bulunmamaktadır. Genellikle zeka gerektiren davranışlar sergileyen bilgisayarlı sistem olarak tanımlanır. Daha genel ifadeyle, problemleri rasyonel olarak çözebilen veya karşılaştığı gerçek dünya koşullarına ayak uydurmak için uygun önlemleri alabilen bir sistem olarak tanımlanmaktadır. 1950'lerden bu yana yapılan çalışmalardan çıkan ortak sonuca göre açık olan insan zekasını taklit edebilecek bilinçli makineler oluşturabilmektir (Kaya, 2021).

Algı ve biliş gibi kavramlar tarih boyunca insana ait olmuştur. Kapitalist üretim sisteminde sermaye, üretimin gerçekleşmesi için insana ait olan biliş ve kavrayış yetisine tabi olmak zorunda kalmıştır. Yapay zeka, her yerde yaygınlaştığında insana ait olan algı ve biliş ayrıcalığı ortadan kalkacaktır. İnsanların bilgi ve becerileri ölü emeğe² dönüşecektir. Algı ve biliş de tıpkı elektrik gibi her yerde bulunarak nesnelere sıradan özelliklerinden biri haline dönüşecektir. Endüstri 4.0 ile bu dönüşüm hali hazırda gerçekleşmektedir. (Dyer-Witthford, Kjosen, & Steinhoff, 2022)

Son yıllarda savunma sanayinde yapay zekanın kullanımı ile yeni tartışmalar ortaya çıkmıştır. Örneğin öldürme yetisine sahip robotların varlığı tartışma yaratmıştır Birleşmiş Milletlere (BM) yapılan çağrılar sonucunda Lahey'de Yapay Zeka ve Robotlar adında bir gözlemevi kurulmuştur. Tüm bu gelişmelerle doğru orantılı olarak yapay zeka sanayi üretiminin ayrılmaz bir parçası olma yolunda ilerlemektedir. (AI Labs Bilgi Teknolojileri) Bu nedenle her ülke yapay zeka çalışmalarına ekstra önem vermektedir. Kanada, (Pan-Canadian-AI Strategy 2017) BAE, Japonya, Çin, Singapur

² Marksist literatürde üretim sürecinde sermaye malı olarak makinede cisimleşmiş emeğe, ölü emek denir.

ve Finlandiya gibi ülkeler, yapay zekâ teknolojik dönüşümünü, ülke stratejisine uygun olarak gerçekleştirmek için ulusal yapay zeka stratejilerini yayınlamışlardır (Kaya, 2021).

2.3.2. Nesnelerin İnterneti-IoT (Internet of Things)

Nesnelerin İnterneti kavramı, ilk defa Kevin Ashton tarafından 1999 yılında bir şirket için hazırladığı sunumda kullanılmıştır (Kablan , 2018).

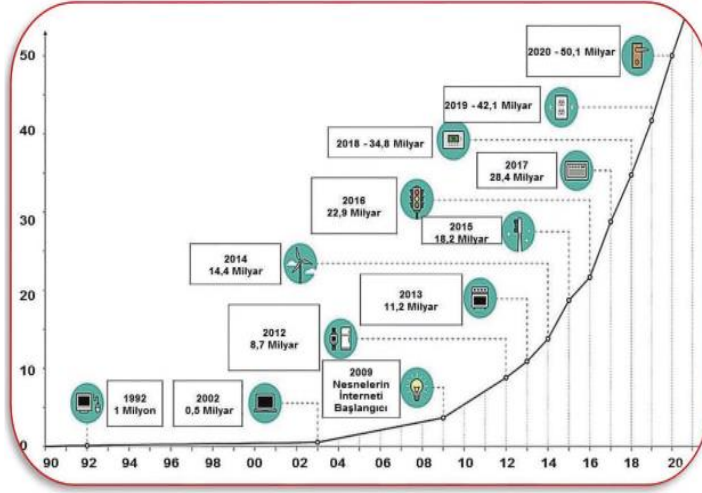
Çalışan algılayabilen tüm fiziksel nesnelerin kendi aralarında ya da bir çok cihazı yönetebilecek grup sistemlerine ve onlarla internet ortamında iletişim içinde oldukları bağlantılara nesnelerin interneti denilmektedir (Yalçınkaya, 2021). Nesnelerin internetinin temel amacı makinelerin insan araçlardan kurtularak dünyada kendi başlarına iletişim kurabilmeleri ve zekice davranabilmeleridir. En basit haliyle ağa bağlı akıllı nesnelerin yaygın kullanımı şeklinde tanımlanabilir (Dyer-Witthford, Kjoson, & Steinhoff, 2022).



Şekil 2.2. Nesnelerin interneti

Kaynak: nesnelerin interneti(IOT) nedir? (evde360.com)

1990 yılında ilk internete bağlanabilen nesne; internet üzerinden açılıp kapatılabilen bir tost makinesi geliştirilmiştir. O zamandan beri artan bir ivmeyle gelişen teknoloji sayesinde akıllı cihazlar, mobil telefonlar, internete bağlanan binlerce cihaz geliştirilmiştir. Bu gelişmeyle, üretilen tüm teknolojik ya da elektronik cihazlar, nesneler internet ortamında kullanılabilir duruma gelmiştir (Çavdar & Öztürk, 2018).



Şekil 2.3. Nesnelerin internete bağlanma sayısı

Kaynak: (EBSO, 2015)

İnternete bağlanan nesne sayısının 2000'lere kadar yatay bir seyirde gelişme gösterdiğini görüyoruz. 2000'lerden sonra grafikte bir kırılma yaşanıyor ve nesnelerin internete bağlanma sayısı hızla artıyor. Hiç şüphesiz bu artışın nedeni dijital dönüşümün hayatın her alanına nüfuz etmesidir.

2.3.3. Büyük Veri ve Bulut Bilişim

Teknolojinin gelişimi ile internet tabanlı uygulamaların yaygınlaşması sayesinde üretilen veri miktarı ciddi boyutlara ulaşmaktadır. İnternet ortamında kullanıcıların yaptığı her hareket veri üretmektedir. Fakat üretilen verinin anlamlı ve işlenebilir olması gerekmektedir. Üretilen verilerin daha kalıcı olması ve saklanabilmesi için büyük veri kavramı ortaya çıkmıştır. Büyük veriler, mevcut bilgi sistemlerinin işleyemeyeceği kadar geniş ve karmaşık veri kümelerine verilen addır. Başka bir ifade ile mevcut veri tabanı yönetim sistemleri ve yazılım araçlarının verileri toplama, saklama, yönetme ve çözümlene yeteneklerini aşan büyüklükteki verilere büyük veri denilmektedir (Özsoylu, 2017).

Büyük verinin beslendiği tek kaynak insan tarafından üretilen veri değildir. Firmalarda sensörler, bilgisayarlar ve otomatize edilmiş cihazlar tarafından da sürekli bir şekilde veri üretimi yapılmaktadır. Bu durum son yıllarda daha hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır (Altunışık, 2015).

Verinin adeta yeni bir petrol olduğu kabul edilmektedir. Bu yeni petrol, rafine edilirse kullanılabilir hale gelecektir. Kullanılabilir hale gelen veri; kurumlar, firmalar, kişiler için ciddi avantaj ve fırsatlar üretebilmektedir. 2012 yılında yapılan Dünya Ekonomik Forumunda para, altın gibi varlıklara ek olarak yeni bir ekonomik değer anlamında veriden bahsedilmiştir (Doğan & Arslantekin , 2016).

Verinin ekonomik anlamda değeri olması için doğru yöntemlerle ayrıştırılması gerekir. Büyük veri içindeki her veri ekonomik anlamda değer üretmemektedir. Doğru analiz ile süzgeçten geçirilmiş veri; stratejik, daha az riskli ve inovasyona yöneliktir. Bu nedenle firmalar için büyük önem taşımaktadır. Doğru stratejilerin ancak doğru bilgilerden elde edilerek üretilebildiği göz önüne alınırsa, büyük verinin endüstri 4.0 için önemi de kavranmaktadır. Özellikle endüstri 4.0'ın yüksek rekabet ortamında, firmaların önde olmak için fark yaratmak zorunda olmaları, en ufak bir bilginin dahi büyük değer taşıdığını ve büyük veri aracılığıyla doğru bilgilere hakim olmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. (EBSO, 2015)

Bulut bilişim, bilgisayarlar ve diğer cihazlar için, istendiği zaman kullanılabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılan bilgisayar kaynakları sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır. Bulut bilişim bu yönüyle bir ürün değil, hizmettir; temel kaynaktaki yazılım ve bilgilerin paylaşımı sağlanarak, mevcut bilişim hizmetinin; bilgisayarlar ve diğer aygıtlardan elektrik dağıtıcılarına benzer bir biçimde, bilişim ağı tipik olarak internet üzerinden kullanılmasıdır (Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2022). Basit bir ifadeyle, bulut bilişim, bilgi teknolojisi altyapınızı satın almak yerine kiralamanıza olanak tanır. Şirketler; veri tabanlarına, yazılımlara ve donanımlara yoğun bir şekilde yatırım yapmak yerine, bilişim güçlerine internet üzerinden veya buluttan erişmeyi ve kullandıkça ödemeyi tercih ederler (Oracle, 2022).

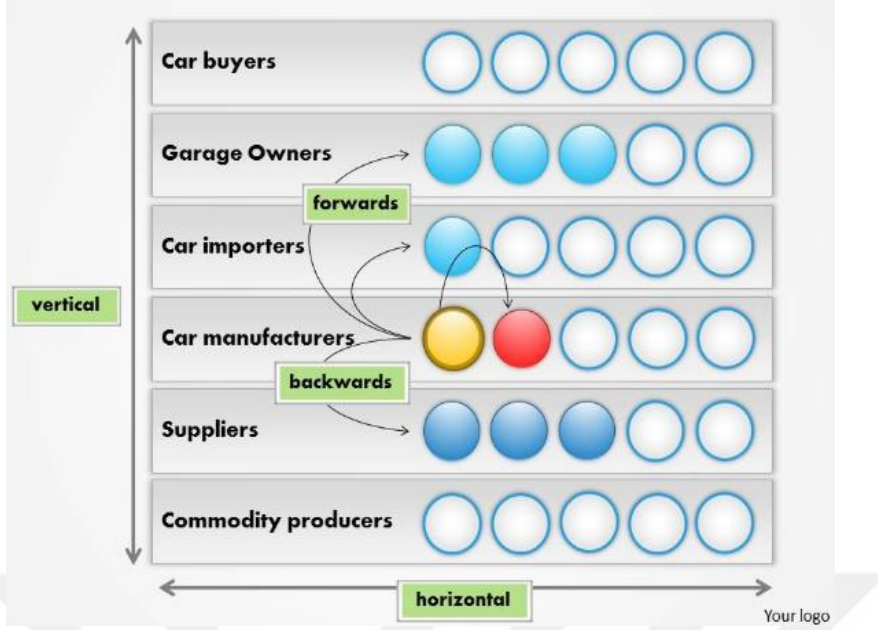
Gelişen teknolojiyle birlikte çok daha fazla veri üretilmektedir bunun sonucunda büyük veri oluşmuştur. Büyük veri depolama sorununu beraberinde getirmektedir, artan depolama sorununa çözüm olarak bulut bilişim teknolojileri ortaya çıkmıştır. Bulut teknolojisi şirketlerde, üniversitelerde ve kuruluşlarda ortak kullanıma açık dijital ağ ile oluşturulur. Bu teknolojinin kullanımı, bilgisayarlarda bulunan yükü hafifletir ayrıca birçok uygulama bulut sunucusunun aracılığıyla temin edilir. Depolamalar, işlemler, bulut teknolojisi aracılığıyla yapılır. İnternette barındırılan bütün uygulamalar, programlar ve veriler sanal makine üzerinde internete bağlı olan

cihaz ile her yerde bu verilere, bilgilere ve programlara kolaylıkla erişilebilir (Yalçinkaya, 2021, s. 36).

2.3.4. Entegrasyon

Endüstri 4.0 ile gündeme gelen sistem entegrasyonu ile farklı sistemlerin birbiriyle uyum içinde çalışması hedeflenmiştir. Farklı sistemler tek bir yapı gibi uyum içinde çalışır. Endüstri 4.0'ın temelinde yatan birbiriyle bağlantılı yapıların sağladığı bilgi akışı hayati önemdedir. Bu akışı sağlamak için her noktada yatay ve dikey entegrasyon elde etmek gerekir. Entegrasyon ile üretim sürecinde karşılaşılan sorunlara hızlıca çözüm bulunur. Müşteriye özel üretim, kaynak verimliliği ve tedarik zincirinde optimizasyon sağlanmış olur. Entegrasyon yatay ve dikey olarak ikiye ayrılır. Yatay entegrasyon müşteri tipi aynı olan farklı firmalar arasında birleşmedir. Firmalar belirsizlikleri azaltmak, araştırma-geliştirme faaliyetlerine önem vererek rekabet gücünü ve piyasa değerini artırmak amacıyla yatay entegrasyona dahil olurlar (Endüstri 4.0, 2022).

Dikey entegrasyon üretim faaliyetinin farklı aşamalarındaki şirketler arasında gerçekleştirilir. Aynı sektörde, pazarda veya tedarik zinciri içinde bulunan işletmeler arasındaki birleşmeler veya satın almalar, dikey birleşme ve satın almalar olarak adlandırılır. İşletmenin ürünlerinin tüketici pazarına yönelik dağıtımını yapan diğer işletmelerle yapılan birleşme veya satın alma, “ileriye yönelik dikey birleşme” olarak adlandırılır. İşletmenin girdilerini sağlayan tedarik pazarına yönelik tedarik faaliyetinde bulunan işletmelerle yapılan birleşme veya satın almalar ise “geriye dönük dikey birleşme” olarak tanımlanır (Erdal & İnce , 2016).



Şekil 2.4. Araba imalatçıları için yatay ve dikey entegrasyon

Kaynak: (Erdal & İnce , 2016)

Şekil 1.4'te hem yatay hem de dikey entegrasyon işleyişini görmekteyiz. Yatay sütundaki araba imalatçıların kendi aralarındaki etkileşimi yatay entegrasyondur. Dikey sütunda araba imalatçıların satışa yönelik yaptığı etkileşim dikey ileriye dönük entegrasyon, araba imalatçıların tedarikçiler ile yaptığı etkileşim geriye dönük dikey entegrasyondur.

Endüstri 4.0 ile kapitalist üretim örgütlenmesinin daha önce görülmemiş bir forma dönüşmesi beklenmektedir. Endüstri 4.0 ait olan yenilikçi bileşenler ekonomileri mutlak bir dönüşüm sürecine sokmuştur. Bu süreçte entegrasyon, endüstri 4.0'ın en önemli bileşenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu adaptasyon sürecini tek başına götüremeyen firmalar ya da devletler birleşme yoluna girecektir. Buradaki temel amaç kapitalist var oluşu devam ettirme ihtiyacıdır. Kar elde etmek, piyasaları yönetmek, rekabet etmek için entegrasyon ile yeni monopoller ya da oligopoller oluşacaktır. Endüstri 4.0'a özgü entegrasyon bileşeninin altında yatan temel motivasyon, kapitalist yenilikçi teknolojilerin karşısında firmanın ya da devletlerin varlığını devam ettirme motivasyonu yer almaktadır (Erdal & İnce , 2016).

2.3.5. Eklemeli Üretim

Kavram literatürde doğrudan dijital üretim, serbest formlu üretim veya üç boyutlu (3B) baskı gibi bir çok isimle adlandırılmaktadır. Endüstri 4.0 ile beraber eklemeli üretim yönteminin tercih edilmesi giderek artmaktadır. Şirketler piyasadaki pozisyonlarını korumak için ürünleri üzerinde sürekli inovasyon yapma zorunluluğu hissetmektedirler. Bu amacı sağlamak için işletmeler 3B baskı olarak bilinen eklemeli üretim teknolojilerini işletmelerine taşımak istemektedirler (Çelik , 2020).

Hızlı prototipleme ve 3B baskı adlarıyla da bilinen eklemeli imalat, geleneksel bilgisayar destekli üretimdeki talaş kaldırma prensibinin tersine malzemelerin birleştirilerek katmanlar halinde oluşturulup üst üste eklenmesi prensibine dayanan bir imalat biçimidir. Eklemeli imalat biçimi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) tarafından lisansı alınmış yeni bir teknolojidir. Bir dilimleme yazılımıyla üretilmiş olan 3B veriye göre hareket eden nozül³ bir sıvı bağlayıcı, toz yatağında bulunan toz malzemenin üzerine püskürtülerek bir katman oluşturulur. Daha sonra toz yatağı katman kalınlığı kadar aşağıya indirilerek üzeri toz malzeme ile sıvanır ve katılaştırma işlemi geometrik veriye göre tekrarlanarak, yeni katman var olan katmanın üzerine oluşturulur. Bu şekilde objenin tamamı elde edilir ve yapıştırılmayan tozlar temizlenir. Bu teknoloji 2 boyutlu yazıcılarda kullanılan inkjet baskı⁴ teknolojisine benzerliği nedeniyle 3B baskı olarak adlandırılmış ve bu teknoloji ile çalışan makinelere 3B yazıcı adı verilmiştir (Sürmen, 2019).

3B baskının temel mantığı olan katmanlı imalat, CNC⁵ frezeleme ve tornalama gibi bilgisayar destekli üretim süreçlerinin dayandığı talaşlı imalat yönteminin tersidir. Talaşlı imalatta üç boyutlu nesne bir malzeme bloğundan parçalar kesilip uzaklaştırılması ile elde edilir. 3B baskı yönteminde ise tasarlanan üç boyutlu nesne art arda oluşturulan malzeme katmanlarının birleştirilmesi ile elde edilir. Bu nedenle eklemeli imalat yöntemi ile üç boyutlu objeler daha az malzeme kullanılarak elde

³ Nozül, su yada sıvı püskürtme sisteminde boruların üzerine ya da borunun ucuna bağlanarak suyu püskürtmeye yarayan elemandır. Nozüller suyu farklı alanlarda farklı şekillerde püskürtmek için kullanılmaktadır. (sismist iklimlendirme, 2022)

⁴ Mürekkep püskürtmeli baskı, mürekkep damlacıklarını kağıda ve plastik alt tabakalara iterek dijital bir görüntüyü yeniden yaratan bir tür bilgisayar baskısıdır. (wikipedia)

⁵ Computer Numerical Control (CNC), bilgisayar sayımlı yönetim olarak adlandırılmaktadır. CNC makineleri yani tezgahlar, üzerine monte edilmiş olan bilgisayar aracılığı ile programlama yapılarak otomatik işlem yapan bir sistemdir.

edilebilmektedir. 3B baskı yönteminde ise tasarlanan üç boyutlu nesne art arda oluşturulan malzeme katmanlarının birleştirilmesi ile elde edilir. Bu nedenle eklemeli imalat yöntemi ile üç boyutlu objeler daha az malzeme kullanılarak elde edilebilmektedir. Ayrıca eklemeli imalat tarzı sağladığı üretim esnekliği ile serbest formlu yüzeylere sahip objelerin üretiminde büyük avantaj sağlamaktadır. 3B baskı yöntemiyle çalışan yazıcıların sağladığı bir diğer avantaj ise bulut tabanlı üretime imkan vermeleridir. 3B yazıcıların, bulut teknolojisinin yanı sıra sensör, kablosuz iletişim, robot kol gibi teknolojileri içeren endüstri 4.0 için çok önemli bir yere sahip olacağı anlaşılmaktadır. Üretim hatlarının değiştiği ve bilginin dijital olarak aktarıldığı bir çağda endüstri 4.0 ile eklemeli imalatın geniş çapta yayılacağı tahmin edilmektedir (Sürmen, 2019). Eklemeli üretim ile birlikte kapitalist üretimin temel imalat yapısında radikal bir değişim gerçekleşmektedir. Daha önce ana malzemeden eksiltme ile yapılan talaşlı imalattan, malzemelerin bir yazıcı tarafından üst üste eklendiği bir imalat yapısı oluşmaktadır. Endüstri 4.0'ın yenilikçi bileşenlerinden olan eklemeli üretim biçimi de yapısal bir dönüşüme işaret etmektedir.

2.3.6. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler; gözlemlene, koordinasyon ve kontrol gibi üretim süreçlerini, lojistik ve değer oluşturma sürecinde gerçekleştirilen operasyonları en üst düzeyde yürütebilen sistemlerdir. Bu sistemde; sensörler ve aktüatörler⁶ yardımıyla fiziksel dünya sanal bilgi işlem dünyasıyla bağlanmaktadır. Bu iki dünyayı birleştiren siber fiziksel sistemler iki önemli unsurdan oluşmaktadır: Birbirleri ile internet üzerinden haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ yani nesnelerin interneti ve gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların bilgisayar ortamında simülasyonu ortaya çıkan sanal ortam (Özsoylu, 2017). Nesnelerin interneti ile birlikte çok geniş bir iletişim ağı yaratan ve böylece gerçek ve sanal dünyalar arasındaki sınırı kaldırmaya yönelik siber-fiziksel sistemler, endüstri 4.0'ın temelindeki güçlerden birini oluşturuyor (Siemens).

⁶ Aktüatörler kontrol sistemlerinin önemli parçasıdır. Sistemin kendisine uyguladığı giriş bilgisini (elektriksel, hidrolik, pnömatik) fiziksel çıkış hareketine dönüştürmeden sorumludur. Temel anlamda, farklı enerji kaynaklarını fiziksel-mekanik harekete çevirir. (Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği, 2022)

Siber fiziksel sistemler, bilişim teknolojileri aracılığıyla mekanik ve elektronik bileşenler arasında bağlantı kurarak, her bir bileşenin ağ sistemi içinde birbiri ile durmaksızın iletişimini sağlar. Bu teknolojilerin ilk formu, 1999'da kullanıma giren RFID⁷ teknolojisidir.

Siber fiziksel sistemler sadece ağ makinelerini kapsamaz. Makineler, akıllı ürünler, kişiler yani tüm değer zincirinde ve ürün döngüsünde yer alan her şeyi kapsayan akıllı bir sistem yaratırlar. Bu akıllı sistemler endüstri 4.0'ı destekleyen akıllı fabrikaların en önemli bileşenini oluşturmaktadırlar (Ümit Fırat & Fırat, 2017).

Siber fiziksel sistemler, akıllı fabrikaların özüdür, onları ortaya çıkarır. Bu sistemle birlikte üretimde sadece otomasyon teknolojisi gelişmez, aynı zamanda karar alma süreçleri de sistemin kendisi tarafından sağlanır. Üretim süreci, merkezi bir kontrol sistem yerine sensör sistemleri sayesinde otomatik bir şekilde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu üretim sistemi kendi kendini kontrol edebilir hale gelmekte, süreçleri gözleyebilmekte ve herhangi bir arızanın ortaya çıkması durumunda karşı önlemleri harekete geçirebilmektedir. Sonuç olarak bu durum üretim sürecinde insan müdahalesinin azaldığını hatta ortadan kalkabileceğini göstermektedir (Özkan, Al, & Yavuz, 2018).

Endüstri 4.0'ın yenilikçi bileşenleri sayesinde kapitalist üretim yapısında meydana gelecek değişiklik ile üretim; fiziksel çevre, siber uzay ve bulut bilişim olarak üç katmandan oluşan siber fiziksel üretim sistemi olarak adlandırılacaktır. (Liu & Xu, 2017).

⁷ Radyo frekansı ile tanımlama.

3. KURUMSAL YAPILAR VE İNOVASYON TEMELLİ BİLİM VE TEKNOLOJİ POLİTİKALARI

Üçüncü sanayi devrimi ile başlayan dijitalleşme süreci ve bilgi ekonomisinin yarattığı etki ile teknolojinin gelişme hızı üstel olarak artmıştır. Günümüzde gelinen noktada yeni üretim teknikleri ile gerçekleşen ve üretimde insan emeğinin makineler tarafından ikame edilecek olması anlamında bir paradigma dönüşümü yaşanmaktadır. Ekonomilerin endüstri 4.0 dönüşümüne ayak uydurabilmeleri, rekabet avantajı sağlayabilmeleri için bakılması gereken en önemli unsur teknolojidir. Teknolojik gelişmeyi yok saymak mümkün olamayacağına göre teknolojik gelişmeye dayalı politikaları çok iyi kavramak gerekmektedir (Ansal, 2004).

Endüstri 4.0 dönüşümünü anlamak için inovasyon temelli bilim ve teknoloji politikalarını analiz etmek kritik bir öneme sahiptir. Sanayi sektörünün milli hasıla içindeki önemi nedeniyle başta gelişmiş ülkeler olmak üzere her ulus bilim ve teknoloji politikalarına, genel kamu politikaları içinde ayrıca önem vermektedir. Her ülkenin kendine has kurumsal yapısı sonucu uygulanan politikaların etkinliği birbirinden farklılık göstermektedir. Endüstri 4.0 dönüşümü içerisinde her ülke kurumsal yapıları nedeniyle aynı noktada değildir çünkü ülkelerin bu dönüşümü yakalamak için uygulamaya koydukları bilim ve teknoloji politikalarının etkisi farklılık göstermektedir.

3.1. Teknolojik Gelişme, İnovasyon ve İnovasyon Temelli Politikalar

Bilgi, toplumların gelişmesinde en önemli unsurlardan biri olmuştur. Geçmişten bugüne toplumların bilgiyi elde etme süreci ve bilginin yayılması hızlanmıştır. Tarihin farklı aşamalarında mevcut bilginin sınırlılığı dolayısıyla kullanılan teknoloji farklılık göstermiştir. Geçmişten günümüze bilgi, birikerek bilgi toplumunu oluşturmuş ayrıca teknolojik gelişmeyi beslemiştir. Gelişen teknoloji de bilgiye erişimi kolaylaştırarak toplumu, teknolojinin üstel olarak artış gösterdiği günümüz dünyasına taşımıştır. Bilgi ve teknolojideki gelişmeler ise inovasyon yapma zorunluluğunu doğurmuştur. Bilgi, teknoloji ve inovasyon üçlüsü birbirinin nedeni veya sonucu olacak şekilde iç içe geçmiş hale gelmiştir. Bu üç unsur uzun dönem iktisadi büyüme ve gelişmişliği sağlayan en önemli faktörler olarak kabul edilmektedir (Algan , Manga , & Tekeoğlu , 2017).

İnovasyon, Türk Dil Kurumu tarafından dilimize *yenilik*, *yenileşim* olarak çevrilmiştir. Yenileşim, değişen koşullara ayak uydurabilmek için toplumsal, kültürel ve yönetsel ortamlarda yeni yöntemlerin kullanılmaya başlanması olarak ifade edilmiştir (Türk Dil Kurumu Kütüphanesi , 2023).

Genel hatlarıyla inovasyon, tüketicilerin henüz bilmediği bir ürünün üretilmesi ya da var olan ürünün yeni özellikleri ile piyasaya sürülmesi; yeni bir üretim tekniğinin keşfedilmesi; yeni bir pazarın bulunması; yeni hammadde kaynaklarının keşfedilmesi şeklinde ifade edilir. Bu tanımlama iktisadi teoride ilk kez Joseph Schumpeter tarafından yapılmıştır. Ayrıca Schumpeter'e göre inovasyon 'kalkınmanın itici gücü' olarak değerlendirilmektedir (Güngör & Göksu , 2013).

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) tarafından hazırlanan Oslo Kılavuzu, teknolojik yenilik verilerinin toplanması ve yorumlanması için önerilen ilkelerden oluşur. Kılavuza göre inovasyon, işletme içi uygulamalarda, firma organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir ürün (mal veya hizmet), veya sürecin, yeni bir pazarlama yöntemi ya da yeni bir organizasyonel yöntemin gerçekleştirilmesidir (OECD ve EUROSTART, 2006).

Tablo 3.1'de yer alan tanımlanma biçimi birbirinden farklılık göstermesine rağmen inovasyon söz konusu olduğunda ortak olan ifade; yenilikçi bir fikrin ortaya atılmasıdır. Fakat sadece yenilikçi fikir inovasyonun tam ve doğru bir şekilde tanımını yapmamıza imkan vermez. Yenilikçi fikir ya da buluş piyasada ticari bir değere dönüştüğü zaman, tam olarak inovasyon gerçekleşmiş olur. İnovasyonun ticari değer yaratma ve toplumsal fayda gütmeye amacı vardır.

YAZAR	TANIM
Joseph Schumpeter (1930)	-Yeni bir ürün ortaya koyma veya var olan üründe değişiklikler yapma, -Yeni pazarlar keşfetme, -Yeni hammadde kaynaklarına ulaşma ve organizasyonlardaki diğer değişiklikler
Howard and Sheth (1969)	-Firmanın yeni olup olmadığına bakılmaksızın tüketiciye herhangi yeni bir ürün sunma
Mohr (1969)	-İşletmenin kendine has değişikliklere sahip olması
Kenneth Simmons (1986)	-Yeni ürünler, yeni düşünceler; var olan ürünlerin yeni kullanım alanları, var olan ürünler için yeni pazarlar veya yeni pazarlama metotları
Damanpour (1991)	-Firmalar tarafından yeni düşüncelerin geliştirilmesi ve benimsenmesi
Evans (1991)	-Farklı bakış açıları ile yeni düşünceler ortaya koymak ve var olan kavramlardan yeni kombinasyonlar elde etme yeteneği
Rogers (1998)	-Yeni bilginin ortaya çıkarılması ya da var olan bilginin yayılımı

Tablo 3.1: İnovasyon tanımları

Kaynak: Popa vd.,2010:151-152.'den aktaran (Mayda , 2019)

İnovasyona dair çok fazla kavram içi içe geçmiş haldedir ve bu durum kafa karışıklığına sebep olmaktadır. İnovasyon sıklıkla keşif, buluş (icat) kavramları ile karıştırılmaktadır. Bu kavramları tanımlamak bu karmaşayı ortadan kaldıracaktır.

Keşif : buluş için gerekli bilgi kaynağı ve bilimsel olanakların geliştirilmesidir. Doğada var olan fakat daha önce ortaya çıkarılmamış bilgi ve olgular bütününe ortaya çıkarılmasıdır.

Buluş (İcat) : Daha önce var olan keşif ve buluşlar sayesinde yani geçmişte keşfedilmiş bir bilginin vasıtasıyla yeni bir ürün, hizmet ya da sürecin ortaya çıkmasıdır. Eğer doğada var olan bir olgu ilk kez ortaya konuyorsa bu bir keşif, daha önceki bilgilerden yararlanarak var olmayan bir ürün ortaya konuyorsa bu bir icattır. (Söylemez, 2020)

İnovasyon (Yenilik): İcatlar piyasa mekanizması tarafından içselleştirilerek ekonomik anlamda değer yaratacak duruma geldiklerinde inovasyona dönüşürler. Fakat bu durum kolay bir süreç değildir. Ar-Ge faaliyetleri gerektirir ve yüksek maliyeti bünyesinde barındırır. (Söylemez, 2020)

İnovasyon sıklıkla Ar-Ge kavramı ile de karıştırılır. Fakat sadece Ar-Ge'den oluşmaz. Ar-Ge, ülke veya firmaların ihtiyaçlarına cevap vermek için yapılan temel araştırma kapsamındadır. Temel araştırma aşamasında ticari değer yaratma kaygısı güdülmez. Bu nedenle, Ar-Ge inovasyonun alt kümesidir (Dam, 2017).

Teknoloji, üretim girdilerinin bir çıktıya dönüştürülmesi için yararlanılan bilgiler topluluğudur. Teknoloji, belirli miktar sermaye ve işgücü ile üretilen reel çıktı miktarını artıran her şey olarak tanımlanabilir (İleri & Horasan).

Bilim ve teknoloji politikası; teknolojik değişim sürecini etkilemek amacıyla devletin ekonomiye müdahalesini içeren politikalar bütünüdür. Bilim ve teknoloji politikası ulusların rekabet üstünlüklerini belirleyen temel faktörler arasındadır (Çalışır & Gülmez , 2010).

Teknoloji, iktisadi büyüme ve gelişme sürecinde önemli bir konumdadır. Özellikle iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte bilginin yayılma hızında yaşanan artış, teknolojik rekabetçiliği artırmıştır. Bu rekabetçiliğin doğal bir sonucu olarak sanayinin dördüncü aşaması olan endüstri 4.0 dönüşümünü sağlayabilmek için teknoloji ve bilim politikalarıyla uyumlu olacak şekilde inovasyon temelli politikalar yürütülmektedir. İnovasyon politikaları ile bilim ve teknoloji politikaları arasında bütünsel bir ilişki vardır. Bir ülkenin inovasyon politikasından bahsediliyorsa mutlaka bunun arkasında bunu destekleyen bir bilim ve teknoloji politikası vardır. Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçişin başladığı 1970'li yıllarla birlikte bilim ve teknoloji politikaları oluşturulmaya başlanmıştır (Derala, 2020).

İktisadi olarak gelişmiş ülkeler ve dolayısıyla endüstri 4.0 dönüşümünde lider olan ülkeler bilgi, teknoloji ve inovasyonu ayrılmaz birer parça olarak görmektedir. Ülkeler arasındaki gelişmişlik farkının inovasyon politikaları ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemek için bilim teknoloji ve inovasyon ölçüt olarak alındığında anlamlı sonuçlar üretilir. Bilim, teknoloji ve inovasyon politikaları analiz edilmediğinde ülkelerin dünya üzerindeki gerçek rekabetçi konumlarını tespit etmek zorlaşmaktadır (Algan , Manga , & Tekeoğlu , 2017).

Belirli bir konuyu derinlemesine araştırmak ve yeni bilgi yaratmak veya başka alanlarda yaratılan yeniliklerden esinlenmek inovasyonun önemli iki ayağıdır. İnovasyon, kamu kurumları tarafından ve/veya özel sektör tarafından yapılmaktadır. Kamusal inovasyonun temel amacı daha az kaynak ile toplumun geniş kesimlerinin refahını artırmak için daha yenilikçi yöntemlerin elde edilmesidir. Ayrıca değişen küresel çevreye uyum sağlama ve yeni iş yapış yöntemlerinin geliştirilmesi de amaçlanır (Güngör & Göksu , 2013).

Başarılı bir inovasyon temelli politikanın özellikleri şu şekildedir:

- İnovasyonun teşvik edildiği bir kamusal ortam.
- En yenilikçi fikirlerin tespit edilebildiği bir mekanizma sağlanmalıdır.
- Başarının ve sürdürülebilirliğin sağlanması için etkin bir kamusal denetim ve geri bildirim mekanizması oluşturulmalıdır. (Güngör & Göksu , 2013)

Kamunun yürüttüğü inovasyon temelli politikalar ile özel sektör inovasyonu birlikte hareket etmelidir. Kamu uyguladığı politikalar ile özel sektörde inovasyonu teşvik etmelidir ve özel sektörün inovasyon faaliyetlerinin önündeki engellerin kaldırılmasını sağlamalıdır.

3.2. Kurum ve Kurumsal Yapılar

Kurum ve kurumsal yapı ile ilgili genel bir tanım vermek oldukça zordur (Biber , 2010, s. 7). İktisatçılar genelde kurum kavramını spesifik bir kurumsal düzenlemeyi kastedecek şekilde kullanır. Benzer şekilde kurumsal değişiklik, spesifik bir kurumsal düzenlemeyi simgelemekle birlikte kurumsal yapıdaki tüm düzenlemeleri simgelememektedir (Lin & Nugent, 1995). Kurumsal yapı bir ekonomideki kurumsal düzenlemelerin tamamıdır. Kurumsal düzenleme ise belirli bir alanda davranışları yöneten, davranışsal kurallar setidir. Bu çalışmada kurum ve kurumsal yapı kavramları aynı anlamda kullanılmaktadır. Kurum kavramının tanımlanmasına yönelik olarak belirsizlikler vardır ve bu belirsizlikler iktisadi düşünce içinde ortak bir kurumsal iktisat anlayışının gelişmemesine neden olmuştur (Commons, 1931, s. 1).

Bu belirsizliği aşmak için farklı bakış açılarından kurum kavramının, tanımlamaları aktarılacaktır. İlk olarak belirtmek gerekir ki, tanımsal güçlüğüne rağmen kurumlar hayatın her alanında karşımıza çıkmaktadırlar. Yaşam var olduğu andan itibaren kurumlar oluşmaya başlamıştır. Bu nedenle kurumlar toplumsal yaşama özgüdür, topluma sıkı sıkıya bağlıdır. Kurumlar toplum hayatının temel yapı taşıdır. Birey, toplum ve kurum arasında karşılıklı, dinamik bir etkileşim vardır. Bu dinamik etkileşimle birlikte kurumlar bir kere ortaya çıktıktan sonra kendilerine has bir kişilik geliştirmişlerdir. Kökeni insan yaşamının başlangıcına götürülebilecek kadar geçmişe sahip kurumların tanımsal güçlüğü, Veblen'in Darwin öncesi yapılan tüm iktisadi analizleri eksik bulmasına benzer şekilde, bilimsel analizde kurumlara karşı körlüğün bir göstergesidir.

Sözlük anlamına göre kurum, evlilik, aile, ortaklık, mülkiyet gibi köklü bir yapıyı içeren, genellikle devletle ilişkisi olan yapı veya birlik, müessese şeklinde tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu Sözlükleri , 2022).

Kurumlar çok çeşitli hallerle karşımıza çıkarlar. Birden farklı biçime dönüşebilirler. Yasalar, töreler, gelenek ve görenekler, bayramlar, festivaller, misafirperverlik, dayanışma, rekabet gibi sınırsız şekle sahiptirler (Şenalp, 2003).

Kurum, hep birlikte koordine edilmiş ve örgütlenmiş bir bütün oluşturan düşünceler, inançlar, gelenek-görenek ve davranışlar gibi öğelerden kuruludur ve bir sürekliliği vardır. Birkaç örnek verecek olursak, aile, hukuk, üniversite, eğitim, parlamento, devlet, birer kurumdurlar. Kurum kavramını, biri dar öteki ise geniş olmak üzere iki anlamda anlamak olanaklıdır: Örneğin bir ilkokul dar anlamda bir kurumdur; bir lise, bir üniversite böyle dar anlamda birer kurumdurlar. Ama bunların hepsini birden göz önüne aldığımızda, bunların hepsinin bir bütünü, geniş anlamda eğitim kurumunu oluşturduklarını anlarız (Ozankaya, 1991, s. 181-182). Burada belirtmemiz gerekir ki sosyoloji biliminin inceleme alanı için dar anlamda belirtilen kurum kavramı iktisat literatüründe kuruluş olarak sınıflandırılır. Buradan hareketle dar anlamda kurum örneği olarak verilen ilkokul, iktisadi literatürde kuruluş ya da organizasyondur.

Kurumlar politik, iktisadi ve sosyal yapıları sınırlandıran insanlar tarafından oluşturulmuş kısıtlamalardır. Kurumlar formel ya da enformel kısıtlardan oluşur. Formel kurumlar; yasalar, anayasalar, mülkiyet hakları gibi devletin taraf olduğu kurumlarken enformel kurumlar; yaptırımlar, tabular, adetler, töreler gibi toplumun kendiliğinden oluşturduğu kurumlardır. İnsanoğlu tarih boyunca kurumlar oluşturdu çünkü belirsizliği azaltmak ve düzen yaratmak istedi (North, Institutions, 1991).

Kurumların ortaya çıkışında bir sosyal ihtiyacı karşılamaya dönük olmak esastır. Kurum, toplumun temel ihtiyaçlarını ve faaliyetlerini karşılayacak şekilde ortaya çıkan değerler, kurallar bileşenidir (Fichter, 1994, s. 119). Süreklilik arz eden bir sosyal örüntü, rol ve ilişki yapısı olan kurumlar, bireyin doğumundan önce var olan ve ölümünden sonrada var olacak olan yapılardır. Bireyler ölümlüdür, kurumlar ise, süreklilik arz eden yapılardır (Türkkahraman, 2009, s. 27).

Kurumlar, toplumsal alanda en önemli yapı türleridir. Onlar sosyal hayatın malzemelerini oluşturur. İlgili literatürü fazla zorlamadan, kurumları yerleşik ve yaygın sosyal ilişkiler sistemleri olarak tanımlayabiliriz. Sosyal etkileşimleri

yapılandıran kurallar: Dil, para, hukuk, ağırlık ve ölçme sistemleri, sofrada adabı kurumlara örnektir (Hodgson, 2006, s. 2).

(Olsson, 1999, s. 2)'a göre kurumlar insan tarafından tasarlanan kurallardır ve insanlar arasındaki etkileşimi sınırlandırır. Eksik bilgi ve belirsizliğin olduğu koşullarda insanlara yardımcı olan kurallardır. Bu haliyle kurumlar insan tercihlerini belirler ve tanımlar. Benzer bir tanıma yine North'un ifadelerinde bulmak mümkündür. Kurumlar bir toplumda oynanan oyunun kurallarıdır; daha formel bir anlatımla; insanlar arasındaki etkileşimi biçimlendiren, insanların getirdiği kısıtlamalardır. Kurumlar, belirsizliği azaltır, bireylerin tercih kümelerini sınırlar, tanımlar (North, 2002, s. 9-10).

Kurumlar, bireysel çıkarların ötesine geçen bir iş birliği ve ortak beklentiler oluşturarak insanları uzun vadeli bir bakış açısına sahip olmaya teşvik eder (Uphoff).

İktisat bilimi içerisinde kurumların önemi ilk kez T. Veblen tarafından dile getirilmiştir. Kurumlara evrimci bir bakış açısıyla bakmıştır ve kurumların analiz dışı bırakılmasını eleştiren ilk düşünürdür. Veblen'e göre kurumlar, yaygın düşünce alışkanlıklarını şekillendiren güçtür ve toplumun çoğunluğuna yerleşmiş düşünce alışkanlıklarıdır (Veblen , 1919, s. 314). Bu tanımda da olduğu gibi toplum ve kurumlar arasında karşılıklı bir ilişki söz konusudur.

Kurum kavramı kural ya da kuruluş (organizasyon) kavramları ile eş anlamı değildir. Her birinin farklı karşılığı vardır. Kurumlar; kurallardan oluşur, kendiliğinden oluşabileceği gibi düzenleme ile de oluşturulabilirler (Aktan & Aktan, 2019).

Kurumların genel özelliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Kurumlar ihtiyacı karşılamaya dönük olmalıdır.
- Kurumların sürekliliği olmalıdır. Fakat bu statik değil dinamik bir sürekliliktir.
- Dinamik bir yapıda oldukları için değişime açıktırlar.
- Belirsizlikleri azaltırlar.
- Kısıtlamalar getirirler.
- Toplumsal düzeni ve uyumu sağlarlar.
- Formel ve enformel kurallar bileşenidirler.
- Deneyim, bilgi ve öğrenmeye dayalı olduğu gibi düzenli tekrar eden davranışların alışkanlığa dönmesi sonucunda oluşurlar.

- Her toplumun kendisine has bir kurumsal yapısı vardır. Bu haliyle kurumlar ülkeden ülkeye değişiklik gösterir.

Kurumlar toplumsal davranış kalıplarının belirli bir örüntüsü sonucu oluşmuştur. Bu konuda D. North şunları belirtir: Bazı durumlar vardır, onlarla karşılaştığımızda düşünmeden karar alırız çünkü hayatımızın içine kök salan kurumlar ne tepki vereceğimizi bize öğretmiştir. Düzenli, tekrar eden, aşikar eylemlerin sonucunda bu bilgi kurumsallaşmıştır. Fakat rutinin dışına çıkan bir durumla karşılaştığımızda seçim yapmak aynı düzeyde kolay olmayacaktır. Çünkü sonuç hakkındaki belirsizlik artmıştır. (North, 2002, s. 34)



Şekil 3.1. Kurumların ortaya çıkış aşamaları.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kurumlar sosyal bilimlerin çeşitli dallarında farklı şekillerde sınıflandırılıyor, alt dallara ayrılıyor olsa da iktisat disiplininde genel olarak formel, enformel ayrımı yaygındır. Formel kurumlar aslında yazılı kurallardır. Anayasalar, yasalar, mülkiyet hakları, sözleşmeler, yaptırımlar gibi hukuki, politik, iktisadi sınırlar içinde yazıya dökülmüş kurallar, kısıtlar bütünüdür ve hızlıca değiştirilebilirler.

Enformel kurumlar ise yazılı olmayan kurallardır. Toplumsal hayatın içinde kendiliğinden ve kültür, gelenek gibi değer yargıları tarafından şekillenerek oluşurlar. Değişimleri çok uzun zaman alır ve tedricidir. Patika bağımlılığını oluştururlar. Enformel kurumların etkisini analiz etmek kolay değildir. Enformel kurumlar, toplum var olduğu andan itibaren oluşmaya başlamıştır ve sürekli (North, 2002, s. 51-73).

Enformel kurumlar topluma içkindir, formel kurumlar ise dışsaldır. Formel kurumlar toplumun otorite figürleri arasındaki ilişkinin evrimsel sonucu olarak topluma harici şekilde empoze edilir (Mantzavinos, North, & Shariq, 2004, s. 79). Fakat birbirlerini tamamlar nitelikleri vardır. Formel kurumları inşa etmek her durum için mümkün değildir. Bu noktada enformel kurumlar formel kurumlar tarafından tanımlanmayan çerçevede sorunları çözmek için oluşurlar. Ayrıca formel kurumların, toplumun kültürel havuzunda gelişen enformel kurallar ile çelişmemesi gerekir. Bir başka

deyişle toplumun meşrutiyetinden yoksun olacak bir kültüre sahip olmamalıdır. Bu tarz kurumlar ancak zor yoluyla kurulabilir ve uzun vadede etkinliği zayıf olacaktır (Skoog, 2015, s. 23).

Kurumların iktisadi ve sosyal yaşam üzerinde benzersiz etkileri vardır. Bu etkileri anlamak açısından kurumları iyi bir şekilde analiz etmek gereklidir. Bu tezin sonraki bölümlerinde bu analiz, seçili ülkeler için titizlikle yapılacaktır. Kurumlar olumlu sonuçlar doğurabildiği gibi olumsuz sonuçlarda doğurabilir. Genel hatlarıyla iyi düzenlenmiş bir kurumsal yapının etkileri şu şekilde sıralanmaktadır:

- Mülkiyet haklarını güvence altına alır. Özel mülkiyetin tesisini ve korumasını sağlar.
- Anlaşmazlıkları önler, oluşmaları çözer. Çözüm süreci daha az maliyetli şiddetten uzak, başka bir anlaşmazlığı doğurmayacak şekilde olur.
- Toplumsal uyumu sağlar.
- İşlem maliyetlerini azaltır.
- İktisadi büyümeyi teşvik eder.
- Kaynakların korunmasına ve düzenli kullanımına yol açar.
- Gelir dağılımında adaletsizlikleri dengeler.
- Bir ülkenin ekonomik gelişmişliğinin anahtarı kurumlardır. İktisadi gelişmenin uzun dönemde en önemli göstergesi kurumlardır (North, 2002, s. 94-138).

Kurumlar her zaman bu sonuçlara yol açmaz, bu sonuçların tam tersinin yaşanması da muhtemeldir. İyi kurumların bu sonuçları vermesini bekleriz. İyi kurumların üç karakteristik özelliği vardır (Acemoğlu , 2003, s. 27).

1. Bireyleri iktisadi yaşamın bir parçası yapan, yatırıma teşvik eden, toplumun geniş bir bölümü için tanımlanmış mülkiyet haklarını tanımlamış olması gerekir.
2. Özel çıkar gruplarının, politikacıların ve diğer güçlü grupların denetlenmesi gerekir. Bu denetimde amaç toplumun geri kalan kesimine ait gelir ve yatırımlara el konulmasının önüne geçmek olmalıdır.
3. Fırsat eşitliğinin toplumun geniş bir kesimi için sağlanması gereklidir. Fırsat eşitliği, bireylerin yatırım yapmasına neden olacaktır. Bireyler fırsat

eşitliği altında özellikle beşeri sermaye yatırımı ve verimli iktisadi faaliyetlere yöneleceklerdir.

Kurumlar, ülkeler arasında kişi başına gelir farklılıklarının ana nedenidir. Haliyle ülkeler arasındaki gelişmişlik farkının nedeni de kurumlarda gizlidir. Her ülkenin kendine has bir kurumsal yapısı vardır ve odağımız bu yapıyı anlamak olmalıdır (Acemoğlu & Robinson, 2008).

Acemoğlu , Johnson, & Robinson (2014)'de kurumların altı temel işleyişle uzun dönemde büyümeyi etkiledikleri sonucuna varmıştır.

1. Kurumlar ekonomik büyüme için önemlidir çünkü kurumlar ekonominin teşvik yapısını belirler, şekillendirir ve kaynak dağılımını etkiler.
2. Ekonomik kurumlar topluma içkin, toplumun kolektif seçimleri sonucu oluşmuş olmalarına rağmen tüm birey ve grupların aynı kurumları tercih edeceğinin garantisi yoktur. Farklı kurumlar kaynakların farklı dağılımına yol açar ve bu durum farklı birey ve gruplar arasında çıkar çatışmasına yol açar. Burada denge, grupların sahip olduğu politik güce göre belirlenecektir.
3. Politik güce sahip olanlar gücünü kendi çıkarı için kullanmamaya söz veremezler ve bu durum iktisadi verimsizliğe yol açar. Sonuç olarak çıkar çatışmasına sahip gruplar toplam büyümeyi maksimize edecek bir kurum üzerinde anlaşmazlar.
4. Politik gücün iki bileşeni vardır: Gerçek politik güç ve kurumsal politik güç. Kurumsal politik güç, toplumdaki politik kurumlardan alır gücünü, yasalara dayanır. Politik kurumlarda tıpkı ekonomik kurumlar gibi ekonominin teşvik yapısını ve kısıtlarını belirler.
5. Bireyler yasal olarak politik güç sahibi olmasalar da, politik güç elde etmiş olabilirler. Örneğin bir grubun zenginleşmesi halinde diğer gruplarla karşılaştırıldığında bu grubun gerçek politik gücü artar ve kendi çıkarlarına göre hareket edecek rahat bir zemin bulmuş olurlar.
6. Toplumda politik gücün dağılımı, politik kurumların gelişiminde belirleyici unsurdur. Politik güce sahip olanlar, kendilerine bu politik gücü sağlayan politik kurumları sürdürme eğiliminde olurlar.

Ulusal ekonomilerin, dördüncü sanayi devrimini gerçekleştirebilmeleri ülke içindeki kurumsal yapı ile doğrudan ilişkilidir. İnovasyona dayalı olarak uygulanacak bilim ve

teknoloji politikalarının sonuçları kurumsal yapı tarafından belirlenecektir. Gücü elinde bulunduran farklı gruplar arasındaki çıkar çatışması, endüstri 4.0'a dönüşüm aşamasında en önemli belirleyici unsur olacaktır.

3.3. İktisadi Düşünce Okullarında Teknolojik Gelişme ve İnovasyon

İktisadi düşünce tarihi içerisinde birbirinden farklı ve çok sayıda düşünce akımı ortaya çıkmıştır. İnovasyon ilk olarak Schumpeter tarafından ele alınmıştır. İktisadi okullarda teknolojik gelişme ve inovasyonun ele alınışı birbirinden farklılık göstermektedir. Bu alt bölümde iktisat okullarına genel bir bakış sunulacak ve belirli iktisadi düşünce okullarında inovasyon ve teknolojik gelişme kavramlarının ne şekilde ele alındığı, bu kavramların hangi sebeplerden ötürü iktisadi teorinin merkezine oturduğu açıklanacaktır.

Modern iktisat bilimi, Adam Smith'in 1776 yılında yayınlanan Milletlerin Zenginliği isimli kitabı ile başlangıç alınır. Bu dönem aslında sanayi devriminin başladığı dönemdir. O dönem içinde başta Smith olmak üzere eser veren birçok iktisatçı refahı oluşturan faktörlerin ne olduğu üzerine odaklanmıştır. Bu dönemin eserleri sanayi devriminin yarattığı ortamda şekil almıştır ve bu dönemdeki egemen iktisadi düşünce; klasik iktisat, olarak adlandırılır. Klasik iktisat yaklaşık olarak yüzyıl boyunca başta İngiltere olmak üzere, Avrupa iktisadi düşüncesine egemen olmuştur. 1871 civarında Carl Menger ve Stanley Jevons'un eserlerini yayınlamasıyla egemenliğini neoklasik iktisada bırakmak zorunda kalmıştır (Bocutoğlu, 2019, s. 57).

İktisat bilimi içerisinde iktisadi düşünceye bir şekilde egemen olan neoklasik iktisat; ortodoks iktisat, ana akım iktisat veya marjinalizm olarak adlandırılır. Aslında neoklasik adlandırması Veblen'e aittir. Veblen bu sıfatla teoriyi alaya almak istemiştir fakat marjinalist düşünürler bu adı sahiplenince literatürde bu şekilde yaygınlık kazanmıştır (Benicourt & Guerrien, 2017, s. 20).

Neoklasik iktisadın, klasik iktisadın yeni ve güncel bir devamı olduğu şeklinde bir çağrışım zihinleri meşgul edebilir ve zaten klasik okul ile neoklasik okul arasında devamlılığın olduğu literatürde söylenmektedir (Erkan B. , 2016, s. 28). Fakat klasik iktisat ile neoklasik iktisat, değer teorilerini ele alış biçimleriyle birbirlerinden keskin şekilde ayrılır. Klasik iktisatçılar odağında emek değer teorisi olan ve toplumu anlamaya yönelik çabası olan düşünürlerden oluşurken neoklasikler fayda değer

teorisini geliştiren, soyut matematiksel yöntemlerle bireyi toplumdaki izole eden teorisyenlerden oluşur.

Neoklasik iktisadın temel yöntemi metodolojik bireyciliğe dayanır. Tüm toplumsal olaylar tekil bireylerin davranışından hareketle açıklanmaya çalışılır. Neoklasik iktisadın bireyi kendi çıkarına göre hareket eden davranışları, tercihleri, seçimlerinde odağı kendisi olan bencil bir bireydir. Bireyin bu şekilde davranması neoklasik iktisada göre rasyoneldir. Eylemlerinde rasyonel olan bireyin amacı faydasını maksimize etmektir. Toplumu oluşturan en küçük birim yani birey bu şekilde ele alındığı için toplum faydasını maksimize etme peşinde koşan insan yığımindan ibarettir. Burada problemleri olan en önemli nokta, bu bakış açısının tarihin tüm dönemlerinde geçerli olduğu varsayımdır. Çölde göçebe yaşayan kabileler de, 21.yüzyılın metropol insanı da, ortaçağ köylüsü de bu şekilde davranan bireylerdir (Benicourt & Guerrien, 2017, s. 16). Neoklasik iktisadın temel unsurlarını statik olma, belirli zamanda kaynak dağılımı, faydacılık, marjinalizm, rasyonellik ve genel denge unsurları oluşturur. Bireyi homo-economicus olarak adlandırılır. Bencil, bağımsız ve rasyoneldir (Eren, Yeni İktisatta Ortak Noktalar, 2009).

Klasik İktisadi Okul ve İnovasyon: Klasik iktisadi düşünce arz yanlı politikaları savunur. Toplam çıktıdaki artış üretim, tarım, ticaret gibi iktisadi faaliyetlerin yarattığı değerde saklıdır (Savaş , 1994). Klasikler, refah artışının uzmanlaşma ve işbölümünde saklı olduğunu düşünmüşlerdir. Artan işbölümü ve uzmanlaşma piyasayı genişleterek ekonomik büyümeyi sağlar. Burada büyümenin asli unsuru emektir. Klasikler sanayi devrimin ilk kez ortaya çıktığı bir çağda eser vermenin etkisiyle büyüme ve sermaye birikimine yoğunlaşmışlardır. Teknoloji, inovasyon ve kurumlar yeterince analize dahil edilmemiştir. Teknolojiye dair cılız bir vurgu olmakla birlikte, teknolojinin ekonomi üzerindeki etkisi dışsal kabul edilmiştir. Teknolojik inovasyonlar ise işbölümü sonucu ortaya çıkan türev sonuçlar şeklinde kabul edilmiştir. Üretimde verimlilik artışına neden olan tüm makineler işbölümü sonucu ortaya çıkan icatlar olarak ele alınmaktadır. Dolayısıyla büyüme sürecinde teknolojik inovasyon “ikinci” sıraya yerleşirken, işbölümü “birinci” sırayı almaktadır (Saraç , 2011).

Neoklasik Okul ve İnovasyon: Neoklasik iktisadi okulun büyüme ve gelişme dinamiğine ilişkin bakış açısı Solow Modeli olarak bilinir. Klasik modelin aksine burada teknoloji analize dahil edilmiştir. Üretimi gerçekleştiren en önemli faktör

teknolojidir. Üretim girdilerin çıktılara dönüşme süreci olarak ele alınır. Bu süreci sağlayan unsur ise teknolojidir. Üretim teknolojisinin özellikleri kullanılarak, üretim faktörleri, üreticiler aracılığıyla nihai çıktıya dönüştürülmektedir. Teknolojinin ülkeden ülkeye, firmadan firmaya uygulanabilirliği ve geçişi maliyetsizdir. Teknolojik bilgi kamusal bir mal özelliği taşır ve herkesçe erişilebilir. Bu nedenle teknoloji bu iktisadi düşüncede dışsal kabul edilir (Sarıkaya, 2019).

Teknolojinin dışsal olduğu bu modelde beşeri sermayedeki üretkenlik artışları dikkate alınmamaktır. Kişi başına sermayenin, kişi başına üretim ve tüketim ile aynı oranda arttığı dengeli bir büyüme söz konusudur. Teknolojinin ve nüfus artışının dışsal kabul edildiği böyle bir durumda, politika uygulamaları ile büyüme ilişkisini tanımlayacak bir aktarım mekanizması bulunmadığından kamunun uygulayacağı bir politika modeli yoktur (Yener Ercan, 2000).

Schumpeter Yaklaşımında İnovasyon: Bilgi teknoloji ve inovasyon arasındaki ilişki ve bu ilişkinin büyüme süreci üzerindeki etkisini iktisadi teoride ele alan ilk iktisatçı J. Schumpeter olmuştur. İktisadi büyümenin belirleyicileri olarak inovasyon, yaratıcı yıkım, teknolojik rekabet kavramlarını gündeme getirmiştir.

Schumpeter yaklaşımında girişimci en önemli unsurdur. Ekonomik aktivite girişimci tarafından gerçekleştirilir. Girişimciye verdiği önem nedeniyle Schumpeter'in yenilik teorisi 'Kahraman Girişimci' olarak da adlandırılır. Girişimci var olan kaynakları ve malları organize etmekle birlikte yenilerini de piyasaya çıkartır. Kapitalist üretim sisteminin ivmesi girişimci faaliyetlerine bağlıdır. Girişimci yeni bir ürün ya da teknik geliştirdiğinde başlangıçta aşırı kar elde edecektir. Ancak zamanla aynı inovatif faaliyetler başkaları tarafından uygulanacağı için aşırı kar ortadan kalkacaktır. Dolayısıyla kar elde etmek için sürekli yenilik yapmak kaçınılmaz olacaktır. Girişimcinin ortaya koyduğu yenilik piyasa özelinde ve bir bütün olarak toplumsal süreç içerisinde bir dizi olayın başlamasına neden olur ve uzun dönemde piyasa yapısını değiştirir (Oğuztürk, 2003). Teknolojik yenilik piyasaları daraltıyorsa yaratıcı yıkım, genişletiyorsa yaratıcı birikim olarak adlandırılır. Bu süreç dinamik bir süreçtir, kapitalist üretimin en önemli ögesi olarak görülür. Süreç inovatif faaliyetlerle başladığı için yaratıcı, eski teknolojileri ortadan kaldırdığı için yıkıcıdır.

Evrimsel İktisadi Okulda İnovasyon: Nelson ve Winter tarafından 1982 yılında yayınlanan 'An Evolutionary Theory of Economic Change' isimli kitaptan sonra

literatürde yayınlık kazanan bir yaklaşımdır. Neoklasik düşüncenin yanıtı bırakıldığı soruları ve Schumpeter'in fikirlerini hayata geçirmeye çalışmıştır. Schumpeter yaklaşımı bu düşüncenin temelini oluşturduğu için Neo-Schumpeteryen görüş olarak da adlandırılır (Saraç , 2011).

Bu görüş neoklasik iktisadın teknolojiyi açık bir şekilde iktisadi analize dahil etmemesine karşı çıkar. Neoklasik düşüncenin teknolojik ilerleme konusunda görüşü icattan, yeniliğe, yenilikten yeniliğin yayılması şeklinde sıralı ve doğrusal bir süreç olduğu şeklindedir. Evrimciler zincir şeklindeki bu doğrusal yenilik modelini reddederler. Evrimci görüşte icat yenilik ve yayılma döngüsü düz bir şekilde ilerlemez, nedenselliğin yönü tek taraflı değildir. Değişkenler arasında dairesel ve karşılıklı birbirini etkileyen karmaşık bir süreç hakimdir (Oğuztürk, 2003).

Bu kuramda inovasyon sadece ürün ve üretim süreciyle ilgili yenilikler ve iyileştirmeler yapmakla sınırlı değildir. Yönetim bilgi organizasyon finans gibi konulardaki yeni gelişmeleri içerir. Ayrıca teknolojik inovasyon süreci belirsizlikler içerir. İnovasyona yönelik yapılan Ar-Ge çalışmalarının sonuçları önceden tahmin edilemez. Bu nedenle Ar-Ge'ye yapılan yatırımın başarısı belirsizdir. Ar-Ge yatırımlarına yönelik firmalar ve ülkeler arasındaki fark, bu belirsizlikten kaynaklanır (Ansal, 2004).

3.4. Temel İnovasyon Göstergesi ve Endeksleri

Ülkeler teknoloji, inovasyon ve rekabet düzeyinde hangi konumda olduklarını bazı ölçümler sayesinde tespit edebilmektedir. Bu ölçümler gerek politika yapımcılar, gerekse araştırmacılar açısından yol gösterici olmaktadır. Göstergeler ve endeksler ülkeler arasında kıyas yapmayı mümkün kılar ve endüstri 4.0'a yönelik olarak yapılacak inovatif politikalar hakkında fikir verir. Bu ölçümler sayesinde ülkeler; hangi faktöre ne kadar önem verilmesi gerektiği, hangi faktörde geri kaldığı, hangi faktörde iyi durumda bulunduğu, eksik ve olumlu yönler neler ve daha iyiye nasıl gidebileceği gibi soruların cevaplarını bulabilmektedirler (Aynaoglu & Ay Türkmen, 2017).

Ülkelerin rekabetçiliği, verimlilikleri, üretim kapasiteleri ve istihdam performanslarının altında yatan ana faktörlerden olan inovasyon, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemede kullanılan ölçütlerdendir (Hancıoğlu , 2017). Ülkelerin mevcut potansiyelleri hakkında fikir verecek bir çok inovasyon göstergesi vardır. Oslo

kılavuzuna göre Ar-Ge harcamaları, patent, eğitim, beşeri sermaye, fikri mülkiyet hakları, bilgi ve iletişim teknolojileri, uluslararası rekabet ve piyasa yapıları, doğrudan yabancı yatırım, hükümet politikaları, dışa açıklık, teknoloji üsleri, yaratıcı kültür ve diğer faktörler gibi çeşitli göstergeler yaygın olarak kullanılır (OECD ve EUROSTART, 2006) (Çetin & Süt, 2018). Genelde akademik çalışmalarda Ar-Ge, patent başvuruları ve araştırmacı sayısı inovasyon göstergeleri olarak yaygın şekilde kullanılır.

Ar-Ge Faliyetleri

İçsel büyüme teorilerinde büyümenin en önemli faktörü Ar-Ge faaliyetleridir. Ar-Ge inovasyonun önemli bir göstergesidir, inovasyon faaliyetlerinin en gelişmiş, en kabul gören uluslararası karşılaştırma yapabilmeyi sağlayan göstergesidir (Erdil & Pamukçu, 2015). Ar-Ge faaliyetleri ile bilim ve teknolojide rekabet üstünlüğü elde etmek için mevcut bilgi stokunun artması amaçlanır. Ar-Ge faaliyetleri yeni bir ürün ya da tekniğin geliştirilmesi için maliyetleri azaltan ya da niteliği artıran yeni teknik bilgi üretme çabalarıdır. Fakat bu çabaların sonucunda mutlaka inovasyon gerçekleşmesi beklenmez (Karagöl & Karahan, 2014).

Ar-Ge faaliyetleri inovasyonla sonuçlanırsa ihracatı ve rekabeti artırarak ekonomik büyümeyi teşvik eder. Beşeri sermaye artışı ve teknolojik dönüşümü hızlandıran faktörler ile büyüme üzerimde olumlu etkilerde bulunur. Ar-Ge harcamaları ile büyüme performansı arasında pozitif yönlü ve oldukça güçlü bir ilişki vardır (Altın & Kaya, 2009). Ar-Ge çalışmaları öncelikli sektörlerle dönük olarak yapılır.

OECD'ye göre Ar-Ge temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme olmak üzere üç bölümden oluşur. Temel araştırma aşamasında özgün bir duruma yönelik olmayan yeni bilgi edinme amacı varken uygulamalı araştırma aşamasında belirli hedefe yönelik olarak özgün bilgi üretme amacı vardır. Deneysel geliştirme aşaması ise pratik deneyimden edinilmiş ve var olan bilginin üzerinde yükselen, ancak yeni materyaller, ürünler, devreler üretmeye; yeni süreçler, sistemler, hizmetler oluşturmaya veya üretilmiş veya oluşturulmuş olanları büyük ölçüde iyileştirmeye yönelik sistemli çalışmalardır. Ar-Ge'nin inovasyona dönük en önemli aşaması deneysel geliştirme aşamasıdır (Kocamış & Güngör, 2014).

Araştırmacı Sayısı

İnovasyon, başarılı bir bilgi üretim süreci sonucu ortaya çıkan bilginin, ticari değer elde etmesiyle gerçekleşir ve bu süreçte yer alan en önemli mekanizma bilgi üretiminin Ar-Ge faaliyetlerini gerçekleştiren araştırmacılarıdır. Bu nedenle bir ülke ya da kurumda yer alan araştırmacı sayıları, o ülke ya da kurumun inovasyon performansını temsil eden önemli değişkenlerden biri olarak görölmektedir (Çetin & Süt, 2018).

Ar-Ge ve Ar-Ge personeline yapılan yatırımlar uzun vadede büyümeyi sağlayacaktır. Bu nedenle devletler ve özel firmalar araştırmacı istihdam etmektedir. Araştırmacılar inovasyona dönük çalışmalar yürütür, sistem içerisindeki problemleri tespit ederek çözüm önerilerinde bulunur, bu sayede inovasyona zemin hazırlar. Teknoloji ve inovasyonun gelişmesi için alanında eğitim almış nitelikli personelin toplam istihdamdaki payı, o ülkenin teknoloji ve inovasyon potansiyelini yansıtan en önemli göstergeler arasında sayılmaktadır (Karagöl & Karahan, 2014).

Patent Başvuruları

Patent, bir buluşun ya da bir fikrin kullanım hakkını sınırlı bir süre için sadece patent sahibinin kullanımına sunan, üçüncü kişiler tarafından bu buluşun izinsiz olarak üretilmesini, kullanılmasını, satılmasını ve ithal edilmesini engelleyen, yasal mülkiyet hakları olarak tanımlanmaktadır (TPO, 2018). Buluş ve icatların mülkiyet haklarının korunmasını sağlayan patent sistemi, icat sahibine ve patentin çıktığı ülkeye önemli avantajlar sağlar. Patent elde etmek ülkenin rekabet üstünlüğüne doğrudan katkıda bulunur.

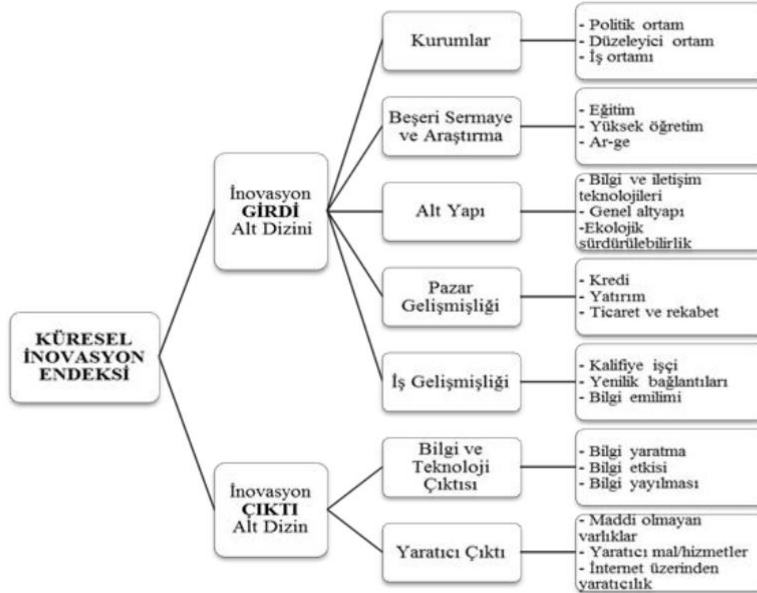
İcat faaliyetlerinden yararlanma hakkının kimde olduğunu resmi olarak tescilleyen patent sistemi bir anlamda Ar-Ge çalışmalarının başarısını ortaya koymaktadır. Bilim ve teknoloji temelli inovasyon politikaları için Ar-Ge girdi konumunda ise patent çıktı konumundadır. Ar-Ge ve patent başvuruları arasında oldukça güçlü ve pozitif bir korelasyon vardır. Ar-Ge ve patent faaliyetleri arasındaki ilişki ekonomik büyüme ve kalkınmayı sağlayarak rekabet üstünlüğünü beraberinde getirir (Penpeçe & Güğerçin, 2014).

Ar-Ge, patent, araştırmacı sayısı gibi tekli bileşenler inovasyonun yapısını açıklamada önemlidir fakat yetersiz kaldığı için endekslere başvurulur. Tekli göstergeler inovasyonun itici bir gücü olmakla birlikte inovasyon çıktısı hakkında bilgi vermezler.

Endeksler ise girdi çıktı süreç aşamalarında bir çok değişkeni hesaba katarak oluşturulduğu için daha anlamlı sonuçlar üretmemizi sağlar. Geleneksel inovasyon endeksleri; Küresel İnovasyon Endeksi, Küresel Rekabet Endeksi, En Yenilikçi Ekonomi Sıralaması, Dünya Bankası Bilgi Ekonomisi Endeksi şeklinde sıralanabilir (Dağlar, 2019).

Küresel İnovasyon Endeksi

Küresel inovasyon endeksi (KİE) 2007 yılında ülkelerin inovasyon düzeylerini belirlemek amacıyla Avrupa İşletme Yönetimi Enstitüsü (INSEAD) tarafından geliştirilmiştir. INSEAD'nin bu çalışmasına 2011 yılında Dünya Fikri Mülkiyetler Örgütü (WIPO) dâhil olurken, 2013 yılında da Cornell Üniversitesi katılmıştır. KİE hesaplamasında 140'tan fazla ülke verilerinden yararlanılır ve 81 gösterge üzerinden ülke ve ekonominin yenilik performansı ile ilgili detaylı analizler sunulur. Şekil 3.3'te KİE'nin alt bileşenleri verilmiştir. KİE hesaplanırken girdi ve çıktı olmak üzere iki temel alt bileşen vardır. İki temel alt bileşeni, toplamda yedi değişken belirler. Her değişken ise üç unsurdan oluşur. Kullanılan tüm veriler, kamu ve özel sektör tarafından yayınlanan nicel verilerinden ve diğer uluslararası uzman kuruluş verilerinden oluşturulur (Aynaoğlu & Ay Türkmen, 2017).



Şekil 3.3. Küresel inovasyon endeksi bileşenleri

Kaynak: The Global Innovation Index, 2015'den aktaran (Aynaoğlu & Ay Türkmen, 2017)

Küresel Rekabet Endeksi

Rekabetçilik, verimliliği belirleyen unsurlar olan kurumlar, politikalar, faktörler olmak üzere üç temel set üzerinden tanımlanır. Ülkelerin rekabetçilik düzeyi bu üç temel set üzerinden 1979 yılından beri WEF (Dünya Ekonomik Forumu) tarafından hesaplanır. 140 ülkeye ait veriler 3 temel grup, 12 bileşen ve bu bileşenlere ait yaklaşık 100 alt bileşene göre değerlendirilerek endeks oluşturulur. Rekabetçilik endeksi, inovasyon, teknoloji, finans ve makroekonomik göstergeleri esas alarak uluslararası alanda kıyas yapabilmemizi sağlar (Çetin & Süt, 2018).

GRUP	BİLEŞEN
1. Temel Gereksinimler	1. Kurumlar 2. Altyapı 3. Makroekonomik İstikrar 4. Sağlık ve Eğitim
2. Etkinlik Artırıcılar	5. Yüksek Eğitim ve Öğretim 6. Ürün Pazar Etkinliği 7. İşgücü Pazar Etkinliği 8. Finansal Piyasa Etkinliği 9. Teknolojik Hazırlık 10. Piyasa Boyutu
3. Yenilik ve Gelişmişlik Faktörleri	11. İş Dünyasının Gelişmişliği 12. Yenilik

Tablo 3.2. Küresel Rekabetçilik Endeksi Bileşenleri

Kaynak: (WEF, 2017)

Küresel rekabet endeksinin alt endeksleri bütün ülkeler için geçerli olmakla birlikte her ülke için bütün alt endeksler aynı önem derecesine sahip değildir. İstenilen rekabetçilik düzeyine ulaşabilmek için yol ve metotlar birbirinden farklı olabilmektedir.

4. SEÇİLİ OECD ÜLKELERİ VE TÜRKİYE’NİN ENDÜSTRİ 4.0 POLİTİKALARI

Ekonomik İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) 30 Eylül 1961 yılında Paris’te, İkinci Dünya Savaşı’nın ardından Batı Avrupa ülkelerinin iktisadi gelişmesini sağlamak amacıyla kurulmuştur. İktisadi büyüme, mali istikrar, ticari yatırım, teknoloji ve yenilik alanlarında üye ülkelerin gelişmesi ve refahının artmasını amaçlar. Ekonomik ve sosyal sorunlara çözüm önerileri geliştirir, hükümetlere tavsiyelerde bulunur. Teşkilatın yirmi kurucu üyesi bulunmaktadır. Türkiye kurucu ülkeler arasında yer almaktadır. Bu bölümde OECD üyesi dört ülkenin endüstri 4.0’a yönelik gerçekleştirdikleri bilim ve teknoloji temelli politikalar ve Türkiye ile karşılaştırması incelenecektir. Almanya endüstri 4.0’ın öncü ülkesi olduğu için analize dahil edilmiştir. İngiltere, sanayi devrimini gerçekleştiren ilk ülke olması nedeniyle ele alınmıştır. Güney Kore ise sanayileşme atılımını gerçekleştirmeden önce Türkiye ile benzer ekonomik düzeye sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Başkanlığı, 2023).

Türkiye’nin şu anki mevcut ekonomik yapısının MIST ülke grupları ve kırılğan beşli ülkeleri ile aynı düzeye sahip olduğu kabul edilmektedir. Türkiye, MIST olarak adlandırılan ülke grubunda Güney Kore, Endonezya ve Meksika ile birlikte yer almaktadır. Bu grupta Güney Kore gelişmiş ülke, diğerleri gelişmekte olan ülke konumundadır. MIST ülke gruplarında kalabalık nüfus ve büyük pazar, G20 üyesi olma ve dünya hasılasına yılda %1’den fazla katkı sunma ortak özelliğidir. Meksika ve Endonezya da, endüstri 4.0 dönüşümü ile ilgili atılımlar yapmaktadır. Bu noktada Endonezya ‘Making Indonesia 4.0’ yol haritası ile belirli sektörleri öncü kabul ederek endüstri 4.0 dönüşümünü odağına almıştır. Meksika ise ‘Crafting Future’ isimli yol haritası hazırlayarak otomobil havacılık ve kimya sektörlerini öncü olarak kabul etmiştir (Sercan , 2019).

Türkiye aynı zamanda kırılğan beşli olarak adlandırılan Endonezya, Güney Afrika, Hindistan, Brezilya ile aynı grupta yer almaktadır. Bu ülkeler yükselen piyasa ekonomileri olarak adlandırılmaktadır. Türkiye’nin bu ülkeler ile anılmasının nedeni daha önce gerçekleşmiş olan sanayi devrimlerini yakalama fırsatını ıskalamasından ve dolayısıyla sanayi sektörü yeterli olgunluğa ulaşmadan finans piyasalarının dışa açılmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca bu ülkelerin yüksek enflasyon, yüksek cari açık,

giderek düşen büyüme oranları gibi özellikleri vardır ve bu özellikler hepsinde ortaktır (Eğilmez , 2013). Bu haliyle Türkiye açısından kendisiyle benzer gelişmişlik düzeyine sahip olan ülke gruplarının endüstri 4.0 ile ilgili deneyimleri yeterince öğretici olmayacaktır. Çünkü bu ülkeler de Türkiye ile benzer şekilde ikinci ve üçüncü sanayi devrimlerini vaktinde yakalayamamıştır. Bu nedenle gelişmiş OECD ülkelerinin endüstri 4.0'a dönük bilim ve teknoloji politikaları ve bu politikaların oluşturulduğu kurumsal yapının analizi tercih edilmiştir. Türkiye'nin endüstri 4.0 yolculuğu için ülkeler arasında yapılacak karşılaştırmada gelişmiş ülke deneyimlerinin Türkiye için daha öğretici olması beklenmektedir.

OECD ülkeleri arasında en gelişmiş ülkelere biri Amerika Birleşik Devletleri'dir. Tüm dünyadaki iktisadi ve sosyal hegemonyası, endüstri 4.0 dönüşümünde geliştireceği stratejiye bağlı olacaktır. Bu sebeple, 2011 yılında doğrudan ABD başkanlığına bağlı olan Bilim ve Teknoloji Danışmanları Konseyi⁸ tarafından AMP (Advanced Manufacturing Partnership)⁹ kurulması önerilmiştir. Kurulan ortaklık, imalat sanayinin endüstri 4.0 dönüşümünü sağlaması için somut önerilerden oluşan raporunu 2012 yılında ABD başkanına sunmuştur. Ülke genelinde faaliyet gösterecek NNMI¹⁰ kurulması yönünde Ocak 2013'de karar alınmıştır. NNMI, Manufacturing USA programı altında yürütülmektedir. Endüstri 4.0 dönüşümünde yenilikçi dijital teknolojilerin, imalat sanayinde yaygın üretim tekniği olarak kullanılmasını amaçlamaktadır. ABD'nin imalat sanayinde yaşanan gelişmelere bağlı olarak küresel anlamda liderliğini kaybetme ihtimaline karşı bir ulusal sanayi stratejisidir (Dijital Türkiye Yol Haritası , 2018).

4.1. İngiltere

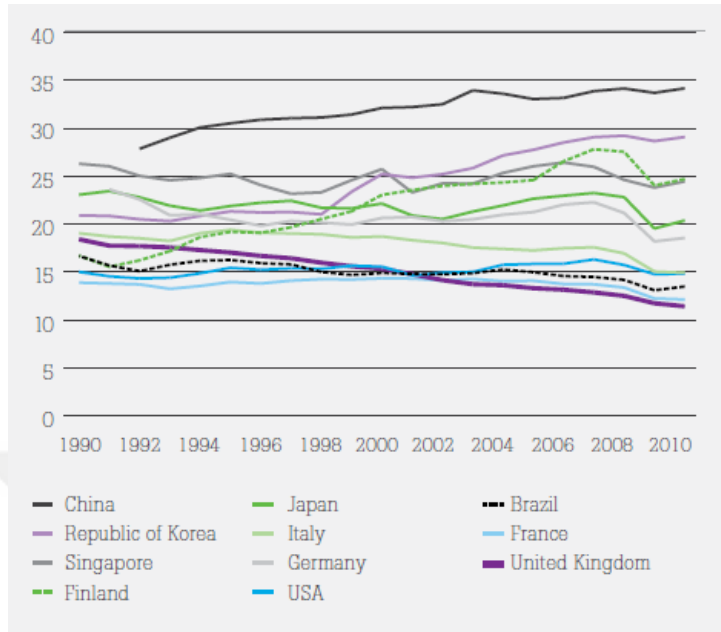
Bilgi İletişim Teknolojilerinin yoğun olarak kullanılmaya başlandığı 90'lı yıllarla birlikte İngiltere'de imalatın payı giderek azalmıştır. Şekil 4.1'de farklı ülkeler bazında imalat sanayinin GSYİH içinden aldığı payın yıllar içinde değişimi görülmektedir. İmalattaki keskin düşüş kendisini ihracat verilerinde de göstermektedir. 1980'de %7.2 olan küresel imalat ihracatındaki payı, 2012'de %2.9'a

⁸ President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)

⁹ İleri Üretim Ortaklığı

¹⁰ Ulusal İnovasyon Üretim Ağı

düşmüştür. Bu durum İngiltere'nin olası bir sanayisizleşme (*deindustrialisation*) ile karşı karşıya kalabileceğini göstermektedir (Lapthorne & Walport, 2013).



Şekil 4.1. 1990-2010 arası İngiliz imalatının GSYİH içindeki değişimi.

Kaynak: (Lapthorne & Walport, 2013)

İngiliz imalat sektöründe 2000'lerle birlikte hızla artan zayıflığın altında yatan olası nedenler şu şekilde belirtilmiştir:

- AR-GE faaliyetlerine yapılan harcamalar düşük tutulmuştur.
- Yeni sermaye teçhizatlarına yatırım uzun zamandır yapılmamaktadır

Pandemi süreci İngiltere'nin endüstri dönüşümü için çok öğretici olmuştur. İngiliz gayri safi yurt içi hasılası (GSYİH) covid19 pandemisi ile son yıllardaki en büyük düşüşünü yaşamıştır. Rakamlar şu şekildedir. (Build Back Better: our plan for growth, 2021);

- Şubat 2020'den, Aralık 2020'ye kadar GSYİH'te %63'lük düşüş yaşanmıştır.
- Yatırımlar, geçen yıla göre %19.2 daha düşük gerçekleşmiştir
- 882.000 kişi işsiz kalmış, işsizlik %3 artmıştır.

Ekonomisi salgın şoku karşısında kan kaybeden hükümet, son yayınladığı rapor ile İngiliz ekonomisinin dünyada ilk 5 ekonomi arasında yer alacağını ve büyümenin sürdürülebilir olacağını iddia etmektedir. Bu iddianın merkezinde ekonominin

pandemi sırasında dijital teknolojilere ayak uydurabilme potansiyeli yer almaktadır. Rapora göre İngiltere'deki işletmelerin %60'ının dijital ekonomiye geçmekte sıkıntı ile karşılaşmadığı belirtilmektedir. Bu uyumluluk, endüstri 4.0 dönüşümünde İngiltere'nin potansiyeli hakkında fikir vermektedir. İngiliz hükümeti, bu potansiyeli devam ettirmek ve dijital dönüşümü sağlamak için özel sektör ile iş birliği içinde olacağını belirtmiştir (Build Back Better: our plan for growth, 2021).

4.1.1. İngiltere'de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar

İngiltere'de bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarını yürüten kamu kurumları ve özel kurumlar bulunmaktadır. Bu kurumlar, endüstri 4.0 dönüşümüne liderlik etmektedir.

Birleşik Krallık Araştırma ve Yenilik (UK Research and Innovation (UKRI)), daha geniş bir bilimsel araştırma tabanını destekleyerek araştırma ve yenilik finansmanını yönlendirmektedir. 2021-2022 boyunca UKRI, araştırma ve inovasyonu desteklemek amacıyla 7-9 milyar sterlin tahsis etmiştir. Catapults ve Agri-tech gibi inovasyon odaklı kilit kurumları yönetmektedir.

İngiliz İşletme Bankası (British Business Bank), finans piyasalarının genelde yenilikçi firmalar için iyi çalışmadığından büyümek isteyen firmaları desteklemek ve istikrarlı bir finans ortamı sağlamak amacıyla kullanılan kamu bankasıdır.

Kamu Sektörü Araştırma Kuruluşları (Public Sector Research Establishment (PSRE)); araştırma, altyapı, ulaştırma, hizmet sağlayan kamu kuruluşlarıdır, toplamda 50'ye yakın PSRE vardır. Bu alanlarda inovasyon temelli bilim ve teknoloji politikaları geliştirilmesine yönelik çalışmaktadır.

Katapult ve İnovasyon Merkezleri (Catapults and Innovation Centres), Ar-Ge altyapısı, uzmanlık bilgisi, iş birliği ve iş desteği sağlayarak inovasyon risklerini yönetmektedirler. İngiltere'de 40'dan fazla alana hükmeden 9 katapult merkezi vardır. İnovasyon sektörüne kattığı katma değer dolayısıyla İngiltere'de ekstra önem verilen bir merkezdir.

Bilim ve İnovasyon Parkları/ İnovasyon Bölgeleri (Science and Innovation Parks/ Innovation Districts), bilgi paylaşımını, iş birliğini, Ar-Ge sonuçlarını ticarileştirmeyi, inovasyon teşviklerini ve iş desteği sağlamaktadır (UK Innovation Strategy, 2021).

İleri Araştırma ve İcat Ajansı (The Advanced Research and Invention (ARIA)), sadece bir paradigma değişikliğine yol açabilecek kadar güçlü teknolojik gelişmeleri destekleyen kurumdur.

4.1.2. İngiltere'nin Endüstri 4.0 Politikaları

İngiliz hükümeti, imalat sanayindeki düşüşten dolayı çeşitli girişimlerini desteklemek ve endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandırmak amacıyla bir dizi girişim başlatmıştır. 200'den fazla kuruluşun bir araya gelerek oluşturduğu inisiyatif olarak da adlandırılan girişim, oldukça iddialı bir strateji ile yola çıkmış ve Ekim 2017'de Made Smarter Review isimli bir rapor yayınlamışlardır (i-scoop, 2022).

Made Smarter raporu, İngiltere'nin ulusal endüstri 4.0 strateji belgesi olup stratejinin odağında 2030 yılına kadar endüstri 4.0 bağlamında dünya lideri olma amacı belirtilmiştir. Bu doğrultuda hükümet inovasyonu, hızlı adaptasyonu ve güçlü liderliği teşvik etmeyi amaçlamaktadır. 10 yıl içinde dijitalleşmenin, İngiltere üretimini 455 milyar pound artıracığı ve üretkenlikte %30'a yakın artışa neden olması hedeflenmektedir. Made Smarter ile tanımlanan program, North West Made Smarter Adoption Pilot ve Manufacturing Made Smarter Challenge Programme olmak üzere iki ana çalışma kolundan oluşur (Ayala, Gomez, & Navarrete, 2020).

2018'de başlayan North West Made Smarter Adoption Pilot çalışma kolu 30 aylık bir pilot program olup uzman teknoloji tavsiyesi, yönetim liderliği eğitimi, finansmana erişim noktasında firmalara destek sağlamayı ve özellikle 300'e yakın KOBİ'nin dijital teknolojileri benimsemesine yardımcı olmayı amaçlar. Bu program kapsamında 480 KOBİ'ye 20.000 sterline yakın hibe verilmiştir.

Manufacturing Made Smarter Challenge Programme, Made Smarter programın inovasyon kolu olup Ar-Ge yatırımlarını destekler ve dijital teknolojilere adapte olma sürecini hızlandırmayı amaçlar. İlk adımda 2019 yılında 30 milyon sterlinlik değerinde hibenin verildiği firmalara arasında bir yarışma düzenlemiştir. Fizibilite, hızlı kurulum, adaptasyon ölçülmüştür. 2021 yılında ise, ulusal inovasyon ağları kurulacağı bildirilmiştir.

İngiltere'nin ulusal veri bilimi ve yapay zeka enstitüsü olan '*The Alan Turing Institute*' 2015 yılında kurulmuştur. Birleşik Krallık hükümeti tarafından finanse edilmektedir (The Alan Turing Institute, 2023).

İngiltere endüstri 4.0 dönüşümünde kilit sektörlerde akıllı fabrikaların kurulabilmesi için 14 milyon sterlinlik bir finansman ayırmıştır. Bu kapsamda gıda havacılık, otomotiv, plastik, elektronik ve çeşitli mühendislik disiplinleri belirlenmiştir. Başarılı projelerin her biri 2 ila 10 katılımcı kuruluş arasında değişmekte olup, toplamda 55 kuruluşun katılımını sağlamaktadır (UK Research and Innovation , 2022).

İngiltere'nin dünyaca ünlü havayolu şirketi British Airways'e ait "Beni Tanı" isimli yapay zeka programı, müşteri şikayetleri söz konusu olduğunda sorunları kısa sürede çözmektedir (Yılmaz, 2022).

Shell yer altındaki hareketleri gözlemleyerek hidrokarbon kaynak kapasitesini ölçerek faaliyetlerini gerçekleştirmektedir, bu sayede daha az enerji, daha az zaman harcayarak maliyetlerini minimize etmektedir. Büyük veri kullanımı sayesinde işlemlerine değer katabilmekte, kazançlarını artırabilmektedirler (Yılmaz, 2022).

Yapay zeka ve büyük veri, İngiltere'yi yapay zeka ve veri devriminin ön saflarına koymayı amaçlayan mevcut sanayi stratejisinin dört odak noktasından biridir. Yapay zeka ve büyük veri alanlarında sadece doktora programı için 200 milyon pound kaynak ayrılmıştır (Growling WLG, 2019).

4.2. Almanya

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle dijital dönüşüm olgusu hayatımıza dahil olmuştur. Almanya'da bilgi ve iletişim sektörü geliştikçe sanayinin toplam hasıla içindeki payı düşmüştür. Tablo 4.1'de Almanya'da hizmetler sektörünün payının giderek arttığı görülmektedir. Buna rağmen sanayinin ekonomide oynadığı rol ve etkinliği çok büyüktür. Bunun en önemli yansıması ihracat verilerinde görülür. Almanya'da ihraç ürünleri yüksek teknolojlili sanayi ürünlerinden oluşur. İhracat, GSYİH'in % 52'sini oluşturur. ABD'de bu rakam % 12'dir. Bu nedenle ABD'nin 668 milyar dolar cari açığı varken Almanya'nın 425 milyar dolar cari fazlası vardır (Bektaş , 2021).

YIL	SANAYİ	HİZMETLER
1870	%29	%22
1950	%43	%35
2011	%28	%70
2020	%26	%75

Tablo 4.1. Almanya'nın yıllar içinde sanayi ve hizmetler sektörü payı.

Kaynak: (Bektaş , 2021)'den tablolaştırılmıştır.

4.2.1. Almanya’da Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar

Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF), Almanya’da federal hükümet bünyesinde kurulan bakanlıktır. 1998 kasım ayında, eğitim, araştırma ve teknoloji alanında faaliyet gösteren iki bakanlığın birleştirilmesiyle kurulmuştur (BMBF, 2023).

Endüstri-Bilim Araştırma Birliği (Industry-Science Research Alliance), devlet tarafından başlatılan projelerin uygunluğunu denetleyen bilim ve sanayi çevrelerinden uzman kişilerden oluşan bağımsız bir danışma kurumudur.

Yapay Zeka Alman Araştırma Merkezi (DFKI), 1988 yılında kurulmuştur. BMBF tarafından finanse edilmektedir. Industry-Science Research Alliance alt kuruluşudur. Uygulamaya dönük araştırmalar yapar ve BİT alanında ürünler vermiştir. Dünyadaki ilk akıllı fabrika sistemini işletmektedir (deutschland.de, 2016).

Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi (ACATECH); özel, bağımsız ve kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Politika yapıcılara, ilgili kişi ve kurumlara kamu yararına olacak şekilde tavsiyeler sunar. İnovasyon yoluyla sürdürülebilir büyümenin sağlanmasını amaçlar. Özellikle endüstri 4.0 konseptinin en önemli bileşeni olan siber fiziksel sistemler hakkında araştırmalar yapmaktadır (acatech, 2023).

Fraunhofer-Gesellschaft, 1949 yılında kurulmuştur. 76 enstitü ve araştırma tesisi işletmektedir. Önemli sektör ve kilit teknolojilere odaklanır ve inovasyon sürecini yönetir. Mevcut durumda endüstri 4.0’ı tüm sektörlerde mümkün kılmayı amaçlayan Alman araştırma kurumudur (Fraunhofer, 2022).

BİTKOM, 1999 yılında kurulmuş inovasyona dönük faaliyet gösteren binlerce KOBİ’yi bünyesinde bulunduran özel bir şirkettir. Almanya’yı lider bir dijital konum haline getirmek, Alman ekonomisinin ve yönetiminin dijital dönüşümünü teşvik etmek, dijital egemenliği güçlendirmek ve dijital gelişmelere geniş bir sosyal katılım sağlamak ana hedefidir (bitkom, 2023).

4.2.2. Almanya’nın Endüstri 4.0 Politikaları

Almanya, endüstri 4.0 dönüşümünde öncü ülkelerden biridir. Endüstri 4.0 konsepti ile Almanya, sanayi ve makine mühendisliği alanında elde ettiği gücü ve makine tesis yapısı alanında yenilikçi çalışmalarını sürdürmek istemektedir. Bu nedenle ilk olarak 2012 yılında “*High Tech Strategy 2020 Action Plan*” ile çeşitli projeler ve çalışma grupları oluşturulmuştur. Bu projeler ile endüstri 4.0’ın yaygın ve kalıcı olması

amaçlanmıştır (MAGG4, 2018). 2013 yılında Almanya'nın dijital dönüşümü gerçekleştirmek için yeni yol haritası 'Alman Standardizasyon Yol Haritası' adını vermiştir bu kapsamda Alman Endüstri 4.0 Çalışma Grubu oluşturulmuştur (Kagerman, Wahlster, & Helbig , 2013).

Endüstri 4.0'ın tüm ülke çapında koordinasyonunu takip etmek amacıyla *Platform Industrie 4.0* kurulmuştur. Platform, Federal Ekonomik İşler ve İklim Koruma Bakanlığı ve Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'na bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Platformun amacı Almanya'nın rekabet gücünü geliştirmektir. Dijitalleşme bir süreçtir ve bu süreçten Almanya'nın küresel anlamda bir lider olarak çıkması için bakanlıklar, iş dünyası, bilim çevreleri ve sendikalar iş birliği içinde çalışmaktadır (Platform Industrie 4.0 , 2022).

2017'de endüstri 4.0 araştırmaları için BMBF tarafından 200 milyon avro kaynak ayrılmıştır. 2018'de araştırmacıların inovasyona dönük faaliyetlerine destek sağlamak amacıyla "The High-Tech Strategy 2025" adlı yeni bir yüksek teknoloji planına geçilmiştir (europa.eu, 2023).

Yapay zeka algoritmaları ve yeni öğrenme tekniklerine dayanan "*National Strategy for Continuing Education*" adlı strateji 2018 yılında 3 yıllık bir proje olarak sunulmuştur. Her bireyin mevcut kapasitesine göre eğitim alabileceği bu proje için 350 milyon avro ödenek ayrılmıştır (BMBF, 2020).

Yapay zeka alanında 2019-2025 döneminde toplamda 3 milyar avroluk finansman ayrılmıştır. "*Teach and Learn AI*" adlı platform kurulmuştur. Yapay zekanın kontrollü bir şekilde geliştirilmesi ve toplum yararına kullanılmasını amaçlamaktadır (Artificial Intelligence Strategy).

Deutsche Telekom, ülkedeki ilk 5G teknolojisini 2019'da hizmete sokmuştur. Endüstri 4.0 dönüşümünde 5G büyük öneme sahiptir. 5G, daha yüksek hızda iletim sağlar, uzaktan müdahaleye daha elverişlidir, cihazların sisteme bağlanabilme kapasitesini artırarak nesnelerin interneti uygulamaları yaygınlaşarak sistemin ve/veya tesisin uzaktan kontrol edilebilmesi mümkün hale gelir (Erleben was verbindet).

'*ICT 2020: Research for Innovations*' programı ile nesnelerin interneti iş süreçleri ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bilgi iletişim teknolojileri

GSYİH'in %6'sını oluşturan büyük bir pazar payına sahiptir. GSYİH'in %6'sını oluşturur. 1.2 milyon kişi bu sektörde istihdam edilmektedir (BMBF, 2023).

AB ülkeleri arasında en yüksek otomasyona sahip olan ülkelerden biridir. Dünya ülkeleri robot yoğunluğu sıralamasında 10.000 çalışan başına 310 robotla üçüncü sırada yer almakta olup pazar payında ise beşinci sırada yer almaktadır. Avrupa'da toplam endüstriyel robot satışında %41 oranında paya sahiptir (Kılıç & Alkan, 2018).

Almanya'nın önde gelen araba üreticisi BMW'nin Leipzig fabrikası akıllı fabrikanın en tipik örneğidir. Bu fabrikada üretimin tüm aşaması robotlarca yapılmakta olup RFID ile anlık ürün takibi yapılabilmektedir. Sahadaki operatörler ellerindeki tabletler vasıtasıyla fabrikayla alakalı bütün verileri görebilmektedir (Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, 2017).

Almanya'nın Ar-Ge harcamalarının GSYİH oranlarına baktığımızda, 2017 yılında Almanya 99,6 milyar avro Ar-Ge harcaması yapmıştır. Bu rakamın, GSYİH'ya oranı %3.04'e denk gelir ve 2018 yılında %3,09'a, 2019 yılında ise yaklaşık %3,2'ye yükselmiştir. Almanya 2025 yılına kadar Ar-Ge harcamalarının %3.5'e ulaşmasını hedeflemektedir. Bu rakamlar ile Almanya, Avrupa Birliği içinde tüm Ar-Ge harcamalarının %30'unu oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin 2025 yılına kadar 425 milyar avroya yakın katma değer yaratması beklenmektedir (Çetinkaya & Susam , 2021).

4.3. Güney Kore

Güney Kore, Doğu Asya ülkeleri içinde sanayileşmede gerçekleştirdiği büyük başarıları olan Türkiye ile aynı gelişmişlik düzeyine sahip olmuş ülkelere biridir ve Türkiye ile benzer zamanlarda sanayileşme yarışının içinde olmuştur. Güney Kore, yüksek büyüme oranlarını aktif bir kalkınma ve teknoloji politikası sayesinde gerçekleştirmiştir. Güney Kore'nin sanayileşme başarısının altında devletin ciddi bir yönlendirmesi ve müdahalesi olmuştur. Güney Kore'nin bu başarısının arkasında: (İslatince)

- İstikrarlı bir makroekonomik çerçeve
- Eğitimli bir işgücü
- Dışa açık ve ihracata dayalı sanayileşme
- Kamu-özel işbirliği ve özel sektörü tamamlayıcı nitelikte bir koordinasyon

- Teknolojik yeniliklere açık olunması ve teknoloji transferine öncelik verilmesi
- Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının teşvik edilmesi olduğu görülmektedir.

Güney Kore’de ilk sanayileşme atılımı 1962 yılında Beş Yıllık Kalkınma Planı doğrultusunda başlamıştır. Gelişmekte olan ülkeler için dönemin yaygın sanayileşme stratejisi ithal ikameci sanayileşme olmasına rağmen Güney Kore ihracata dayalı stratejiyi geliştirmiştir (DEİK, 2011).

1970’lerde çelik sanayisine önemli bir yatırım yapılarak dünyanın önemli çelik tesislerinden biri olan Pohan Demir Çelik Fabrikası (POSCO) Japon sermayesinin desteğiyle kurulmuştur. Toplam hasıla içinde diğer sektörlerin payı giderek azalırken imalat sanayi giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Güney Kore 1997-1998’de krizle sarsılsa da IMF desteğini akıllıca kullanmış ve hızlıca toparlanma sürecine girmiştir. Özellikle imalat sanayinin payı giderek artmış, 1999’da %9.4, 2000’de %8.5 oranında büyüme gerçekleştirmiştir. Sanayinin gelişiminde bilgi teknolojileri ve ileri teknolojinin gelişimi etkili olmuştur (DEİK, 2011). Aynı şekilde 2008 küresel finansal krizinin etkilerinden de hızlıca toparlanarak çıkmıştır. 2009 yılında küçülme yaşansa da 2010 itibariyle toparlanmıştır. 2010’dan 2018’e kadar toplam hasılda %47.9 artış yaşanmıştır (TİM). Güney Kore şu anda gelişmiş ülkeler arasında yer almaktadır.

4.3.1. Güney Kore’de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar

Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (MOST), 1967 yılında teknoloji altyapısını oluşturmak için kurulmuştur. Bilim ve teknoloji politikalarını oluşturmak, Ar-Ge teşvik politikaları oluşturmak, geleceğin teknolojilerinde stratejik programlar oluşturmak, bilim ve teknoloji ile barışık bir toplumun oluşturulması yönünde faaliyetler yürütmek bakanlığın temel görevlerindedir. Ekonomik Planlama Organizasyonu (EPB), ekonomiye doğrudan müdahale edebilmek için hükümet tarafından 1963 yılında kurulmuştur. Devlet kurumları arasında planlama görevinde üst düzey kurumlar arasında bulunmaktadır. Ekonomik Planlama Bürosu, Bütçe Bürosu, Ekonomik İşbirliği Bürosu, Teknoloji Yönetimi Bürosu ve İstatistik Bürosu olmak üzere beş alt grubu bulunur. Kore Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KIST), 1966 yılında yerli sanayinin teknoloji transferi yapabilmesine yardımcı olmak, yol göstermek , finans sağlamak için kurulmuştur. Yabancı teknik bilginin elde edilmesi için yerli sanayi ile yabancı

ülkelerdeki ileri teknolojiyi buluşturan bir köprü görevi görmekte olan stratejik bir kurumdur. Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST), 1980'lerde sanayi artık kendi araştırmalarını yapabilecek konuma gelmiştir. Bu nedenle KIST ile KAIS birleştirilerek kendi araştırmacılarını yetiştirmek ve tersine beyin göçünü sağlamak için, KAIST kurulmuştur. Bu enstitü ileri teknoloji alanlarında mastır ve doktora derecesinde eleman yetiştirmeyi de hedeflemektedir (Çalışır & Gülmez , 2010).

Kore Endüstriyel Teknoloji Akademisi (KAITECH), 1980'den sonra özellikle elektrik ve elektronik alanında yüksek öğrenimde sıçrama yaşanmıştır. Bu gelişmeyle doğru orantılı olarak elektrik ve elektronik sanayinde, sanayinin acil ihtiyaçlarına cevap vermek için kurulmuştur (Kutlu , 1996).

Chaeboller, Kore Savaşının ardından devlet desteğiyle kurulan büyük holdinglerdir. Kore'nin savaş sonrası, merkezi ekonomik planlama ve ihracata dayalı politikalarının baş aktörü olmuş, özellikle girişimcilik, esneklik, yüksek risk içeren projelerde yer alarak sanayileşme sürecinde etkin rol oynamıştır. Uluslararası pazarlarda Kore adına rekabet gücünü elde etmede katkısı büyük olan Chaeboller, kuruluşlarının ilk yıllarından itibaren kaliteyi arttırmış, teknolojik liderlik elde etme gibi amaçlarla araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yatırım yapmıştır. Hyundai, Samsung, LG, Kia, Deawoo en bilenenleridir (Kavurmacı , 2020).

Kore Mühendislik Şirketi (KECL), Mühendislik projelerinin yürütülmesi, yabancı sermaye ve yerli sermaye projelerinin uygulanması için kurulmuştur (Çalışır & Gülmez , 2010)

4.3.2. Güney Kore'nin Endüstri 4.0 Politikaları

Güney Kore'de son 50 yılda bilgi iletişim teknolojisine yapılan yatırımlarını ulusal strateji haline gelmiştir ve Güney Kore tüm dünyaya kendisini bir teknoloji gücü olarak kabul ettirmiştir. Güçlü bir BİT alt yapısı mevcuttur ve endüstri 4.0 dönüşümünde sahip oldukları en büyük avantaj bu güçlü BİT altyapısıdır. Bu altyapı devletin koordine ettiği ve özel sektör ile işbirliği içinde yürütülen kalkınmacı devlet yaklaşımının bir sonucu olarak endüstri 4.0 dönüşümünde de uygulanmıştır. Başarılı ekonomik büyüme ve sanayileşme hamlelerinden sonra Güney Kore, endüstri 4.0 teknolojilerine ayak uydurmak amacıyla bir takım politikalar hayata geçirilmiştir (Kim , 2021).

2014 yılında Kore'nin Yaratıcı Ekonomik Girişimi (Korea's Creative Economy Initiative) tarafından İmalat Sanayinde İnovasyon 3 stratejisi yayınlanmıştır. Bu stratejik girişim ile üretim süreci boyunca otomasyonu ve veri alışverişini baz alan akıllı fabrika yaklaşımı esas alınmıştır (İnternational Trade Administration, 2022).

2017 yılında Güney Kore'de iktidar değişikliği sonucunda yeni gelen hükümet endüstri 4.0 dönüşümünü gündemine daha yoğun bir şekilde almıştır. Bu dönemde Dördüncü Sanayi Devrimi Bakanlık Komitesi (*Presidential Committee on the Fourth Industrial Revolution*) kurulmuştur. Komitenin görevleri şu şekilde belirtilmiştir: Endüstri 4.0'ı hayata geçirmek için somut politika önerileri geliştirmek, kilit sanayi sektörleri için reformlar, kanunlar, yönetmelikler oluşturmak, yetenekleri geliştirmek ve korumak, beyin göçünü engellemek.

Uzun vadede üretimi yeni teknolojilere göre biçimlendirmeyi, derin inovasyonu üretimin ayrılmaz bir parçası haline getirmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda imalat sanayinin katma değer payının 2030'da 678 milyar dolar olması beklenmektedir (İnternational Trade Administration, 2022).

2020 Temmuz'da yayımlanan 'Kore New Deal' isimli rapora göre dijital teknolojileri, sürdürülebilir çevre ve sosyal refah konularıyla ilgilidir. 5 yıl içerisinde kamu altyapısının tamamen dijitalleşmesi ve veri teknolojilerinin yaygınlaşması hedeflenmektedir (Kim , 2021).

Güçlü bir imalat yapısına sahip olan fakat yapay zeka alanında rakiplerinin gerisinde kalan Güney Kore'de Samsung, Hyundai gibi önde gelen teknoloji devleri bir araya gelerek Yapay Zeka Araştırmaları Enstitüsünü kurmuştur (Bayrak , 2018).

Devlet akıllı fabrikaların kurulması için çeşitli teşvik mekanizmaları oluşturarak özel sektör ile işbirliği içinde Akıllı Fabrika Standart Araştırma Konseyi'ni kurmuştur. Bu konsey ile Güney Koreli firmalar üretkenliği ve karlılığı artırmak, maliyetleri düşürmek için imalatta yeni teknolojilerin hayata geçirilmesini kolaylaştırmayı hedeflemektedir. 2030'a kadar 20 akıllı sanayi bölgesi ve 2000 yeni yapay zeka destekli akıllı fabrika kurulması planlanmaktadır. Tüm hedeflerin somutlaşması noktasında Kore Ticaret, Sanayi ve Enerji Bakanlığı (MOTIE) firmaları desteklemektedir. Ayrıca bu işletmelerde çalışan kişilerin yeni teknolojilere göre eğitilmesi için çeşitli eğitim programlarını devlet finanse etmektedir. Devletin mali desteğini aldıktan sonra firmalarda verimliliğin %25 arttığı, üretim esnasında hata

oranının ise %27 düştüğü tespit edilmiştir (International Trade Administration, 2022). Kore, alışan başına düşen robot sayısında en üç sıralarda yer almaktadır. Kore’de teknolojiye erişim ve teknolojinin kullanımı yaygın olması yanında kişi başına düşen gelirin en yüksek olduğu ölkelerden biridir (Agrawal, Kumar, & Budhwar).

4.4. Türkiye

Yeni kurulan cumhuriyet sanayileşme konusunu İzmir İktisat Kongresi’nde vurgulamıştır. Ulusal kalkınmanın devlet tarafından desteklendiği bir sanayileşme stratejisi benimsenmiştir (Boratav, 2009). Sanayi altyapısı oluşturulmaya çalışılmış, yerli sanayi kuruluşları faaliyete geçirilmiştir. Dış dñnyada yaşanan kriz ve savaş olgusu politika yapıcıları temkinli olmaya zorlamıştır. Buna rağmen sanayileşme hamleleri tamamen sekteye uğramamış, girişimciler için teşvik mekanizması kullanılmıştır (Altıparmak, 2002).

Türkiye’nin sanayileşme deneyimleri beş ana döneme ayrılır: kuruluş yılları (1923-1929), devletçi ekonomi ve milli sanayileşme (1930-1949), kısmi liberalleşme ve özel girişim öncelikli sanayileşme (1950-1962), kalkınma planları eşliğinde ithal ikameci sanayileşme(1963-1979) piyasaya ve dışa açık sanayileşme (1980-).

Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluş yılları olarak ele alınan 1923-1929 döneminde amaç milli bir sanayi politikası oluşturmaktır. Özel sektörü desteklemek ve devlet eliyle bir özel girişimci sınıf yaratılmak istenmiştir fakat tüm çabalara rağmen özel sermaye birikimi sağlanamamıştır. Bu nedenle devletçilik düşüncesi 1930-1949 yıllarında ön plana çıkmıştır. Bu dönemde kamu iktisadi teşebbüsleri (KİT) yaygınlaşmıştır. Devletçilik fikrinin öne çıkmasında Büyük Buhran ve Keynesyen düşünce etkili olmuştur. Fakat İkinci Dünya Savaşı’nın patlak vermesiyle sanayileşme hamleleri sekteye uğramıştır. Muhtemel bir savaş olasılığına karşı kaynaklar savunma harcamalarına aktarılmıştır. Savaş sonrasında sanayileşme stratejisi değiştirilmiştir. Savaş sonrası 1950-1960 dönemi liberal politikalara yönelimin olduğu bir dönemdir. Yabancı sermayenin ölkeye girmesi için teşvik politikaları uygulanmıştır. Dışa bağımlılık bu dönemle birlikte artma eğilimine girmiştir. 1963-1979 yılları arasında beşer yıllık kalkınma planları uygulanmıştır. Bu dönemde kamu ve özel girişimciliğin harmanlandığı karma ekonomi modeli benimsenmiştir. Türk sanayisi çeşitli önlemler alınarak dışarıya karşı korunmuştur. Sanayinin başat sürükleyici sektör olması hedeflenmiş ve ağır sanayini kurulması amaçlanmıştır (Erkan, ve diğerleri, 2007).

Finansman kaynakları stratejik sektörlere aktarılmış ve yatırım mallarının toplam sanayi üretim içindeki payı artmıştır (Karabıçak , 2000).

1980'li yıllara gelindiğinde ise ekonomide alınan 24 Ocak Kararları ile Türkiye ekonomisi tamamen dışa açık hale gelmiştir. Devletin ekonomi alanında oldukça minimum düzeyde yetkisinin olması hedeflenmiştir. İhracata dönük sanayileşme stratejisi benimsenmiştir. Bu amaçla ihraç malları üreten sektörlerde Ar-Ge finansmanı sağlanmıştır. İhracata dönük sanayileşme stratejisi benimsenmiş fakat aynı zamanda finans piyasalarında da serbestliğe gidilmiştir. Bu süreç kontrolsüz bir şekilde gerçekleştiği için iyi yönetilememiş sanayi optimum düzeyde kalmıştır (Gümüş, 2015). Yüksek faiz oranları nedeniyle sanayide yatırımlar sınırlı düzeyde kalmıştır. Yüksek teknoloji ürün üretilmemiştir, ihraç edilen mallar yüksek teknoloji gerektirmeyen temel tüketim mallarıyla sınırlı kalmıştır (Soyyigit, 2010).

1996 yılında Gümrük Birliği Antlaşması ve AB aday ülke konumu nedeniyle Türkiye, sanayide AB uyum politikalarını benimsemiş ve firmalar arasında rekabeti artırmayı hedeflemiştir. 2000'li yıllara bu gelişmeler doğrultusunda giren Türkiye, sanayi stratejisinde küresel gelişimlerle uyumlu olacak şekilde yeni bir anlayışı benimsemiştir. Bilgi çağında bilgi temelli bir sanayileşme stratejisi gündeme gelmiştir. Bu doğrultuda Ar-Ge'ye verilen önem artmış ve daha rekabetçi bir sanayi hedeflenmiştir (Erkan, ve diğerleri, 2007).

2000-2005 yılları arasında ise Türkiye'ye sürekli yabancı sermaye girişi olmuştur. Bu sermaye girişinin etkisiyle sanayide canlanma yaşanmıştır. Fakat bu canlanma 2008 krizi ile sekteye uğramıştır. Bu tarihten sonrada sanayinin büyüme hızı istikrardan uzak bir görünüme bürünmüştür. 2009'da - % 6.9 olurken izleyen yıllarda sırasıyla %12.8, % 9.7, %1.8, %3.4 olarak gerçekleşmiştir (Gümüş, 2015).

2008 krizinin etkilerini bertaraf etmek için uygulanan politikalar sorunların üstesinden gelmede yardımcı olmuştur. Bu tarihlerden sonra sanayi ürünlerinde teknoloji yoğunluğu değişiklik göstermiştir. Orta teknolojik düzeyde ürün ihracatı artmıştır. 2018-2020 yıllarını kapsayan orta vadeli program ile endüstri 4.0 dönüşümünde uygulanacak adımlar belirlenmiştir. Özellikle yüksek teknoloji ürünlerin üretimine yönelik olarak planlama yapılmıştır. Otomasyona dönük üretim araçları üretiminin yurt içinde yapılması hedeflenmiştir (Derala, 2020).

Ayrıca Türkiye'nin vizyonu Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından, orta ve yüksek teknoloji ürünlerde Avrasya'nın üretim üssü olarak belirlenmiştir. Fakat Türk sanayisi bugün geldiği noktada küresel pazarda rekabet edebilecek konumda değildir. Türkiye'de sanayi yeterli olgunluğa ulaşmadan hizmetler sektörü, GSYİH üzerinde ciddi bir paya sahip olmuştur (Gümü, 2015). Bu durum hala Türkiye'nin çözmesi gereken yapısal bir sorun olarak durmaktadır. Bu duruma ek olarak endüstri 4.0 dönüşümü ile birlikte çok uluslu şirketler, ucuz işgücü dolayısıyla üretimi gerçekleştirmeyi tercih ettikleri ülkelerden kendi ülkelerine dönmektedir. Türkiye küresel pazarda mevcut rekabetçiliğini düşük işgücü maliyetlerine borçludur. TÜSİAD tarafından yayımlanan 'Sanayi 4.0, Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümü' adlı çalışmada Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için, dönüşümün zorunluluk olduğu ifade edilmiştir. Türkiye dünya ekonomisinde mevcut avantajları ile oldukça rekabetçi konumdadır. Bu konum ucuz işgücü dolayısıyla üretimin düşen maliyetleri ile ilgilidir. Fakat Türkiye'de imalat sanayinin karşı karşıya olduğu ciddi yapısal sorunlar endüstri 4.0 dönüşümünü zora sokmaktadır. Bu yapısal sorunlar şu şekildedir: (TÜSİAD, 2016)

- İhracat, ithalata bağımlıdır.
- İhraç ürünleri içinde yüksek teknoloji ürün miktarı azdır.
- Eğitimli iş gücü düşüktür. Eğitimli olan işgücü içinde beyin göçü fazladır.
- Toplam üretimden hizmetler sektörünün aldığı pay sanayiden yüksektir. İşgücü, sanayiden hizmetler sektörüne kaymaktadır

Teknolojik dönüşüm sürecini daha iyi açıklamak ve otomasyon düzeyini belirlemek için dijital olgunluk seviyesi kavramı kullanılır. Bu kavram bir ülkenin ya da kurumun sanayileşmenin kaçınıcı aşamasında olduğu hakkında fikir verir. 1. ve 2. seviyeler sanayileşmemiş ülkeleri temsil eder. Otomasyonda düşük orta seviyede yer alanlar ise 2 ile 3 arasındadır. İleri düzey otomasyonda olan ülkeler ise 3 ile 4 arasında bir seviyededir. Türkiye endüstri 4.0 ekseninde dijital olgunluk seviyesinde 2.7 seviyesindedir. Bu haliyle 2. ve 3. Sanayi Devrimleri arasında yer alarak henüz otomasyonunu tamamlamamış düşük orta seviye ülkeler arasında yer alır (Bektaş , 2021).

Türkiye'nin otomasyonda geri kalması ve endüstri 4.0 dönüşümü düşük maliyet avantajına dayanan rekabetçiliği ortadan kaldırması nedeniyle sanayi yapımızı geliştirecek bazı politikalara daha fazla ihtiyaç bulunmaktadır.

4.4.1. Türkiye’de Teknoloji Politikalarını Yürüten Temel Kurumlar

Teknolojik gelişme yarışında ülkelerin rekabetçilik düzeyini yükseltmek ve gelişmiş bir sanayiye sahip olmak için bir takım bilim ve teknoloji politikaları kamu tarafından yapılır. Endüstri 4.0 dönüşümünde bu politikalar hayati bir öneme sahiptir. Bu bölümde Türkiye’de bu politikaları yürüten temel kamu ve özel sektör kurumları incelenecektir.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı gibi çeşitli adlandırmalara sahip olmuştur. 09.07.2018 tarihli 703 sayılı Kanun Hükmünde Kararnameye göre Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ismi değişerek Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olmuştur ve doğrudan cumhurbaşkanlığına bağlıdır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, endüstri 4.0 dönüşümünün yürütülmesi, uygulanması ve denetlenmesi konularından sorumlu olan bakanlıktır. Eğitimi, istihdamı ve diğer sektörleri ilgilendiren politikalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Devrimle ilgili teknolojilerin yerli firmalar tarafından üretilmesi için altyapı, teknik destek ve prototip geliştirilmesi hususunda teşvik ve destek çalışmaları yürütmektedir (Bektaş , 2021).

Bakanlığın görevleri şu şekildedir;

- Sanayi politika ve stratejilerini belirlemek.
- Organize sanayi bölgesi, endüstri bölgesi, teknoloji geliştirme bölgesi, serbest bölge ve sanayi siteleri için finansal destek sunmak, mekan belirlemek, faaliyetlerini denetlemek, raporlamak.
- Bilgi ve iletişim sektörünün rekabet gücünü artırmak, kamu bilişim projelerini yürütmek (TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı , 2023).

Bakanlık bünyesinde bilim ve teknoloji temelli faaliyet gösteren kuruluşlar şunlardır;

- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)
- Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA)
- T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB)
- Türkiye Uzay Ajansı
- Türk Patent ve Marka Kurumu

TÜBİTAK 1963 yılında Türkiye’de planlı ekonomi döneminde kurulmuştur. Başlangıçta en temel görevleri, özellikle doğa bilimlerinde temel ve uygulamalı

akademik araştırmaları desteklemek ve genç araştırmacıları teşvik etmek, özendirilmek olmuştur (TÜBİTAK, 2023). Günümüzde ise Türkiye'nin sürdürülebilir politikalarını araştıran, toplumun yaşam kalitesini ve standartları artırmayı hedefleyen, inovasyon temelli bilim ve teknoloji politikalarına öncülük eden, katılımcı ve yenilikçi bir vizyon benimseyen aynı zamanda dergi yayınları ve çeşitli faaliyetle toplumun bilim okur yazarlığına katkıda bulunan bir kurum halini almıştır (Dağlar, 2019).

TÜBİTAK, Türkiye'nin endüstri 4.0 dönüşümündeki ana aktörlerinden biridir. Endüstri 4.0'ın Türkiye'de popüler olduğu ilk andan itibaren aktif rol alan kurum siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, yapay zeka, robotik, siber güvenlik, bulut bilişim ve büyük veri gibi kritik ve öncü teknolojilerde gelişimi sağlayacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılmasından sorumludur (Bektaş , 2021).

TÜBİTAK'ın, Türkiye'nin bilim ve teknoloji politikalarının belirlenmesinde kamu otoritesine yardımcı olma sorumluluğu vardır ve bu sorumluluğu ilk kez "Türk Bilim Politikası; 1983-2003" dokümanını hazırlama görevini üzerine alarak üstlenmiştir (TÜBİTAK, 2023).

Sanayi kuruluşlarının ve özel kesimin teknoloji geliştirme ve yenilik faaliyetlerini teşvik etmek için verilecek finansal devlet yardımlarının düzenlenmesine yönelik 1 Haziran 1995 tarihli 95/2 sayılı Tebliği ile destek verilecek Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi görevi Dış Ticaret Müteşarlığı (DTM) ile beraber TÜBİTAK'ın sorumluluğunda olmuştur (TÜBİTAK, 2023).

TÜBİTAK bünyesinde endüstri 4.0'a yönelik faaliyette bulunan birimler şu şekildedir;

- Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (**BTYK**)
- Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (**BİLGEM**)
- Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü (**SAGE**)
- Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (**UZAY**)
- Türk Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü (**TUSSİDE**)
- Teknoloji Serbest Bölgesi (**TEKSEB**) ve Teknoloji/Bilim Parkları (**TEKNOPARK**)
- Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi (**ULAKBİM**)

Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK)- Bilim Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu (BTYPK) 1983 yılında 77 sayılı KHK ile kurulmuştur. Türkiye’de bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarından sorumlu en üst merci olması amaçlanmıştır. Hedefleri; uzun vadeli bilim ve teknoloji politikalarını belirlemek, stratejik hedef ve amaçları belirlemek ve bu amaçlar doğrultusunda plan ve program yapmak, plan ve programlar doğrultusunda; kamu araştırma kuruluşlarına görevler vermek, gerektiğinde özel sektörle işbirliği yapmak ve özel sektörle ilgili teşvik edici ve düzenleyici tedbirleri getirmek, bilim ve teknoloji sisteminin etkinleşmesi ve geliştirilmesi amacıyla bilim ve teknoloji alanında yasa tasarıları ve diğer mevzuatları hazırlamak, ilgili araştırmacıları tespit etmek, kamu ve özel kurum ve kuruluşların Ar-Ge merkezlerini kurmaları için gerekli esas ve usulleri belirlemek, bu faaliyetleri izlemek, değerlendirmek ve yönlendirmektir (TÜBİTAK, 2023).

BTYK, 10.07.2018 tarihli 1 sayılı “Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi” ile Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu (BTYPK)’na evrilmiştir.

Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı; 1960-2011 yılları arasında görev yapan Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)’nin yerine kurulan Kalkınma Bakanlığı lağvedilmiş ve yerine Cumhurbaşkanlığına bağlı olarak Strateji ve Bütçe Başkanlığı kurulmuştur. Strateji ve Bütçe Başkanlığının temel görevleri; kalkınma planlarını hazırlamak, sektörel plan ve programları oluşturmak ve bunların sonuçlarını takip etmek; kısa, orta, uzun vadeli makroekonomik programları oluşturmak şeklindedir. (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023) Kalkınma hedefleri doğrultusunda hazırlanan yıllık ve uzun vadeli plan ve programlar, bilim ve teknoloji politikalarına yön vermektedir.

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), teknoloji geliştirme ve inovasyon faaliyetlerinin desteklenerek güçlendirilmesi amacı ile 1991 yılında kar amacı gütmeyen kurulmuştur. Türkiye’de teknoloji geliştirme konusunda faaliyet gösteren, kamu ve özel sektör ortaklığıyla yasal güvence ile kurulan ilk ve tek vakıf statüsüne sahiptir. Ana hedefi özellikle ihracattaki inovasyon faaliyetlerini artırmak, Türkiye’nin uluslararası alanda bir inovasyon üssü olmasını sağlamaktır (TTGV, 2023).

4.4.2. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Politikaları

Dünyada yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler ile birlikte rekabetçi konumu tehdit altında olan Türkiye, endüstri 4.0 dönüşümü karşısında kayıtsız kalmamıştır. Bu konuda ilk girişim 2016 yılında 29. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında gerçekleşmiştir. Bu toplantıda Ulusal Bilim Teknoloji ve Yenilik Sistemi'nin 11 temel bileşeni belirlenmiştir;

1. Ar-Ge Yetkinliği
2. İnsan Gücü
3. Eğitim ve Araştırma Kültürü
4. Teknoparklar ve Özel Sektör Ar-Ge Merkezleri
5. KOBİ'ler
6. İşbirliği
7. Fikri Mülkiyet Yetkinliği
8. Ticarileşme
9. Girişimcilik
10. Altyapı
11. Öncelikli Alanlardaki Yetkinlikler

Bu 11 alanda, kamu desteği sürdürülmesine karar verilmiştir. Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye'nin diğer ülkelerle rekabetinin sağlanması için gerekli stratejilerin oluşturulması yönünde kararlar alınmıştır. Endüstri 4.0 faaliyetlerini yürütmesi için sorumlu kuruluş olarak TÜBİTAK ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı seçilmiştir (BTYK, 2016).

2016 sonunda, “*Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*” isimli rapor yayınlanmıştır. Bu raporda bir çok ülkenin endüstri 4.0 dönüşümüne hazırlanmak için kendi yol haritasını oluşturduğu bildirilmektedir. Türkiye de kendi yol haritasını bu rapor ile ilan etmiştir.

Aynı raporda yapılan anket sonucuna göre Türkiye’de 2016 yılında firmaların %19’unun endüstri 4.0 ile ilgili farkındalığı bulunmadığı, %59’unun genel hatlarıyla konudan haberdar olduğu, %22 sinin ise kapsamlı bilgiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Firmaların %50’sinin endüstri 4.0 dönüşümü bağlamında bir stratejisi bulunmadığı tespit edilmiştir (TÜBİTAK, 2016).

On birinci kalkınma planında Türkiye'nin gelişmiş ülkelerin endüstri 4.0 dönüşümü kapsamında yapmış olduğu çalışmalardan sadece 3.5 yıl geride olduğu ve bu açığı kapatabileceği belirtilmiştir. Tüm hedeflerin gerçekleşmesi halinde sanayide endüstri 4.0 teknolojileri ile özdeşleşen dijital dönüşümün yakalanacağı bildirilmiştir (On Birinci Kalkınma Planı Sanayide Dijitalleşme, 2018).

2017 yılında Bilim Teknoloji Genel Müdürlüğü bünyesinde *Dördüncü Sanayi Devrimi Genel Başkanlığı* oluşturulmuştur. Bu başkanlık sanayide dijital dönüşüme yönelik çalışmaları yürütmekle görevlendirilmiştir. Başkanlığın somut bir uygulamasına rastlanmamıştır (Bektaş , 2021).

Yazılım sektöründe yapılacak iyileştirmelerin endüstri 4.0 dönüşümünde rekabet artırıcı bir unsur olacağından hareketle "*Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2019)*" oluşturulmuştur (TC Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı , 2017).

Dijital Türkiye Yol Haritası isimli strateji planı 2018 yılında yayımlanmıştır. Plan, Türkiye'nin endüstri 4.0 dönüşümünü nasıl sağlayacağı konusunda ulusal ve temel bir kaynak işlevi görmektedir. Türkiye'nin yol haritası kısa, orta ,uzun dönem olmak üzere 3 aşamaya ayrılmıştır. Kısa dönem, 1-2 yıllık süreyi kapsamakta ve endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandıracak adımların atılması ve gerekli alt yapının oluşturulması planlanmaktadır. Orta dönem, 3-5 yıllık zaman dilimini kapsar ve altyapının giderek güçlendirilmesi ve sanayileşmenin dördüncü aşamasında ilerde olan ülkeler ile aradaki farkın kapatılması hedeflenmektedir. Uzun dönem, 6-10 yıllık döneme denk gelir ve Türkiye'nin mevcut dönüşümü tamamlayarak küresel bir lider ülke olması hedeflenmiştir (Dijital Türkiye Yol Haritası , 2018).

Almanya'da kamu, özel ve sivil toplum destek girişimiyle birlikte kurulan 'Platform Industri 4.0' gibi bir platform Türkiye'de kurulmuştur. Endüstri 4.0 dönüşümüne hazırlanmak için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı başkanlığında ve TUSIAD, MÜSİAD, TOBB, TTGV başkanlarının oluşturduğu "*Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu*" kurulmuştur. Bu platform ile sanayi sektöründe üretim kapasitesinin güçlendirilmesi ve yüksek teknoloji ürünlerinin üretiminin sağlanması planlanmıştır. Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının desteklenmesi amaçlanmıştır (Özlü , 2023).

2018 yılında ayrıca doğrudan Cumhurbaşkanlığı'na bağlı olarak *Dijital Dönüşüm Ofisi*¹¹ kurulmuştur. Birbirinden ayrı kurumlar tarafından yürütülen endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili çalışmaların ve dijital dönüşümün koordinasyonunun tek bir çatı altında toplanması amaçlanmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2018).

“*Horizon 2020*” isimli projeye TÜBİTAK, üniversitelere, Ar-Ge şirketlerine KOBİ'lere 2014-2020 arasında 80 milyon avro bütçe ayırmıştır. Bu finansman, ilgili kuruluşların robot laboratuvarları kurmasını sağlamıştır.

Dijital Dönüşüm Ofisi bünyesinde “*Büyük Veri ve Yapay Zeka Uygulamaları Dairesi Başkanlığı*” kurulmuştur (Resmi Gazete, 2019).

“*Türk Beyin Projesi*” adlı proje endüstri 4. Teknolojilerinin sağlık sektörüne yansımalarıdır. Bu proje yapay zeka algoritmalarını kullanarak beyinde bulunan anormal bölgelerin tespit edilmesini sağlar. Proje, Dijital Dönüşüm Ofisi Yapay Zeka ve Büyük Veri Birimi ve Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Tıp Fakülteleri tarafından yürütülmektedir. Tetkiklerde ve tanı oranlarında hata payı düşmekte, MR ile çok uzun süren sonuç aşamaları kısa sürelerle inmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020).

TÜBİTAK bünyesinde *Ulusal Yapay Zeka Enstitüsü* kurulmuştur. Enstitü, “*Ulusal Yapay Zeka Strateji 2021-2025*” isimli strateji belgesini yayınlamıştır. Yapay zeka sektörünün GSYİH'ya katkısının %5'e çıkarılması, bu alanda elli binden fazla kişinin istihdamının sağlanması, lisansüstü mezun sayısının on bin kişiye ulaştırılması stratejinin ana hedefleri arasındadır (TC Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2022).

Yapay zeka alanında fırsatları kaçırmamak ve güncel dünyayı yakalamak için özel sektör kendi çabaları ile “*Türkiye Yapay Zeka İnisyatifi (TRAI)*” 2017 yılında kurulmuştur. İnisyatifin amacı Türkiye'de yapay zeka farkındalığını artırmak ve yapay zeka ekosistemi geliştirmektir. TRAI'nin ekosisteminde bulunan yapay zeka girişimlerinin sayısı Haziran 2022 itibariyle 259 olmuştur. TRAI bu girişimlerin

¹¹10 Temmuz 2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren [1 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi](#) kapsamında T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi kurulmuştur.

akademi ve özel sektör ile buluşmalarına, ortak proje yapmalarına, yatırımcı bulmalarına ve yurt dışına açılmalarına yardımcı olmaktadır (TRAI, 2023).

Endüstri 4.0 dönüşümünde en önemli altyapı, 5G altyapısıdır. 5G teknolojilerine geçiş ve bu alana yapılan yatırımlar endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandıracaktır. Bu nedenle “*Uçtan Uca Yerli ve Milli 5G Projesi*” ile 2018 yılında HAVELSAN (Hava Savunma Sanayi) önderliğinde bu alana 50 milyon TL yatırım yapılmıştır. Dünyada yıllık ortalama 200 milyar dolar pazar payına sahip olan bu alana yapılan altyapı yatırımlarının ve geliştirilecek ürünlerin ihraç gelirlerinin Türkiye’nin cari açığını kapatmak için katkı sunması beklenmektedir (HTK, 2020).

Endüstri 4.0 dönüşümünde KOBİ’ler önemli bir yer tutmaktadır. KOBİ’leri desteklemek için KOSGEB tarafından girişimcilik, Ar-Ge, teknolojik üretim, işletme geliştirme ve büyüme gibi konularda KOBİ’lere finansman sağlanmaktadır. Bunlar arasında 750 bin liraya kadar Ar-Ge ve İnovasyon Destek Programı, 818 bin liraya kadar Endüstriyel Uygulama Destek Programı, 6 milyon liraya kadar Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı ve yine 6 milyon liraya kadar Stratejik Ürün Destek Programı gibi programlar yer almaktadır (Bektaş , 2021).

Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası (MESS) tarafından 2020’de endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirmek, dijital dönüşüm ve yetkinlik merkezi olarak MESS Teknoloji Merkezi kısa adıyla MEXT açılmıştır. Türkiye’de endüstri 4.0 dönüşümünde bir ilki simgelemektedir. Bünyesinde iki dijital fabrika kurulmuştur. Türkiye’de 5G altyapısı ile destekli ilk üretim atölyesi MEXT bünyesinde açılmıştır. Operatöre gerçek zamanlı geri bildirim sunan ve çıktının kalitesini sensörlerle algılayıp gerçek zamanlı veri toplayıp değerlendiren ilk fabrika yazılımı burada kullanılmaktadır (Makers Türkiye, 2023).

Horizon 2020 kapsamında AB tarafından 8.6 milyon avro fon sağlanan ‘*ROBO-PARTNER PROJECT*’ isimli proje TOFAŞ tarafından yürütülmüştür. Bu proje endüstri 4.0’a özgü akıllı fabrikalarda kullanılacak ürün ihtiyacına dönüktür (Ufuk Avrupa, 2017).

Türkiye’de ilk karanlık fabrika Leuze Electronic tarafından devreye alınmıştır. Üretim kontrolü ve takibi, veri analizi, bulut teknolojisi, endüstriyel güvenlik, endüstriyel nesnelerin internet, büyük veri yönetimi, dijital otomasyon ve katmanlı üretim

teknolojisi gibi endüstri 4.0 konseptine uygun teknolojiler kullanılmıştır (Leuze, 2019).

Arçelik, endüstri 4.0 konusunda Türkiye'nin öncü şirketi olan uluslararası bir firmadır. Arçelik tarafından yürütülen çalışmalar Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından ödüllendirilmiştir. Endüstri 4.0 çalışmalarında küresel en iyi örneklerin seçildiği Global Lighthouse listesinde, Arçelik'in iki firması bulunmaktadır. 2018 yılında Romanya'da bulunan Arçelik Çamaşır Makinesi Fabrikası ve Ford Otosan'ın Kocaeli Fabrikası'nın seçilmesinin ardından, Arçelik Eskişehir Buzdolabı Fabrikası dünyanın en gelişmiş üretim merkezlerinden biri seçilmiştir. WEF'in 2018 yılında başlattığı Global Lighthouse Network programına şimdiye kadar sadece 90 fabrika kabul edilmiştir. Küresel ölçekte yapılan 1000'in üzerinde başvurunun incelenmesi sonucunda Arçelik Eskişehir Buzdolabı Fabrikası, Global Lighthouse Network'e kabul edilen şirketler arasında yer almıştır (World Media, 2021).

“Akıllı Tarım Fizibilite Projesi” endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe uygulanabilmesi amacıyla TÜBİTAK ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından başlatılan tarıma yönelik ilk projedir (Akıllı Tarım Fizibilite Projesi, 2016).

4.5. Seçili OECD Ülkelerinin Temel Endüstri 4.0 Göstergeleri

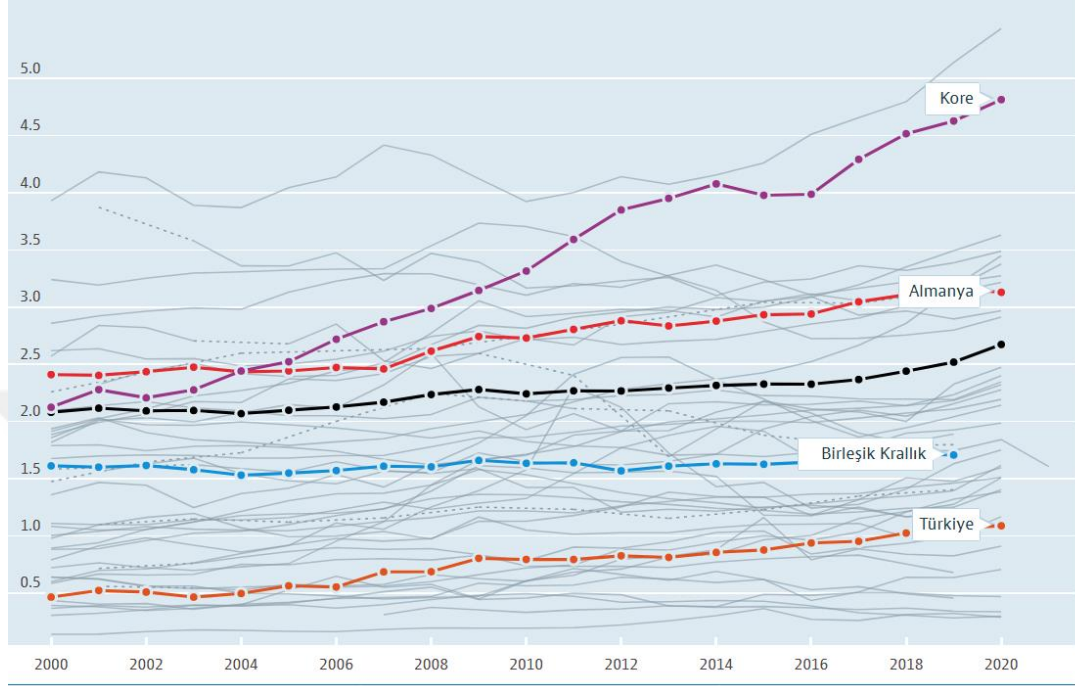
Endüstri 4.0'ı ölçmeye yönelik bir takım gösterge ve endeksler mevcuttur. Bu bölümde bu göstergeler, seçili ülkeler için incelenecektir.

4.5.1. Ar-Ge

Ar-Ge harcamaları ülkelerin teknolojiyi üretme ve geliştirme çabalarını yansıtır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri teknolojiyi geliştirme çabalarından elde ettikleri somut sonuçlara bağlıdır. Uzun vadede ülkelerin gelişmişliğini bilim ve teknoloji politikalarına yaptığı yatırım belirleyecektir. Ar-Ge harcamaları ve ekonomik gelişmişlik arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle ülkeler Ar- Ge faaliyetlerine kaynak ayırmaktadır. Genel bütçeden Ar-Ge'ye ayrılan pay uluslararası alanda gelişmişlik açısından kıyas yapabilmemizi sağlar. Ülkelerin teknoloji geliştirme kapasitesi hakkında bilgi verir. Sanayinin endüstri 4.0 dönüşümüne devletin verdiği önemi yansıtır.

Şekil 4.2'de Ar-Ge harcamalarının GSYİH'e oranının 2000-2020 arasında değişimi grafik halinde verilmiştir. Türkiye incelediğimiz ülkeler arasında Ar-Ge'ye en az

yatırımı yapan ülke konumundadır. 2000 yılında 0.5'in altında başladığı bu yarışta 2020 yılında 1.089 puanını yakalamış olmasına rağmen Ar-Ge yoğunluğu kendi hedeflerinin ve rakiplerinin çok altındadır.



Şekil 4.2: Ar-Ge Yoğunluğu (Ar-Ge Harcamaları/ GSYİH) (%)

Kaynak: (OECD, 2020)

Kore en yüksek harcama yoğunluğuna sahip ülkedir. Kore, toplam hasılasından ciddi bir payı 2000'li yıllardan itibaren Ar-Ge'ye ayırmaktadır. 2020 yılında 4.8 gibi rekor bir oranı gerçekleştirmiştir.

Almanya 2000'de Kore'den daha fazla kaynağı Ar-Ge'ye ayırmış olmasına rağmen 2004 yılından sonra Kore çok ciddi bir atılım yaparak Almanya'yı geride bırakmıştır. İngiltere 20 yıllık periyotta ciddi bir atılım yapamamış, ortalama 1.5 oranında kaynak ayırmıştır. Grafikteki siyah şerit OECD ortalamasını gösterir. İngiltere ve Türkiye OECD ortalamasının altında kalmaktadır. Almanya ve Kore ise bu ortalamanın üstündedir.

4.5.2. Araştırmacı Sayısı

Ar-Ge çalışmalarını yürütebilmenin yolu yetişmiş insan kaynağına bağlı olduğundan araştırmacılar Ar-Ge faaliyetlerinin temel unsurudur. Endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirebilmek noktasında araştırmacılara büyük görev düşer. Bu teknolojileri

geliştirmek için alanında uzmanlaşmış insan kaynağına sahip olmak gerekmektedir. Ar-Ge personelinin nitelikli ve alanında uzman olması stratejik öneme sahiptir. Hem nitelik hem nicelik açısından araştırmacı sayısının istihdamdaki payı endüstri 4.0 potansiyelini, bilim ve teknoloji politikalarına verilen önemi yansıtır. Aynı zamanda toplam araştırmacı sayısı, ülkelerin gelişmişliğini gösteren önemli göstergelerden biridir. Endüstri 4.0 dönüşümünde önemli hususlardan biri araştırmacılar arasında lisansüstü mezunların sayısıdır. Ülkelerin endüstri 4.0 dönüşümünü sağlayabilmeleri için en stratejik yatırım eğitimidir. Özellikle lisansüstü eğitim araştırmacıların niteliğini artırarak beşeri sermayenin oluşmasını sağlar (Kavak Çeken , 2016).

Tablo 4.2’de 2010-2020 arasında seçili ülkelerdeki istihdam edilen bin kişi başına düşen araştırmacı sayısı verilmiştir. Ülkeler arasında Türkiye bu zaman dilimi içerisinde en az istihdam sayısına sahip ülkedir. Güney Kore ise en fazla paya sahiptir. Arakasından gelen Almanya ve İngiltere istihdamdaki araştırmacı oranında sayıca hemen hemen eşittir.

YILLAR	Almanya	İngiltere	Türkiye	Güney Kore
2010	7.99	8.78	2.93	10.99
2011	8.15	8.56	3.09	11.78
2012	8.39	8.63	3.41	12.65
2013	8.37	8.91	3.59	12.72
2014	8.24	8.99	3.50	13.34
2015	9.00	9.14	3.61	13.62
2016	9.15	9.17	3.72	13.68
2017	9.48	9.23	4.01	14.33
2018	9.67	9.45	4.43	15.23
2019	9.96	9.64	4.88	15.88
2020	10.04	---	5.65	16.60

Tablo 4.2. Araştırmacı Sayısı (İstihdam edilen 1000 kişi başına)

Kaynak: (OECD, 2020)

4.5.3. Patent Başvuruları

Ar-Ge, araştırmacı sayısı yanında bir ülkenin teknoloji yeteneğini gösteren önemli ölçütlerden biri patent sayısıdır. Patent, icadı gerçekleştiren kişinin izni olmadan başkaları tarafından icadın üretilmesini, kullanılmasını ve satılmasını belirli bir süre boyunca engelleme hakkını temin eden düzenlemedir. Patent mucide mülkiyet hakkı doğurur ayrıca patentin alındığı ülkenin uluslararası alanda rekabetini etkiler. Ar-Ge inovasyon için bir girdi iken, patent teknolojik inovasyon çabalarının somut bir

sonucudur. Ar-Ge faaliyetleri ile patent sayıları arasında güçlü bir ilişki vardır (Penpeçe & Güğerçin, 2014). Tablo 4.3’de 2011-2020 yılları arasında seçili ülkelerin patent başvuru sayıları verilmiştir. En yüksek başvuru sayısına Güney Kore sahipken en düşük sayı diğer göstergelerde olduğu gibi Türkiye’ye aittir. Almanya, Kore’den sonra en yüksek rakama sahip olmasına rağmen Kore’nin yaklaşık 3 katı gerisinden gelmektedir. İngiltere’de aynı şekilde Almanya’yı oldukça geriden takip etmektedir.

YILLAR	Almanya	İngiltere	Türkiye	Güney Kore
2011	46.986	15.343	3.885	138.034
2012	46.620	15.370	4.434	148.136
2013	47.353	14.972	4.392	159.978
2014	48.154	15.196	4.766	164.073
2015	47.384	14.867	5.352	167.275
2016	48.480	13.876	6.230	163.424
2017	47.785	13.301	8.175	159.084
2018	46.617	12.865	7.156	162.561
2019	46.632	12.061	7.871	171.603
2020	42.260	11.990	7.920	180.477

Tablo 4.3. Patent Başvuruları

Kaynak: (World Bank, 2022)

4.5.4. Küresel Rekabetçilik Endeksi

Küresel rekabetçilik endeksi ülkelerin uluslararası piyasadaki gücünü işgücü verimliliği, reel ücret artışı, dünya ticaret hacmi ve sermaye karlılığı gibi kriterleri esas alarak hesaplayan bir endekstir (Çelebi Zengin & Sağır, 2019). IMD (International Institute for Management Development)¹² tarafından yayınlanan Tablo 4.4’e göre rekabet gücü sıralamasında Almanya birinci sırada yer almıştır. İngiltere, Güney Kore’yi geçerek ikinci sırada yer alırken Türkiye son sırada yer almıştır.

ÜLKE	PUAN
ALMANYA	85.68
İNGİLTERE	78.45
GÜNEY KORE	75.56
TÜRKİYE	51.44

Tablo 4.4. Seçili ülkelerin 2022 küresel rekabetçilik puanları.

Kaynak: IMD (IMD World Competitiveness Ranking , 2022)

¹² Uluslararası Yönetim Geliştirme Enstitüsü

4.5.5. Küresel İnovasyon Endeksi

Makro açıdan ülkeler, mikro açıdan firmalar arasında var olan rekabebet inovasyon yapmayı zorunlu kılmaktadır. Schumpeter'in vurguladığı gibi yeni teknolojiye veya yeni bir fikre sahip olanlar yaratıcı yıkım sürecinden başarıyla çıkacaktır. Küresel liderliğin en önemli koşulu en yeni teknolojiye sahip olmaktır. Bu nedenle inovasyon, büyüme ve kalkınmanın en önemli yapı taşlarından biridir. Seçilmiş ülkelerin 2022 yılı küresel inovasyon endeksi sıralaması Tablo 4.5'te verilmiştir. Bu sıralama WIPO¹³ tarafından 132 ülke için yapılmıştır. 132 ülke arasında İngiltere, dördüncü sırada yer alırken incelediğimiz OECD ülkeleri arasında birinci sırada yer almıştır.

ÜLKE	SKOR	SIRALAMA
İNGİLTERE	59.7	4
GÜNEYKORE	57.8	6
ALMANYA	57.2	8
TÜRKİYE	38.1	37

Tablo 4.5. 2022 Küresel İnovasyon Endeksi

Kaynak: WIPO (Global Innovation Index, 2022)

4.5.6. Küresel Dijital Rekabetçilik Endeksi

IMD, 63 ülkenin küresel dijital rekabetçilik puanlarını bilgi, teknoloji ve geleceğe hazırlık adı altında 3 bileşeni esas alarak ölçmektedir. Tablo 4.6'da incelediğimiz ülkelerin dijital rekabetçilik puanları verilmiştir. Türkiye ile 1960'lı yıllarda aynı gelişmişlik düzeyine sahip olan fakat yaptığı kurumsal altyapı ve bilim teknoloji politikaları sayesinde büyük bir teknoloji devine dönüşen Güney Kore birinci sırada yer almıştır. İngiltere ise 86.45 puanla 2. sırada yer almıştır. Almanya endüstri 4.0 olgusunu dünyaya tanıtan ülke olmasına rağmen analize konu olan seçili ülkeler arasında sondan bir önceki sırada yer almıştır.

¹³ World Intellectual Property Organization: Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü.

ÜLKE	PUAN
GÜNEY KORE	95.20
İNGİLTERE	86.45
ALMANYA	85.17
TÜRKİYE	51.44

Tablo 4.6. Seçili ülkelerin 2022 küresel dijital rekabetçilik puanları.

Kaynak: IMD (IMD World Digital Competitiveness Ranking, 2022)

Küresel Dijital Rekabetçilik sıralamasında 63 ülke arasında Güney Kore sekizinci sırada yer almıştır. İngiltere 16, Almanya 19’uncu sırada yer alırken, Türkiye 54. sırada yer almıştır.

4.6. Seçili OECD Ülkeleri ve Türkiye Karşılaştırması

Endüstri 4.0 dönüşümü analize konu olan ülkelerde çeşitli girişimler tarafından gündeme geldikten sonra her ülkede bilim, sanayi ve teknoloji politikalarını yürüten kurumlar bu dönüşümü gerçekleştirmek için aktif görev almıştır. Tablo 4.7’de endüstri 4.0 politikalarından sorumlu temel kurumlar ve ulusal stratejiler gösterilmiştir. Her ülkede bu politikalara kamu kurumları tarafından öncülük edildiği tespit edilmiştir.

Ülke	Endüstri4.0’dan Sorumlu Temel Kurum	Ulusal Endüstri4.0 Stratejisi
Türkiye	TÜBİTAK/BAKANLIK	Dijital Türkiye Yol Haritası
İngiltere	UKRI	Made Smarter Review
Güney Kore	MOTIE	İmalat Sanayinde İnovasyon 3 Stratejisi
Almanya	BMBF	High Tech Strategy 2020 Action Plan

Tablo 4.7. Ülkelerin endüstri 4.0’dan sorumlu kurumları.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İngiltere Made Smarter Review programı ile firmalara inovasyon noktasında finansal destek sağlamıştır. Böylece yenilik yapmak isteyen firmaların finansmana erişimi kolaylaştırılmıştır. Ayrıca İngiltere önemli ve kilit sektörlerde akıllı fabrikaların kurulmasını desteklemektedir. Güney Kore ise ‘İmalat Sanayinde İnovasyon 3’ stratejisi ile ülkedeki geleneksel fabrikaların tamamen akıllı fabrikaya dönüşmesi için finansman sağlamaktadır. Almanya, ‘The High Tech Strategy’ planı ile İngiltere’ye benzer şekilde inovasyona dönük faaliyet gösteren firmalara finansman desteği sağlamıştır. Türkiye ise ulusal üretim içinde önemli bir yer tutan KOBİ’lere ayrıca

önem vermektedir. Bu hususta KOBİ'lere Ar-Ge faaliyetleri için finansman ayrılmıştır. Türkiye'de akıllı fabrikaların çok uluslu yabancı şirketler tarafından açıldığı tespit edilmiştir. Kamu tarafından geleneksel yerli fabrikaların akıllı fabrikaya dönüştürülmesi için uygulanan doğrudan herhangi bir politikaya rastlanmamıştır. Endüstri 4.0 konseptinin en önemli bileşeninin yapay zeka olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçta dijitalleşmenin sadece fabrika ile sınırlı olacağı düşünülüyorken yapay zeka hayatın her alanını etkilemektedir. Tüm bu gelişmelerle doğru orantılı olarak yapay zekanın sanayi üretiminin ayrılmaz bir parçası olma yolunda ilerlediği tespit edilmiştir. Dünyadaki tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler yapay zeka çalışmalarına ekstra önem vermektedir. Bu gelişmeler ışığında Tablo 4.8'de endüstri 4.0 dönüşümünde politikaları incelenen ülkelerin yapay zeka alanında faaliyet göstermesi için oluşturulan yapay zeka kuruluşları gösterilmektedir. Almanya, bu alanda ilk araştırma merkezini 1988 yılında açarak diğer ülkelere göre önemli bir avantajın sahibi olmuştur. Teknolojide yaşanan değişimlere, güncel ekonominin gerekliliklerine göre bu kurum 2019 yılında güncellenmiştir. Almanya dışındaki ülkeler ise benzer zamanlarda yapay zeka alanında kurumsal altyapı geliştirmiştir.

ÜLKE	Yapay Zeka Kuruluşu	Kuruluş Yılı
Türkiye	Ulusal Yapay Zeka Enstitüsü	2019
İngiltere	Alan Turing Enstitüsü	2015
Almanya	Yapay Zeka Araştırma Merkezi	1988
	Teach and Learn AI	2019
Güney Kore	Yapay Zeka Araştırma Konseyi	2016

Tablo 4.8. Ülkelerin yapay zeka alanında faaliyet yılları.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yapay zeka alanında en yüksek finansman, seçili ülkeler arasında Almanya tarafından sağlanmıştır. Almanya ülkedeki tüm bireylerin kapasitesine göre dijital dönüşüme uygun olacak şekilde eğitmektedir. İngiltere, yapay zeka alanında lisansüstü programa kaynak ayırmıştır. Güney Kore yapay zeka ve dijital altyapı alanında lisansüstü nitelikli eleman yetiştirmek için eğitime ayrıca bütçe ayırmaktadır. Türkiye'de ise lisansüstü yapay zeka eğitimi için kamu tarafından henüz somut bir adım atılmamıştır, yayınlanan plan ve programlarda gerekli adımların atılacağı hedef olarak belirtilmiştir.

Güney Kore dışında analiz edilen ülkelerde yapay zeka alanında faaliyet gösteren kurumlar kamu tarafından oluşturulmuştur. Güney Kore’de yapay zeka alanında devlet girişiminin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Fakat chaeboller olarak adlandırılan devlet desteği ile kurulmuş büyük teknoloji firmaları tarafından bu açık kapatılmıştır. Güney Kore’de özel sektör ve devlet arasında etkin bir işbirliği ve uyum bulunmaktadır. İncelenen diğer ülkelerde özel sektörün devletin yürüttüğü bilim ve teknoloji politikalarında yönlendirici düzeyde rolüne rastlanmamıştır.

Güney Kore’de sanayi alanında özel sektörün uyguladığı projeleri denetleyen yol gösteren kurumlar oluşturulmuştur. Kalkınmacı devlet anlayışının egemen olduğu günden bugüne sanayi sektörü hiçbir zaman kendi haline bırakılmamıştır. Özel sektörün ve piyasanın bağımsızlığına dikkat edilmiştir fakat gerektiği yerde devlet müdahalesi etkin şekilde işlemiştir.

Almanya’da endüstri 4.0 bileşenleri için ayrı ayrı çalışmalar yürüten kurumlar bulunmaktadır. Özellikle yapay zeka, nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler gibi bileşenler için birbirinden farklı stratejik politikalar güdülmektedir. Güney Kore ise bir bütün olarak akıllı fabrikaları yaygınlaştırma stratejisi yürütmektedir. Güney Kore’de devlet, özel sektör ile işbirliği içinde ülkedeki geleneksel fabrikaların akıllı fabrikalara dönüştürülmesini amaçlamaktadır. İngiltere ve Türkiye ise spesifik olarak endüstri 4.0’ın her alt bileşeni için kurumsal altyapı oluşturmaktan ziyade genel inovasyon ve teşvik politikaları yürütmektedir.

Endüstri 4.0 konseptinin imalat sanayinde, iktisadi ve toplumsal hayatın her alanında hayata geçirilmesinde en kritik unsurun eğitim olduğu sonucuna varılmıştır. Bu konuda gerekli hassasiyeti Güney Kore, İngiltere, Almanya gösteriyorken Türkiye’nin rakiplerinin gerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Almanya her bireyin kapasitesine göre eğitim programları oluşturmaktadır. Güney Kore ise tersine beyin göçü konusunda geçmişten bugüne etkili bir politika yürütmektedir. Yurt dışındaki Güney Koreli bilim insanlarının ülkelere dönmeleri için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Oluşturulacak tüm düzenlemelerin ve politikaların etkin bir şekilde yürütülmesi için sadece tersine beyin göçü ile ilgilenen ayrıca bir enstitü kurulmuştur. Kore’de ilkokuldan lisansüstü düzeyde dahil olmak üzere eğitim en çok önem verilen unsurlardan biridir. İngiltere’nin ise ülkesine beyin göçü yapılmasını teşvik ettiği tespit edilmiştir. Bu noktada Türkiye incelenen tüm ülkelere geride bulunmaktadır, eğitime gereken

önem verilmemektedir. Mevcut beşeri sermayenin ülke içinde kalması için herhangi bir çaba sarf edilmemektedir. Güney Kore gelişmiş ülke konumundayken Türkiye'nin gelişmekte olan ülke konumunda olmasının önemli bir nedeni eğitime gereken önemin verilmemesinden kaynaklanmaktadır.

İncelenen ülkeler arasında Ar-Ge yoğunluğu en yüksek olan ülke Güney Kore'dir. Güney Kore ve Almanya OECD ortalamasının üstünde kalırken Türkiye ve İngiltere bu ortalamanın altında kalmıştır. Türkiye'nin rakiplerinin çok gerisinde olduğu ve toplam hasıla içinde Ar-Ge'ye ayrılan payın çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin Ar-Ge'ye ayrılan düşük bütçe ile milli teknoloji hedeflerini ve endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmesi kısa ve orta vadede mümkün gözükmemektedir.

Ar-Ge faaliyetlerini gerçekleştirecek nitelikli emek olarak araştırmacı istihdamında Güney Kore, analiz edilen ülkeler arasında lider konumdadır ve OECD ortalamasının oldukça üzerindedir. İngiltere ve Almanya, OECD ortalaması ile başa baş bir görüntüdedir. OECD ortalamasının oldukça altında olan Türkiye'nin ise en az istihdama sahip ülke konumunda olduğu tespit edilmiştir.

Ar-Ge faaliyetleri inovasyon için girdi konumdayken patent sayıları çıktı konumundadır. Ülkelerin patent sayıları, inovasyon ve teknolojik gelişme hakkında güçlü bir fikir vermektedir. Bu hususta Güney Kore'nin liderliği tespit edilmiştir. Analiz edilen ülkeler arasında en yakın rakibi Almanya'dan 3 katı kadar fazla patent başvurusuna sahiptir. İngiltere, bu noktada güçlü bir rakama ulaşamamıştır ve Kore'nin 6 kat gerisindedir. Türkiye ise en düşük başvuru sayısına sahip olan ülke olarak son sırada yer almıştır.

Küresel rekabetçilik, küresel inovasyon ve küresel dijital rekabetçilik endeksleri için 2022 değerlerinde Almanya, Güney Kore ve İngiltere arasında yoğun bir liderlik yarışı söz konusudur. Türkiye ise tüm endekslerde sonuncu olmuştur. Küresel dijital rekabetçilik sıralamasında Türkiye'nin 63 ülke arasında 54. sırada yer alması imalat sanayinin dijital dönüşüm konsepti olan endüstri 4.0 olgusunun hayata geçmesi için alınması gereken çok uzun bir yol olduğunu göstermektedir.

Endüstri 4.0 olgusunun en önemli bileşeni yapay zekadır. Türkiye bu konuda gerekli kurumsal altyapı ve stratejik planlama çalışmalarını yapmaktadır. Fakat yeni oluşturulan bu kurumlarda çalışacak araştırmacıların niteliği sorun teşkil etmektedir. Endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirecek beşeri sermaye eksikliği hissedilmektedir.

Bu teknolojileri uzun vadede üretebilmek, kısa ve orta vadede kullanabilmek için emeğin eğitilmesi gerekmektedir. Ayrıca nitelikli emeğin beyin göçü yaptığı ülkemizde tıpkı Kore’de olduğu gibi beyin göçünü engelleyecek politikalar uygulanmalıdır. Var olan araştırmacılar ise kamu kurumlarına liyakat esasına göre seçilmelidir.

Türkiye’nin dijital dünyanın gerekliliklerine göre eğitim reformu yapması gerekmektedir. Eğitimde akıl ve bilim esas alınarak ilkokuldan lisansüstüne kadar fırsat eşitliği ilkesi uygulanmalıdır.

Türkiye’de teknolojik çalışmalar Ar-Ge aşamasında kalmaktadır. Rekabeti olumlu yönde etkilememektedir Ar-Ge ve inovasyon için sağlanan teşviklerin doğru projelerde kullanılması ve karşılığının özel sektörden talep edilmesi gerekmektedir.

Türkiye çok uzun zamandan beri bilim ve teknoloji politikaları, çeşitli teşvik mekanizmaları uygulayarak ekonomik gelişmişliğini artırmaya çalışmaktadır. Fakat bugünün dünyasında Türkiye, sanayinin 2 ve 3. seviyeleri arasında bulunmaktadır. Uygulanan politikaların somut sonuçları ile kalkınma planlarında ve strateji belgelerinde belirtilen hedefler arasında uyum bulunmamaktadır. Bu durumun en önemli nedeni kurumsal yapı ile ilgilidir. Etkili bir kurumsal mekanizma uzun dönemde büyüme ve gelişmenin, kalkınmanın gerçek unsurunu oluşturmaktadır. Çünkü kurumlar etkin olduğunda uygulanan bilim ve teknoloji politikaları olumlu sonuç vermektedir.

Güney Kore incelenen ülkeler arasında yaklaşık 60 yıldır temel hedefi teknolojik gelişmişliği yakalamak olan bir ülkedir. 1950’lerde Türkiye ile benzer gelişmişlik düzeyine sahipken bugün tüm inovasyon göstergelerinde lider ülke konumunda olmasını ve teknolojiyi üreten ülke konumuna gelmesini uyguladığı politikaların sürdürülebilir olmasını sağlayan kurumlarına borçludur. Türkiye’de ise kurumlar etkin bir şekilde çalışmamaktadır. Türkiye’de kurumlar gücü elinde bulunduran gruplar arasındaki çıkar çatışmasına göre şekillenmektedir. Türkiye’de her dönemde farklı bir sanayi stratejisinin uygulanması çağın gereklerine uygun olarak belirlenmiş olan bir stratejiden ziyade çıkar gruplarının isteklerine göre şekillenmiştir. Türkiye’de kurumların uzun vadeli ulusal hedeflere göre revize edilmesi gerekmektedir. Bu noktada sanayi, üniversite ve devletin birlikte uyum içinde somut, gerçekçi ve stratejik hedeflerle uzun vadeli politikalar oluşturması ve kurumsal düzenleme yapması

gerekmektedir. Kısa vadeli, sadece kar ve büyüme odaklı stratejiler Türkiye'nin endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmeyecektir.





5. SONUÇ

Geçmiş 15. yüzyıla kadar uzanan Bilim Devrimi ve Aydınlanma Çağı sayesinde Sanayi Devriminin entelektüel alt yapısı oluşmuştur. Bu dönemde bilimin laikleşmesiyle birlikte yenilik yapma fikrinin önünü açmıştır. Sanayi Devriminden önce yaşanan üretkenlik artışları hiçbir zaman sürdürülebilir olmamış, her zaman dışsal koşullara bağımlı kalmıştır. Sanayi Devrimi ise kapsamlı bir toplumsal ve iktisadi dönüşüm sağlamıştır. Kas gücü yerini makine gücüne, aletli üretim yerini makineli üretime bırakmış, atölye üretim tarzından fabrika tipi üretime geçilmiştir.

İngiltere’de gerçekleşen birinci sanayi devrimi ile su ve buhar gücüne dayalı makineler üretimde kullanılmıştır. Bu dönemdeki egemen iktisadi görüş devletin ekonomiye müdahale etmemesi gerektiğini vurgulayan klasik liberal düşünce olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri’nde gerçekleşen ikinci sanayi devriminde elektrik , çelik , kimya gibi sektörler öne çıkmıştır. Kitlesele ve fordist üretim biçimi popülerleşmiştir. Bu dönemde devletin ekonomiye müdahale edebileceği görüşü yayılmıştır. Üçüncü sanayi devrimi ile bilgi iletişim sektörü gelişmiş, internet, bilgisayar, otomasyon, beşeri sermaye , dijitalleşme, enerji sektörü ön plana çıkmış, internet ve kişisel bilgisayar kullanımı yaygınlaşmıştır. Bilgi sektörünün ve dijitalleşmenin öne çıktığı sanayileşmenin üçüncü aşamasında kamu ve özel sektör arasında dengeli bir iş birliği sağlanmıştır.

Teknolojinin üstel olarak arttığı ve inovasyonun rekabetin en önemli unsuru haline geldiği günümüzde sanayileşmenin dördüncü aşaması, endüstri 4.0 olgusu yaşanmaktadır. Endüstri 4.0 önceki sanayi devrimlerinden farklı olarak, emeğin tamamen ikame edilebildiği üst düzey bir otomasyonu içermektedir. Bu haliyle üretimde bir paradigma dönüşümünü getirmesi beklenmektedir. Kamu ve özel sektör arasında oluşan dengeli bir işbirliğini üçüncü aşamada gerçekleştiren ülkelerin, endüstri 4.0 dönüşümünü sağlamak için rakiplerine kıyasla ciddi bir avantajı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada endüstri 4.0 olgusu bileşenleri ile birlikte ele alınmış, Türkiye ve seçilmiş OECD ülkelerinin endüstri 4.0’ı gerçekleştirmek için yürüttüğü bilim ve teknoloji politikaları, bu politikaları yürüten temel kurumları incelenmiştir. OECD ülkeler arasından Almanya, İngiltere, Güney Kore ve Türkiye analize dahil edilmiştir. Almanya endüstri 4.0 konsepti ile ilgili çalışmalar başlatan ilk ülke olduğu için tercih

edilmiştir. Almanya'nın öncü konumu karşılaştırmalı analiz içerisinde mutlaka dahil edilmesi gerekliliğini doğurmuştur. İngiltere sanayileşmenin ilk örneğinin yaşandığı ülke olması nedeniyle tercih edilmiştir. Güney Kore ise sanayileşme hamlelerinden önce Türkiye ile benzer iktisadi koşulları nedeniyle ele alınmıştır.

Ekonomilerin endüstri 4.0 dönüşümüne ayak uydurabilmeleri ve rekabet avantajı sağlayabilmeleri için geliştirilmesi gereken en önemli unsur teknolojidir. Teknolojik gelişmeyi odağına almayan bir endüstri 4.0 politikası mümkün değildir. Bu nedenle bu çalışmada seçili ülkeler için inovasyon temelli bilim ve teknoloji politikaları analiz edilmiştir. Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere her ülke genel kamu politikaları dışında ayrıca bilim teknoloji politikaları yürütmektedir. Bu çalışmada incelenen ülkelerde bu doğrultuda politikalar oluşturmaktadır. Her ülkenin kendine has kurumsal yapısının uygulanan bilim ve teknoloji politikaları sonuçlarını etkilediği tespit edilmiştir.

İngiltere'de öne çıkan kurum Birleşik Krallık Araştırma ve Yenilik (UKRI) tüm inovasyon politikalarına yön vermektedir. Bu alanda faaliyet gösteren Catapult, Agri-Tech gibi inovasyon merkezlerini yönetmektedir.

Almanya'da Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF) eğitim, araştırma ve teknoloji alanlarında politikalar üretmektedir. Endüstri 4.0'a yönelik politikaları ve finans desteğini yürüten temel kurumdur.

Güney Kore'de Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (MOST) bilim teknoloji ve Ar-Ge teşvik politikalarını yürütür. Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST) Güney Koreli bilim insanlarının beyin göçü ve çalışma alanlarında faaliyet göstermektedir.

Türkiye'de Sanayi ve Ticaret Bakanlığı bünyesinde faaliyet gösteren TÜBİTAK, endüstri 4.0 dönüşümünde tüm bilim ve teknoloji politikalarından sorumlu kurumdur. Ülkelerin tamamında endüstri 4.0 politikalarının kamu kurumları tarafından yönlendirildiği tespit edilmiştir.

Ayrıca endüstri 4.0'a yönelik gösterge ve endeksler derlenerek seçili OECD ülkelerinin mevcut konumları tespit edilmeye çalışılmıştır. Analize dahil edilen ülkeler arasında Güney Kore endüstri 4.0 dönüşümünde kurumları ve sürdürülebilir politikaları sayesinde en avantajlı konumda bulunmaktadır.

Sanayi Devrimi'ni gerçekleştiren ilk ülke olan İngiltere incelenen endekslerde Güney Kore ile başa baş bir görünüm çizmektedir. Fakat bilim, teknoloji ve inovasyon

politikaları imalat sanayine dönük olmaktan ziyade hizmetler sektörünü baz aldığı için endüstri 4.0 dönüşümünde Almanya ve Güney Kore'den geride kalmıştır.

Almanya ise endüstri 4.0 konseptini dünyaya ilk duyuran ülke olarak endüstri 4.0'ın her alt bileşeni için ayrı kurumsal altyapı ve politikalar oluşturmaktadır. Almanya güçlü sanayisi ve rekabetçiliği ile endüstri 4.0 dönüşümünde lider ülkelerden biri konumundadır, uyguladığı politikalar ile bu konumu sürdürmeye devam edeceği tespit edilmiştir.

Türkiye ise endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmek için bir çok adım atmakta, rakip ve lider ülkeleri takip ederek onların uyguladığı pek çok politikayı uygulamayı hedeflemektedir. Bu doğrultu da endüstri 4.0'a yönelik kurumlar oluşturmaktadır. Fakat Türkiye'de kurumsal yapı çeşitli gruplar arasındaki ilişkiye göre şekillendiği için yeni kurumlar oluşturmak kısa dönemde endüstri 4.0'a yönelik etkili bir politika olmayacaktır. Bilgi üretimi ve inovasyonun sağlanması için Ar-Ge yatırımları önem arz etmektedir. Ar-Ge yatırımları bilgi üretimi ve inovasyonu sağlayarak endüstri 4.0 dönüşümünün anahtarı olmaktadır. Ar-Ge ve inovasyon için sağlanan teşvikleri sıkı bir şekilde denetleyen ve nihai ürün olarak karşılığını özel sektörden talep eden ülkelerin endüstri 4.0 dönüşümünde lider ve rekabetçi ülkeler olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Türkiye'nin kısa dönemde yapması gereken ilk adım Ar-Ge harcamalarını artırmak, bu harcamaları sıkı bir şekilde denetleyerek üniversite, sanayi ve özel sektörden Ar-Ge faaliyetlerinin ticari değere dönüşmesini talep etmektir. Türkiye'nin endüstri 4.0 dönüşümünü yakalamak için kısa dönemde yapması gereken diğer bir adım Güney Kore'de olduğu gibi ilkokuldan lisansüstü düzeye kadar uygulanan etkili bir eğitim politikası oluşturmaktır.

Türkiye, endüstri 4.0 dönüşümü gerçekleştirmek için uzun vadede ise kurumlarını geliştirmeye dayanan politikalar oluşturmalı ve bu politikaları sürdürülebilir olmalıdır. Kurumlar belirli grupların çıkarlarına göre politika değiştirmemeli, önceliğini ulusal hedeflere göre belirlemelidir. Kurumlar arasında etkin bir koordinasyon sağlanmalı, somut ve gerçekçi hedefler belirlenmelidir.



KAYNAKÇA

- Acatech. (2023). acatech: <https://en.acatech.de/> adresinden alındı
- Acemoğlu , D. (2003). Root Causes A Historical Approach to Assessing the Role of Institutions. *Finance & Development*, 27-30.
- Acemoğlu , D., & Restrepo , P. (2018). Artificial İntelligent, Automation and Work . *Nber Working Paper Series*.
- Acemoğlu , D., & Robinson , J. (2013). *Ulusların Düşüşü*. Doğan Kitap.
- Acemoğlu , D., & Robinson, J. (2008). *The Role of Institutions in Growth and Development*. Commission on Growth and Development.
- Acemoğlu , D., Johnson, S., & Robinson , J. (2014). Institutions as the Fundamental Cause of the Long-Run Growth. *Nber Working Paper Series*, 1-111.
- Agrawal, A., Kumar, P., & Budhwar, P. (tarih yok). Country-level comparisons of Industry 4.0 in Germany, South Korea and the United States: Policy implications for India. *New Insights into Revolution 4.0*, 133-156.
- AI Labs Bilgi Teknolojileri. (tarih yok). https://www.emo.org.tr/ekler/9051cea806787fe_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=14 adresinden alındı
- Akın, C. S. (2021). Kurumsal İktisadın Kavramsal Temelleri . C. C. Aktan içinde, *Kurumsal İktisat Kurallar ve Kurumların İktisadi Gelişme Açısından Önemi* (s. 77-97). Ankara: Astana Yayınları .
- Aksoy, S. (2022). Endüstri 4.0 ve Evrimci İktisat . *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 298-327.
- Aktan, C. C., & Aktan, S. C. (2019). Organizasyonlar ve Kurumlar Kurallar ve Kurumların Rolü,Fonksiyonları ve Önemi . *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 65-82.
- Alçın , S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0 . *Journal of Life Economics* , 19-30.
- Algan , N., Manga , M., & Tekeoğlu , M. (2017). Teknolojik Gelişme Göstergeleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Conference on Eurasian Economies*, 332-338.
- Altın , O., & Kaya, A. (2009). Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi . *Ege Akademik Bakış* , 251-259.

- Altınay , A. (2019). Sistem Entegrasyonu ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma . *4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry*, (s. 1417-1424). Antalya.
- Altıparmak, A. (2002). Türkiye’de Devletçilik Döneminde Özel Sektör Sanayiinin Gelişimi. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* .
- Altunışık, R. (2015). Büyük Veri: Fırsatlar Kaynağı mı Yoksa Yeni Sorunlar Yumağı mı? *Yıldız Social Science Review*, 46-73.
- Amin , S. (2018). *Emperyalizm ve Eşitsiz Gelişme* . Yordam Kitap .
- Ansal, H. (2004). Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişimde Teknolojinin Rolü. T. M. Birliği içinde, *Teknoloji*. Ankara: Kozan Ofset.
- Artificial Intelligence Strategy*. (tarih yok). Artificial Intelligence Strategy: file:///C:/Users/USER/Downloads/Nationale_KI-Strategie_engl.pdf adresinden alındı
- Ayala, D. L., Gomez, C. L., & Navarrete, J. C. (2020, Kasım). Comparing the UK’s Response to Industry 4.0: An International Perspective. *Comparing the UK’s Response to Industry 4.0: An International Perspective*. Cambridge,, United Kingdom: Cambridge Industrial Innovation Policy.
- Aynaoğlu , Y., & Ay Türkmen, M. (2017). Küresel Rekabet Endeksi Göstergelerinin Küresel İnovasyon Endeksi Üzerindeki Etkisi. *Business&Managment Studies an International Journal* , 257-282.
- Başer, N. E. (2011). *1. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişiminin Rolü*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Bayrak , A. (2018, Eylül). Dünya’da ve Türkiye’de Sanayide Dijital Dönüşüm (Sanayi 4.0) İncelemesi ve Türkiye’nin Entegrasyonu için Değerlendirmeler . Ankara .
- Beaud, M. (2016). *Kapitalizmin Tarihi* . Yordam Kitap .
- Bektaş , A. (2021). Endüstri 4.0 Gelişmelerinin İşin ve İşgücünün Niteliği Üzerindeki Muhtemel Etkileri: Almanya ve Türkiye Karşılaştırması . *Doktora Tezi* . İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Benicourt, E., & Guerrien, B. (2017). *Neoklasik İktisat Teorisi* . İstanbul : İletişim Yayınları .
- Biber , A. E. (2010). İktisadi Büyümede Kurumsal Faktörler ve Kurumsal Değişim . *Akademik Bakış Dergisi* , 1-24.
- Bilir , H. (2018). Neoklasik İktisadın Tanımlanmasına Yönelik Bir Deneme . *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırm Dergisi* , 658-670.

bitkom. (2023). bitkom: [ttps://www.bitkom.org/Bitkom/Ueber-uns](https://www.bitkom.org/Bitkom/Ueber-uns) adresinden alındı

BMBF. (2020). BMBF: https://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/weiterbildung/nationale-weiterbildungsstrategie/nationale-weiterbildungsstrategie_node.html adresinden alındı

BMBF. (2023). BMBF: <https://www.bmbf.de/en/the-information-society-2353.html> adresinden alındı

BMBF. (2023). *Federal Ministry of Education and Research*. Federal Ministry of Education and Research: https://www.bmbf.de/bmbf/en/ministry/ministry_node.html adresinden alındı

Bocutoğlu, E. (2019). *İktisadi Düşünceler Tarihi*. Ekin Basım Yayın Dağıtım .

Boratav, K. (2009). *Türkiye İktisat Tarihi* . Ankara : İmge .

BTYK. (2016). *Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 29. Toplantısı Toplantı Hazırlık Notları*. Ankara: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.

(2021). *Build Back Better: our plan for growth*. Londra: HM Treasury.

Chavance, B. (2019). *Kurumsal İktisat* . İstanbul: İletişim Yayınları .

Clark, G. (2013). *Fukaralığa Veda Dünyanın Kısa İktisadi Tarihi* . İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları .

Clark, G. (2013). *Fukaralığa Veda Dünyanın Kısa İktisadi Tarihi* . İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları .

Commons, J. R. (1931). Institutional Economics. *American Economic Review*, 648-657.

CSIS Centre for Strategic & International Studies. (2015, Haziran 1). Aralık 17, 2022 tarihinde CSIS Centre for Strategic & International St: <https://www.csis.org/analysis/made-china-2025> adresinden alındı

Çakıroğlu , M., Karadirek , G., Genç, K. Y., & Özmen, C. (2019). *Sanayi Devrimleri* . Gece Akademi.

Çalışır , M., & Gülmez , A. (2010). Teknoloji Politikaları Çerçevesinde Ekonomik Gelişim: Türkiye-Güney Kore Karşılaştırması. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 24-55.

Çavdar , T., & Öztürk, E. (2018). Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 39-48.

- Çelebi Zengin, E., & Sağır, H. (2019). Rekabet Gücü Kapsamında Dünyadaki ve Türkiye'deki Kentlerin Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 867-889.
- Çelik , T. Z. (2020). Endüstri 4.0'ın Rekabet Starejileri ve Pazar Performansı İlişkisindeki Aracı Rolü. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çetin , A. K., & Süt, E. (2018). İnovasyon Göstergesi Olarak İnovasyon Endeksleri. *Uluslararası Turizm, İşletme, Ekonomi Dergisi*, 299-309.
- Çetin, T. (2012). Yeni Kurumsal İktisat. *Soyoloji Konferansları*, (s. 43-73).
- Çetinkaya , G., & Susam , N. (2021). Dördüncü Sanayi Devriminde Kamu Destekli Gelişmeler: Seçilmiş Ülkeler ve Türkiye Karşılaştırması. *Journal of Life Economics* , 413-429.
- Dağlar, G. (2019). Ar-Ge ve İnovasyon: Türkiye'de İnovasyon Destekleyen Politikalar . *Yüksek Lisans Tezi* . Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Dam, M. (2017). *Ar&Ge İnovasyon ve Ekonomik Büyüme*. Ekin Basım Yayın.
- Deane, P. (1988). *İlk Sanayi İnkılabı* . Ankara : Türk Tarih Kurumu Yayınları .
- DEİK. (2011). *Kore Cumhuriyeti Ülke Bülteni* . Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu .
- Derala, K. (2020). Bilim ve Teknoloji Politikalarının İmalat Sanayine Etkisi: Tr Örneği . *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- deutschland.de*. (2016, 12 16). *deutschland.de*:
<https://www.deutschland.de/tr/topic/bilim/universite-arastirma/alman-yapay-zeka-arastirma-merkezi> adresinden alındı
- (2016). *Digital Strategy 2025* . Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.
- (2018). *Dijital Türkiye Yol Haritası* . T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı .
- Doğan , K., & Arslantekin , S. (2016). Büyük veri: önemi yapısı ve günümüzdeki durum. *DTCF Dergisi*, 15-36.
- Drives&Controls*. (2017, Mart 30). Aralık 7, 2022 tarihinde Drives&Controls: https://drivesncontrols.com/news/fullstory.php/aid/5381/UK_manufacturers_ar_e_91unprepared_92_for_Industry_4.0.html adresinden alındı
- Dyer-Witthford, N., Kjoson, A. M., & Steinhoff, J. (2022). *Yapay Zeka ve Kapitalizmin Geleceği İnsandıışı Bir Güç* . İstanbul : İletişim .

- EBSO. (2015). *Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek*. Ege Bölgesi Sanayi Odası .
- Eğilmez , M. (2013, Kasım 18). *Kendime Yazılar*. 2023 tarihinde <https://www.mahfiegilmez.com/2013/11/krlgan-besli.html> adresinden alındı
- Eğilmez , M. (2017, Mayıs 8). *Kendime Yazılar*. Aralık 14, 2022 tarihinde Kendime Yazılar: <https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html> adresinden alındı
- Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği*. (2022, 11 16). Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği: <https://www.etmd.org.tr/aktuator-nedir-aktuator-calisma-prensibi/> adresinden alındı
- Endüstri 4.0*. (2022, 11 11). Türkiye'nin endüstri 4.0 platformu: <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/> adresinden alındı
- Erdal, M., & İnce , M. (2016). Satınalma ve tedarik zinciri yönetimi ilkeleri. *Tedarik Zinciri Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans Bölümü*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erdil, E., & Pamukçu, T. (2015). Ar-Ge, İnovasyon ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Rekabet Gücü Arasındaki İlişkiler. *Elektrik Mühendisliği* , 15-23.
- Erdoğan, S. (2016). *Kurumsal Yapı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler için Karşılaştırmalı Bir Analiz*. Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Eren, E. (2009). Yeni İktisatta Ortak Noktalar. *Yıldız Technical University Working Papers* , 1-37.
- Eren, E., & Uysal , E. (2017). İktisatta Yeni Heterodoks Gelişmeler. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 136.
- Erkan , B. (2016). Ana Akım (Ortodoks- Neoklasik) İktisat Öğretisi Eleştirisi: Heterodoks Yaklaşım İhtiyacı . *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 25-40.
- Erkan, B. (2016). Ana Akım (Ortodoks-Neoklasik) İktisat Öğretisi Eleştirisi: Heterodoks Yaklaşım İhtiyacı . *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 25-40.
- Erkan, H., Uysal , Y., Erkan , C., Çetinkaya, M., Şanlısoy, S., Başer, N., . . . Aydın, Ü. (2007). *Türkiye İçin Bilgi Bazlı Sürdürülebilir Yenilikçi Sanayileşme Stratejisi* . Ege Genç İş Adamları Derneği .

- Erleben was verbindet.* (tarih yok). Erleben was verbindet: <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/5g-for-germany-598886> adresinden alındı
- europa.eu.* (2023). europa.eu: https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%204.0_DE.pdf adresinden alındı
- Fichter, J. (1994). *Sosyoloji Nedir?* Ankara: Atilla Kitabevi .
- Fraunhofer.* (2022). Fraunhofer: <https://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer.html> adresinden alındı
- Freeman, C., & Louça, F. (2013). *Zaman Akıp Giderken Sanayi Devrimlerinden Bilgi Devrimine.* İstanbul: İthaki Yayınları.
- (2020). *Global Cyber Security Index* . Global Cybersecurity Index cover page.
- (2022). *Global Innovation Index.* World Intellectual Property Organization.
- Growling WLW.* (2019). Growling WLW: <https://gowlingwlg.com/en/insights-resources/articles/2019/ai-and-big-data-in-the-uk/> adresinden alındı
- Gümüş, Y. (2015). Geçmişten Geleceğe Türkiye'nin Sanayileşmesi . *Finans Politik Ekonomik Yorumlar Dergisi* , 113-118.
- Günay , D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 8-14.
- Güngör , G., & Göksu , A. (2013). Kamu İnovasyon Uygulaması: Türkiye Örneği. *Akademik Platform*, 1246-1254.
- Güran , T. (2019). *İktisat Tarihi.* İstanbul : Der Yayınları .
- Hancıoğlu , Y. (2017). Küresel İnovasyon Endeksi Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi . *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 352-365.
- Hobsbawm , E. (2003). *Dervim Çağı.* Dost Kitabevi.
- Hobsbawm, E. (2018). *Sanayi ve İmparatorluk.* Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
- Hodgson, G. M. (1998). The Approach of Institutional Economics . *Journal of Economic Literature*, 166-192.
- Hodgson, G. M. (2005). 'Institution' by Walton H. Hamilton. *Journal of Institutional Economics*, 233-244.
- Hodgson, G. M. (2006). What are Institutions? *Journal of Economic Issues*, 1-25.

- Holdren , J. P., & Lander , E. (2012). *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage In Advance Manufacturing*. Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology.
- HTK. (2020, 12 16). *Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi* . Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi: <https://www.htk.org.tr/yerli-ve-milli-5g-altyapisinda-heyecan-suruyor-haberi-172> adresinden alındı
- İleri , H., & Horasan, A. (tarih yok). Küresel rekabet Ortamında İşletmelerin Teknoloji ve Ar-Ge Yönetimlerinin Rekabete Etkileri Üzerine Araştırma ve Örnek Bir Uygulama. *DergiPark*, 171-190.
- (2022). *IMD World Competitiveness Ranking* . The IMD World Competitiveness Center.
- (2022). *IMD World Digital Competitiveness Ranking*. <https://worldcompetitiveness.imd.org/> adresinden alındı
- (2017). *Industrial Strategy* . HM Government.
- International Trade Administration*. (2022, Ağustos 2). Aralık 2022 tarihinde *International Trade Administration*: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/south-korea-manufacturing-technology-smart-factory> adresinden alındı
- i-scoop*. (2022). 12 7, 2022 tarihinde i-scoop: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0-uk-4ir/> adresinden alındı
- İslatince , H. (tarih yok). Güney Kore'de Uygulanan Sanayileşme Stratejisinin Analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 349-362.
- Kablan , A. (2018). Endüstri 4.0, Akıllı İşletmeler ve Muhasebe Denetimi . *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, 1561-1579.
- Kagerman, H., Wahlster, W., & Helbig , J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*. National Academy of Science and Engineering.
- Kama, Ö. (2011). Yeni Kurumsal İktisat Okulunun Temelleri . *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 183-204.
- Karabıçak , M. (2000). Türkiye'de Ekonomik İstikrarsızlığın Tarihsel Gelişim Süreci. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF*.
- Karagöl, E., & Karahan, H. (2014). *Yeni Ekonomi Ar-Ge ve İnovasyon*. Seta Vakfı.
- Kavak Çeken , Ç. (2016). Türkiye'nin Bilgi Ekonomisi Performansı (2004-2014 Dönemi) . *Dicle Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 99-139.

- Kavurmacı , A. (2020). Güney Kore Ekonomisinde Chaeboller ve Endüstri İlişkileri . *Doktora Tezi* . İstanbul : İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Kaya, M. (2021). Sanayi 4.0'da Yapay Zeka ve Türkiye. *Fırat Üniversitesi. İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 63-94.
- Kaygın , E., Zengin , Y., & Topçuoğlu , E. (2019). Endüstri 4.0'a Akademik Bir Bakış. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1065-1081.
- Kılıç , S., & Alkan, R. M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri . *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi* , 29-49.
- Kim , D. (2021). *South Korea as a Fourth Industrial Revolution Middle Power* . Korea Economic Institute of America.
- Kızılkaya, E. İ. (2001). *Thorstein B. Veblen'in İktisat Düşüncesi: Kapitalizmin Ruhuna Farklı Bir Bakış*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Klein, P. G. (1998, July). New Institutional Economics.
- Kocamış , T., & Güngör, A. (2014). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Teknoloji Sektöründe Ar-Ge Giderlerinin Kârlılık Üzerine Etkisi: Borsa İstanbul Uygulaması. *Maliye Dergisi*, 127-138.
- Kubbealtı Lugatı*. (2022, Ocak 18). Kubbealtı Akademisi Kültür ve Sanat Vakfı : <http://lugatim.com/> adresinden alındı
- Kutlu , E. (1996). *Dünya Ekonomisi* . Eskişehir : Andolu Üniversitesi Basımevi .
- Küçük , S. (2013). Batı'nın Bayıllaşması: Zihinsel Dönüşümün Eylemsel Kökenleri. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 431-440.
- Lapthorne, R., & Walport, M. (2013). *The Future of Manufacturing: A New Era of Opportunity And Challenge For The UK*. Crown Copyright.
- Leuze. (2019, Nisan 8). *Leuze*. Leuze : <https://www.leuzetrblog.com/turkiyede-bir-ilk-insansiz-karanlik-fabrika-gorucuye-cikti/> adresinden alındı
- Lin , Y. J., & Nugent, J. B. (1995). Institutions and Economic Development. *Handbook of Development Economics, Volume III*, 2303-2363.
- Liu, C., & Xu, X. (2017). Cyber-Physical Machine Tool – the Era of Machine Tool 4.0. *The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, (s. 70-75).
- (2018). *Made in China 2025* . Institute for Security & Development Policy .

- MAGG4. (2018, Temmuz 23). Aralık 12, 2022 tarihinde MAGG4: <https://magg4.com/dunyada-endustri-4-0a-onculuk-eden-3-ulke-almanya-abd-ve-japonya/> adresinden alındı
- Makers Türkiye. (2023, Mart 15). *Makers Türkiye*. Makers Türkiye: <https://makersturkiye.com/mess-teknoloji-merkezi-mext/> adresinden alındı
- Manufacturing USA*. (tarih yok). 2022 tarihinde Manufacturing USA: <https://www.manufacturingusa.com/institutes> adresinden alındı
- Mantoux, P. (1961). *The Industrial Revolution in the Eighteen Century* . London: University Paperbacks.
- Mantzavinos, C., North, D., & Shariq, S. (2004). Learning, Institutions and Economic Performance. *Perspectives on Politics*, 75-84.
- Mayda , B. (2019). İnovasyon, Yüksek Teknoloji ve Bilgi Tabanlı Ekonomi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Finlandiya Örneğinde Türkiye Üzerine Bir Çalışma. *Yüksek Lisans Tezi* . Bartın: Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Menard, C., & M., S. M. (2011). *The Contribution of Douglass North to New Institutional Economics*. ResearchGate : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00624297> adresinden alındı
- Ne Demek Türkçe* . (2022, 12 18). *Ne Demek Türkçe* : <https://turkcenedemek.com/arama/end%C3%BCstri/> adresinden alındı
- North, D. C. (1991). Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*, 97-112.
- North, D. C. (2002). *Kurumlar, Kurumsal Değişim ve Ekonomik Performans*. İstanbul: Sabancı Üniversitesi .
- North, D. C. (tarih yok). *The New Institutional Economics and Development*. 2022 tarihinde <https://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/NewInstE.North.pdf> adresinden alındı
- OECD. (2020). OECD: <https://data.oecd.org/> adresinden alındı
- OECD ve EUROSTART. (2006). *Oslo Kılavuzu Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler* . Tubitak.
- Oğuztürk, B. (2003). Yenilik Kavramı ve Teorik Temelleri . *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi* .
- Olsson, O. (1999). A Microeconomic Analysis of Institutions. *Working Papers in Economics*, 1-25.

- (2018). *On Birinci Kalkınma Planı Sanayide Dijitalleşme*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.
- Oracle. (2022, 11 10). Oracle: <https://www.oracle.com/tr/cloud/what-is-cloud-computing/> adresinden alındı
- Orhan, S. (2011). Yerleşik İktisatta Heterodoksi: Yeni Kurumsal İktisat . E. Eren içinde, *İktisatta Yeni Yaklaşımlar* (s. 59-87). İstanbul: İletişim .
- Our World In Data. (2022, 12 16). Our World In Data: <https://ourworldindata.org/grapher/fixed-broadband-subscriptions-per-100-people?tab=chart®ion=Europe&country=GBR~USA~TUR~CHN~JPN~D> EU adresinden alındı
- Ozankaya, Ö. (1991). *Toplumbilim* . İstanbul: Cem Yayınevi.
- Öktem , Ü. (2010). Olgu, Kuram, Darwin Öncesi Evrim Kuramları ve Darwin'in Evrim Kuramı . *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Antropoloji Dergisi*, 21-39.
- Özalp , H. (2020). *Kurumsal İktisat, Teknoloji ve Ekonomik Performans* . Efil Yayınevi
- Özkan, M., Al, A., & Yavuz , S. (2018). Uluslararası Ekonomi Politik Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi* , 126-156.
- Özlu , F. (2023, Mart 14). *Dördüncü Sanayi Devrimi Kamu Perspektifi*. Dördüncü Sanayi Devrimi Kamu Perspektifi: <http://dosya.toprakisveren.org.tr/makale/2017-114-faruk-ozlu.docx> adresinden alındı
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 41-64.
- Öztok, A. Ç. (2021). Dördüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 4.0) Sürecinde Kurgusal Bir Sanayi İşletmesinin Yönetim ve Organizasyon Yapısındaki Değişimin Ekonomik Etki Analizi . Çanakkale: Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Özveren , E., & Özçelik , E. (2015). Kurumsal İktisat'ın Dünü, Bugünü, Yarını. *Ekonomik Yaklaşım*, 17-57.
- Penpeçe, D., & Güğçerçin, U. (2014). Bir Ürün Olarak Patent ve Patent Pazarlarındaki Araçlar . *Finans Politik Ekonomik Yorumlar* , 21-36.
- Platform Industrie 4.0 . (2022, 12 12). Platform Industrie 4.0 : <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Plattform/Hintergrund/hintergrund.html> adresinden alındı

- Resmi Gazete. (2019). *Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinde Değişiklik Yapılmasına Dair Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi*. Ankara: Resmi Gazete.
- Rifkin , J. (2021). *Üçüncü Sanayi Devrimi Yanal Güç, Enerjiyi, Ekonomiyi ve Dünyayı Nasıl Dönüştürüyor*. İletişim Yayınları.
- Robotnik. (2022, March 14). Robotnik: <https://robotnik.eu/what-is-an-industrial-robot-robot-industrial-robot-definition/#:~:text=According%20to%20the%20international%20standard,use%20in%20industrial%20automation%20applications%27>. adresinden alındı
- Rutherford, M. (2001). Institutional Economics: Then and Now . *Journal f Economic Perspectives* , 173-194.
- (2019). *Sanayi ve Teknoloji Stratejisi 2023* . TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı .
- Saraç , Ş. (2011). İnovasyonun Belirleyicileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Ampirik Bir Analiz. Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sarıkaya, B. (2019). Ar-Ge Ve İnovasyon Sürecinde Kamu Politikalarının Rolü. *Yüksek Lisans Tezi*. Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi.
- Savaş , V. (1994). *Politik İktisat* . İstanbul : Beta Basım.
- Savaş , V. (2000). *İktisadın Tarihi* . Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Schwab, K. (2021). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. İstanbul: Optimist .
- Sercan , M. R. (2019, Ocak). Türkiye'nin Endüstri 4.0 Potansiyeli ve Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Siemens. (tarih yok). *Siemens, Endüstri 4.0 Yolunda*. Siemens Türkiye.
- sismist iklimlendirme*. (2022, 11 16). *sismist iklimlendirme*: <https://sismist.com.tr/Nozul-Nedir-Su-Puskurtme-Spreyleme-Basligi-Nasil-Secilir-Sisleme-Basligi-Sisleme-Memesi-Ne-%C4%B0se-Yarar> adresinden alındı
- Skoog, G. E. (2015). Supporting the Development of Institutions Formal and Informal Rules An Evaluation Theme Basic Concepts. *UTV Working Paper*, 1-42.
- Soyyigit, S. (2010). TüTürkiye'de İhracata Dayalı Sanayileşme Stratejisi Uygulamaları ve İmalat Sanayii Üzerinde Etkinliği :Nedensellik Analizi (1990-2008). *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası* .
- Söylemez, S. (2020). *Yenilik Ekonomisinin Temelleri* . TÜBİTAK.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023, Mart 13). *Strateji ve Bütçe Başkanlığı*. Strateji ve Bütçe Başkanlığı: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/19.5.13.pdf> adresinden alındı

Sürmen, H. K. (2019). Eklemeli İmalat (3B Baskı) : Teknolojiler ve Uygulamalar . *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 373-392.

Şenalp, M. G. (2003). Yeni Kurumsal İktisat ve Küresel Yönetişim. *Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi* . Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

TC Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı . (2017). *TC Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı*. TC Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı: http://www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/OT3tA+Turkiye_Yazilim_Sektoru_Stratejisi_ve_Eyem_Plani_2017-2019_.pdf adresinden alındı

TC Cuhmhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2022). TC Cuhmhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi: TC Cuhmhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi adresinden alındı

TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı . (2023, Mart 13). *TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı* . TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı : <https://www.sanayi.gov.tr/anasayfa> adresinden alındı

Teke, M., Efendioğlu, M., Öztoprak, F., Demirkesen, C., & Küpçü, R. (2016). Akıllı Tarım Fizibilite Projesi. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*. Adana.

The Alan Turing Institue. (2023). The Alan Turing Institue: <https://www.turing.ac.uk/> adresinden alındı

(2022). *The Global Cloud Ecosystem Index* . MIT Technology Review Insights.

TİM. (tarih yok). *Güney Kore Hedef Pazar Ülke Analizi* . Türkiye İhracatçılar Meclisi. TPO. (2018). *Patent/Faydalı Model*. <http://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/resources/temp/522B990B-E529-4378-8287-66E77494B4FA.pdf> adresinden alındı

TRAI. (2023). *TRAI*. TRAI: <https://turkiye.ai/hakkimizda/> adresinden alındı

TTGV. (2023, Mart 13). *TTGV*. TTGV: <https://www.ttg.gov.tr/tr/hakkimizda> adresinden alındı

TÜBİTAK. (2016). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. TÜBİTAK.

TÜBİTAK. (2023, Mart 11). *TUBİTAK Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu*. TÜBİTAK Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu: <https://www.tubitak.gov.tr/tr/icerik-hakkimizda> adresinden alındı

TÜBİTAK. (2023, Mart 11). *Tübitak türkiye bilimsel ve teknolojik araştırma kurumu*. Tübitak türkiye bilimsel ve teknolojik araştırma kurumu: https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/1844/bilim_teknoloji_yuksekkurulu_yonetmelik.pdf adresinden alındı

Türk Dil Kurumu Kütüphanesi . (2023, Mart 3). Türk Dil Kurumu Kütüphanesi : <http://katalog.tdk.gov.tr/search?query=Innovation,%20inovasyon:%20Yenile%C5%9Fim&field=title&isOriginal=false#:~:text=%22Innovation%2C%20inovasyon%3A%20Yenile%C5%9Fim> adresinden alındı

Türk Dil Kurumu Sözlükleri . (2022, Ocak 17). Türk Dil Kurumu Sözlükleri Web Sitesi: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı

Türk Dil Kurumu Sözlükleri . (2022, 11 25). Türk Dil Kurumu Sözlükleri : <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2018). 2022 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi: <https://cbddo.gov.tr/hakkimizda/> adresinden alındı

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2020). Mart 15, 2023 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi: <https://cbddo.gov.tr/projeler/tbp/> adresinden alındı

Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. (2023). 2023 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı: https://www.mfa.gov.tr/iktisadi-isbirligi_ve-gelismeteskilati-_oecd_.tr.mfa adresinden alındı

Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu. (2017).

(tarih yok). *Türkiye'nin Sanayi Devrimi: Dijital Türkiye Yol Haritası* . TC Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı .

Türkkahraman, M. (2009). Teorik ve Fonksiyonel Açıdan Toplumsal Kurumlar ve Kurumlar Arası İlişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi* , 25-46.

TÜSİAD. (2016). *Türkiyenin Sanayi 4.0 Dönüşümü*. Tüsiad.

Ufuk Avrupa. (2017). Ufuk Avrupa: <https://ufukavrupa.org.tr/tr/basari-hikayeleri/insan-robot-isbirligi> adresinden alındı

(2021). *UK Innovation Strategy*. Depatment for Business,Energy& Industrial Strategy.

UK Research and Innovation . (2022, Ekim 7). UK Research and Innovation : <https://www.ukri.org/news/14-million-funding-for-sustainable-smart-factory-projects/> adresinden alındı

- Uphoff, N. (tarih yok). Local Institutions and Participation for Sustainable Development. *GATEKEEPER SERIES No. 31*, 1-16.
- Usta, A. (2018). Aydınlanma Düşüncesine Kısa Bir Bakış. *Kastamonu İletişim Araştırmaları Dergisi*, 75-90.
- Ümit Fırat, S., & Fırat, O. (2017). Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, 10-23.
- Üşür, İ. (2021). *Sanayi, Sanayileşme ve Teknoloji*. Ankara: Dost Kitabevi.
- Veblen , T. (1919). *The Place of Science in Modern Civilization* . New York : PUBLISHED 1961 BY RUSSELL & RUSSELL, INC.
- Vikipedi Özgür Ansiklopedi*. (2022, 11 10). Vikipedi Özgür Ansiklopedi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut_bili%C5%9Fim adresinden alındı
- WEF. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017-2018*. World Economic Forum. <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf> adresinden alındı
- Williamson, O. (1998). The Institutions of Governance. *American Economic Association*, 75-79.
- World Bank*. (2022). World Bank: <https://data.worldbank.org/indicator/IP.PAT.RESD?locations=TR> adresinden alındı
- World Media*. (2021, 10 21). World Media: <https://ekonomiknokta.com/arcelik-endustri-da-dunyaya-adini-yazdirdi-h3660.htm> adresinden alındı
- Wübekke , J., Meissner, M., Zenglein , M. J., Ives, J., & Conrad, B. (2016). *Made in China 2025 The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Merics.
- Yalçinkaya, S. (2021). Sanayi 4.0 Nedir? K. Çetinkaya , P. Demircioğlu , K. Özsoy , & B. Duman içinde, *Sanayi 4.0 Teknolojik Alanları ve Uygulamaları* (s. 5). Ankara: Pegem Akademi .
- Yener Ercan, N. (2000). İçsel Büyüme Teorisi: Genel Bir Bakış. *Planlama Dergisi*, 129-138.
- Yılmaz Genç, S. (2009). *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.2.32585.36969
- Yılmaz, Ö. (2022). Sanayi 4.0 Teknolojik Çevrimi: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme . *Yüksek Lisans Tezi* . Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yüksekbilgili , Z., & Çevik, G. (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 422-436.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı :

Uyruğu :

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Yüksek Lisans

Lisans

Lise

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

-

-

-

Yabancı Dil

-

Yetkinlikler

-



