



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Fatih BOZ

ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK KOMPLEKSİTE VE DIŞ TİCARET PERFORMANSINA
ETKİLERİ: G20 VE OECD'DEN SEÇİLMİŞ ÜLKELER

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı
Doktora Tezi

Antalya, 2024



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Fatih BOZ

ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK KOMPLEKSİTE VE DIŞ TİCARET PERFORMANSINA
ETKİLERİ: G20 VE OECD'DEN SEÇİLMİŞ ÜLKELER

Danışman

Doç Dr. Halil ÖZEKİCİOĞLU

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı
Doktora Tezi

Antalya, 2024

Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Fatih BOZ'un bu çalışması jürimiz tarafından Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana
Bilim Dalı Doktora Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Güneş YILMAZ (İmza)

Üye (Danışmanı) : Doç Dr. Halil ÖZEKİCİOĞLU (İmza)

Üye : Prof. Dr. Fatma ZEREN (İmza)

Üye : Prof. Dr. Burcu Kılınç SAVRUL (İmza)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin TOPUZ (İmza)

Tez Başlığı: Endüstri 4.0'ın Ekonomik Kompleksite ve Dış Ticaret Performansına Etkileri:
G20 ve OECD'den Seçilmiş Ülkeler

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 02.07.2024

Mezuniyet Tarihi : 01/08/2024

(İmza)
Prof. Dr. Seda BAYRAKTAR
Müdür

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Endüstri 4.0’ın Ekonomik Kompleksite ve Dış Ticaret Performansına Etkileri: G20 ve OECD’den Seçilmiş Ülkeler**” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(İmza)

Fatih BOZ





T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ

Öğrenci Bilgileri	
Adı-Soyadı	Fatih BOZ
Öğrenci Numarası	20185291001
Anabilim Dalı	Uluslararası Ticaret ve Lojistik
Programı	Doktora
Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri	
Unvanı, Adı-Soyadı	Doç Dr. Halil ÖZEKİCİOĞLU
Doktora Tez Başlığı	Endüstri 4.0'ın Ekonomik Kompleksite ve Dış Ticaret Performansına Etkileri: G20 ve OECD'den Seçilmiş Ülkeler
Turnitin Bilgileri	
Ödev Numarası	
Rapor Tarihi	
Benzerlik Oranı	Alıntılar hariç: %..... Alıntılar dahil: %.....
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE, Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır. Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir: (X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım. () Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.	
Gerekçe:	
Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımca yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.	
Danışman Öğretim Üyesi Unvanı, Adı-Soyadı Doç Dr. Halil ÖZEKİCİOĞLU İmza	

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLOLAR LİSTESİ	v
GRAFİKLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ DÖNEMLERİ, ENDÜSTRİ 4.0 TEMEL TEKNOLOJİLERİ, ÜLKELERİN ENDÜSTRİ 4.0 POTANSİYELLERİ VE ÜLKELERİN DIŞ TİCARET İSTATİSTİKLERİ

1.1. Birinci Endüstri Dönemi	4
1.2. İkinci Endüstri Dönemi	5
1.3. Üçüncü Endüstri Dönemi	6
1.4. Dördüncü Endüstri Dönemi	7
1.5. Endüstri 4.0 'ın Temel Teknolojileri	10
1.5.1. Bulut Bilişim	10
1.5.2. 3D Teknolojileri	12
1.5.3. Yapay Zeka	13
1.5.4. Büyük Veri	16
1.5.5. Siber Güvenlik	17
1.5.6. Nesnelerin İnterneti (IoT)	19
1.5.7. Arttırılmış Gerçeklik	21
1.5.8. Endüstriyel Robotlar ve Akıllı Fabrikalar	23
1.5.9. Biyoteknoloji	26
1.5.10. Dijital İkiz	26
1.6. Ülkelerin Endüstri 4.0 Potansiyelleri	28
1.6.1. Ülkelere Göre İndeksler	29
1.6.2. Ülkelere Göre Akıllı Şehirler	34
1.6.3. Ülkelere Göre Üretim Yapıları	36
1.6.4. Teknoloji, Otomotiv, Finansal Hizmet ve Telekomünikasyon Sektörlerine Göre Forbes 2000 Firma Sıralaması ve Ülkeleri	42
1.6.5. Ülkelere Göre Bilim ve Teknoloji Kümelenmeleri	44

1.7. Ülkelere Göre Endüstri 4.0 Alanlarında Uygulamalar	48
1.7.1. ABD Endüstri 4.0 Uygulaması.....	51
1.7.2. Japonya Endüstri 4.0 Uygulaması	53
1.7.3. İngiltere Endüstri 4.0 Uygulaması.....	54
1.7.4. Almanya Endüstri 4.0 Uygulaması.....	56
1.7.5. Güney Kore Endüstri 4.0 Uygulamaları	57
1.7.6. Çin Endüstri 4.0 Uygulaması	59
1.7.7. AB Endüstri 4.0 Uygulamaları	61
1.8. Ülkelerin Dış Ticaret İstatistikleri	63

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK KOMPLEKSİTE/KARMAŞIKLIK, ÜRÜN KOMPLEKSİTE/KARMAŞIKLIK, ÜRÜN UZAYI VE LİTERATÜR

2.1. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık ve Ülkelerin Ekonomik Kompleksite/ Karmaşıklık Düzeyleri.....	66
2.2. Ürün Kompleksite/Karmaşıklık ve Ürünlerin Kompleksite/Karmaşıklık Düzeyleri...	75
2.3. Ürün Uzayı.....	77
2.4. Literatür.....	81
2.4.1. Endüstri 4.0 İle İlgili Literatür.....	81
2.4.2. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık ve Ürün Kompleksite/Karmaşıklık ile İlgili Literatür	88
2.4.3. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık İndeksiyle Yapılan Panel Veri Analiziyle İlgili Literatür	103
2.4.4. Kompleks/Karmaşık(Sosyal) Ağ Analiziyle İlgili Literatür	105

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ANALİZ VE BULGULAR

3.1. Kompleks/Karmaşık(Sosyal) Ağ Analizi	110
3.1.1. Aratırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yöntemi	112
3.1.2. Kompleks Ağ Analizine Dair Bulgular	114
3.2. Panel Veri Analizi.....	165
3.2.1. Araştırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yöntemi.....	165
3.2.2. Seçilmiş Ülkeler(SÜ) Ve Seçilmiş Bağımlı Değişkenler İçin Modeller	166
3.2.3. Varsayımların Testi	167
3.2.4. Modeller İçin Elde Edilen Tahmin Sonuçları ve Yorumlar	174

3.2.4.1.	Model 1 İçin Tahminler ve Yorumlar	174
3.2.4.2.	Model 2 İçin Tahminler ve Yorumlar	175
3.2.4.3.	Model 3 İçin Tahminler ve Yorumlar	175
3.2.4.4.	Model 5 İçin Tahminler ve Yorumlar	176
3.2.4.5.	Model 6 İçin Tahminler ve Yorumlar	177
3.2.4.6.	Model 7 İçin Tahminler ve Yorumlar	177
SONUÇ		179
KAYNAKÇA.....		195
ÖZGEÇMİŞ		216



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Sanayi Devrimleri ve Ağ İlişkisi (Üretim Ağları).....	9
Şekil 1.2 Hazırlık Tanı Modeli Taslağı	38
Şekil 1.3 Üretimi Etkileyen Faktörleri Ölçen Kavramlar	40
Şekil 2.1 Ürün Uzayı Görseli Temsili.	79
Şekil 3.1 1996 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	114
Şekil 3.2 2000 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	115
Şekil 3.3 2010 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	116
Şekil 3.4 2013 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	116
Şekil 3.5 2018 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	117
Şekil 3.6 2019 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	118
Şekil 3.7 2020 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	119
Şekil 3.8 2021 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	120
Şekil 3.9 2022 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi.....	120
Şekil 3.10 1996 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	121
Şekil 3.11 2000 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	122
Şekil 3.12 2010 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	122
Şekil 3.13 2013 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	123
Şekil 3.14 2018 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	124
Şekil 3.15 2019 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	124
Şekil 3.16 2020 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	125
Şekil 3.17 2021 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	126
Şekil 3.18 2022 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi	126

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 2006 İle 2011 Yılları Arasında Sanayi Malı Satış Gelirlerindeki Değişim(Milyar \$)	8
Tablo 1.2 Dünya Siber Güvenlik Endeksi En Yüksek İlk 39 Ülke.	19
Tablo 1.3. Seçilmiş ülkeler 2022 yılı GCI, GDCl, Bilimsel Yayınlar indeksi, E-Devlet İndeksi, ARGE harcamaları.	29
Tablo 1.4. Seçilmiş ülkeler 2022 yılı GCI, GDCl, Bilimsel Yayınlar indeksi, E-Devlet İndeksi, ARGE harcamaları.	31
Tablo 1.5. Ülkelere Göre Akıllı Şehir Sıralaması İlk Kırk Ülke ve Şehir.	35
Tablo 1.6. 2018 Yılı Üretimin Yapısında Öncü Ülkeler ve Adıkları Skorlar.	39
Tablo 1.7. Üretimin İtici Güçleri ve Alt Bileşenlerinde Öncü Ülkeler ve Aldıkları Skorlar ...	41
Tablo 1.8. 2023 yılı Forbes 2000'in İlk 100 Arasında Yer Alan Firma, Sekör, Marka Değeri ve Ülke.	42
Tablo 1.9. 2023 yılı Ülkelere Göre Bilim ve Teknoloji Kümelenmeleri (ilk 30 ülke).	45
Tablo 1.10 2011-2022 yılları Arası Seçilmiş Ülkelerin İhracatları (Milyar \$).	63
Tablo 1.11 2011-2022 yılları Arası Seçilmiş Ülkelerin İthalatları (Milyar \$).	64
Tablo 2.1. 2000 Yılı Ekonomik kompleksite/karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.	71
Tablo 2.2. 2010 Yılı Ekonomik kompleksite/karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.	72
Tablo 2.3. 2021 Yılı Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.	74
Tablo 2.4. Ürün Kompleksite/Karmaşıklığı Yüksek İlk 10 Ürün ve Endeksi.	76
Tablo 2.5. Ürün Kompleksite/Karmaşıklığı Düşük Son 10 Ürün ve Endeksi.	77
Tablo 3.1. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Nadir Elementler Küresel İhracat Ağı Eigen vektör Analizi Sonuçları	129
Tablo 3.2. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Endüstriyel Robot Küresel İhracat Ağı Eigen vektör Analizi Sonuçları	131
Tablo 3.3. 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Merkezilik (in Degree-out Degree) Analizi Sonuçları	135
Tablo 3.4. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Merkezilik (in Degree-out Degree) Analizi Sonuçları	137

Tablo 3.5. Sırasıyla 1995, 2000, 2010, 2013 ve 2018 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları	139
Tablo 3.6. Sırasıyla 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları	140
Tablo 3.7. Sırasıyla 1996, 2000, 2010, 2013 ve 2018 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları	142
Tablo 3.8. Sırasıyla 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları	144
Tablo 3.9. 1996, 2000, 2010 ve 2013 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	145
Tablo 3.10. 2018, 2019, 2020 ve 2021 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	147
Tablo 3.11. 2022 yılı Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	149
Tablo 3.12. 1996, 2000, 2010 ve 2013 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	151
Tablo 3.13. 2018, 2019, 2020 ve 2021 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	153
Tablo 3.14. 2022 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları	155
Tablo 3.15. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Elementler İhracatı Çekirdek ve Çevre Ülkeler Analizi Sonuçları.	156
Tablo 3.16. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Çekirdek ve Çevre Ülkeler Analizi Sonuçları.....	157
Tablo 3.17. Panel Veri Analizinde Kullanılan Değişkenler.	165
Tablo 3.18. Panel Veri Analizinde Kullanılan BDeğişkenlerin Kısaltmaları.....	166
Tablo 3.19. Korelasyon Matrisi Tablosu	167
Tablo 3.20. VIF Testi Sonuçları Tablosu	168
Tablo 3.21. EKİTİC, EKİTEK, EKİARŞ, İHRB, İTAB, İH/GSYİH ve İT/GSYİH Bağımlı Değişkenleri İçin Breusch-Pagan (LM) and F Testi Çıktı Sonuçları	168
Tablo 3.22. Her Bir Regresyon Modeli İçin Hausman Testi Sonuçları	169
Tablo 3.23. Bütün Modeller İçin Varsayımların (Heteroskedasite, Otokorelasyon Ve Birimler Arası Korelasyon) Testi Sonuçları	170
Tablo 3.24. Modellere Göre Varsayımların Testi Sonuçları Özeti.....	173
Tablo 3.25. Model 1 İHRB İçin Tahmin Çıktısı	174
Tablo 3.26. Model 2 İTAB İçin Tahmin Çıktısı.....	175

Tablo 3.27. Model 3 İH/GSYİH İçin Tahmin Çıktısı.....	175
Tablo 3.28. Model 5 EKİTİC Tahmin Çıktısı.	176
Tablo 3.29. Model 6 EKİTEK Tahmin Çıktısı.....	177
Tablo 3.30. Model 7 EKİARŞ İçin Tahmin Çıktısı.....	177



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1 2015-2022 Arası Gerçekleşmiş ve 2023-2024 Tahmini Dünya Çapında Genel Bulut Uygulama Hizmetleri/Hizmet Olarak Yazılım (Saas) Son Kullanıcı Harcamaları.	12
Grafik 1.2 2004-2021 Dönemi Yapay Zeka, Makine Öğrenme ve Büyük Veriye Gösterilen İlgi.	15
Grafik 1.3 Büyük Veriye 2004-2017 Döneminde Gösterilen İlgi Değişimi	17
Grafik 1.4 2019-2022 Gerçekleşmiş, 2023-2030 Tahmini Dünya Siber Güvenlik Pazarının Büyüklüğü.	18
Grafik 1.5 2019'dan 2023'e Dünya Çapında Nesnelerin İnterneti (Iot) Bağlantılı Cihaz Sayısı (Milyar) 2022'den 2030'a Kadar Olan Tahmini.	21
Grafik 1.6 2019'dan 2022 Yılı Gerçekleşmiş 2023-2024 Tahmini Kadar Dünya Çapında Mobil Artırılmış Gerçeklik (Ar) Aktif Kullanıcı Cihazlarının Sayısı (Milyar).....	22
Grafik 1.7 2021-2022 Dönemi Gerçekleşmiş 2023-2026 Dönemi Tahmini Dünya Çapında Mobil Artırılmış Gerçeklik (Ar) Pazarı Geliri (Milyar \$).	23
Grafik 1.8 2011-2012 Dönemi Dünya Yıllık Endüstriyel Robot Kurulumu (1000 birim)	24
Grafik 1.9 2020 ve 2025 Dönemi Sektöre Göre Küresel Dijital İkiz Pazar Büyüklüğü.	28
Grafik 1.10 Yıllık Endüstriyel Robot Kurulumunda İlk 15 Ülke.....	33
Grafik 1.11 Güney Kore 2018-2023 Dönemi Sektörlere Göre ve Toplamsal Olarak Çıktıdaki Büyüme (Milyar \$).	58
Grafik 3.1 Dünya Para Arzı Gelişimi (1960-2020).....	127

KISALTMALAR LİSTESİ

AaaS	: Analytics as a Service
AB	: Avrupa Birliği
AI	: Artificial Intelligence
AIRI	: Artificial Intelligence Research Institute
ARGE	: Araştırma Geliştirme
BT	: Bilim Teknoloji
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BİTH	: BİT Ürün İhracatının Toplam Ürün İhracatı İçindeki Payı
BİTT	: BİT Ürün İthalatının Toplam Ürün İthalatı İçindeki Payı
BRI	: Belt and Road Initiative
BRICS	: Brazil, Russia, India, China and South Africa
Bİ	: Bilim, Teknoloji ve Bilgi
COMESA	: Common Market for Eastern and Southern Africa
ECI	: Economic Complexity Index
EKİ	: Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık İndeksi
EKİTEK	: Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji Endeksi
EKİTİC	: Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret Endeksi
EKİARŞ	: Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma Endeksi
ERP	: Enterprise Resource Planning
EPO	: The European Patent Office
FAO	: Food and Agricultural Organization
FGI	: Financial Globalization Index
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
HITS	: Hyperlink Induced Topic Search
IMF	: International Monetary Fund
İHRB	: İhracattaki Yüzde Büyüme
İH/GSYİH	: İhracatın Yurtiçi Hasıladaki Payı
İTAB	: İthalattaki Yüzde Büyüme
İT/GSYİH	: İthalatın Yurtiçi Hasıladaki Payı
IoT	: Internet of the things
IIOT	: Industrial internet of the thing

IT	: Information Technology
G20	: Group of 20
KCEP	: Kişi Başı Cep Telefonu Kullanımı
KCRB	: Kişi Başı Karbondiyoksit Salınımı
KİNT	: Kişi Başı İnternet Kullanımı
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OLS	: Ordinary Least Squares
PatCI	: Patent Complexity Index
PaaS	: Platform as a Service
PCI	: Product Complexity Index
PVAR	: Panel Vektör Otoregresyon
RCA	: Relative Comparative Advantages
ROB	: Endüstriyel Robotlar
SaaS	: Software as a Service
SAGP	: Satın Alma Gücü Paritesi
SSA	: Sahra Altı Afrikası
IaaS	: Infrastructure as a Service
SNA	: Social Network Analysis
SSA	: Sub-Saharan Africa
SÜ	: Seçilmiş Ülkeler
THCI	: Triple Helix Complexity
TTWAs	: Travel to Work Areas
UNTAC	: United Nations Transitional Authority in Cambodia
UN Comtrade	: United Nations Commodity Trade Statistics Database
VIF	: Variance Inflation Factor

ÖZET

Endüstri devrimleri bir öncekinin daha gelişmiş versiyonu olarak gelişim göstermiştir. Buhar ve su gücünden elektriğin sanayide kullanılmaya başlanmasına geçiş, buradan da yarı iletkenler, kişisel bilgisayarlar, ana bilgisayarlar ve dijital dönüşüme geçiş ve son devrim Endüstri 4.0'da ise yapay zeka, IoT(Internet of the Things), bulut bilişim ve siber güvenlik gibi kavramlarla iç içe olma sürecidir. Ülkeler endüstri 4.0 üretim modeliyle birlikte üretim ve ticarete dönüşümler yaşamaya ve ekonomik yapılarında daha kompleks/karmaşık bir yapıya doğru evrilmeye başlamıştır. Bu çalışmada G20 ve OECD'den seçilmiş ülkeler bağlamında Endüstri 4.0'ın ülkelerin uluslararası ticaret performanslarına ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeylerine etkisinin olup olmadığı 2003-2019 yılları arasındaki veriler kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca kompleks ağ analizi yardımıyla düşük kompleksite/karmaşık yapıda bir ürün olan nadir elementler ve yüksek kompleksite/karmaşık yapıda bir ürün olan endüstriyel robotlar belirlenen ülkeler bağlamında 1986, 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yılları için ağ haritaları çıkartılıp ağların yapılarında meydana gelen değişimler ve ego ağ, hub ve otorite, öz vektör merkeziliği, çekirdek ve çevre ülkeler gibi istatistiki çıktıların belirlenmiş araştırma soruları çerçevesinde açıklanması amaçlanmıştır. Ayrıca her iki ürün açısından da öne çıkan ülkelerin benzeşip benzeşmediğini tespit etmek amaçlanmıştır.

Bu bağlamda Endüstri 4.0 göstergesi olarak 5 bağımsız değişkene yer verilmiştir. Bağımlı değişkenler olarak Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklığın üç farklı indeksi (Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret İndeksi, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji İndeksi ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma İndeksi) ve dış ticaret performansı için (İhracattaki büyüme(yüzde), İthalattaki büyüme(yüzde), İhracatın GSYİH oranı ve İthalatın GSYİH oranı) seçilmiştir. Böylece Endüstri 4.0, Ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve dış ticaret performanslarına yönelik politik yapıcılara önerilerde bulunulması amaçlanmıştır. Buna göre BİT ihracatı, ihracattaki yüzde büyümeyi, ithalattaki yüzde büyümeyi pozitif yönde, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret Endeksini ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji Endeksini negatif yönde etkilediği görülmüştür. BİT ithalatı ihracatın GSYİH içindeki payını negatif yönlü, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret Endeksini ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji Endeksini pozitif yönlü etkilediği görülmüştür. İnternet kullanımı ihracattaki büyümeyi, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret Endeksini ve Ekonomik

Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji Endeksini pozitif yönlü etkilediği görülmüştür. Cep telefonu kullanımı ihracatın GSYİH içindeki payını negatif yönde etkilediği görülmüştür. Karbondiyoksit salınımı ihracatın GSYİH içindeki payını negatif yönlü, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret Endeksini pozitif ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji endeksini pozitif yönde etkilediği görülmüştür.

Kompleks ağ analizine göre nadir elementler ticaret ağı kompleks yapıya doğru evrildiği, bağlantı kuramayan ülke sayılarının giderek azaldığı görülmüştür. Endüstriyel robotlar ticaret ağı çok kompleks yapısını tüm dönemlerde korumuş ve bağlantı kuramayan ülke sayısının giderek azaldığı görülmüştür. Her iki ağ içinde olumsuz ve olumlu dönemlerde ego ağ, hub ve otorite, öz vektör merkeziliği ve çekirdek ve çevre ülkeler gibi istatistiki değerlerde artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Ayrıca her iki ürün için öne çıkan ülkelerin benzeştikleri ve bu ülkelerin büyük çoğunluğunun G20 ve OECD ülkelerinden oluştuğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Ekonomik Kompleksite, Dış Ticaret Performansı, Nadir Elementler, Endüstriyel Robotlar.

ABSTRACT

EFFECTS OF INDUSTRY 4.0 ON ECONOMIC COMPLEXITY AND FOREIGN TRADE PERFORMANCE: SELECTED COUNTRIES FROM G20 AND OECD

Industrial revolutions have developed as more advanced versions of the previous one. The transition from steam and water power to the use of electricity in industry, from there to semiconductors, personal computers, mainframe computers and digital transformation, and the last revolution, Industry 4.0, with concepts such as artificial intelligence, IoT (Internet of the Things), cloud computing and cyber security. It is a process of intertwining. Countries have begun to experience transformations in production and trade with the Industry 4.0 production model and to evolve towards a more complex structure in their economic structures. In this study, it is aimed to examine whether Industry 4.0 has an impact on the international trade performance and economic complexity levels of countries in the context of selected countries from the G20 and OECD, using data between 2003 and 2019.

In addition, with the help of complex network analysis, rare elements, which are low complexity products, and industrial robots, which are high complexity products, were determined for the years 1986, 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 and 2022 in the context of the specified countries. It is aimed to create network maps and explain the changes in the structures of the networks and statistical outputs such as ego network, hub and authority, self-vector centrality, core and peripheral countries within the framework of the determined research questions. In addition, it was aimed to determine whether the prominent countries are similar in terms of both products.

In this context, 5 independent variables are included as Industry 4.0 indicators. As dependent variables, three different indexes of Economic Complexity/Complexity (Economic Complexity/Complexity Trade Index, Economic Complexity/Complexity Technology Index and Economic Complexity/Complexity Research Index) and for foreign trade performance (Growth in Exports (percent), Growth in Imports (percent), Exports to GDP ratio and Imports to GDP ratio) were selected. Thus, it is aimed to make suggestions to policy makers regarding Industry 4.0, Economic complexity and foreign trade performances. Accordingly, it has been observed that ICT exports positively affect the percentage growth in exports, the percentage growth in imports, and negatively affect the Economic Complexity/Complexity Trade Index and Economic Complexity/Complexity Technology Index. It has been observed that ICT imports negatively affect the share of exports in GDP and positively affect the Economic Complexity/Complexity Trade Index and Economic Complexity/Complexity Technology

Index. It has been observed that internet use positively affects export growth, Economic Complexity/Complexity Trade Index and Economic Complexity/Complexity Technology Index. It has been observed that mobile phone use negatively affects the share of exports in GDP. It has been observed that carbon dioxide emissions negatively affect the share of exports in GDP, positively affect the Economic Complexity/Complexity Trade Index and positively affect the Economic Complexity/Complexity Technology index.

According to the complex network analysis, it has been observed that the rare earths trade network is evolving towards a complex structure and the number of countries that cannot establish connections is gradually decreasing. The industrial robots trade network has maintained its very complex structure throughout all periods, and it has been observed that the number of countries that cannot establish a connection is gradually decreasing. In both networks, increases and decreases were detected in statistical values such as ego network, hub and authority, eigenvector centrality and core and periphery countries in negative and positive periods. In addition, it has been observed that the countries that stand out for both products are similar and the majority of these countries consist of G20 and OECD countries.

Keywords: Industry 4.0, Economic Complexity, Foreign Trade Performance, Rare Elements, Industrial Robots.

GİRİŞ

Her endüstri devrimi ortaya çıktığı dönemin özellikleri ve potansiyelleri çerçevesinde gelişim göstermiştir. Her devrim bir diğerinin daha gelişmiş hali olup farklı özelliklere sahip ve her devrim de bir önceki icatların yanında daha yeni ya da optimize icatlar ortaya çıkmıştır. Endüstri 1.0 buhar ve su gücü, Endüstri 2.0 elektriğin sanayide kullanılmaya başlanması, Endüstri 3.0 yarı iletkenler, ana bilgisayarlar, kişisel bilgisayarlar ve dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 ise yüksek teknolojiyle donatılmış bir üretimle nitelendirilmiştir. Bütün dönemlerin ortak özellikleri ise birisinden diğerine geçerken bilim ve teknolojiye yaşanan ilerlemeler ve bilginin yayılma hızının artmış olmasından dolayı zamanın kısalması ve üretimde insana olan ihtiyacın giderek azalmasıdır.

Endüstri devrimleri kendi dönemlerindeki üretim ve ticarete büyük dönüşümler yaşatmıştır. Örneğin Birinci ve İkinci endüstri dönemlerinde merkezî bir üretim ağı varken, Üçüncü endüstri döneminde tek merkezli olmayan bir üretim ağı yapısı ve Dördüncü endüstri döneminde ise dağıtılmış bir üretim ağı yapısı oluşmuştur. Buna iyi adapte olan gerekli alt ve üst yapıya ve nitelikli iş gücüne sahip ülkeler büyük avantajlar elde etmişlerdir. Ülkeler sahip oldukları potansiyeller çerçevesinde rekabet üstünlüğü sağlayıp karşılaştırmalı üstünlükler elde etmiş ya da sahip olduğu karşılaştırmalı üstünlüğü daha da geliştirmişlerdir. Böylece kişi başı geliri yüksek ülkeler kategorisinde yer alıp daha kompleks/karmaşık yapıda ekonomilere sahip olmuşlardır.

Günümüzün en önemli olgularından olan Endüstri 4.0 ilk olarak 2011 yılında Almanya Hannover Fuarında bir kavram olarak literatüre girmiştir. Bu yeni kavram ülkelerin maliyet minimizasyonu odağında daha etkin ve etkili üretim yapma, dışa açılan uluslararası üretim üstlerini ana ülkelere geri getirmeyi hedefleyen bir stratejidir. Böylece üretimde insan yerine daha fazla robotlarla üretim yapılacak ve iş gücü maliyeti minimize edilip daha standart bir üretim yapılacak ve yazılımsal bir buluş olduğunda ise gizliliğini koruyabilecektir. Bu yeni devrimin ana bileşenleri ise IoT, yapay zekâ, 3D yazıcılar, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, biyoteknoloji, nanoteknoloji, siber güvenlikten oluşmaktadır.

Endüstri 4.0 diğer devrimlerde olduğu gibi henüz birçok ülke açısından çok yeni bir olgudur. Gelişmiş ülkeler buna adapte olabilmek için daha hızlı aksiyonlar alabilmekte ve bu doğrultuda bütünsel stratejiler belirleyip ve bu stratejik hedefler için kaynaklar sağlamaktadırlar. Önceki devrimlerde birçok ülke yüzde yüze yakın adaptasyon sağlarken birçoğunda da bu oran daha az olmuştur. Nitekim Dördüncü devrim içinde henüz oranlar

düşüktür. OECD araç seti (digital toolkit) 2022 raporunu ülkelerin dijitalleşmedeki ilerlemelerini değerlendirmelerine ve bunu ilerletmek için etkili politikalar tasarlamlarına yol göstermeyi amaçlamak için yayınlamıştır.

Ülkeler ve üretimi gerçekleştiren firmaları Endüstri 4.0 olgusuna adapte olmaya başladıkça endüstri 4.0'ın bileşenlerinin de kullanımları artmaya başlamıştır. Günümüzde artık IoT, yapay zeka, siber güvenlik ve bulut bilişim gibi hizmetler daha çok gündeme gelen ve kullanılan hizmetlerindendir. Birçok istatistiki rakamlara göre çok fazla aranan kelimeler grubunda yer almakta ya da ticari alanda yeni ve değerli ürün yada hizmetler şeklinde piyasa sürülmektedir. Nitekim Forbes 2024 raporuna göre dünyanın en büyük ilk 5 firması teknoloji kategorisinde yer almakta ve yapay zeka, IoT, bulut bilişim, siber güvenlik en çok bu firmalar tarafından üretilmekte, kullanılmakta ve piyasa sürülmektedir. Özellikle Google, Apple ve Microsoft gibi firmaların yaptıkları yazılım bazlı ürünler hem devletler hem de firmalar tarafından talep edilmektedir.

Ülkelerin Endüstri 4.0 üretim tarzına geçmeleri sahip oldukları firmalarda vücut bulmaktadır. Nitekim birçok gelişmiş ülkenin lokomotif firmaları bu geçişe başlamış ve belirli dönüşümler sağlamıştır. Avrupa Birliği ve ABD, Çin, Japonya, Güney Kore, Almanya, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerin büyük firmalarının üretimde Endüstri 4.0 modellerine geçmeye başladıkları görülmüştür. Bu durum ise birçok firma için bu firmaların geçişi nasıl uyguladıklarını görmeleri ve kendi firmaları için de uygulayabilmeleri açısından bir fırsat haline gelmektedir.

Bir ekonominin yapısının kompleks/karmaşık olması sofistike ürün üretip ihraç edebilme yeteneğine bağlıdır. Bu ise doğrudan nitelikli işgücü ve teknolojik donanım ile ilişkilidir. Bir sofistike ürün ne kadar az ülke tarafından üretiliyorsa o ürünü üretebilme yeteneğine sahip ülkenin ekonomisi de o kadar kompleks/karmaşık yapıdadır. Ürünler düşük kompleksite/karmaşıklık yada yüksek kompleksite/karmaşıklık olarak ayrılmaktadır. Topraktan çıkan ham halde bulunan yada tarımsal ürünler düşük kompleksite/karmaşıklık, sofistike yani teknoloji yoğun ürünler ise yüksek kompleksite/karmaşıklığa sahip ürünler olarak kategorize edilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin ekonomik kompleksitesi/karmaşıklık indeksleri de bu ürünlerle doğrudan ilişkidir.

OECD öncesinde tek bir indeks olan Ekonomik Kompleksitesi/Karmaşıklık indeksinde güncelleme yaparak 2023 yılı itibariyle Ekonomik Kompleksitesi/Karmaşıklık Ticaret İndeksi, Ekonomik Kompleksitesi/Karmaşıklık Teknoloji İndeksi ve Ekonomik Kompleksitesi/Karmaşıklık Araştırma İndeksi olarak üç farklı kategoriye ayrıldı. Buna göre 2010 yılında EKİ Ticaret indeksinde Japonya, EKİ Teknoloji indeksinde Finlandiya ve EKİ

Araştırma indeksinde ABD ilk sırada yer almıştır. On yıl sonra 2010 yılında EKİ Ticaret indeksinde Japonya, EKİ Teknoloji indeksinde Çin ve EKİ Araştırma indeksinde ABD yer almıştır. 2021 yılında ise EKİ Ticaret indeksinde Japonya, EKİ Teknoloji indeksinde İsveç ve EKİ Araştırma indeksinde ABD ilk sırada yer almıştır. Günümüzün en kompleks/karmaşık ilk yirmi ülkesi Japonya, İsviçre, Çin, Güney Kore, Almanya, Singapur, Çekya, İsveç, Avustralya, ABD, İngiltere, Slovenya, Finlandiya, Macaristan, Fransa, Slovakya, İrlanda, Belçika, İtalya ve İsrail olarak sıralanmıştır. İlk yirmi teknolojik ülkesi İsveç, Almanya, Avusturya, Finlandiya, İtalya, Norveç, Fransa, Türkiye, İspanya, İsviçre, Kanada, Brezilya, Avustralya, İngiltere, Belçika, Hollanda, Rusya, Çekya, Danimarka, Polonya şeklinde sıralanmıştır. İlk yirmi bilimsel araştırma ülkesi ABD, İngiltere, Kanada, Avustralya, Hollanda, İsviçre, Almanya, Belçika, İsrail, İtalya, Fransa, İspanya, Norveç, Danimarka, Yeni Zelanda, Finlandiya, İrlanda, Avustralya ve Brezilya olarak sıralanmıştır. Bu kategorilerdeki ülkelerin büyük çoğunluğunun G20 ve OECD ülkeleri olması dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada öncelikle iki farklı ürün, düşük kompleks/karmaşık yapıda olan nadir elementler ve yüksek kompleks/karmaşık yapıda olan endüstriyel robotlar ticaretinin belirli dönemler için ihracat ağırları görselleştirilmiş, istatistiki çıktılar belirlenmiş araştırma soruları bağlamında açıklanmıştır. Burada öne çıkan ülkelerin büyük çoğunluğunun iki ürün kategorisinde de benzeştiği ve büyük çoğunluğunun G20 ve OECD ülkelerinden oluştuğu görülmüştür. İkinci olarak panel veri analiziyle G20 ve OECD ülkelerinden oluşan seçilmiş ülkeler bağlamında Endüstri 4.0'ın EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma endekslerine olan etkisi ve Endüstri 4.0'ın dış ticaret performansına olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ DÖNEMLERİ, ENDÜSTRİ 4.0 TEMEL TEKNOLOJİLERİ, ÜLKELERİN ENDÜSTRİ 4.0 POTANSİYELLERİ VE ÜLKELERİN DIŞ TİCARET İSTATİSTİKLERİ

1.1. Birinci Endüstri Dönemi

Birinci sanayi devrimi Britanya’da 18. Yüzyılın ortalarında sanayide buhar ve su gücünün kullanılmasıyla başlamıştır. Böylece ilk kez insanlık tarihinde kas gücünün yerini makineler almış ve makineleşmeyle küçük işletmelerden fabrikalara üretim transferi olmuştur (Eba, 2023).

1712 yılında Thomas Newcomen yeni bir tür buhar makinesi geliştirerek makinenin pistonu bir zincir yardımıyla bir kaldıracı, kaldıracı da su tulumasına bağlamıştır. Böylece piston silindirin en üst noktasında iken silindirin içine gönderilen soğuk su buharı yoğunlaşıyor ve burada oluşan atmosferik basınç pistona aşağıya yönlü kuvvet uyguladığında suyun madenden yükselmesi sağlanıyordu. James Watt ise 1764 yılında bozulan makinelerinden birini onarımı yaparak biri sürekli sıcak, diğeri ise soğuk tutan iki odalı ve supaplı hale getirmiştir. 1781’de ise yeni mekanik aksamı ekleyerek geliştirmesiyle sanayide uygulanabilir hale gelmiş, böylece dokuma tezgâhlarında 1700’lerin son bölümünde kullanılmaya başlanarak üretimde birbiriyle bütünleşmiş bir düzene geçilmiştir. Bu yeni sistem birinci sanayi devrimi olarak kabul edilmiştir. İlk olarak tekstil ardından kimya sanayi ve diğer sanayi dallarına doğru çeşitlenme yaşamıştır. Ayrıca bu dönemde demiryolu ağının yaygınlaşmış olması birinci sanayi devriminin yaygınlaşmasına olumlu katkı yapmış elde edilen ürünlerin demiryolu ağlarıyla tüketim bölgelerine taşınmasına imkan tanımıştır (Eğilmez, 2017).

Sanayi devrimlerinin özellikleri teknolojik, sosyoekonomik ve kültürel şeklinde sıralanmaktadır. Teknolojik değişiklikler (1)demir ve çelik gibi yeni temel malzemelerin kullanımı, (2) kömür, buhar makinesi, elektrik, petrol gibi hem yakıtları hem de itici gücü içeren yeni enerji kaynaklarının kullanımı, (3) içten yanmalı motorlarla daha az insan enerjisi harcayarak daha fazla üretime izin veren iplik makinası ve elektrikli dokuma tezgahı gibi yeni makinelerin icadı, (4) fabrika olarak bilinen yeni bir iş organizasyonu, (5) buharlı lokomotif ve gemi, uçak, otomobil, telgraf ve radyo gibi ulaşım ve iletişimdeki önemli gelişmeler ve (6) bilimin sanayiye artan şekilde uygulanması şeklinde özetlenebilir. Böylece birinci sanayi devriminin barındırdığı özelliklere göre doğal kaynakların kullanımı artmış ve mamul malların seri üretimi gerçekleşmiştir (Britannica, 2023a).

Üretimin yapısındaki bu köklü değişim kısa sürede tüm Avrupa'ya ve ABD'ye yayılmış böylece ekonomi ve toplumsal yapı büyük ölçüde değişmiştir. Bu ise ortalama yaşam süresinde uzama ve nüfusta artışlar meydana getirmiştir. Ayrıca gündelik yaşamı pratikleştirerek yaşam kalitesini arttırmıştır (Ege Bölgesi Sanayi Odası, 2015: 4).

Kısaca 1770 ile 1830 arasındaki ilk sanayi devrimi, buhar makinesinin, demiryollarının, buharlı gemilerin ve mekanize pamuk eğirme ve dokumanın gelişine tanık olmuştur (Gordon, 2016: 33).

Greasley ve Oxley (1998) ekonometrik analiz bulgusuna göre İngiliz sanayi devriminin kökenlerinin iç pazarda olduğunu, birinci sanayi devriminde ihracatın sanayileşmeye etkisinin olmadığını tam tersi ithalat ve ihracatın tek yönlü olarak endüstriyel üretimden kaynaklandığını, reel ücretlerin endüstriyel üretimi etkilediğini, endüstriyel üretim ile nüfus arasında çift yönlü nedenselliğin olduğunu tespit etmiştir. Dolayısıyla bu dönemde üretim genel olarak iç pazar için yapılmaktaydı sonucuna ulaşmıştır (Greasley ve Oxley, 1998).

O'rourke ve Williamson (2005) kıtalararası ticaret olasılığı olmasaydı, endüstriyel üretkenliğin sanayi devrimi sırasında gerçekte olduğundan daha az artacağını ticaretin belki birinci sanayi devrimini başlatmamış olabileceğini ancak destekleyici rol oynadığını ayrıca kıtalar arası ticaretin 1500 ile 1800 yılları arasında yılda yaklaşık %1 büyüdüğünü, Napolyon Savaşlarının sona ermesinden bu yana yılda yaklaşık %3,5 büyüdüğünü tespit etmiştir (O'rourke ve Williamson, 2005: 20-30).

1.2. İkinci Endüstri Dönemi

Endüstri 2.0. dönemi 19.yüzyılın ikinci yarısından sonra başlayıp ve Birinci Dünya savaşına kadar geçen sürede zarfında sanayi ve toplumsal alanda meydana gelen değişim ve dönüşümlerdir. Bu dönemde kitlesel üretim elektriğin sanayide kullanmaya başlanmasıyla başlamıştır. Ayrıca bu dönemde öne çıkan diğer bir gelişme ise Amerikan otomobil üreticisi Henry Ford'un özellikle 1900 yılların başlarındaki girişimleriyle otomotivde seri üretime geçmesidir (Eba, 2023).

Bu dönemde temel malzemeler açısından daha hafif metaller, nadir topraklar, yeni alaşımlar ve plastik gibi sentetik ürünler ve yeni enerji kaynakları gibi modern endüstride şimdiye kadar kullanılmayan birçok doğal ve sentetik kaynak kullanmaya başlanılmıştır. Bunlarla birleşen makineler, aletler ve bilgisayarlardaki gelişmeler otomatik fabrikaların ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. 19. yüzyılın başlarından ortalarına kadar bazı sanayi bölümleri makineleşmiş olsa da otomatik operasyonlar 20. yüzyılın ikinci yarısında önem

kazanmıştır. Sanayi Devrimi dönemindeki üretim araçlarının oligarşik mülkiyeti, yerini bireyler ve sigorta şirketleri gibi kurumların adi hisse senetleri satın alarak daha geniş bir mülkiyet dağılımına bırakmıştır. 20. yüzyılın ilk yarısında, Avrupa'da birçok ülke ekonomilerinin temel sektörlerini toplumsallaştırmış ve hükümetler daha karmaşık endüstriyel ihtiyaçları karşılamak için sosyal ve ekonomik alana yönelmişlerdir (Britannica, 2023a).

En önemli sanayi devrimi olarak yalnızca elektrik ve içten yanmalı motor değil, aynı zamanda telefon, radyo ve sinema filmleri gibi iletişim ve eğlence cihazları ile kimyasallar plastikler, antibiyotikler ve modern tıbbın araçları da dahil olmak üzere 1870 ile 1940 arasındaki döneme odaklanan icatlarla ikinci sanayi devrimi olarak öne çıktı. İkinci sanayi devrimi, işte ve evde çalışma koşullarındaki radikal iyileştirmeleriyle de dikkat çekmiştir (Gordon, 2016: 33).

Demir yolları ve diğer ulaşım ağlarının da ilerleme göstermesi İkinci sanayi devrimine çok fazla katkı yapmış, bu sayede ulaşım kolaylaşıp ham maddeye erişim ve üretilen ürünlerin yeni pazarlara ulaştırılması eskiye nazaran daha kolay hale gelmiştir. Bu dönemde çelik ve demirin kullanımı artış ve ağır sanayi gelişim gösterip Amerika, Japonya, İngiltere ve Almanya bu dönemin ön plana çıkan ülkeleri olmuştur (Arslan, 2020: 5).

Bu dönemde üretimde uzmanlaşma düzensiz ve eşgüdüksüz şekilde oluşmuş ticarete ise serbest rekabet koşulları yer almış ayrıca tam ya da kısmi tekelleşmelerde olmuştur. Pazarlama nispeten pahalı ve malzeme tedariki her zaman makul fiyatlarla bulunmuyor ve ticaret genelde Amerika, Almanya ve bazı küçük Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, serbest rekabet altında gerçekleşerek başarılı bir süreç geçirmiştir. Genellikle ticarete koruyucu tarifeler uygulanmamış ayrıca ihracat ticareti daha da geliştirmiştir (Jevons, 1931: 15-17).

1.3. Üçüncü Endüstri Dönemi

Üçüncü sanayi devrimi 1960'larda başladı. Bu yıllarda yarıiletkenlerin, ana bilgisayarların, 1970 ve 1980'lerde kişisel bilgisayarların ve 1990'larda ise internetin katalizörlüğünde geliştiğinden genellikle bilgisayar devrimi ya da dijital devrim olarak öne çıkmıştır (Schwab, K. 2017: 16).

Endüstri 3.0 bilişim teknolojileri dönemi olarak da bilinmektedir. İkinci Dünya Savaşı sonrasında elektronik, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler sonucunda, 1970'lerin başlarında sanayide otomasyon ve üretimde dijitalleşme dönemi başlamıştır. Bu süreçte bilgisayarlar, robotik endüstri, nükleer enerji, doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Bilginin en temel unsur olarak kabul edildiği bu dönemde, bilgi artışı ve yayılımı küreselleşme olgusunu doğurmuştur (Eba, 2023).

Üçüncü sanayi devriminin yarattığı ekonomik büyüme, aynı anda hem göz kamaştırıcı hem de hayal kırıklığı yaratmıştır. 1970'ten bu yana yaşanan ilerlemelerin eğlence, iletişim ve bilgi toplama ve işlemeyi içeren dar bir insan faaliyeti alanına kanalize olma eğiliminde olduğunu kabul ettiğimizde anlaşılabilmektedir. Bilgi işleme teknolojisi, ana bilgisayardan ağı bağlı kişisel bilgisayarlara, arama motorlarına ve e-ticarete doğru gelişim göstermiş, iletişim sabit hatlı telefonlara bağımlılıktan giderek daha küçük ve daha akıllı cep telefonlarına doğru evrilmiştir. Ancak insanların önemsendiği yiyecek, giyecek, barınma, ulaşım, sağlık ve evin içinde ve dışında çalışma koşullarındaki ilerleme 1970'ten sonra hem nitelik hem de nicelik olarak yavaşlamıştır (Gordon, 2016: 33).

Bu süreç internetin gelişimini ve onunla birlikte bilgi çağını tetiklemiştir. Önceki devrimlere benzer şekilde, Üçüncü Sanayi Devrimi esas olarak üretim, dağıtım ve enerji faktörlerindeki teknolojik gelişmelerden beslenmiştir. Üçüncü Sanayi Devrimi küreseldir ama aynı zamanda yereldir. Çalışma, üretme ve eğlenme şeklimizi, şehirleri ve bölgeleri planlama ve yönetme şeklimizi temelden değiştiren bir süreçtir. Aynı zamanda üretimin küreselleşmesine ve işlerin yeniden paylaştırılmasına öncülük etmiştir (Roberts, 2015: 2).

ABD iş dünyasının içe dönük, dar görüşlü bakış açısını önemli uluslararası kompleks/karmaşık bir yapıya dönüştürmeye yardımcı olmuş aynı zamanda, yabancı merkezli firmaların yönlerinde daha da büyük bir değişime neden olmuştur (Leighton, 1970: 3).

Endüstri 3.0, BİT, bilgi, savunma, sağlık, eğitim, ileri imalat, finans ve idari sektörler üzerinde büyük etki yaratmıştır. Yeni keşifler, yenilikler ve yeni ürün ve hizmetlerin ticarileşmesi sonucunda bu sektörlerde çok hızlı ilerleme sağlamıştır. Bu dönemdeki önemli bir dönüşüm itici gücü, 3 boyutlu (3D) baskı ve imalat, üretim ve ev hizmetleri için robotiklerdir. Amerika Birleşik Devletleri bu alanda başı çekmiş, 2011'de ABD ve Avrupa Birliği'nde robot satışları %43 arttırmıştır (Roberts, 2015b: 2-3).

1.4. Dördüncü Endüstri Dönemi

Serbestleşen sermaye akımları ve yer değişen üretim Dünya ekonomisinin küreselleşmesinde en açık etmendir. Sermayenin daha çok para kazanabileceği bölgelere kaymaya başlamasıyla, 1980'lerden itibaren ABD ve Avrupa sermayesi üretim merkezlerini ucuz emeğin ve vergi kolaylıklarının olduğu Çin olmak üzere Uzakdoğu ülkeleri gibi yerlere kaydırmıştır. ABD ve Avrupa gibi ülkeler kendi ürünlerini üretmeye başladıkça, Çin ve diğer Uzakdoğu ülkeleri, başkaları için üretim yapmaktan vazgeçip kendi markaları altında üretime yönelmiştir (Eğilmez, 2017).

Tablo 1.1 2006 İle 2011 Yılları Arasında Sanayi Malı Satış Gelirlerindeki Değişim(Milyar \$)

Ülke	2006	2011	Değişim (%)
Euro Bölgesi	550	620	13
ABD	280	280	0
Almanya	190	220	16
Rusya	10	15	50
Çin	170	580	241

Kaynak: (Ersoy, 2016'dan akt, Eğilmez, 2017).

Tablo1.1'de Çin'in sanayi malı üretimindeki büyük gelişimi görülmektedir. Alman hükümetinin Doğu'nun Batı'yı geçtiğini ve aranın hızla açıldığını fark etmesi üzerine 2011 yılındaki Hannover Fuarında üretimin yüksek teknolojiyle donatılmasını, bilgisayarlaşmanın en üst düzeye çıkarılmasını hedefleyen bir yaklaşımı benimsemiş ve Endüstri 4.0 kavram ilk defa literatüre girmiştir (Eğilmez, 2017).

Endüstri 4.0, akıllı sistemler tarafından gerçek zamanlı olarak kontrol edilen, dış çevre ile sürekli etkileşim halinde, tek bir işletme sınırlarının ötesine geçerek, tamamen otomatik dijital üretime geçiştir (Udaltsova, 2020: 1).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, üretim sistemlerinin dijital dönüşümünü tetikleyerek üretim zincirinin her aşamasının dijitalleşmesine ve makina-insan-altyapı etkileşiminin sağlanmasına olanak tanımıştır. Bu süreç, sanayide bir paradigma değişimi yaratarak "Akıllı Üretim Sistemleri"nin geliştirilmesine yol açmıştır. Buhar gücüyle çalışan mekanik sistemlerle başlayan sanayi, yaklaşık 300 yılda siber fiziksel sistemlerin kullanıldığı bir yapıya evrilmiştir (TUBİTAK, 2017: 2).

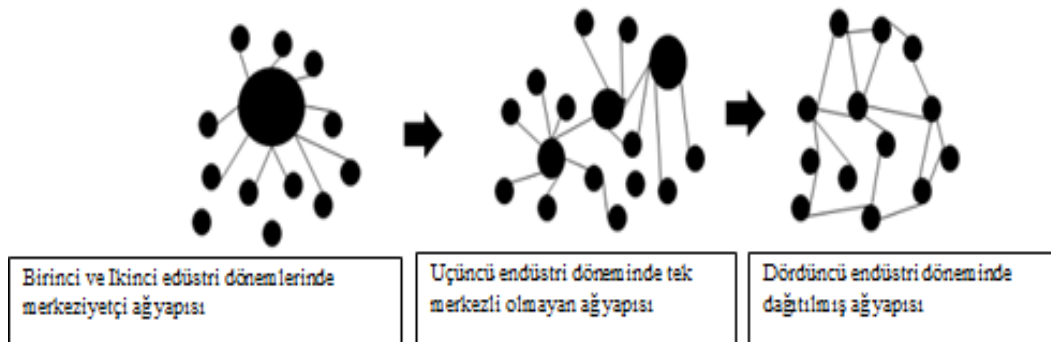
Endüstri 4.0, bulut bilişim ve analitik, yapay zeka ve makine öğrenimi ile nesnelerin interneti (IoT) gibi dijital teknolojilerin üretim tesislerine ve operasyonlarına entegre edilmesi için üretimde meydana gelen dönüşümdür. Dördüncü sanayi devrimi veya üretim 4.0 olarak da adlandırılan Endüstri 4.0, artan otomasyon, öngörücü (proaktif) bakım ve kendi kendini optimize eden süreç iyileştirmeleri gibi gelişmiş verimliliklerle karakterize edilmektedir (Microsoft, 2024).

Endüstri 4.0 terimi viral bir şekilde yayıldı ve şimdilerde anaokullarında bile tüm dünyada Almanya ile ilişkilendirilmektedir. Dünya çapında iş, bilim ve siyasette dikkat çeken ve tanınan bir ihracat başarısı haline gelmiştir. Yüksek teknoloji dünyasında başarılar uzun yıllardan buyana çoğunlukla Kuzey Amerika veya Asya'dan geldikten sonra, bir kez daha Almanya uluslararası düzeyde yenilikçi bir konsept oluşturmayı başardı. Avrupa'yı dünyanın en yenilikçi fabrika tedarikçisi haline getirdi. Dünyanın her yerinde çok sayıda yazılım ve

donanım bileşeninin Avrupa şirketlerinden sağlanan akıllı fabrikalar bulunmaktadır. Önümüzdeki on yılında, Endüstri 4.0'ın ilk on yılında yapılan temel çalışmalarının meyvelerini toplamak için paydaşların sürekli desteği ve uluslararası işbirliğine ihtiyaç vardır. Bu aynı zamanda endüstriyel yapay zeka, en uç bulut hafızaya kadar uç bilgi işlem, fabrikada 5G, ekip robotları, otonom intralojistik sistemleri ve güvenilir veri altyapıları gibi altı temel trendden yararlanmayı da kapsamaktadır (Kagermann ve Wahlster, 2022: 2).

İnsanların, akıllı nesnelerin ve makinelerin ağ oluşturması ve bağlanabilirliği, hizmet odaklı mimarilerin kullanımı ve yeni iş süreçleri oluşturmak için farklı kaynaklardan gelen hizmet ve verilerin bileşimi yeni fırsatlar yaratmaktadır. Endüstri 4.0, insansız fabrikalar demek değildir aksine çalışanlar, karmaşık üretim görevlerinde insanları destekleyen işbirlikçi robotlar (Cobot'lar) ve yazılım araçları (Softbot'lar) tarafından gerçekleştirilen fiziksel ve bilişsel yardım sistemleriyle desteklenmektedir. Endüstri 4.0, veriye dayalı değer yaratmanın, yenilikçi iş modellerinin ve çevik organizasyon biçimlerinin yanı sıra enerji, sağlık ve mobilite gibi alanlarda yeni çözümlerin temelidir (Kagermann ve Wahlster, 2022: 2-3).

Bütün devrimlerin iki ortak özelliği bulunmaktadır. Birincisi devrimler arasındaki sürelerin kısalmasıdır. Örneğin Tarım devrimi ile ilk sanayi devrimi arasında yaklaşık 12 bin yıl süre geçmiş, Endüstri 1.0 ile 2.0 arasındaki süre yaklaşık 80 yıl, Endüstri 2.0 ile 3.0 arasında 120 yıl, Endüstri 3.0 ile 4.0 arasında ise 70 yıldır. İkincisi İnsan emeğine olan ihtiyaç azalmıştır (Eğilmez, 2017).



Şekil 1.1 Sanayi Devrimleri ve Ağ İlişkisi (Üretim Ağları).

Kaynak: Lee vd. 2018.

Endüstri dönemlerine göre üretim ağlarında da değişiklikler olmuştur. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi Birinci ve İkinci endüstri dönemlerinde merkezi bir üretim ağı varken, Üçüncü endüstri döneminde güçlü merkezlerden tek merkezli olmayan (çok merkezli) bir üretim ağına evrilmiştir. Dördüncü endüstri döneminde bu durum merkeziyetçi olmayan dağıtık bir üretim ağına evrilmiştir.

1.5. Endüstri 4.0 ‘ın Temel Teknolojileri

1.5.1. Bulut Bilişim

Bulut teknolojileri, bilgisayar kaynaklarını bir İnternet kullanıcısına çevrimiçi hizmet olarak sağlayan veri işleme teknolojileridir. Bulut kelimesi tüm teknik detayları gizleyen karmaşık bir altyapının metaforu olarak bulunmaktadır. Bulut bilişim kullanıcıya İnternet üzerinden farklı kullanıcı kategorileri için hizmetler ve kişisel depolar şeklinde kaynaklar ve uygulamalar sağlayan bir tür veri işleme teknolojisidir. Kullanıcılar, verilerine erişebilirler ancak bunları kontrol edememektedir (Dilmurodovna, 2022: 1).

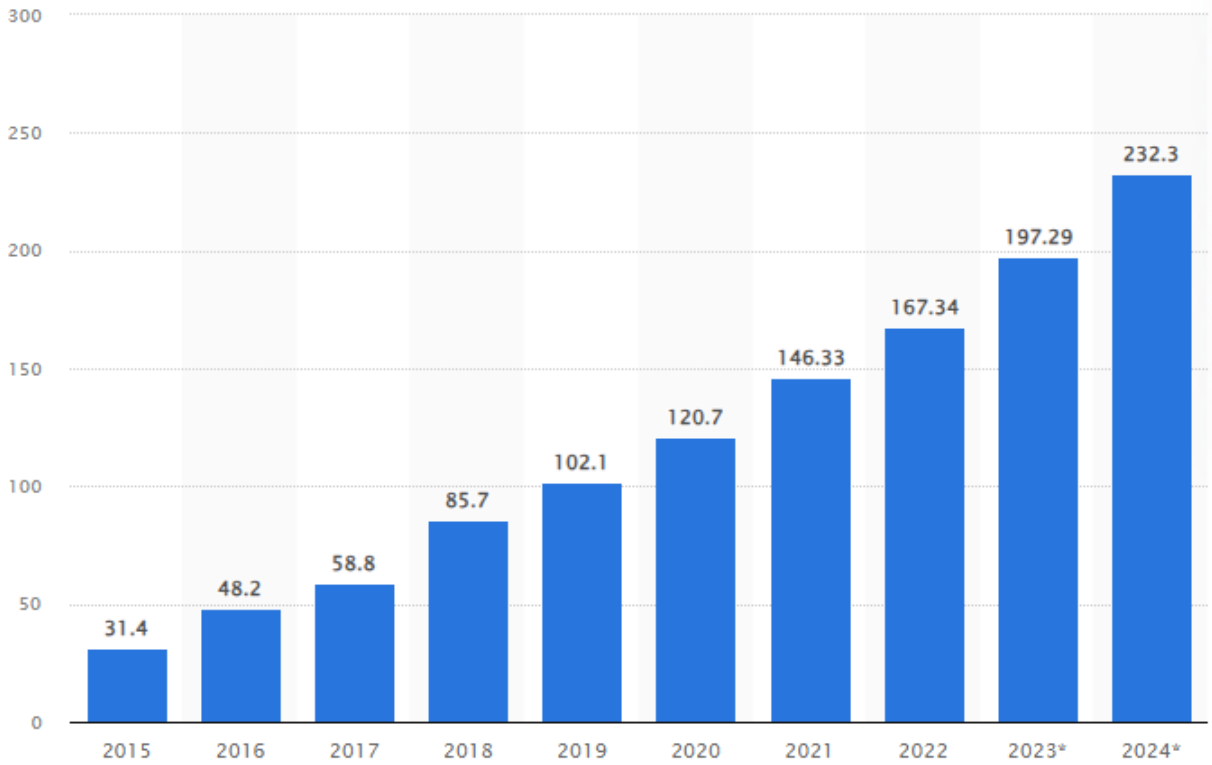
IT hizmetlerinin bir segmenti olarak bulut bilişimin 2022 yılı 400 milyar ABD dolarının üzerinde gelir elde etmesi beklenmiştir. Bulut bilişim, müşteriler için çok sayıda teknolojiye erişim sunarken teknik uzmanlık veya maliyetler gibi giriş engellerini de azaltmaktadır. Bulut bilişim hizmeti pazarı genellikle altyapıyı, platformları ve yazılımı kapsayan üç ana hizmet modeline veya segmentine ayrılmaktadır (Statsita, 2023a).

Bulut (1) Özel Bulut, (2) Genel Bulut, (3) Hibrit Bulut, (4) Klan Bulut olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır. Özel bulut birden fazla müşteriye içeren tek bir kuruluş tarafından kullanılan bir altyapıdır. Özel bulut, kuruluşun kendisi tarafından yönetilebilir hem de bir üçüncü taraf (veya her ikisinin birleşimi) tarafından sahiplenilebilir, yönetilebilir ayrıca sahibinin yetki alanı içinde yada dışında fiziksel olarak mevcut olabilmektedir. Popüler bulut, genel halk tarafından kullanılan toplu bulut altyapısıdır. Genel bulut, ticari, bilimsel ve kamu kuruluşları (veya bunların bir kombinasyonu) tarafından yönetilebilir ve idare edilebilmektedir. Hibrit bulut, benzersiz olan ancak standartlaştırılmış veya özel veri ve uygulama teknolojilerine (örneğin, bulutlar arasındaki yükü dengelemek için durum bulutu) bağlı olan iki veya daha fazla farklı bulut altyapısının (özel veya genel) birleşimidir. Klan bulutu, ortak sorumlulukları paylaşan kuruluşlardaki belirli bir tüketici grubu (klanlar) tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış bir altyapı türüdür. Bir klan bulutu, bir veya daha fazla topluluk kuruluşu veya üçüncü taraf (veya bunların herhangi bir birleşimi) tarafından ortaklaşa yönetilebilir ve fiziksel olarak sahibinin kontrolü dışında var olabilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı bulut teknolojileri, bir internet kullanıcısına bilgisayar kaynaklarını çevrimiçi bir hizmet olarak sağlayan veri işleme teknolojileri olarak nitelendirilmektedir (Elmurzaevich, 2022: 2).

Genel olarak, bu tür modellerin uygulamaya konulmasına ilişkin müzakereler 1960'lı yılların sonlarından beri devam etmektedir. Joseph Liklider ve John McCarthy dünya çapındaki bilgisayar sistemlerinin bilgi işlem gücünü, kamu desteği biçiminde bir organizasyonla kullanma kavramını ortaya atmıştır. Bir sonraki adım, 1999 yılında abonelik

sağlanan web siteleri biçiminde CRM sistemlerinin tanıtılmasıyla olmuştur ve internet üzerinden bilgi işlem kaynaklarına erişim sağlanmıştır. Ardından 2002 yılında internet haline gelen Amazon çevrimiçi kitapçısı aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2006 yılında, Elastic Compute Cloud projesinin ortaya çıkışıyla, bulut teknolojilerinin ve hizmetlerinin tam ölçekli tanıtımı hakkında ciddi şekilde konuşulmaya başlanılmıştır. 2009'da Google Apps hizmetinin piyasaya sürülmesi de bilgi işlem kaynaklarının sağlanmasında önemli bir rol oynamıştır (Dilmurodovna, 2022: 1).

Hizmet olarak yazılım (SaaS) bulut bilişimin en büyük segmentir. Bu segment, toplam bulut bilişim pazarı gelirinin en büyük payını oluşturmakta ve birçok kurumsal uygulama için standart bir dağıtım modeli haline gelmiştir. SaaS'ın popüler uygulamaları arasında müşteri ilişkileri yönetimi ve kurumsal kaynak planlama yazılımı yer almaktadır. Bu modele göre, hizmet sağlayıcı altyapıyı ve platformları yönetirken, müşteriler yazılım ve veritabanlarına erişim için ödeme yapmaktadır. Salesforce, Microsoft, Adobe ve SAP bu segmentteki en önemli oyuncularlardır. Hizmet Olarak Platform (PaaS), müşterilere uygulama geliştirme için bir bilgi işlem platformuna erişim sağlar. Bu platform bir işletim sistemini, web sunucularını, veritabanlarını ve bir veya daha fazla programlama dili ortamına erişimi içerebilir. En önde gelen PaaS sağlayıcıları arasında Microsoft Azure, Amazon Web Services, Google Cloud ve IBM Cloud bulunmaktadır. Altyapı Hizmeti olarak (IaaS), müşterilere depolama, sunucular, sanal makineler ve ağ oluşturma biçiminde tesis dışı desteğe erişim sağlamaktadır. Lider sağlayıcı Amazon pazarın neredeyse yarısını kontrol ederken, Microsoft ve Alibaba pazarın ikinci ve üçüncü en önemli payını almaktadır (Statista, 2023b).



Grafik 1.1 2015-2022 Arası Gerçekleşmiş ve 2023-2024 Tahmini Dünya Çapında Genel Bulut Uygulama Hizmetleri/Hizmet Olarak Yazılım (Saas) Son Kullanıcı Harcamaları.

Kaynak: Statista, 2023c.

Grafik 1.1’de görüldüğü gibi 2015-2022 yılı arasında Saas harcamaları artarak devam etmiştir. 2022 yılı harcaması 2015 yılı harcamasına göre yaklaşık 5 kat artmıştır. Hizmet olarak yazılım (SaaS) pazarının değerinin yaklaşık 197 milyar ABD doları olduğu ve 2024 yılına kadar 232 milyar ABD doları ulaşacağı tahmin edilmektedir. SaaS uygulamaları bulutta çalıştırılır ve genellikle masaüstü bilgisayarlar ve mobil uygulamalar aracılığıyla erişim sağlanmaktadır.

Statista 2023’e göre 2022 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde yaklaşık 17.000 hizmet olarak yazılım (SaaS) şirketi bulunmakta ve dünya çapında yaklaşık 59 milyar müşteriye sahiptir. Birleşik Krallık ise dünya çapında 2.000 şirket ve 3 milyar müşterisiyle ikinci sırada yer almaktadır (Statista, 2023c).

1.5.2. 3D Teknolojileri

Yazılım ve ekipmanlardaki ilerlemeler, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik alanında yeni olanakların önünü açmaktadır. Dijital bir dosyaya dayalı 3 boyutlu nesnelerle oluşturulmuş cihazlar olan 3 boyutlu yazıcılara erişilebilirlik artmıştır. Bunlar 3D sinemalar, 3D cihazlar ve 3D baskılar olarak çeşitlere ayrılmaktadır. 3D sinemalar, ofset görüntüleri her göze ayrı derinlik yanılması vererek çalışmakta ve insan beyni daha sonra bu görüntüleri

birleştirek 3 boyutlu bir görüntü oluşturmaktadır. Teknik olarak iki görüntüyü birleştiren gözlükler, tek bir kaynaktan gelen ofset görüntüleri filtreleyen gözlükler veya her gözün farklı bir ofset görüntü görmesi için ışık kaynağının bölünmesini kapsamaktadır. 1915'ten bu yana film endüstrisinde görülmekte ve 2020 yılı itibarıyla dünya çapında 122 binin üzerinde dijital 3D sinema ekranı bulunmaktadır. 3D cihazlar 3 boyutlu görsel görünümü yeniden oluşturmak için kullanılan başka bir teknoloji olan arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik cihazlarıdır. Sanal gerçeklik tamamen yapay (sanal) bir ortam yaratırken arttırılmış gerçeklik, üzerine yeni bilgiler yerleştirmek için mevcut ortamı temel alarak kullanılmaktadır (Statista, 2023, e). 3D baskı, üretimde, iki boyutlu kesitlerin birbiri üzerine sıralı olarak katmanlanmasıyla üç boyutlu nesnelerin üretilmesine yönelik çeşitli işlemlerden herhangi birisidir. İşlem, mürekkebin veya tonerin bir yazıcıda kağıda eritilmesine (dolayısıyla yazdırma terimi) benzer, ancak aslında yatay kesitte katı malzemenin istendiği her noktada bir sıvı veya tozun katılaşması veya bağlanmasıdır. 3D baskı durumunda, nesnenin tamamı dikey boyutu boyunca tamamlanana kadar katmanlama şeklinde yüzlerce veya binlerce kez tekrarlanmaktadır (Britannica, 2023c)

Eklemeli imalat sistemlerini kullanan önde gelen sektörlerden bazıları arasında havacılık, otomotiv, tüketim malları ve tıp endüstrileri yer almaktadır. Küresel koronavirüs (COVID-19) salgını, yüz siperleri, maskeler, solunum cihazları ve COVID-19 test kitleri için test çubukları dahil olmak üzere tıbbi malzemeler üretmek için 3D baskı teknolojisinin kullanıldığı görülmüştür. 3D baskı pazarı büyümeye devam etmekte ve 2022 yılında yaklaşık 17,4 milyar ABD doları, 2026 yılında ise 37,2 milyar ABD dolara ulaşacağı öngörülmektedir (Statista, 2023, f). Hızla büyüyen 3 boyutlu süreç, sayısal modele dayalı bir bilgisayar tekniği kullanarak mekansal bir fiziksel nesne üretmek ve tıp, mimari, endüstri ve prototip yapımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır. (Sobotka, 2016: 1-2). Bu yeni dinamiğin, ev ortamında bile malların ucuz ve hızlı üretimini kolaylaştırarak ticari marka sistemine rakip olma potansiyeli bulunmaktadır (Ammar ve Smith, 2015: 2).

1.5.3. Yapay Zeka

Yapay zeka (AI), dijital bilgisayarların veya bilgisayar kontrollü robotların genellikle zeki varlıklara atfedilen görevleri gerçekleştirme yeteneğidir. Bu terim, akıl yürütme, anlam çıkarma, genelleme yapma veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü entelektüel süreçlere sahip sistemlerin geliştirilmesi projelerine sıkça uygulanmaktadır (Britannica, 2023d). Yapay zeka teknolojilerinin uygulanması bireysel, ticari ve ekonomik düzeylerde büyümeyi teşvik etmekte, günümüzde bilişsel yetenek gerektirenler de dahil

olmak üzere çeşitli iş faaliyetlerinde insanlardan daha iyi performans göstermektedir. Mevcut yapay zeka ekosistemi makine öğrenimi, robot bilimi ve yapay sinir ağlarından oluşmaktadır. Makine öğreniminde programlar mevcut verilerden öğrenir ve bu bilgiyi yeni verilere uygular veya verileri tahmin etmek için kullanmaktadır. Robotik alanı robotların geliştirilmesi ve eğitilmesiyle ilgilidir. Genellikle bir robotun insanlarla ve dünyayla etkileşim kurma yeteneği genel kuralları takip etmektedir. Bunun yanında, robotlar durumları manipüle edecek ve belirli bir düzeyde öz farkındalıkla hareket edecek şekilde eğitmek için derin öğrenme kullanılmaktadır. Son birkaç on yıldır yapay zekanın evrimi çoğunlukla dilsel, matematiksel ve mantıksal akıl yürütme yeteneklerinin gelişimi etrafında dönmektedir. Ancak yapay zeka gelişmelerinin bir sonraki dalgası duygusal zekanın geliştirilmesine doğru yol almaktadır. Aynı zamanda Google DeepMind'in bir diğer özelliği olan sıralı öğrenme, yapay zekaların birden fazla beceriyi öğrenmesine olanak tanımaktadır. Derin öğrenme yoluyla, makinelerin fiziksel dünyayı belirli bir dereceye kadar kavramasını sağlamada büyük gelişmeler yaşanmaktadır ve endüstrilerde çeşitli görevler için kullanılmaktadır. Son yıllarda Çin, yapay zeka üzerine çok fazla araştırma ve para yatırımı yapmaktadır (Statista, 2023h).

Yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, bulanık mantık, destek vektör makinesi, Markov modeli, karar ve regresyon ağaçları, uyarlanabilir nöro bulanık çıkarım sistemleri, bayes ağları, gruplar, K en yakın komşular ve tekil spektrum analizi gibi algoritmalar bulunmaktadır (Pimenov ve diğerleri 2023: 3).

İş dünyasında yapay zekaya olan artan ilgi, hem hesaplama gücünde hem de büyük veri yığınlarını gerçek zamanlı ve hızlı bir şekilde analiz etme yeteneğinde elde edilen teknolojik ilerlemelerden kaynaklanmaktadır. İş perspektifinden bakıldığında, yapay zeka ve veri analizi sistemleri, bireylerin genellikle pazarlarda ayrıştırılmış bir şekilde mevcut olan bilgileri sistematik hale getirmesine, verileri iş kararlarına dönüştürmesine olanak tanımaktadır (Sestino ve Mauro, 2022: 2).



Grafik 1.2 2004-2021 Dönemi Yapay Zeka, Makine Öğrenme ve Büyük Veriye Gösterilen İlgi.

Kaynak: Google Trend, 2023a

Grafikten görüldüğü gibi yapay zekaya olan ilgi 2020’lerde artmaya başlamış ve özellikle 2021 döneminde zirveye ulaşmıştır. Makine öğrenme ve büyük veriye olan ilgi ise 2004 yılından başlayarak 2021 yılına kadar durağan bir seyir izlemiştir.

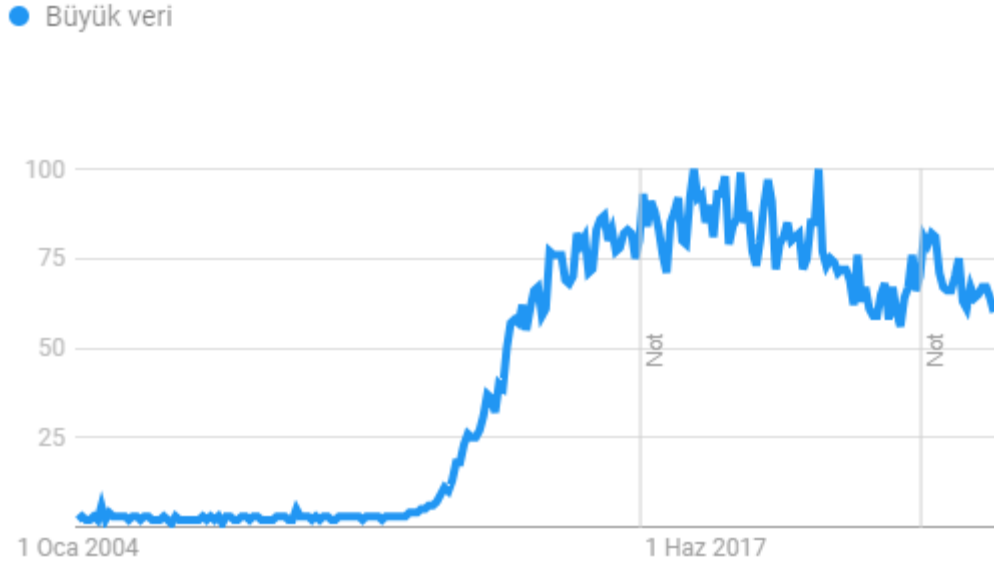
Yapay zekanın yükselişiyle birlikte giderek daha fazla sayıda start-up pazara girmekte ve birçoğu sırasıyla makine öğrenimi ve doğal dil işleme uygulamaları alanında çalışmaktadır. 2020’de 13 kategoride 2.600’ün üzerinde yapay zeka start-up’ı gerçekleşmiştir. Yapay zeka şirketleri, 2015-2022 döneminde yaklaşık 239,2 milyar dolar tutarında getiri elde etmiştir. Yıllar geçtikçe, yapay zeka satın almalarının sayısı artmış, ancak 2020’de COVID-19 salgınından dolayı birçok işletme yeni satın almalar yerine temel operasyonlara öncelik verdiğinden ilk kez düşüş yaşamıştır. Son zamanlarda ise satın alımlar ivme kazanmış ve 2021’de 312 civarında birleşme ve satın alma anlaşması imzalanmıştır. 2022’de bu durum bir önceki yıla göre azalarak 259 anlaşma olarak gerçekleşmiştir. Çeşitli sektörlerden şirketler, örneğin Google, IBM ve Microsoft, BİT sektöründe yapay zeka yeniliklerine öncülük ederken Amazon ve eBay, e-Ticaret platformlarını geliştirmek için yapay zekaya yatırım yapmaktadırlar. Şirketler arası işbirliğine dayalı geliştirme artmakta ve Amazon, Apple, Facebook, Google/DeepMind, IBM ve Microsoft gibi önde gelen şirketler şu anda yapay zeka uygulamaları geliştirmek için ortak çalışmalar yapmaktadırlar. Ayrıca Apple, IBM ve Microsoft gibi dev şirketler küçük ölçekli yapay zeka şirketlerini satın alma yoluyla kendi bünyelerine katmaktadırlar (Statista, 2023h).

1.5.4. Büyük Veri

Büyük veri, çok sayıda farklı kaynak tarafından çok hızlı bir şekilde üretilen büyük miktardaki veriyi ifade eder. İklim bilgileri, uydu görüntüleri, dijital resimler ve videolar, satın alma işlem kayıtları, GPS sinyalleri ve daha fazlasını toplayan sensörler gibi veriler insanlar veya makineler tarafından oluşturulabilmektedir. Sağlıktan, ulaşım ve enerjiye kadar pek çok sektörü kapsamaktadır. Verilerin iyi kullanımı ulaştırma, sağlık veya imalat gibi daha geleneksel sektörlerle de fırsatlar getirebilmektedir (Eurostat, 2023).

Büyük firmalar yıllardır sistemlerine ve modellerine yeni veri biçimleri eklediklerinden büyük veri kavramını devrim niteliğinde bir şey olarak görmemekteler ancak yeni kurulan şirketler ve çevrimiçi firmalar için yeni bir kavramdır. Uzun süredir çok büyük miktarda veriyi işleyen firmalar, yeni bir tür veriyi (ses, metin, günlük dosyaları, resimler veya video) işleme yeteneği konusunda hevesli hale gelmektedir. Örneğin bir perakende bankası, ilk kez günlük dosyalarını analiz ederek çok kanallı müşteri etkileşimlerini kontrol altına alabilmektedir (Davenport, 2013: 2-3).

Büyük verinin yapılandırılmış veya yapılandırılmamış veri setlerinin gerçek zamanlı olarak iletilebilen ve geleneksel yöntemlerle analiz edilemeyen özellikleri bulunmaktadır. Büyük verinin boyutu, hızı ve karmaşıklığı, önemli işlem gücü ve depolama yeteneklerinden dolayı yazılım uzmanı gerektirmektedir. Maliyetli olsa da kuruluşların güçlü öngörüler elde etmesine ve rekabet avantajı kazanmasına olanak tanımaktadır. Kuruluşların bulut tabanlı bir abonelik hizmeti aracılığıyla analitik yürütmesine ve böylece yerinde depolama ve işlemle ilgili yüksek maliyetlerden kaçınmasına olanak tanıyan hizmet olarak analiz (AaaS) modeli bulunmaktadır. Büyük veri ve analitik yazılımının başlıca sağlayıcıları arasında Oracle, Microsoft, SAP ve IBM gibi küresel isimler yer almaktadır. Her biri gelişmiş ve tahmine dayalı analitik, veri madenciliği, tahmin ve veri optimizasyonu için özel yazılım araçları ve uygulamaları sunmaktadırlar. Büyük veri analitiği pazar değeri 2021 yılında 241 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Bu rakamın 2029 yılına kadar 655 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Statista, 2023i).



Grafik 1.3 Büyük Veriye 2004-2017 Döneminde Gösterilen İlgili Değişimi

Kaynak: Google Trend, 2023b

Grafikte görüldüğü gibi büyük veriye gösterilen ilgi 2010 yıllarında artmaya başlamış ve zaman zaman düşüş yaşasada popülerliğini koruduğu görülmüştür. Bu dönemde artmasının nedeni olarak 2011 yılında artık endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkması böylece endüstri 4.0'ın bir bileşeni olan büyük veri kavramının insanlar ve firmalar tarafından tercih ediliyor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

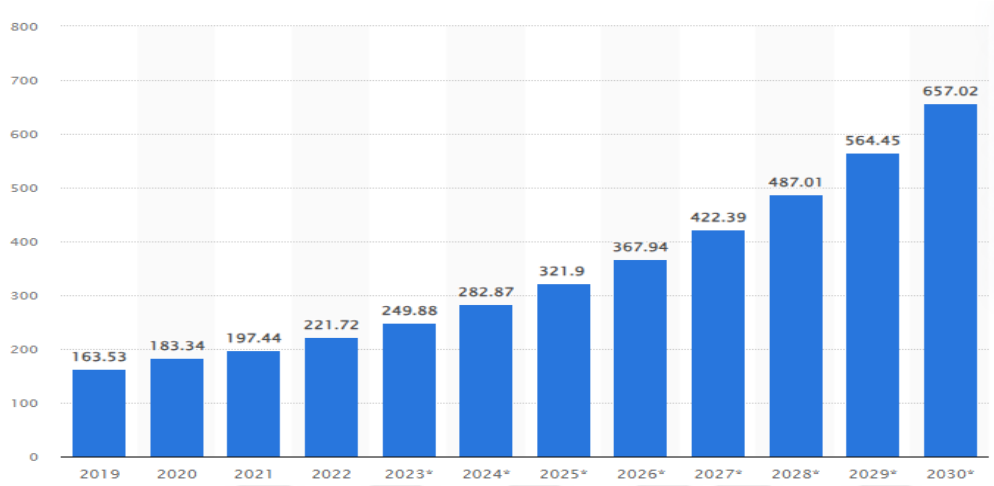
1.5.5. Siber Güvenlik

Ağları, bilgisayarları, sunucuları, mobil cihazları, elektronik sistemleri ve verileri siber suçlardan, siber saldırılardan ve siber terörizmden koruma tekniğine siber güvenlik denir. Siber güvenlik, siber saldırı riskini azaltmayı ve sistemlerin, ağların ve teknolojilerin yetkisiz kullanımına karşı korumayı amaçlamaktadır. Bu saldırılar genellikle hassas bilgilere erişim sağlamayı, bu bilgileri değiştirmeyi veya yok etmeyi, kullanıcılardan haraç almayı ya da normal iş süreçlerini kesintiye uğratmayı hedefler. Siber güvenlik, hassas veriler, korunan sağlık bilgileri, kişisel olarak tanımlanabilir bilgiler, fikri mülkiyet, veriler, hükümet ve iş bilgi sistemleri dahil olmak üzere her türlü verinin korunmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Next Move Strategy Consulting, 2023).

Statista 2023 siber çözümlerin, kimlik avı, bilgi gaspı, veri ihlalleri vb. neden olabilecek siber saldırı risklerine karşı kuruluşların izlenmesine, tespit edilmesine, raporlanmasına, karşı konulmasına ve güvence altına alınmasına yardımcı olan otomatik

teknolojiler olarak tanımlamakta ve bu çözümler arasında uygulama güvenliği, bulut güvenliği, veri güvenliği ve ağ güvenliği yer almaktadır (Statista, 2023j).

Bazı gelişmiş saldırı örnekleri, yüzlerce kişiye, kuruluşa ve kritik sisteme bulaşan, solucan benzeri davranışlara sahip fidye yazılım (bir miktar para ödenene kadar bilgisayar sistemine erişimi engellemek üzere tasarlanmış bir tür kötü amaçlı yazılım) türüdür. Saldırı yöntemlerindeki bu gelişmeler, saldırgan ve saldırının varış noktası son derece zorlu bir konudur (Conti ve diğ, 2018: 3).



Grafik 1.4 2019-2022 Gerçekleşmiş, 2023-2030 Tahmini Dünya Siber Güvenlik Pazarının Büyüklüğü.

Kaynak: Next Move Strategy Consulting, 2023

Teknolojik gelişim ve buna paralel teknolojik cihazlara olan talepler günümüzde artık siber güvenlik risklerinin de beraberinde getirmektedir. Buna paralel olarak insanların ve firmaların bu risklere karşı korunma ihtiyaçları da artmaktadır. Grafik 1.4'te dünyada 2019 yılından 2022 yılına kadar artan bir siber güvenlik harcaması görülmektedir. 2019 yılında 163 milyar dolar olan dünya siber güvenlik harcaması, 2022 yılında 197 milyar dolara yükselmiştir. Ayrıca tahmini olarak bu artışın devam edeceği 2030 yılı itibarıyla 657 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Bu oran 2019 yılının yaklaşık 4 katına denktir.

Aşağıdaki Tablo 1.2'ye göre siber güvenlik endeksi en yüksek ülkeler her bölgeden olabilmektedir. Bu ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir birinden farklı olduğu görülmektedir. Örneğin ilk iki ülke ABD, İngiltere ve Sudi Arabistan iken üçüncü ülke Estonya'dır. Ayrıca bazı ülkelerin aynı puanları aldıkları da görülmektedir. Bunun yanında öne çıkan diğer bir durum ise G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerler alması, ayrıca birçok ülkenin Avrupa Bölgesi ülkeleri olmasıdır.

Tablo 1.2 Dünya Siber Güvenlik Endeksi En Yüksek İlk 39 Ülke.

Ülkeler	Puan	Sıra	Ülkeler	Puan	Sıra	Ülkeler	Puan	Sıra
ABD	100	1	Fransa	97.6	9	İtalya	96.13	20
İngiltere	99.54	2	Hindistan	97.5	10	Oman	96.04	21
Sudi Arabistan	99.54	2	Türkiye	97.49	11	Finlandiya	95.78	22
Estonya	99.48	3	Avustralya	97.47	12	Mısır	95.48	23
Güney Kore	98.52	4	Lüksemburg	97.41	13	Endonezya	94.88	24
Singapur	98.52	4	Almanya	97.41	13	Vietnam	94.59	25
İspanya	98.52	4	Portekiz	97.32	14	İsveç	94.55	26
Rusya	98.06	5	Litvanya	97.28	15	Katar	94.5	27
BAE	98.06	5	Hollanda	97.05	16	Yunanistan	93.98	28
Malezya	98.06	5	Norveç	96.89	17	Avusturya	93.89	29
Litvanya	97.93	6	Maritius	96.89	17	Polonya	93.86	30
Japonya	97.82	7	Brazil	96.6	18	Kazakistan	93.15	31
Kanada	97.67	8	Belçika	96.25	19	Danimarka	92.6	32

Kaynak: ITU, 2023a

1.5.6. Nesnelerin İnterneti (IoT)

1999'da İngiliz teknoloji uzmanı Kevin Ashton, insanları ve etraflarındaki nesneleri birbirine bağlayan bir ağı tanımlamak için Nesnelerin İnterneti (IoT) terimini ortaya atmıştır. Bugün, IoT veri toplayan, analiz eden ve otonom olarak görevleri yerine getiren birbirine bağlı nesnelerden oluşan geniş bir ağdan oluşmaktadır. 5G gibi iletişim teknolojilerinin ve yapay zeka ve makine öğrenimini kullanan veri analitiğinin gelişmesi sayesinde IoT, akıllı saatlerden şehir altyapısına (akıllı şehirler) kadar değişen uygulamalara sahiptir. IoT, daha yüksek bağlantı ve gerçek zamanlı olarak veri toplama yeteneği ile bu tür akıllı nesnelerin daha yaygın olmasını sağlamaktadır. Dünya çapındaki IoT cihazlarının sayısının 2030'da 30 milyara yakın olacağı tahmin edilmektedir. Giyilebilir teknolojiden, akıllı arabalara, akıllı evlere, akıllı şehirlere ve hatta endüstriyel ekipmanlara kadar IoT birçok alanda görülmektedir (Statista, 2023k).

Nesneler arasındaki bağlantıya odaklanan internet odaklı vizyon, genel nesnelere odaklanan nesne yönelimli vizyon ve bilginin nasıl temsil edileceğine, saklanacağına ve organize edileceğine odaklanan bilgi odaklı vizyon şeklinde IoT'ü üç kategoriye ayırmaktadırlar. (Atzori vd. 2010).

Entegre bilgi işleme kapasitesinin sağladığı faydayla endüstriyel ürünler akıllı yeteneklere bürünecek. Uzaktan sorgulanabilen elektronik kimliklere veya etraflarındaki fiziksel değişiklikleri tespit etmek için sensörlere sahip olabileceklerdir. Bu tür gelişmeler,

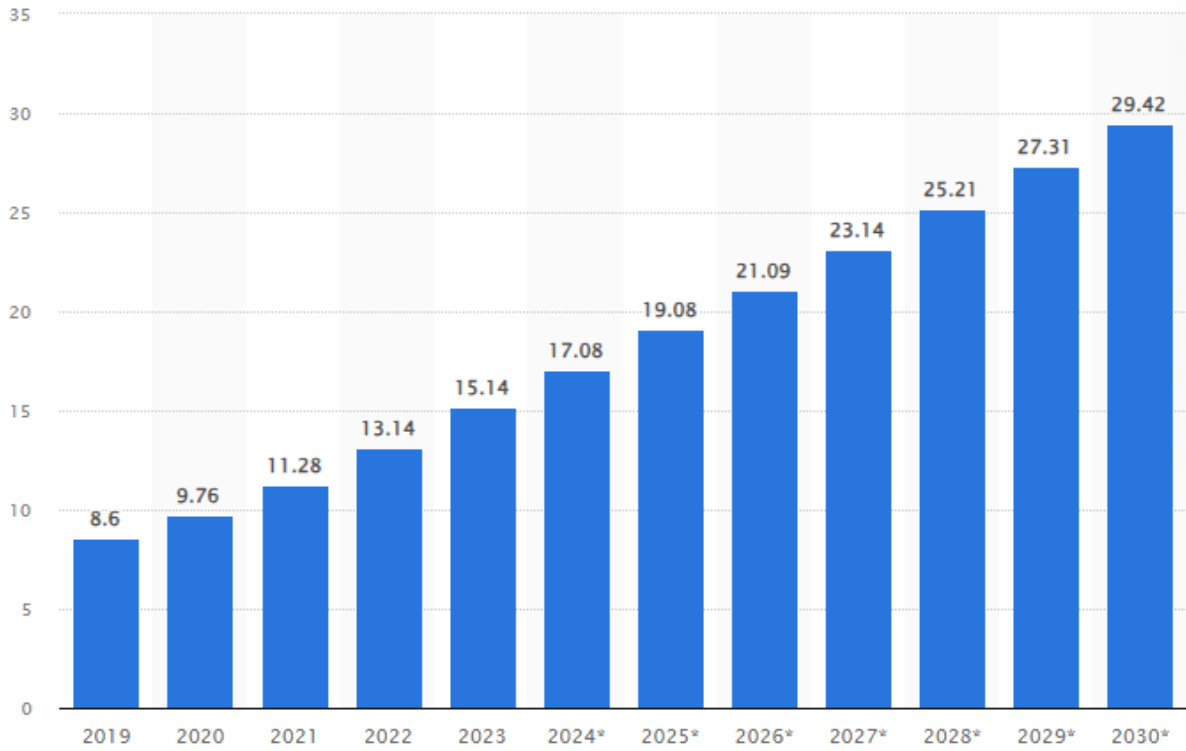
statik nesneleri dinamik hale getirecek, zekayı çevremize yerleştirecek ve yenilikçi ürünler ile yeni iş fırsatlarının yaratılmasını teşvik edecektir. IoT, insanlarla nesneler arasında ve nesnelerin kendi arasında şimdiye kadar bilinmeyen ve hayal edilemeyen işbirliği ve iletişim biçimlerine olanak tanıyacaktır. Nesnelerin İnterneti'nin başarısı büyük ölçüde küresel standartların varlığına, sorunsuz ve etkin işleyişine bağlıdır (ITU, 2023a).

IoT bağlantıları ve uygulamaları teknoloji ilerledikçe, bileşenlerin maliyeti düşmekte böylece endüstrilerde IoT kullanımı uç noktalara ulaşmaktadır. IoT ile evlerde otomasyon arttığından 2025 yılına kadar akıllı ev cihazı sevkiyatları 1,8 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Otomatik evlerin ötesinde IoT uygulamaları, özel sensörlerle tarlaları izleyebilen hassas tarım sistemleriyle akıllı tarımda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Böylece ürüne göz kulak olmakta, ayrıca sürdürülebilir gıda üretimi için hassas sulama ve gübrelemeyi otomatik hale getirmektedir. Akıllı şehirlerin gelişimine katkıda bulunmak, altyapıyı, kamu hizmetlerini iyileştirmek amacıyla birçok alanında IoT bağlantıları kullanarak veriler bir araya getirilmektedir. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) için küresel pazarın büyüklüğü 2022'de 544 milyar ABD dolarının üzerinde, önümüzdeki yıllarda ise büyüyerek 2030'a kadar yaklaşık 3,3 trilyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Statista, 2023: 1).

Grafik 1.5'e göre nesnelerin internetine sahip cihaz sayısında 2019'dan 2030 yılına kadar artan bir eğilim sergilediği görülmüştür. 2019'dan 2022 yılına kadar artış yaklaşık olarak 4.54 milyar olarak gerçekleşmiştir. Bu artış yaklaşık %66'lık bir oranda denktir. 2019'dan 2030 yılına kadar ise tahmini olarak 20.82 milyar adet artarak 29.42 milyar adet cihaza çıkacağı yani yaklaşık %292'lik bir artış beklenmektedir.

Buradan da görüldüğü gibi bu artıştaki ana etmenlerin teknolojik gelişimin hızlanarak devam etmesi, teknolojik cihazların ucuzlaması ve her kesim tarafından elde edilebiliyor olması ve artan nüfusun teknolojik talebe olan artan eğilimi olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca Statista 2023 IoT cihazları, tüm sektör dikeylerinde ve tüketici pazarlarında kullanıldığını ve 2020'de tüm IoT bağlantılı cihazların yaklaşık yüzde 60'ını tüketici segmentinin oluşturduğunu, bu payın önümüzdeki on yıl boyunca bu seviyede olmasını öngörmektedir (Statista, 2023n).



Grafik 1.5 2019'dan 2023'e Dünya Çapında Nesnelerin İnterneti (Iot) Bağlantılı Cihaz Sayısı (Milyar) 2022'den 2030'a Kadar Olan Tahmini.

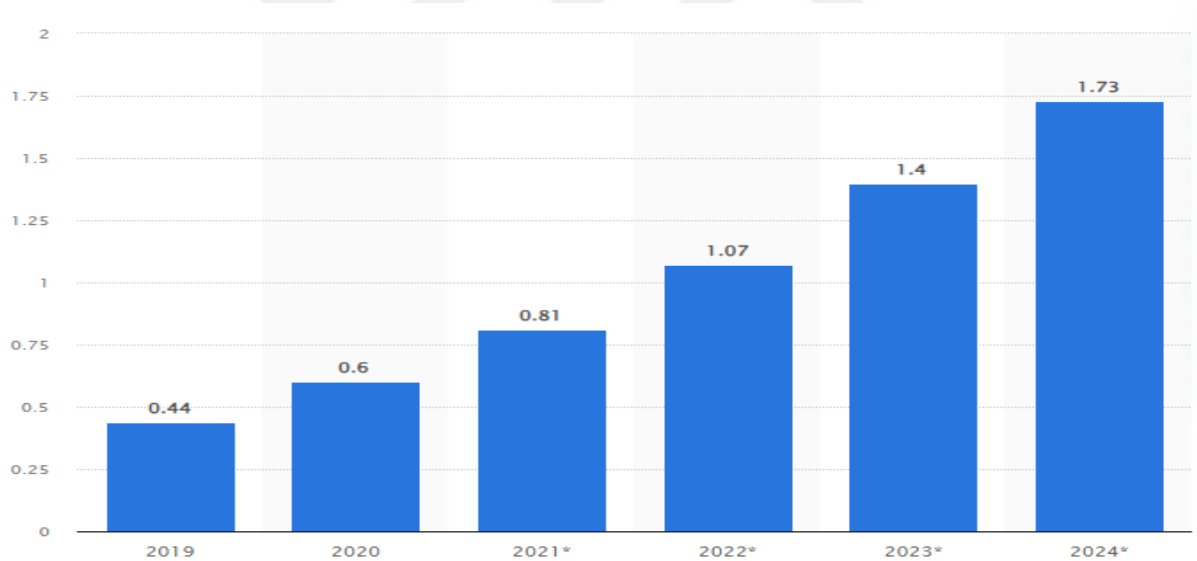
Kaynak: Statista, 2023m

1.5.7. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, dijital bilgileri fiziksel ortamla canlı ve gerçek zamanlı olarak bütünleştirir. Artırılmış gerçeklik, mevcut haliyle doğal dünyaya grafiklerin, seslerin, dokunsal geri bildirimin ve hatta kokunun eklenmesiyle, bir mobil cihazdaki kamerayı veya artırılmış gerçeklik kulaklıkları ve gözlükleri kullanarak gerçek hayatı süper empoze edilmiş bir görüntü veya animasyonla birleştirebilmektedir. Pazarın önemli bir segmenti, küresel nüfusun sahip olduğu veya erişebildiği çok sayıda akıllı telefon, tablet ve diğer mobil cihazlardan yararlanan mobil artırılmış gerçekliklerdir. Dijital artırılmış gerçeklik deneyimleri de dahil olmak üzere hem kurumsal hem de tüketici segmentlerinde büyüme beklenmektedir. En iyi bilinen örneklerinden biri, konum tabanlı artırılmış gerçeklik mobil oyunu “Pokémon Go”dur; bu tür uygulamalar içindeki oyun içi satın alımlar, tüketicinin mobil artırılmış gerçeklik harcamalarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır (Statista, 2023o).

Artırılmış gerçeklik, bilgisayar tarafından üretilen bilgileri gerçek dünya görüşlerinin üzerine yerleştirerek insan algısını ve bilişini yeni ve olağanüstü şekillerde güçlendirebilir. Artırılmış gerçekliğin uygulanabileceği farklı amaç veya uygulamaları amaçlayan işaretleyici

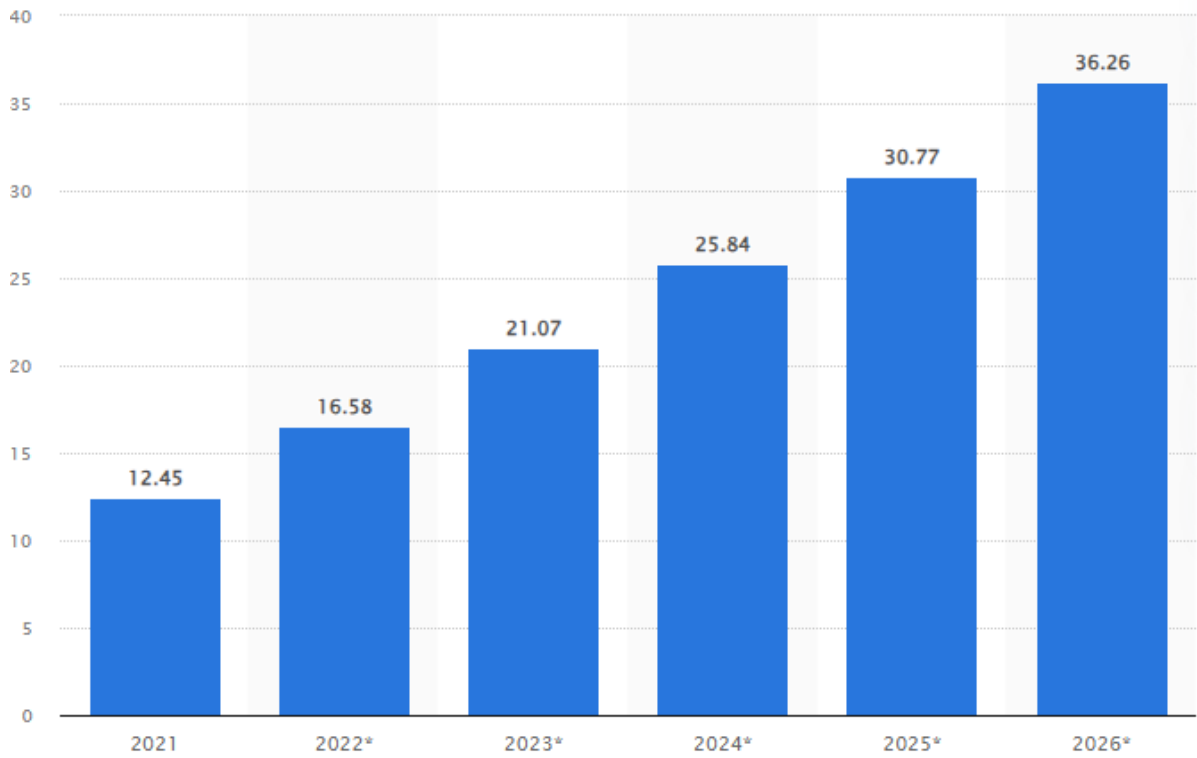
tabanlı, işaretli tabanlı, projeksiyonlara dayalı ve örtüşmelere dayalı artırılmış gerçeklikler gibi farklı teknoloji türleri vardır. Artırılmış gerçeklikten yararlanan bu farklı işletim teknolojilerinin veya sistemlerinin her biri analiz edilebilmektedir. İşaretleyici tabanlı teknoloji, gerçek dünyadaki görsel bir nesne şeklinde bir cihaz işaretleyicisine bağlı bir kamerayı kullanmaktadır. Bu teknolojiyi kullanan uygulamalar, tanınmaları kolay olduğu ve tanınma için özel işlem yetenekleri gerektirmediği için QR kodları gibi basit ayırt edici modelleri işaretleyici olarak kullanır. İşaretsiz teknoloji, artırılmış gerçeklik uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu durumlarda, elektronik cihazlara entegre edilen GPS, dijital pusula, hız ölçer veya ivmeölçer gibi araçlar kullanılarak konum tabanlı veri sağlanır. Son olarak örtüşmeye dayalı artırılmış gerçeklik teknolojisi bulunmaktadır. Bu uygulama kısmen veya tamamen gerçek dünya görüşünün yerini almakta ve bir nesneyi aynı nesnenin büyütülmüş görünümüyle üst üste getirmektedir. Artırılmış gerçeklik katmanında nesne tanıma hayati öneme sahiptir çünkü uygulama, nesneyi belirleyemezse veya tanıyamazsa orijinal görünümü genişletilmiş görünümle değiştirmeyecektir (Arena vd. 2022: 1-2).



Grafik 1.6 2019'dan 2022 Yılı Gerçekleşmiş 2023-2024 Tahmini Kadar Dünya Çapında Mobil Artırılmış Gerçeklik (Ar) Aktif Kullanıcı Cihazlarının Sayısı (Milyar).

Kaynak: Statista, 2023o

Grafik 1.6'da görüldüğü gibi mobil AR kullanıcı sayısı giderek artan bir trend sergilemiştir. 2019 yılında 440 milyon cihaz varken bu sayı 2022'de yaklaşık iki katı artmıştır. 2024 yılında bu sayının 1.73 milyara çıkacağı ön görülmektedir.



Grafik 1.7 2021-2022 Dönemi Gerçekleşmiş 2023-2026 Dönemi Tahmini Dünya Çapında Mobil Artırılmış Gerçeklik (Ar) Pazarı Geliri (Milyar \$).

Kaynak: Statista, 2023ö

Grafik 1.7’de görüldüğü gibi 2021 yılında Pazar 12.45 milyar dolar iken 2022 yılında 16.5 milyar dolara çıkmıştır. Grafiğe göre gelecek dönemlerde artan gelir eğilimi devam etmesi beklenmekte ve 2026 yılında bu gelirin 36 milyar dolara çıkacağı ön görülmektedir.

1.5.8. Endüstriyel Robotlar ve Akıllı Fabrikalar

ISO 2021’e göre endüstriyel robotlar, endüstriyel ortamlarda otomasyon uygulamaları için kullanılan, yerine sabitlenebilen veya mobil bir platforma monte edilebilen, üç veya daha fazla eksenle programlanabilen, otomatik olarak kontrol edilen ve yeniden programlanabilen çok amaçlı manipülatörler olarak tanımlanır. (ISO, 2021).

Son yıllarda endüstriyel robot, optimum düzeyde yüksek çalışma kapasitesi ve esneklik sağlaması nedeniyle endüstriyel otomasyonun (Akıllı Fabrika) temel bileşeni olma yeteneğini ortaya koymaktadır. Aynı çalışma alanı içinde doğrudan iş birliği veya görev paylaşımı açısından robotu insana daha da yakınlaştırarak, robotlarla insanların yetenekleri arasında güçlü bir sinerji için önemli bir potansiyel ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla çok verimli, kullanıcı dostu, hızla değişebilen bir sistem olarak öne çıkmaktadır (Evjemo vd. 2020: 5).

Robotik endüstrisi endüstriyel ve hizmet robotiği olarak ikiye ayrılabilir. Endüstriyel robotlar, üretim ortamındaki kullanımlarına göre tanımlanmaktadır. Hizmet robotları ticari ve kişisel robotik olarak ikiye ayrılmaktadır. Ticari hizmet robotları endüstriyel ortamda bir hizmeti gerçekleştirmek için kullanılırken, kişisel hizmet robotları özel evlerde kullanılmaktadır. Endüstri 4.0'ın merkezi olan akıllı fabrika vizyonu, endüstriyel robotik alanında yüksek bir pazar büyümesi sağlamaktadır. Yeni endüstriyel robot kurulumlarının satış değeri, en önemli ülkelere odaklanılarak elektronik ve otomotiv gibi uygulama alanlarına göre analiz edilmektedir (Statista, 2023p).



Grafik 1.8 2011-2012 Dönemi Dünya Yıllık Endüstriyel Robot Kurulumu (1000 birim)

Kaynak: IFR, 2023b

Grafik 1.8'e göre Dünya endüstriyel robot kurulumu 2018 dönemimne kadar artan bir trend sergilemiştir. 166 bin birimle başlayıp ve yaklaşık 4 katı artarak 2018 yılında 423 bin birime ulaşmıştır. Ardından 2019 yılında bir önceki yıla göre azalmış ve 391 bin birime düşmüştür. 2020 yılı itibariyle tekrar yükselişe geçmiş ve 2021 yılında 517 bin birime ulaşarak tüm zamanların rekorunu kırmıştır.

IFR 2023 raporuna göre yeni konuşlandırılan robotların %73'ü Asya'da, %15'i Avrupa'da ve %10'u Amerika'da kurulmuştur. Çin açık ara dünyanın en büyük pazarı olup, 2022 yılında Çin'de 290.258 adetlik endüstriyel robot kurulumu yapılmıştır. Japonya'da 2019'da pandemi öncesi seviyeden %9 artışla 50.413 adede yükselmiştir. Güney Kore'de pazar %1 artmıştır ve 2022'de 31.716 adede ulaşmıştır. Avrupa Birliği, 70.781 adetle 2022'de de dünyanın en büyük ikinci pazarı olmaya devam etmiş ve bu dönemde %5'lik bir artış

yaşamıştır. Almanya, AB içinde %36'luk pazar payıyla dünya çapında ilk beş uygulayıcıdan birisi durumundadır. Amerika kıtasında kurulumlar 2022'de %8 artış yaşayarak 56.053 adete yükselmiştir. En büyük bölgesel pazar olan Amerika Birleşik Devletleri, 2022 yılında Amerika kıtasındaki tesislerin %71'ine sahip konumdadır. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Çin ve Güney Kore Dünyanın dört büyük robot pazarı olmaya devam etmektedir. 2023 yılında endüstriyel robot pazarının dünya çapında %7 büyüyerek 590.000 adedin üzerine çıkması beklenmektedir (IFR, 2023a).

Akıllı fabrikalarda, güvenli bir çalışma alanında insan-robot işbirliğine olanak sağlamak için robotlara sensörler yerleştirilmiştir. Bunlar işbirlikçi robotlar (cobotlar) olarak adlandırılmakta ve geleneksel endüstriyel robotlarla karşılaştırıldığında birçok avantajı bulunmaktadır. Bu robotlar insanlar için güvenlidir ve koruma çiti gerektiren geleneksel robotların ihtiyaç duyduğu alanı yaratabilmektelerdir. Güvenliği sağlamaya yönelik bu mekanizmaların ötesinde, farklı düzeylerde insan-robot işbirliği uygulanabilmektedir. İnsanlar yüksek düzeyde el becerisi gerektiren görevleri yerine getirirken, robotlar tekrarlayan, ağır ve sıkıcı görevleri yerine getirebilmektedir (Evjemo vd. 2020: 3).

Akıllı fabrikaların temel avantajları esnek üretim, optimize edilmiş lojistik, müşteri odaklı çözümler, verilerin akıllı kullanımı ve kaynak tasarrufu sağlayan döngü ekonomisidir. Bu vizyona ulaşmak için çok sayıda endüstriyel robot hali hazırda kullanılmaktadır. Ancak birçok sektör uzmanı geleceğin, cobot olarak adlandırılan insanlar ve robotların iş birliğinde yattığını belirtmektedir. Yalnızca fabrikalar değil, hem şirketlerdeki hem de evlerdeki tüm altyapı akıllı olabilir. Servis robotları, daha fazla üretkenlik ve rahatlık sunduklarından hem profesyonel hem de özel ortamlarda önem kazanmaktadır. Hizmet robotlarının satış değeri, kıtalara odaklanarak ticari hizmet robotları olarak tıbbi ve lojistik robotlar ve özel hizmet robotları türünde ev işlerine yönelik robotlar gibi uygulama alanlarına göre analiz edilmektedir (Statista, 2023r).

Akıllı üretim, fiziksel bir temsilden oluşan ve dijital bir iş parçası aracılığıyla dijital ikizine bağlanan akıllı bir üretim süreci (örneğin endüstriyel bir robotla kaynak işlemi) olarak tanımlanabilir. Dijital iş fiziksel dünyanın sanal temsili ile dijital ikiz arasında etkileşime girmesine veya bilgi alışverişinde bulunmasına (sensörlerin, aktüatörlerin kullanımıyla) imkân tanımaktadır. Dijital ikiz, üretim sürecini uzman bilgisiyle tahmin etme, analiz etme ve destekleme kapasitesine sahiptir. Bulut bilişim, nesnelerin interneti, büyük veri analizi, yapay zekâ gibi tüm yeni teknolojiler akıllı üretim için büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojiler gerçek zamanlı bilgi elde etmek, bilgi çıkarmak ve bilinçli kararlar vermek için kullanılmaktadır (Evjemo vd. 2020: 2).

1.5.9. Biyoteknoloji

Biyoteknoloji, çeşitli ürünler geliştirmek veya üretmek amacıyla biyolojik sistemleri, canlı organizmaları veya bunların bileşenlerini kullanan bir teknolojidir (Ntnu, 2023).

Biyoteknoloji, yaşamlarımızı ve gezegenimizin sağlığını iyileştirmeye yardımcı olan teknolojiler ve ürünler geliştirmek için hücresel ve biyomoleküler süreçlerden yararlanır. Ekmek ve peynir gibi faydalı gıda ürünleri yapmak ve süt ürünlerini korumak için 6.000 yıldan fazla bir süredir mikroorganizmaların biyolojik süreçlerini kullanılmaktadır (Bio.org, 2023).

Tarım, gıda üretimi ve tıp, biyoteknolojinin en önemli uygulama alanlarıdır. Ayrıca genom bilimi, uygulamalı immünoloji, farmasötik tedavilerin ve teşhis testlerinin geliştirilmesi gibi disiplinler arası alanlardır. Tıpta biyoteknoloji, BioNTech/Pfizer ve Moderna'nın aşıları gibi mRNA tabanlı COVID-19 aşılarının keşfedilmesi ve yetiştirilmesi nedeniyle son zamanlarda ilgi odağı haline gelmiştir (Statista, 2023s).

1980'de ABD Yüksek Mahkemesi, insan yapımı canlı bir mikroorganizmanın patentlenebilir bir konu olduğu kararına vararak patent sorununu çözünce yeni bir biyoteknoloji firmaları dalgasına ve bebek endüstrinin ilk yatırım patlamasına öncülük etmiştir. 1982'de ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanan rekombinant insülin, genetik mühendislik yoluyla yapılan ilk üründür. Bu tarihten itibaren büyüme hormonunun rekombinant versiyonları, pıhtılaşma faktörleri, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretimini uyaran proteinler, interferonlar ve pıhtı çözücüler gibi pek çok genetiği değiştirilmiş protein ilacı dünya çapında ticarileştirilmiştir (Britannica, 2023e).

Günümüzde milyarlarca dolar gelir ve 100 bine yakın istihdam yaratan bu sektörün önde gelen Avrupalı şirketler arasında önemi artmaktadır. Son birkaç yılda biyoteknoloji sektörü, 2019'da EPO'ya yapılan yaklaşık 7.300 patent başvurusuyla Avrupa Birliği'ndeki en yenilikçi endüstrilerden biri haline gelmiştir. Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri ile birlikte biyoteknoloji açısından en önemli küresel bölgedir. Genel merkezleri Avrupa'da bulunan önde gelen biyoteknoloji şirketleri arasında İsviçreli ilaç devleri Roche ve Novartis yer almaktadır. Diğer Avrupalı şirketler ise AstraZeneca, Novo Nordisk ve Sanofi gibi tanınmış isimlerdir. Danimarkalı Genmab ve Novozymes veya Belçikalı UCB gibi daha küçük, daha biyoteknoloji odaklı şirketler de bulunmaktadır (Statista, 2023s).

1.5.10. Dijital İkiz

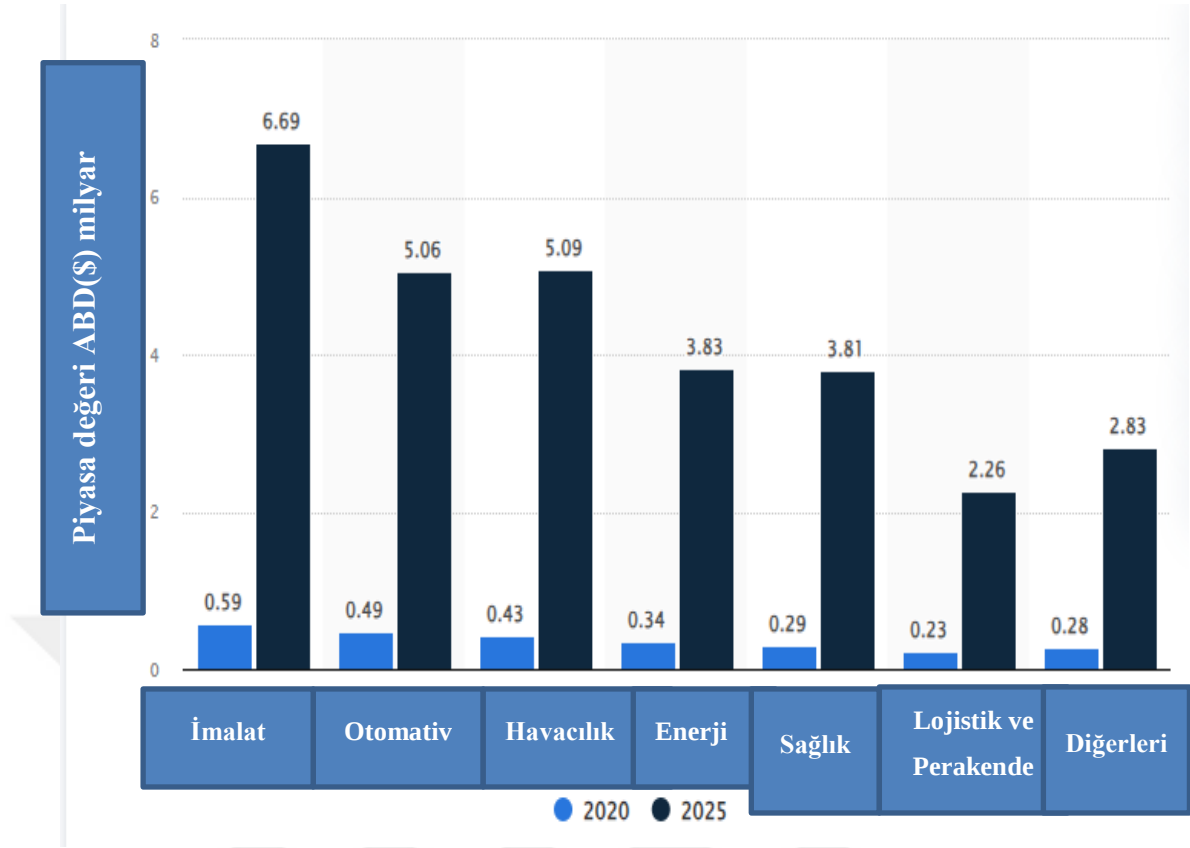
Dijital ikiz, gerçek dünyadaki varlıkların veya süreçlerin dijital temsidir. Dijital ikizler, geçmiş ve bugünü temsil etmek için gerçek zamanlı ve geçmiş verileri, gelecek

senaryolarını simüle etmek için ise sayısal modelleri kullanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023a).

Dijital ikizler fiziksel bir ürünün, sürecin veya sistemin sanal bir kopyasını oluşturmaktadır. Replika, örneğin veri analizine dayalı olarak bir makinenin ne zaman arızalanacağını tahmin edebilir ve bu da tahmine dayalı bakım yoluyla verimliliğin artırılmasına olanak tanımaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023b).

Dijital ikiz konseptinin bilinen ilk uygulaması, NASA görevlisi John Vicker tarafından test amaçlı uzay aracı ve kapsül simülasyonları oluşturmak için hazırlanan bir yol haritası raporunda tanıtılmıştır. Dijital ikiz, fiziksel nesnelerden süreçlere veya hizmetlere kadar gerçek dünyanın sanal bir yeniden yaratımı veya simülasyonudur. Örneğin, dijital bir ikiz, bir şehrin çalışması için gerekli tüm altyapıyı içeren, tüm bir şehrin dijital kopyası kadar karmaşık olabilir. Bu özellikle akıllı bir şehir tasarlama sürecinde geçerlidir. Bu tür çoğaltmalar, gerçek fiziksel nesnelerin veya süreçlerin durumunun izlenmesine, bunlarda değişiklik yapılmasına ve bu değişikliklerin etkilerinin izlenmesine yardımcı olmaktadır (Statista, 2023t).

Ürün veya süreç performansını tahmin etmek ve yönetmek için Endüstri 4.0'da IoT ve yapay zekayı entegre eden geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Örneğin üretim sürecini iyileştirmek için bir üretim fabrikasında robotik kol gibi kritik bir ekipman bileşenini yeniden tasarlaması ve test etmesi gereken bir mühendisin durumu gösterilebilir. Arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçekliği kullanan mühendisler, dijital ikiz kullanarak yeni tasarlanan parçayla ekipmanı sanal olarak test edebilir ve işleyebilir. Dijital ikiz, özellikle akıllı fabrikalardaki uygulamalarla imalat sanayinde hızlı bir şekilde benimsenmektedir. Sürdürülebilir bir geleceğe yönelik küresel talebi karşılamak amacıyla akıllı şehirlerin tasarımı ve simülasyonunda, sağlık sektöründe ve akıllı hastanelerde dijital teknolojinin tasarlanması ve uygulanmasında kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde, bir aracın çalışma verilerini görmek, durumunu gerçek zamanlı olarak değerlendirmek ve kullanımını optimize etmek için de kullanılmaktadır. Hızlı risk değerlendirmesi, öngörücü bakım, gerçek zamanlı izleme, daha iyi iş birliği ve karar vermeye destek olmasından dolayı önemli avantajlara sahiptir. Önde gelen dijital ikiz şirketlerinden bazıları Microsoft, Bosch, General Electric Company, IBM, Siemens, Oracle ve Cisco'dur. Ayrıca bu şirketlerin çoğu, hizmet olarak diğer işletmeler için bulut teknolojide dijital ikizler oluşturmaya yardımcı olmaktadır (Statista, 2023t).



Grafik 1.9 2020 ve 2025 Dönemi Sektöre Göre Küresel Dijital İkiz Pazar Büyüklüğü.

Kaynak: Statista, 2023t

Grafik 1.9'a göre imalat, otomotiv, havacılık, enerji, kamu hizmetleri, sağlık hizmetleri, lojistik, perakende ile diğer endüstriler, üretkenliği ve verimliliği artırmak için dijital ikizlerden faydalanmaktadır. 2025 yılına gelindiğinde imalat sanayinin 6 milyar ABD doları aşan bir pazar büyüklüğüne ulaşması beklenmektedir.

1.6. Ülkelerin Endüstri 4.0 Potansiyelleri

Endüstri 4.0 bir takım yeni ve yenilikçi teknolojik gelişmelere dayanmaktadır. Endüstri 4.0 hem şirket içinde hem de şirket sınırları dışında, ürün oluşturma ve kullanmanın (lojistik ve tedarik dahil) tüm aşamalarında bilgiyi dijitalleştirme ve sistemleri entegre etmek için bilgi ve iletişim teknolojisinin (BİT) uygulanmasıdır. Fiziksel süreçleri ve sistemleri izlemek ve kontrol etmek için BİT'leri kullanan siber-fiziksel sistemleri, gömülü sensörleri, oluşturulacak ürüne uyacak şekilde kendilerini yapılandırabilen akıllı robotları veya katmanlı üretim (3D baskı) cihazlarını içerebilmektedir. Makineleri, iş ürünlerini, sistemleri ve insanları hem üretim tesisi içinde hem de tedarikçiler ve distribütörlerle birbirine bağlamaya hizmet eden kablosuz ve internet teknolojilerini içeren ağ iletişimlerini kapsamaktadır. Ürünlerin tasarımında ve üretim süreçlerinin kurulmasında simülasyon, modelleme ve sanallaştırmada,

büyük miktarda verinin toplanması veya doğrudan fabrikada ya da büyük veri analizi ve bulut bilişim aracılığıyla bunların analiz edilmesi ve kullanılmasını içermektedir. Ayrıca robotlar, artırılmış gerçeklik ve akıllı araçlar da dahil olmak üzere çalışanlara yönelik daha fazla BİT tabanlı desteğini de içermektedir (Davies, 2015a: 2-3).

1.6.1. Ülkelere Göre İndeksler

Her ülkenin endüstri 4.0 düzeyi sahip oldukları yetenekler ve donanımlarına göre değişmektedir. Endüstri 4.0'ı niteleyen birçok etmen bulunmaktadır. Bu etmenler temel yapı taşları etrafında şekillenmektedir.

Tablo 1.3. Seçilmiş ülkeler 2022 yılı GCI, GDCI, Bilimsel Yayınlar indeksi, E-Devlet İndeksi, ARGE harcamaları.

Ülkeler	GCI	GDCI	Bilimsel Yayınlar	E-Devlet İndeksi	Küresel İnnovasyon İndeksi	ARGE Harcamaları %GSYİH
	2022	2022	2022	2022	2022	2021
ABD	9	1	2	10	3	3.46
İngiltere	29	20	4	11	4	2.91
Japonya	35	32	7	14	13	3.30
Çin	6	9	1	43	12	2.43
G. Kore	28	6	13	3	10	4.93
S. Arabistan	17	30	18	31	48	0,45
Türkiye	47	53	16	48	39	1.40
Hindistan	40	49	3	105	40	0,65
Brezilya	60	57	14	49	49	1.15
Kanada	15	11	8	32	15	1.70
Almanya	22	23	5	22	8	3.14
Fransa	33	27	9	19	11	2.22
İtalya	41	43	6	37	26	1.45
Avustralya	19	16	10	7	24	1.83
Endonezya	34	45	24	77	61	0,28
Meksika	56	54	32	62	58	0.30
Rusya	43	42	12	42	51	1.09
G. Afrika	61	58	30	65	59	0.60

Not: GCI, GDCI, Bilimsel Yayın Yapma Sayısı, E-Devlet Oluşturma, Küresel İnnovasyon İndeksi 2022 yılı verilerinden oluşmakta ve Sıralama şeklinde verilmiştir. ARGE Harcamaları GSYİH yüzdesi şeklinde 2021 yılı için verilmiştir.

Not: Rusya GCI 2019 ve GDCI 2020 yılı verilerine ulaşılmıştır. ARGE harcamalarında Hindistan ve Avustralya 2019 verilerine ulaşılmıştır, Şili, Kolombiya, Brezilya, Hindistan, Meksika, Rusya ve G. Afrika 2020 verilerine ulaşılmıştır.

Kaynak: (Tablodaki istatistiki verilerden Küresel Rekabet İndeksi ve Küresel Diital Rekabet İndeksi, IMD 2023'den;; Bilimsel Yayın Sayıları; SCIMAGOJR 2023'den;; E-Devlet indeksleri Publicadministration 2023'den;; Ar-Ge Harcamaları World Bank 2023'den;; Küresel Yenilik indeksi WIPO 2023, a'dan derlenmiştir).

Endüstri 4.0'a uyum konusunda, belirli ülkelerin doğrudan sıralaması yapılmamaktadır. Bunun yerine, teknolojik uyumu yüksek olan kurumların öncü ülkeler arasında kabul edileceği vurgulanmaktadır. Yeni teknolojilerin kullanımı, dijitalleşme, endüstride robot kullanımı gibi alanlarda yapılan ülke karşılaştırmaları ve oluşturulan endeksler, ülkelerin Endüstri 4.0'a uyum düzeyi hakkında bilgi sağlamaktadır (Karaer vd. 2023: 100-101).

Tablo 1.3'e göre ABD, küresel dijital rekabet gücünde dünya lideri konumunda ve aynı zamanda Ar-Ge harcamalarında da birinci sırada yer almaktadır. Bilimsel yayınlar ve küresel inovasyon indeksinde de üst sıralarda bulunmaktadır. Bu, ABD'nin teknoloji ve inovasyon alanında dünya çapında öncü bir rol oynadığını göstermektedir. Birleşik Krallık, bilimsel yayınlar ve küresel inovasyon indeksi açısından oldukça yüksek sıralarda bulunmaktadır. Bununla birlikte, küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücünde daha düşük sıralarda yer alması, diğer alanlarda gösterdiği gücü dijital alanda tam olarak yansıtamadığını düşündürmektedir.

Ar-Ge harcamalarında dünya çapında önemli bir yere sahip olan Japonya, küresel inovasyon ve bilimsel yayınlar açısından da iyi bir konumdadır. Ancak küresel ve dijital rekabet gücünde beklenenin altında bir performans sergilediği görülmektedir. Çin, bilimsel yayınlar konusunda dünya lideri ve Ar-Ge harcamalarında ise ikinci sırada yer almaktadır. Küresel rekabet gücünde oldukça yüksek bir sıraya sahip olmasına rağmen, e-devlet indeksi ve küresel inovasyon indeksinde görece daha düşük sıralarda yer almaktadır. Bu, Çin'in bilimsel ve teknolojik altyapısının güçlü olduğunu, ancak inovasyon ve dijital hizmetler konusunda daha fazla gelişmeye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Almanya, Ar-Ge harcamaları ve e-devlet indeksi açısından oldukça iyi bir performans sergilemektedir. Bu, Almanya'nın teknolojik gelişimine ve dijital hükümet hizmetlerine büyük önem verdiğini göstermektedir. Küresel rekabet ve dijital rekabet gücünde de iyi sıralarda yer alarak, Avrupa'nın önde gelen ekonomilerinden birisi konumundadır.

Fransa, e-devlet indeksi ve küresel inovasyon indeksinde yüksek sıralarda bulunmaktadır. Bu da ülkenin dijital hükümet hizmetleri ve inovasyon kapasitesinin güçlü olduğunu göstermektedir. Ancak küresel ve dijital rekabet gücü konusunda daha geride kalması, bu alanlarda diğer Avrupa ülkelerine göre daha fazla gelişme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 1.4. Seçilmiş ülkeler 2022 yılı GCI, GDCI, Bilimsel Yayınlar indeksi, E-Devlet İndeksi, ARGE harcamaları

Ülkeler	GCI	GDCI	Bilimsel Yayınlar	E-Devlet İndeksi	Küresel İnnovasyon İndeksi	ARGE Harcamaları %GSYİH
Avusturya	24	22	33	20	18	3.26
Belçika	13	15	27	39	23	3.43
Danimarka	1	4	29	1	9	2.81
Hollanda	5	2	17	9	7	2.31
İsrail	23	13	38	16	14	5.56
İrlanda	2	21	42	29	22	1.13
İspanya	36	31	11	18	29	1.43
İsveç	8	7	21	5	2	3.42
İsviçre	3	5	20	23	1	3.36
Lüksemburg	20	26	83	26	21	1.04
Norveç	14	14	34	17	19	1.94
Portekiz	39	36	28	38	30	1.68
Yunanistan	49	52	39	33	42	1.46
Finlandiya	11	8	40	2	6	2,99
Y. Zelanda	31	25	46	4	27	1.45
Çekya	18	24	37	45	31	2.00
Macaristan	46	47	52	51	35	1.64
Polonya	43	39	19	34	41	1.44
Slovakya	53	46	61	47	45	0,92
Slovenya	42	37	63	21	33	2.13
Şili	44	42	45	36	52	0.33
Estonya	26	18	75	8	16	1.75
Litvanya	32	28	70	24	34	1.11
Letonya	51	40	82	29	37	0,74
Kosta Rika	62	-	97	56	74	0,28
Kolombiya	58	62	49	70	66	0,29

Not: GCI, GDCI, Bilimsel Yayın Yapma Sayısı, E-Devlet Oluşturma, Küresel İnnovasyon İndeksi 2022 yılı verilerinden oluşmakta ve Sıralama şeklinde verilmiştir. Ar-Ge Harcamaları GSYİH yüzdesi şeklinde 2021 yılı için verilmiştir.

Not: Rusya GCI 2019 ve GDCI 2020 yılı verilerine ulaşılmıştır. Ar-Ge harcamalarında Hindistan ve Avustralya 2019 verilerine ulaşılmıştır, Şili, Kolombiya, Brezilya, Hindistan, Meksika, Rusya ve G. Afrika 2020 verilerine ulaşılmıştır.

Kaynak: (Tablodaki istatistiki verilerden Küresel Rekabet İndeksi ve Küresel Diital Rekabet İndeksi, IMD 2023'den;, Bilimsel Yayın Sayıları; SCIMAGOJR 2023'den;, E-Devlet indeksleri Publicadministration 2023'den;, ARGE Harcamaları World Bank 2023'den;, Küresel Yenilik indeksi WIPO 2023, a'dan derlenmiştir).

Rusya, Ar-Ge harcamalarında ve bilimsel yayınlar açısından ortalama bir sıralamada yer almaktadır. Bu, ülkenin bu alanlarda belirli bir kapasiteye sahip olduğunu, ancak dünya liderleriyle rekabet etmek için daha fazla yatırım ve gelişime ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücünde daha düşük sıralarda

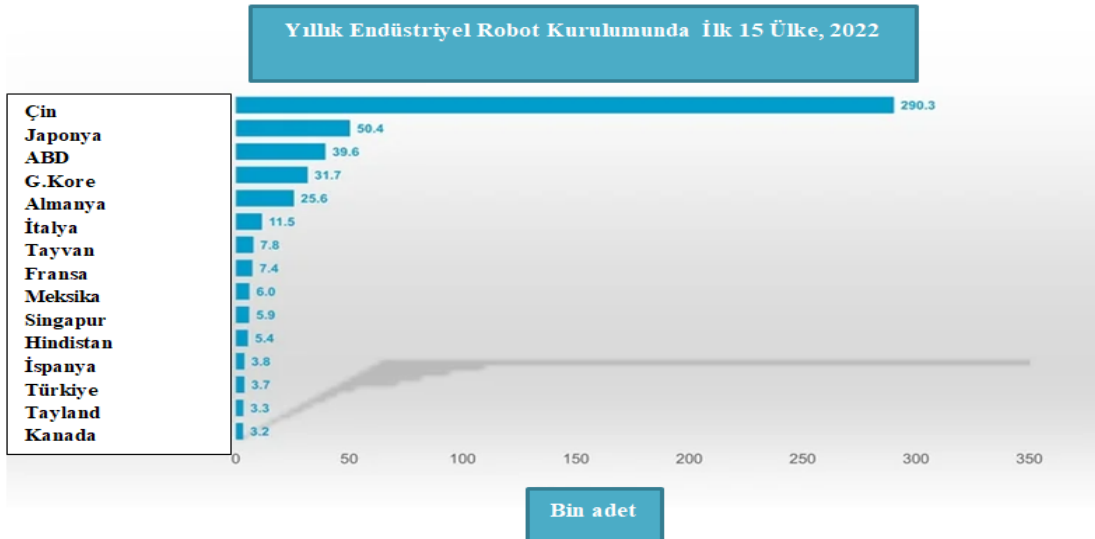
bulunması, Rusya'nın ekonomik ve teknolojik açıdan bazı zorluklarla karşı karşıya olduğunu ve bu alanlarda gelişim için önemli potansiyelleri olduğunu düşündürebilir. E-devlet ve küresel inovasyon indeksindeki konumları da Rusya'nın dijital hizmetler ve inovasyon konusunda daha fazla gelişme göstermesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 1.4'e göre Avusturya, küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücü açısından orta düzeyde bir sıralamada bulunmaktadır. Bu da ülkenin küresel ve dijital rekabet açısından dengeli bir performans sergilediğini göstermektedir. Bilimsel yayınlar ve e-devlet indeksinde de benzer bir konumda yer alarak, teknoloji ve inovasyon alanında istikrarlı bir ilerleme kaydettiğini kanıtlamaktadır. Küresel inovasyon indeksi ve Ar-Ge harcamalarında da orta sıralarda yer alması, bu alanlarda daha fazla gelişme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Belçika, küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücü açısından iyi bir performans sergilemektedir. Bilimsel yayınlar ve küresel inovasyon indeksi açısından da ortalama üzeri bir konumda yer almaktadır. Ancak e-devlet indeksinde daha düşük bir sıralamada olması, dijital hükümet hizmetleri alanında gelişme ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Ayrıca Ar-Ge harcamaları açısından da orta düzeyde bir performans sergilemektedir. Danimarka, küresel rekabet gücünde dünya lideri konumunda ve e-devlet indeksinde de birinci sıradadır. Bu, ülkenin hem ekonomik hem de dijital hükümet hizmetleri alanında dünya çapında öncü bir rol oynadığını göstermektedir. Küresel inovasyon indeksinde de yüksek bir sıralamada yer alarak, inovasyon kapasitesinin güçlü olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak bilimsel yayınlar ve Ar-Ge harcamalarında ortalama üzeri bir performans sergilemesi, bu alanlarda daha fazla gelişme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Hollanda, küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücünde yüksek sıralarda yer alarak, bu alanlarda dünya çapında öncü ülkelerden biri olduğunu göstermektedir. Küresel inovasyon indeksi ve bilimsel yayınlar açısından da yüksek bir konumda bulunmaktadır. E-devlet indeksinde de iyi bir sıralamada yer alarak, dijital hükümet hizmetleri alanında da başarılı olduğunu göstermekte ve Ar-Ge harcamalarında da iyi bir performans sergilemektedir. İsveç, küresel rekabet gücü (GCI) ve küresel dijital rekabet gücü (GDCI) konusunda oldukça yüksek sıralarda yer almaktadır. Bu, ülkenin hem genel ekonomik hem de teknolojik ve dijital alanlarda dünya çapında rekabetçi bir pozisyonda olduğunu göstermektedir. Bilimsel yayınlar ve küresel inovasyon indeksi konusunda da yüksek sıralamalar elde etmesi, İsveç'in bilim ve teknoloji alanında önemli bir inovasyon kapasitesine sahip olduğuna işaret etmektedir. E-devlet indeksi ve Ar-Ge harcamalarında da iyi bir konumda bulunan İsveç bu alanlarda da güçlü bir performans sergilemektedir.

Norveç, küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücünde ortalama üstü bir performans sergilemektedir. Bu, ülkenin ekonomik ve teknolojik altyapı açısından dengeli ve rekabetçi bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. E-devlet indeksi ve küresel inovasyon indeksinde de iyi bir sıralamada yer alması, Norveç'in dijital hükümet hizmetleri ve inovasyon kapasitesinin güçlü olduğunu kanıtlamaktadır. Bilimsel yayınlar ve Ar-Ge harcamalarında ortalama bir performans sergilemesi, bu alanlarda gelişme potansiyeli olduğunu göstermektedir. İsrail, küresel inovasyon indeksinde ve Ar-Ge harcamalarında oldukça yüksek sıralarda yer almaktadır. Bu, ülkenin inovasyon ve Ar-Ge konusunda dünya çapında öncü bir rol oynadığını göstermektedir. Küresel rekabet gücü ve dijital rekabet gücünde de yüksek sıralamalara sahip olması, İsrail'in genel ekonomik ve teknolojik altyapısının da güçlü olduğunu kanıtlamaktadır. E-devlet indeksinde ve bilimsel yayınlar konusunda da iyi bir performans sergileyerek, dijital hükümet hizmetleri ve bilimsel araştırmalar alanında da başarılı bir konumda bulunmaktadır.

Grafik 1. göre 2022 yılında en fazla endüstriyel robot kurulumu Çin'e yapılmış ve 290 bin birimdir. Bu rakam en yakın rakibinin yaklaşık 6 katı daha fazladır. İkinci en fazla kurulum 50 bin birimle Japonya'ya, üçüncü en fazla kurulum 39 bin birimle ABD'ye ve dördüncü en fazla kurulum ise 31 bin birimle Güney Kore'ye yapılmıştır. Grafikte dikkat çeken diğer bir durum ise ilk 4'de 3 tane Uzak Doğu ülkesi olması, ilk 15 içinde sadece 3 tane Avrupa ülkesi olmasıdır. Buna göre ülkelerin Endüstri 4.0 geçişlerindeki artışları kanıtlamaktadır.



Grafik 1.10 Yıllık Endüstriyel Robot Kurulumunda İlk 15 Ülke

Kaynak: IFR, 2024.

1.6.2. Ülkelere Göre Akıllı Şehirler

Endüstri 4.0'ın, küresel gelir seviyelerini arttırma ve dünya genelinde yaşam kalitesini iyileştirebilme potansiyeli vardır. Bugüne kadar bundan en çok kazanç elde edenler, parası olan ve dijital dünyaya erişebilenler olmuştur. Teknolojiyle birlikte kişisel yaşamlarımızın verimliliği ve zevkini yükselten yeni ürün ve hizmetler ortaya çıkmıştır (WEF, 2016).

Ülkeler şehirlerden meydana gelmektedir dolayısıyla bir ülkenin gelişmişliğiyle sahip oldukları şehirlerin potansiyelleri arasında pozitif bir ilişki olduğu düşünülmektedir.

Akıllı şehirler, sensörler ve veri analitiği kullanarak şehirlerin kaynaklarını daha verimli yönetmeyi amaçlayan kentsel alanlar olup, bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) bir dizi uygulamasından yararlanmaktadır. Bu uygulamalar, yaşam ve çalışma ortamlarını geliştirmek, maliyetleri ve kaynak kullanımını azaltmak ve hükümet ile vatandaşlar arasındaki iletişimi arttırmak için kullanılmaktadır. Akıllı şehirler, hücresel ve IoT bağlantısına dayanmakta ve bu bağlantılar, akıllı cihazların veri toplamasına, analiz etmesine ve eylemler gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır. Güney Kore'de her yerde bulunan şehirlerin (U-Cities) gelişimi buna bir örnektir. U-Cities, vatandaşları akıllı bir cihaz aracılığıyla herhangi bir hizmete bağlamayı amaçlamaktadır. Bilgi şehirleri, bilgi ekonomisinin inovasyonuna odaklanır ve ardından vasıflı iş gücünü arttırmayı hedefler. Dijital şehir, daha fazla ara bağlantı ve bilgi paylaşımına olanak tanıyan bir şehir olarak tanımlanmaktadır. Akıllı şehirlerin ardındaki amaçlar çok çeşitli olsa da genel olarak fiziksel altyapının verimli kullanımına dayanmaktadır. Akıllı şehirler, bir şehirdeki yaşam kalitesini geniş ölçekte iyileştirmek için nüfus, işletmeler ve hükümet arasındaki iş birliğine dayalı çabalarlardır. Bilgi ve iletişim teknolojisi akıllı şehirlerde hastaneler, trafik ve ulaşım, enerji santralleri, su temini, atık yönetimi ve kolluk kuvvetleri dahil olmak üzere çok çeşitli kentsel hizmetler için kullanılmaktadır. Genel olarak akıllı altyapı segmentinin önümüzdeki beş yıl içinde en büyük segment olacağı öngörülmektedir. Akıllı şehir altyapısından elde edilen gelir 2024 yılına kadar 100 milyar ABD dolarının üzerine çıkması beklenmekte bu rakam dünya çapındaki toplam akıllı şehir gelirinin yüzde 40'ından fazlasına tekabül etmektedir (Statista, 2024a).

Artan kentsel nüfuslarını desteklemek için birçok şehir, kentsel ortamlara ilişkin gerçek zamanlı verileri toplamak, paylaşmak ve analiz etmek için nesnelerin internetine (IoT), yani dünyanın sürekli genişleyen bağlı cihaz ağına olan güveni arttırmaktadır. IoT teknolojileri kullanılarak toplanan veriler, şehirlerin suçla mücadele etmesine, kirliliği azaltmasına, trafik sıkışıklığını azaltmasına, afetlere hazır olma durumunu artırmasına ve daha fazlasına yardımcı olmaktadır. Ancak aynı zamanda gizlilik ve güvenlik konusunda artan endişeleri de arttırmaktadır. Uygun yönetim olmadan, bu akıllı şehir teknolojileri önemli zorluklara neden

olmaktadır. Ancak dünya çapında akıllı şehirlerin sayısının artmasına rağmen, verilerin kamusal alanlarda (örneğin trafik kameraları veya Wi-Fi bağlantı noktaları tarafından) nasıl toplanması ve daha sonra kullanılması gerektiğini düzenleyen küresel bir çerçeve bulunmamaktadır (WEF, 2024a).

Tablo 1.5. Ükelere Göre Akıllı Şehir Sıralaması İlk Kırk Ülke ve Şehir.

Ülke	Şehir	Ülke Endeksi	Şehir Endeksi	Sıralama
İsviçre	Zurich	0.962	0.989	1
Norveç	Oslo	0.961	0.98	2
Avustralya	Canberra	0.951	0.98	3
Danimarka	Kopenhag	0.948	0.967	4
İsviçre	Lausenna	0.962	0.966	5
UK	London	0.929	0.973	6
Singapur	Singapur	0.939	0.939	7
Finlandiya	Helsinki	0.94	0.96	8
İsviçre	Geneva	0.962	0.966	9
İsveç	Stockholm	0.947	0.972	10
Almanya	Hamburg	0.942	0.972	11
Çin	Beijing	0.768	0.907	12
BAE	Abu Dabi	0.911	0.911	13
Çekya	Prag	0.889	0.96	14
Hollanda	Amsterdam	0.941	0.962	15
Güney Kore	Seoul	0.925	0.952	16
BAE	Dubai	0.911	0.911	17
Avusturalya	Sidney	0.951	0.952	18
Hong Kong	Hong Kong	0.949	0.946	19
Almanya	Münih	0.942	0.950	20
ABD	Newyork	0.921	0.938	21
Y. Zelanda	Auckland	0.937	0.951	22
Y. Zelanda	Wellington	0.937	0.938	23
Avustralya	Brisbane	0.951	0.944	24
Çin	Şangay	0.768	0.88	25
İzlanda	Reykavik	0.959	0.959	26
İspanya	Bilbao	0.905	0.932	27
Avusturya	Vien	0.916	0.942	28
Taywan	Tapei City	0.916	0.916	29
S. Arabistan	Riyad	0.875	0.90	30
Avustralya	Melborn	0.951	0.948	31
Estonya	Talin	0.89	0.932	32
Almanya	Berlin	0.942	0.959	33
ABD	Boston	0.921	0.949	34
Belçika	Brüksel	0.937	0.953	35
İsveç	Göteborg	0.947	0.944	36
İspanya	Madrid	0.905	0.940	37
Almanya	Düsseldorf	0.942	0.939	38
ABD	Washington D.C.	0.921	0.940	39
Kanada	Ottawa	0.936	0.943	40

Kaynak: IMD, 2024.

Tablo 1.5’de Dünyanın en akıllı 40 şehri verilmektedir. İlk öne çıkan, aldıkları indeks değerlerinin birbirlerine yakın olması ve Avrupa, Asya, Avusturya ve ABD kıtalarına dağılımıdır. İlk 40 içinde 19 tane Avrupa akıllı şehri bulunmakta ve toplam akıllı şehirler

içinde yaklaşık %50'lilik bir orana sahiptir. Ayrıca, ilk 15 şehire bakıldığında Avrupa'nın 11 şehri ile dominant olduğu görülmekte ve bu şehirlerden 9 tanesi AB ülkelerinde yer almaktadır. Buna göre, Dünya'nın en akıllı şehirleri İsviçre, Norveç ve Avustralya'dadır. Dünya'nın en akıllı şehri İsviçre'nin Zürih şehri, ikinci en akıllı şehri Norveç'in Oslo şehri ve üçüncü en akıllı şehri ise Avustralya'nın Canberra şehridir. Bu ülkeler, akıllı şehirler için gerekli olan altyapı, teknoloji ve politikaları sağladıklarından dolayı başarılıdır. Buna göre ilk 40'ta Avustralya'nın 4 tane (Canberra, Sidney, Brisbane ve Melborn), Almanya'nın 4 tane (Hamburg, Münih, Berlin ve Düsseldorf), İsviçre'nin 3 tane (Zürich, Lausenna, Geneva), ABD'nin 3 tane (Newyork, Boston, Washington), Çin'in 2 tane (Beijing ve Şangay) ve İsveç'in 2 tane (Göteborg ve Stockholm) akıllı şehri bulunmaktadır.

1.6.3. Ülkelere Göre Üretim Yapıları

Dördüncü Sanayi Devrimi yeni üretim tekniklerinin ve iş modellerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Diğer trendlerin yükselişiyle birleştiğinde, teknolojik değişimin hızı ve kapsamı, üretkenliği ve kapsayıcı büyümeyi teşvik eden endüstriyel stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması gibi zorlu olan göreve bir karmaşıklık seviyesi daha eklemektedir (WEF, 2018: 9).

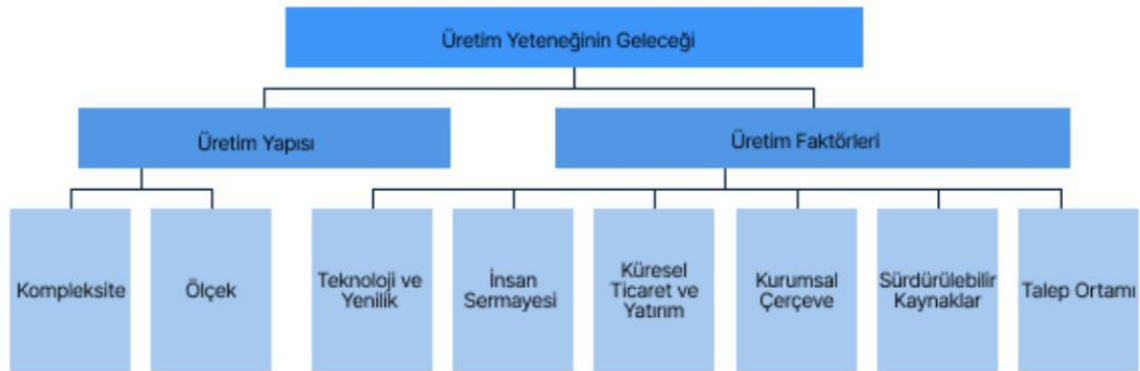
WEF (2018) tarafından yapılan ve altı farklı kategoriye göre, incelediği raporun sonucuna göre üretim sistemlerinde küresel dönüşümün zor olacağını ve gelecekteki üretimin iki kutuplu dünyada giderek daha fazla kutuplaşabileceğini öngörmektedir. İncelenen 100 ülke ve ekonomi arasında, 25'inin lider konumda olduğu ve bunların Avrupa, Kuzey Amerika ve Doğu Asya'daki ülkelerden oluştuğu belirtilmektedir. Ayrıca, değişen üretim koşullarından en iyi şekilde faydalanabilecek konumda olan ülkelerin bu lider ülkeler olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca ülkelerin üretim sistemlerini dönüştürmek için oldukça farklı yolların ortaya çıkabileceğini vurgulamıştır. En güçlü Üretim Yapısına sahip ülkenin Japonya olduğunu ve ABD'nin Üretimin İtici Gücünde en güçlü ülke olduğunu ancak bu ülkelerin hâlâ dönüşümün ilk aşamalarında ilerlediklerini vurgulamıştır. Her alanda ortak zorlukların bulunduğunu puanları yüksek olan lider ülkelerin, hazır olma kategorisi için gerçek dönüşüme geçmeleri ve gelişen teknolojileri tasarlayıp, test ededip ve öncülük yaparak sınırları zorlamaları gerektiğini önermiştir. Yeni teknoloji paradigması bazı yeni endüstrileri ortaya çıkardıkça, bir sıçrama yapma potansiyelinin olduğunu ancak yalnızca birkaç ülkenin bundan faydalanabilecek konumda olduğunu belirtmiştir. Yeni teknolojik paradigmaları geride kalan ülkelerin diğerlerini yakalaması için bir fırsat olarak görmekte çünkü bu ülkeler, mevcut teknolojilere bağlı kalmanın önceki maliyetlerinden kurtularak sonraki bir aşamada yeni

gelişen endüstrilere geçebileceğini belirtmiştir. Dördüncü Sanayi Devrimi ile ilgili gelişen teknolojiler sayesinde bu fırsatın ortaya çıktığını, küresel değer zincirlerinde lokasyon oluşturma ve diğer yapısal değişiklikleri tetikleyeceğini vurgulamıştır. Gelişen teknolojilerin benimsenmesinin, değişen üretim faaliyetleri için maliyet-fayda denklemini değiştireceği ve sonuçta lokasyon çekiciliğini etkileyeceği belirtilmiştir. Değer zinciri yeniden tanımlandığında ülkeler pozisyon kazanma veya pay kaybetme ihtimallerine sahip olabileceğini vurgulamıştır. Örneğin, son birkaç on yıldır faaliyetlerini dışarıdan temin eden ülkeler, artık bu üretim faaliyetlerini tüketiciye daha yakın olmak için yeniden tüketici kıyısına yakın yerlerde gerçekleştirebileceklerini ön görmüştür. Ayrıca, gelecekte üretim sürecinin, küresel değer zincirinin her aşamasında belirli beceri ve yeteneklere olan talebi artıracığı ön görülmektedir. Bu bağlamda, ülkelerin hazırlıklı olmaları ve küresel değer zinciri içinde cazip bir üretim noktası haline gelmeleri için özgün yetenekler geliştirmeleri kritik öneme sahiptir. Bunların yanı sıra eğer ülkeler hızlıca geliştiremez ve bağlantılar kuramazlarsa, kaybedenler arasında yer alacakları belirtilmiştir (WEF, 2018: 9-12).

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin iş dünyası, müşteri beklentileri, ürün geliştirme, işbirlikçi inovasyon ve organizasyonel formlar üzerine etki etmektedir. İster tüketiciler ister işletmeler olsun, müşteriler giderek ekonominin merkezi haline gelmekte ve bu durumun, müşterilere hizmet verme şeklinin iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Üstelik fiziksel ürün ve hizmetler değerlerini artıran dijital yeteneklerle geliştirilebilmektedir. Yeni teknolojiyle varlıklar daha dayanıklı hale gelirken, veriler ve analizler ise varlıkların korunma biçimini de değiştirmektedir. Müşteri deneyimleri, veri tabanlı hizmetler ve analitik araçlar sayesinde varlık performansının dünyası, özellikle inovasyon ve aksaklığın meydana geldiği hız göz önüne alındığında, yeni iş birliği biçimlerine olan ihtiyaç artmaktadır. Küresel platformların ve diğer yeni iş modellerinin yükselişi, yetenek, kültür ve organizasyon biçimlerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (WEF, 2016).

WEF (2018) geleceğe hazır olmanın en önemli itici güçlerini Teknoloji ve İnovasyon, İnsan Sermayesi, Kurumsal Çerçeve ve Küresel Ticaret ve Yatırım şeklinde gruplandırmıştır. Bu etkenler ekonomik karmaşıklık ile güçlü bir ilişkiye sahiptir. Mevcut üretim paradigmalarından gelecekteki üretim paradigmalarına geçildikçe, her bir etkenin içindeki ihtiyaçlar gelişecek, ancak genel etkenler önemini koruyacaktır. Ölçek geleceğe hazırlık için bir ön koşul değildir ve üretimde geleceğe hazır olma konusunda ekonomik karmaşıklık ölçekten daha önemli olacaktır. Bazı özgün ürünler üretmek için insanlara ve teknolojiye gömülü bilgi toplama, birleştirme ve kullanma yeteneği giderek daha önemli bir rekabet avantajı haline gelecektir. Dolayısıyla WEF (2018), İsviçre veya Singapur gibi küçük

Ülkelerin, daha büyük ölçekli küresel devlere karşı dezavantajlı bir durumda olmadığını belirtmiştir (WEF, 2018: 9-12).



Şekil 1.2 Hazırlık Tanı Modeli Taslağı

Kaynak: WEF, 2018:9.

Şekil 1.2’de Hazırolma Tanı Modeli Taslağı görülmektedir. Buna göre üretim yeteneğinin geleceği retim Yapısı ve retim Faktörleri şeklinde iki ayrı kategoride olduğu görülmektedir. Üretim Yapısı Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık ve ölçek olmak üzere iki farklı alt kategoriye ayrılmıştır. Üretim Faktörleri Teknoloji ve Yenilik, İnsan Sermayesi, Küresel Ticaret ve Yatırım, Kurumsal ereve, Sürdürülebilir Kaynaklar ve Talep Ortamı olmak üzere altı farklı kategoriye ayrılmıştır.

Bir ülkenin retim Yapısı, o ülkenin tarım, madencilik, sanayi ve hizmetler genelinde sektör gelişimine öncelik vermek için aldığı stratejik kararlar da dahil olmak üzere çeşitli değişkenlere bağlıdır. Bu yapı, ülkenin mevcut üretim tabanının kompleksite/karmaııklığı ve ölçeğini yansıtmaktadır. Günümüzde geniş ve daha karmaıık bir retim Yapısına sahip olan ülkeler, mevcut yapısını geliştirebilecek bir üretim temeline sahip olduklarından, gelecek için daha hazır durumdadır (WEF, 2018: 7).

Aşıağıdaki Tablo 1.6’da retim Yapısı, lke Kompleksite/Karmaııklık ve ölçek (hem bir ülke­deki toplam üretim hacmini hem de imalatın ekonomi için önemini değerlendirmekte) gibi kategorilerde öncü olan ülkeler ve aldıkları skorlar bulunmakta ve skorlar 0-10 arasında değişmektedir. Buna göre retim Yapısında en yüksek skoru Japonya (8.99) alırken, İkinci en yüksek skoru G.Kore (8.75) ve üçüncü en yüksek skoru Almanya (8.68) almıştır. Kompleksite/Karmaııklık skorunda ilk sırada Japonya (10), ikinci sırada İşre (9.82) ve üçüncü sırada Almanya (9.40) bulunmaktadır. Ölçek skorunda ise ilk sırada Çin (10) ve ikinci sırada G.Kore (8.69) bulunmaktadır.

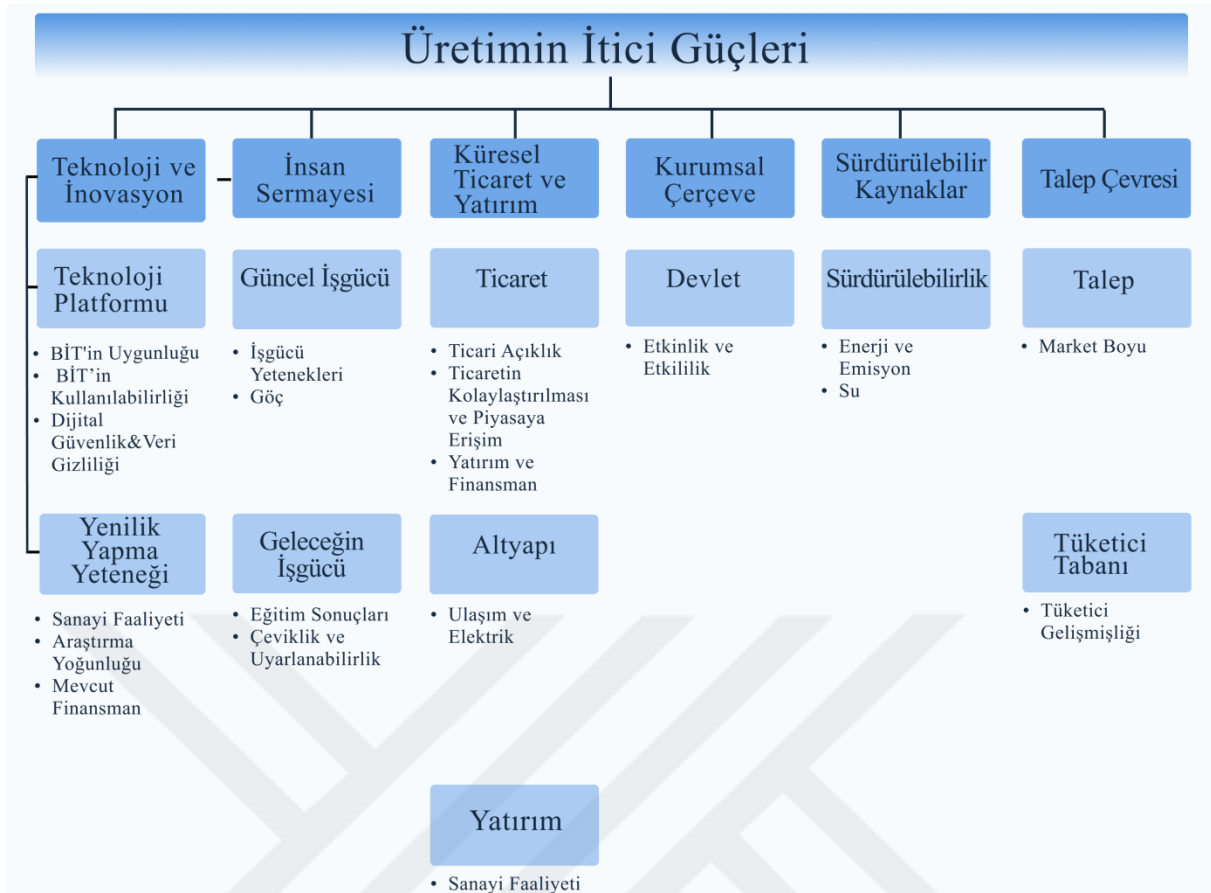
Tablo 1.6. 2018 Yılı Üretimin Yapısında Öncü Ülkeler ve Adıkları Skorlar.

Ülkeler	Üretimin Yapısı		Kompleksite		Ölçek	
	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama
Japonya	8.99	1	10	1	7.47	5
G.Kore	8.85	2	8.96	4	8.69	2
Almanya	8.68	3	9.40	3	7.59	4
İsviçre	8.39	4	9.82	2	6.25	12
Çin	8.25	5	7.08	27	10.00	1
Çekya	7.94	6	8.74	5	6.76	8
ABD	7.78	7	8.58	8	6.59	10
İsveç	7.46	8	8.74	5	5.55	23
Avusturya	7.46	9	8.69	7	5.62	21
İrlanda	7.34	10	8.16	13	6.11	14
Singapur	7.28	11	8.40	11	5.59	22
UK	7.05	13	8.58	8	4.74	37
Finlandiya	7.00	14	8.43	10	4.85	33
İtalya	6.99	15	7.74	18	5.87	16
France	6.87	18	8.00	15	5.18	28
Polonya	6.83	19	7.47	21	5.88	15
Malezya	6.81	20	6.80	30	6.82	7
Slovenya	6.80	21	8.27	12	4.60	39
Belçika	6.51	24	7.61	19	4.88	32
İsrail	6.43	25	7.87	16	4.27	48
Hollanda	6.32	26	7.43	22	4.66	38
Danimarka	6.29	27	7.61	19	4.31	46
İspanya	6.05	29	6.70	32	5.06	30
Kanada	5.81	33	6.50	34	4.77	34
Estonya	5.75	34	7.36	23	3.34	70

Kaynak: WEF, 2018.

Üretim yapısında öne çıkan önemli bir gösterge, ilk 5’de yer alan ülkelerin 3 tanesinin (Japonya, G. Kore ve Çin) Uzak Doğu ülkeleri olmasıdır. Kompleksite/Karmaşıklık kategorisinin de öne çıkan önemli bir göstergesi ilk 5’de yer alan ülkelerin ikisinin (Japonya ve Güney Kore) Uzak Doğu ülkeleri olması üçünün ise Avrupa ülkesi olması dikkat çekmektedir. Ölçek kategorisinde öne çıkan diğer bir önemli bir gösterge ise yine ilk 5’de yer alan ülkelerin üçünün (Japonya, Güney Kore ve Çin) Uzak Doğu ülkeleri olması sadece Almanya’nın Avrupa ülkesi olmasıdır.

Ayrıca ilk 25 içinde Asya kıtasından Japonya, Güney Kore, Çin, Malezya, Singapur ve İsrail’in yer aldığı görülmektedir. Kuzey Amerika kıtasından ABD ve Kanada ülkelerinde ilk 25 içindeki ülkelere olduğu görülmektedir. İlk 25’deki 17 ülkenin Avrupa ülkesi olması ve Avrupa ülkelerinin bu kategorilerde dominant şekilde çoğunlukta olması dikkat çekmektedir. Ayrıca ilk 25’de bulunan ülkelerin 16 tanesi AB üyesi ülkelerdir.



Şekil 1.3 Üretimi Etkileyen Faktörleri Ölçen Kavramlar

Kaynak: WEF, 2018:7.

Şekil 1.3'de Üretimin İtici Güçleri 6 alt kategoriye ayrılmıştır. Bunlar teknoloji ve inovasyon, insan sermayesi, küresel ticaret ve yatırım, kurumsal çerçeve, sürdürülebilir kaynak ve talep çevresinden oluşmaktadır. **İnsan Sermayesi:** Mevcut insan sermayesi (işgücü yeteneği) ve gelecek işgücü sermayesinden (göç, eğitim çıktısı, çeviklik ve adaptasyon) oluşmaktadır. **Küresel Ticaret ve Yatırım:** Ticaret (ticari açıklık, ticareti kolaylaştırılması ve pazara erişim), yatırım (yatırım ve finansman) ve altyapıdan (ulaşım ve elektrik) oluşmaktadır. **Kurumsal Çerçeve:** Devlet unsurlarından (etkinlik, etkililik ve kanun kuralları) oluşmaktadır. **Sürdürülebilir Kaynaklar:** Sürdürülebilirlik unsurlarından (enerji ve salınım, su) oluşmaktadır. **Talep Çevresi:** Talep (pazar genişliği) ve tüketici temelli unsurlardan (tüketici gelişimi) oluşmaktadır.

Tablo 1.7'de üretimin itici güçleri ve alt bileşenlerinde öncü ülkeler ve aldıkları skorlar görülmektedir. Skorlar 0-10 arasında değişmektedir. Buna göre üretimin itici gücüne en yüksek skora ABD (8.16), ikinci en yüksek skora Singapur (7.96) ve üçüncü en yüksek skora İsviçre (7.92) sahiptir. Teknoloji ve yenilik kategorisinde en yüksek skora ABD (8.52), ikinci en yüksek skora UK (8.05) ve üçüncü en yüksek skora İsviçre (7.87) sahiptir. İnsan sermayesi

kategorisinde en yüksek skora sahip olan ilk üç ülke İsviçre (8.47), Singapur (8.00) ve ABD (7.91) şeklinde sıralanmıştır. Küresel ticaret ve yatırım kategorisinde Singapur (9.02) ilk sırada yer alırken, Hollanda (8.37) üçüncü sırada yer almaktadır. Kurumsal çerçeve kategorisinde ilk sırada Singapur (9.13) yer alırken, Finlandiya (8.89) üçüncü sırada yer almaktadır. Sürdürülebilir kaynaklar kategorisinde ikinci sırada İsveç (8.78), üçüncü sırada ise İsviçre (8.75) yer almaktadır. Talep ortamı kategorisinde ilk sırada ABD (8.54), ikinci sırada Çin (7.93) ve üçüncü sırada Japonya (7.81) yer almaktadır.

Tablo 1.7. Üretimin İtici Güçleri ve Alt Bileşenlerinde Öncü Ülkeler ve Aldıkları Skorlar

Ülkeler	Üretimin İtici Güçleri		Teknoloji ve yenilik		İnsan Sermayesi		Küresel Ticaret ve Yatırım		Kurumsal Çerçeve		Sürdürülebilir Kaynaklar		Talep Ortamı	
	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama
ABD	8.16	1	8.52	1	7.91	3	7.73	5	8.55	9	6.69	37	8.54	1
Singapur	7.96	2	7.36	6	8.00	2	9.02	1	9.13	1	6.10	56	6.38	14
İsviçre	7.92	3	7.87	3	8.47	1	7.21	10	8.83	5	8.75	3	6.68	7
İngiltere	7.84	4	8.05	2	7.78	8	8.29	4	8.24	13	7.42	22	7.08	6
Hollanda	7.75	5	7.73	4	7.12	13	8.37	3	8.69	8	7.73	15	6.56	9
Almanya	7.56	6	7.16	8	7.49	7	7.32	8	8.22	14	7.78	13	7.55	4
Kanada	7.54	7	7.08	10	7.90	4	7.49	6	8.47	10	7.71	16	6.42	12
İsveç	7.40	9	7.31	7	7.51	6	6.77	19	8.82	6	8.78	2	5.88	24
Danimarka	7.20	10	6.90	12	7.30	12	6.79	18	8.84	4	8.38	8	5.41	34
Finlandiya	7.16	11	7.45	5	7.34	11	6.06	29	8.89	3	8.46	6	5.29	37
Fransa	6.89	14	6.82	14	6.48	23	6.94	14	7.31	21	8.19	10	6.50	10
İrlanda	6.85	15	6.57	18	6.99	14	6.83	16	7.92	16	6.70	36	5.66	30
Japonya	6.82	16	6.58	16	6.03	28	6.20	27	7.76	17	6.67	39	7.81	3
Belçika	6.80	17	6.41	19	6.91	15	6.66	21	7.57	18	7.12	24	6.22	18
Avusturya	6.99	18	6.20	21	6.78	18	6.54	22	8.04	15	8.64	4	5.63	31
G. Kore	6.79	21	6.57	17	5.90	30	6.82	17	6.86	25	6.49	46	6.40	13
Malezya	6.51	22	6.85	23	6.52	21	7.39	7	6.56	30	5.98	60	6.32	17
İsrail	6.24	23	6.79	15	6.83	17	5.34	53	7.01	23	6.03	58	4.96	44
İspanya	6.23	24	5.69	26	5.90	31	6.85	15	6.54	31	6.91	29	5.93	22
Çin	6.14	25	5.74	25	5.57	40	7.21	9	4.88	61	5.52	66	7.93	2
Çekya	6.01	26	5.07	31	6.50	22	6.22	26	6.66	29	7.57	18	4.97	43
Estonya	6.00	27	5.80	24	6.52	20	5.83	35	7.33	20	6.24	52	3.94	74
İtalya	5.90	30	5.66	27	5.89	32	6.02	30	5.23	48	6.92	28	6.62	8
Polonya	5.83	31	4.75	37	5.66	36	6.41	23	6.14	39	7.09	55	5.90	23
Slovenya	5.71	32	4.82	35	6.03	27	5.62	40	6.79	27	8.56	5	4.18	67

Kaynak: WEF,2018.

Üretim itici gücü genel skorunda ilk 10 içinde ABD, Singapur ve Kanada dışındaki ülkelerin tamamı Avrupa ülkeleri olup İngiltere dışında hepsi AB üyesi ülkelerdir. Teknoloji ve yenilik kategorisinde ise ilk 10 içinde yine ABD, Singapur ve Kanada dışındaki ülkelerin tamamı Avrupa ülkeleri olup İngiltere dışında hepsi AB üyesi ülkelerdir. İnsan sermayesi kategorisinde ilk yedi ülke içinde ABD, Singapur ve Kanada dışındaki ülkeler Avrupa ülkeleridir. Küresel ticaret ve yatırım kategorisinde ilk sekiz ülke içinde ABD, Singapur, Çin,

Kanada ve Malezya yer alırken, Avrupadan sadece İsviçre, İngiltere, Hollanda ve Almanya yer almıştır. Kurumsal çerçeve kategorisinde ilk 8 ülke içinde İsviçre, Hollanda, İsveç, Danimarka ve Finlandiya Avrupa ülkeleri, Avrupa dışından ise ABD, Singapur ve Kanada ülkeleri yer almıştır. Sürdürülebilir kaynaklar kategorisinde ilk yedi ülke içinde İsviçre, İsveç, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Slovenya ve Avusturya yer almıştır ve tamamı Avrupa ülkesi olarak öne çıkmıştır. Talep ortamı kategorisinde ise ilk yedi ülke içinde ABD, Çin, Japonya, Almanya, İngiltere, İsviçre ve İtalya ülkeleri yer almıştır. Ayrıca tüm ülkelere baktığımız zaman büyük çoğunlunun G20 ve OECD ülkelerinden oluşmaktadır.

1.6.4. Teknoloji, Otomotiv, Finansal Hizmet ve Telekomünikasyon Sektörlerine Göre Forbes 2000 Firma Sıralaması ve Ülkeleri.

Tablo 1.8. 2023 yılı Forbes 2000'in İlk 100 Arasında Yer Alan Firma, Sektör, Marka Değeri ve Ülke

Sıralama	Şirket	Marka Değeri (Milyar \$)	Sektör	Ülke
1	Apple	241.2	Teknoloji	ABD
2	Google	207.5	Teknoloji	ABD
3	Microsoft	162.9	Teknoloji	ABD
4	Amazon	135.4	Teknoloji	ABD
5	Facebook	70.3	Teknoloji	ABD
6	Coca-Cola	64.4	İçecek	ABD
7	Disney	61.3	Eğlence	ABD
8	Samsung	50.4	Teknoloji	G.Kore
9	Louis Vuitton	47.2	Lüks Üretim	Fransa
10	McDonald's	46.1	Yiyecek ve İçecek	ABD
11	Toyota	41.5	Otomotiv	Japonya
12	İntel	39.5	Teknoloji	ABD
13	Nike	39.1	Giyim	ABD
14	AT&T	37.3	Telekomünikasyon	ABD
15	Cisco	36	Teknoloji	ABD
16	Oracle	35.7	Teknoloji	ABD
17	Verizon	32.3	Telekomünikasyon	ABD
18	Visa	31.8	Finansal Hizmet	ABD
19	Walmart	29.5	Perakende	ABD
20	General Elektrik	29.5	Teknoloji ve Finansal Hizmet	ABD
21	Budweiser	28.9	İçecek	Belçika
22	SAP	28.6	Teknoloji	Almanya
23	Mercedes-Benz	28.5	Otomotiv	Almanya
24	IBM	28.2	Teknoloji	ABD
25	Marlboro	26.8	Tütün Ürünü Üretimi	ABD
26	Netflix	26.7	Teknoloji	ABD
27	BMW	25.9	Otomotiv	Almanya
28	American Express	25.1	Finansal Hizmet	ABD
29	Honda	24.5	Otomotiv	Japonya
30	L'Oreal	22.8	Kozmetik Üretim	Fransa
31	Gucci	22.6	Lüks Üretim	İtalya
32	Hermes	21.6	Lüks Üretim	Fransa

Sıralama	Şirket	Marka Değeri (Milyar \$)	Sektör	Ülke
33	Nescafe	20.4	İçecek	İsviçre
36	Pepsi	18.2	İçecek	ABD
38	Mastercard	17.3	Finansal Hizmet	ABD
39	Frito-Lay	16.3	Yiyecek	ABD
42	Gillette	14.5	Üretim	ABD
43	HSCB	14.4	Finansal Hizmet	İngiltere
44	Audi	13.8	Otomativ	Almanya
45	J.P. Morgan	13.7	Finansal Hizmet	ABD
47	Sony	13.3	Teknoloji	Japonya
49	Bank of America	13.2	Finansal Hizmet	ABD
50	Chase	13.1	Finansal Hizmet	ABD
51	Adidas	12.9	Giyim	Almanya
52	Chanel	12.8	Lüks Üretim	İngiltere
53	Siemens	12.7	Mühendislik ve İmalat	Almanya
54	Nestle	12.3	Yiyecek Üretim	İsviçre
56	Cartier	12.2	Lüks Üretim	Fransa
57	Porsche	12.1	Otomativ	Almanya
59	Citi	11.8	Finansal Hizmet	ABD
60	Wells Fargo	11.8	Finansal Hizmet	ABD
61	Adobe	11.5	Teknoloji	ABD
62	Pampers	11.5	Üretim	ABD
63	Corona	11.4	İçecek	Belçika
64	T-Mobile	11.4	Telekomünikasyon	ABD
65	Ebay	11.3	Teknoloji	ABD
66	Chevrolet	11.3	Otomativ	ABD
67	Paypal	11.3	Finansal Hizmet	ABD
68	Ford	11.2	Otomativ	ABD
69	Redbul	11.1	İçecek	Avusturya
71	HP	11	Teknoloji	ABD
72	Colgate	10.7	Üretim	ABD
75	Lancome	10.4	Kozmetik Üretim	Fransa
77	Lexus	10.3	Otomativ	Japonya
78	Santander	9.7	Finansal Hizmet	İspanya
80	Rolex	9.5	Lüks Üretim	İsviçre
81	Hyundai	9.5	Otomativ	G.Kore
82	Danone	9.3	Üretim	Fransa
83	Heineken	9.3	İçecek	Hollanda
84	Uniqlo	9.2	Üretim	Japonya
85	Goldman Sachs	8.9	Finansal Hizmet	ABD
86	Hennessy	8.9	İçecek	Fransa
87	Nintendo	8.8	Teknoloji	Japonya
88	AXA	8.8	Finansal Hizmet	Fransa
89	Allianz	8.8	Finansal Hizmet	Almanya
90	Dell	8.7	Teknoloji	ABD
93	Huawei	8.5	Teknoloji	Çin
95	UBS	8.3	Finansal Hizmet	İsviçre
100	Volkswagen	7.9	Otomativ	Almanya

Kaynak: Forbes, 2024.

Tablo 1.8’de ilk 100 içine giren firma, sektör, marka değeri ve ülke açısından sıralamaları görülmektedir. Buna göre ilk öne çıkan ABD firmalarının ilk 100’ü domine etmesidir. İlk 100 de bulunan firmaların 37 tanesi ABD menşeli firmalar olup ilk 20 içinde olan firmaların 10 tanesi teknoloji firmalarından oluşmaktadır. İlk 5 içinde bulunan firmalarının hepsi ABD’nin olup tamamı teknolojisi firmasıdır. Ayrıca bu 5 firma Apple, Google, Microsoft, Amazon ve Facebook’dan oluşmakta ve toplam marka değeri yaklaşık 800 milyar dolardır. İlk 100 içinde en fazla firmaya sahip ikinci ülke Almanya (9), üçüncü ülke Fransa (7), dördüncü ülke Japonya (6) olurken diğer ülkeler Güney Kore, İngiltere, İsviçre, İspanya, İtalya, Avusturya, Hollanda, Belçika ve Çin’den oluşmaktadır. İlk 100 içindeki firmaların büyük çoğunluğu Avrupa ülkeleri firmalarından oluşurken Japonya, Güney Kore ve Çin firmalarında Asya ülkeleri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca bu ülkelerin büyük çoğunluğu G20 ve OECD ülkelerinden oluşmaktadır. İlk 100 içindeki firmaların 20 tanesi teknoloji, 16 tanesi finansal hizmet, 9 tanesi otomotiv, 8 tanesi içecek, 14 tanesi üretim, yiyecek, kozmetik üretimi ve lüks üretim kategorisinde, 3 tanesi telekomünikasyon kategorinde yer almaktadır. İlk 100 içindeki firmaların büyük çoğunluğunun üretim modeli olarak endüstri 4.0’ı benimsemesi ya da endüstri 4.0’ın bileşenlerinden kullanma potansiyelleri olması açısından önemlidir. Örneğin üretim firmalarının otomasyonlu üretimde bulunmaları ve nesnelerin internetinden faydalanmaları ya da teknoloji firmalarının siber güvenlik, yapay zekâ arttırılmış gerçeklik ve bulut bilişimden faydalanmaları ve buna yönelik ürün ve hizmetler üretmeleri örnek verilebilir. Yani bir ülkenin endüstri 4.0 potansiyellerinin önemli göstergeleri ve öncülleri sahip oldukları firmalarda vücut bulmaktadır.

1.6.5. Ülkelere Göre Bilim ve Teknoloji Kümelenmeleri

Aşağıda yer alan Tablo 1.9’da belli kategorilere göre belirlenmiş ve 100 bilim ve teknoloji listesinden alınmış ilk 30 ülke görülmektedir. Buna göre ilk 100 kümelenme içinde 24 tane Çin, 21 Amerika, 9 Almanya, 4 Japonya, 4 Güney Kore, 4 Kanada, 4 Hindistan, 3 Fransa, 3 İngiltere, 3 Avustralya, 2 İspanya, 2 Hollanda, 2 İsveç, 2 İsviçre, 2 İtalya, 2 Türkiye, 1 Finlandiya, 1 Avusturya, 1 Danimarka, 1 Belçika, 1 Polonya, 1 Rusya, 1 İsrail, 1 Singapur, 1 İran, 1 Brezilya kümelenmesi bulunmaktadır. Böylece Asya’nın bilim ve teknolojiye üstünlüğünü ve küresel bilimsel üretkenlikteki hızlı yükselişi görülmektedir. ABD ve Avrupa’daki bazı bölgeler de yoğun bilim ve teknoloji faaliyetleriyle öne çıkmaktadır. Gelişen ekonomilerdeki büyüme, bu ülkelerin küresel inovasyon ekosistemine katkılarını artırmaktadır. Japonya, Çin, Güney Kore ve ABD gibi ülkeler, patent başvuruları ve bilimsel yayın sayıları ile küresel teknoloji ve bilim sahnesinde lider konumda yer almaktadır. Ayrıca,

büyük firmaların Ar-Ge faaliyetlerine yaptıkları yatırımların, bu kümelerin başarısında kritik rol oynadığı görülmektedir. Ayrıca ilk 30 kümelenmede Japonya Tokyo–Yokohama ilk sırada, Çin Shenzhen–Hong Kong–Guangzhou ikinci sırada, Güney Kore Seoul kümelenmesi 3. sırada, Çin Beijing ve Shanghai–Suzhou 4 ve 5. sırada ve ABD San Jose–San Francisco 6. sırada yer almıştır. İlk 30 içindeki kümelenmelerin 9 tanesi Çin, 8 tanesi ABD, 3 tanesi Japonya, 2 tanesi Almanya, 2 tanesi Güney Kore, 6 tanesi Avrupa bölgesi kümelenmelerinden oluşmaktadır. Ayrıca ilk 30 içinde Hollanda, Belçika, Fransa, İngiltere, İsrail, Taywan gibi ülkelerin kümelenmeleride bulunmaktadır.

Tablo 1.9. 2023 yılı Ülkelere Göre Bilim ve Teknoloji Kümelenmeleri (ilk 30 ülke)

Ülkeler	Küresel Sıralama	Teknolojik Kümelenme İsmi	Özellikleri	En Fazla Patent Başvurusu yapan İlk Üç Firma/Kurumları (%)
Japonya	1	Tokyo–Yokohama	4 Japon kümesinden ilk sıradaki kümedir kümelenmesidir. Her ikisi de dünya genelinde son 5 yılda 1 milyon kişi başına 3.520 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 3.178 bilimsel makale yayınladı. 2023 yılında nüfus yoğunluğuna göre 18. sıradaki bilim-teknoloji kümesidir	-Mitsubishi Electric (%10) -Sony(%5) -Ntt(%4)
Çin	2	Shenzhen–Hong Kong–Guangzhou	24 Çin kümesi arasında ilk sıradadır. Bilim-teknoloji alanında son beş yılda 1 milyon kişi başına 2.291 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 3.092 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 32. Bilim ve Teknoloji kümesidir.	-Huawei(%23) -Oppo(%7) -ZTE(%6)
Güney Kore	3	Seoul	4 Kore kümelenmesi arasında en üst sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 2.400 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu ve 5.054 bilimsel makale yayınlandı.2023'te nüfus yoğunluğuna göre 25. sırada Bilim ve Teknoloji kümesidir.	-Samsung Electronic(%19) -LG Electronic(%17) -LG innotek(%2)
Çin	4	Beijing	24 Çin kümesi arasında ikinci sıradaki kümelenmedir. Son dönemde her 1 milyon kişi başına 1.973 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 14.487 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 14. Bilim ve Teknoloji kümesidir	- Boe Technology(%25) - Beijing Xiaomi Mobile Software(%6) - Beijing Bytedance Network Technology(%3)
Çin	5	Shanghai–Suzhou	24 Çin kümesi arasında üçüncü sıradaki kümedir. 2023 yılında 838 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 4.139 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 74. Bilim ve teknoloji kümesidir.	-Aac Acoustic Technology(%4) -Zte(%2) -Suzhou University(%2)
ABD	6	San Jose–San Francisco	21 Amerikan kümesi arasında en üst sıradaki kümelenmedir. Her ikisi de 1 milyon kişi başına 7.547 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 9.353 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 2. Bilim ve Teknoloji kümesidir.	-Google(%8) -Apple(%5) -Applied Materials (%5)
Japonya	7	Osaka–Kobe–Kyoto	4 Japon kümesinden ikinci sıradaki kümedir. Her ikisi de 1 milyon kişi başına 2.446 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 3.308 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 30. sıradaki Bilim ve Teknoloji kümesidir.	- Murata Manufacturing(%10) -Kyocera(%6) - Nitto Denko(%5)
			21 Amerikan kümesi arasında ikinci sıradaki	- Massachusetts Institute of

Ülkeler	Küresel Sıralama	Teknolojik Kümelenme İsmi	Özellikleri	En Fazla Patent Başvurusu yapan İlk Üç Firma/Kurumları (%)
ABD	8	Boston–Cambridge	kümedir. Her ikisi de 1 milyon kişi başına 4.296 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 18.046 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 5. Bilim ve teknoloji kümesidir.	Technology (%5) - Harvard University(%3) -General Hospital(%2)
ABD	9	San Diego	21 Amerikan kümesi arasında üçüncü sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda her biri 1 milyon kişi başına 6.064 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 5.456 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 8. bilim ve teknoloji kümesidir.	- Qualcomm(%62) - Hewlett-Packard(%2) - University of California(%2)
ABD	10	New York City	21 Amerikan kümesi arasında dördüncü sıradaki kümelenmedir. 2023'de 1 milyon kişi başına 858 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 4.639 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 64. Sıradadır.	IBM(%5) - Regeneron Pharmaceuticals(%3) - Honeywell(%3)
Çin	11	Nanjing	24 Çin kümesi arasında dördüncü sıradaki kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 827 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 13.147 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 28. sıra Bilim ve Teknoloji kümesidir.	-Southeast University(%6) -Kunshan Govisionox Optoelectronics(%3) -Nanjing University(%3)
Fransa	12	Paris	3 Fransız kümesi arasında en üst sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 1.353 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu ve 5.500 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 40. sıradaki Bilim ve Teknoloji kümesidir.	- Psa Automobiles(%6) - Safran Aircraft Engines(%5) - L'Oréal (%5)
Çin	13	Wuhan	24 Çin kümesi arasında beşinci sırada yer alan kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 707 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 10.154 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 38. sıradaki bilim ve teknoloji kümesidir.	-Wuhan China Star Optoelectronics Semiconductor Display Technology(%34) - Wuhan China Star Optoelectronics Technology (%21) - Huazhong University of Science & Technology(%5)
Çin	14	Hangzhou	24 Çin kümesi arasında altıncı sıradaki kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 1.532 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 8.962 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 29. sıradaki Bilim ve Teknoloji kümesidir.	- Alibaba Group (%22) - Zhejiang University(%8) -Hikvision Digital Technology(%5)
Japonya	15	Nagoya	4 Japon kümesi arasında üçüncü sırada yer alan kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 1.978 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 1.795 bilimsel makale yayınladı. 2023 yılında nüfus yoğunluğuna göre 39. bilim ve teknoloji kümesidir.	- Denso(%27) - Autonetworks Technologies(%9) - Fuji(%7)
ABD	16	Los Angeles	21 Amerikan kümesi arasında, beşinci sıradaki kümelenmedir. 2023. dünya çapında 1 milyon kişi başına 942 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 3.593 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 73. Bilim ve Teknoloji kümesidir.	- University of California(%7) - Snap(%4) - Beijing Bytedance Network Technology(%4)
ABD	17	Washington	21 Amerikan kümesi arasında, en iyi 100 bilim ve teknoloji kümesi arasında yer alan altıncı sıradaki kümelenmedir. 2023'de dünya genelinde 1 milyon kişi başına 794 PCT başvurusu yaptı ve 10.927 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 33. Bilim ve Teknoloji kümesidir.	-Johns Hopkins University(%10) -HHS(%6) -CapitalOne Services(%5)

Ülkeler	Küresel Sıralama	Teknolojik Kümelenme İsmi	Özellikleri	En Fazla Patent Başvurusu yapan İlk Üç Firma/Kurumları (%)
Güney Kore	18	Daejeon	4 Kore kümesinden ikinci sırada yer alan kümedir. Son dönemde her 1 milyon kişi başına 5.226 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 10.879 bilimsel makale yayınladı. 2023 yılında nüfus yoğunluğuna göre 6. Bilim ve teknoloji kümelenmesidir.	- LG Chem(%43) - LG Energy Solution(%14) - Kaist(%4)
Çin	19	Xi'an	24 Çin kümesi arasında yedinci sırada yer alan kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 284 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 13.819 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 35. Sıradadır.	-Xi'an Jiaotong University(%10) -Shaanxi Light Optoelectronics Material(%5) -Xi'an Thermal Power
İngiltere	20	London	3 İngiltere kümesi arasında en üst sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 586 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu ve 5.788 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 72. bilim ve teknoloji kümelenmesidir.	- Nicoventures Trading(%9) - British Telecom(%7) - Imperial Innovations(%4)
ABD	21	Seattle	21 Amerikan kümesi arasında yedinci sıradaki kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 4.541 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 8.045 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 9. Bilim ve teknoloji kümesidir.	-Microsoft(%60) -Amazon(%5) -Tmobile Usa(%3)
Almanya	22	Munich	9 Alman kümesi arasında en üst sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 3.702 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 8.757 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 10. Sıradadır.	- BMW(%15) - Huawei(%13) - Siemens(%9)
Çin	23	Qingdao	24 Çin kümesi arasında sekizinci sıradaki kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 1.492 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 8.139 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 31. bilim ve teknoloji kümesidir.	- Qingdao Haier Air Conditioner General(%21) - Qingdao Haier Washing Machine(%16) - Qingdao Haier Refrigerator(%5)
Çin	24	Chengdu	24 Çin kümesi arasında dokuzuncu sırada yer alan kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 263 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 8.644 bilimsel makale yayınlandı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 60. sırada bilim ve teknoloji kümesidir.	- Sichuan University(%6) - Sichuan Kelunbiotech Biopharmaceutical(%5) - Southwest Petroleum University(%4)
Almanya	25	Cologne	9 Alman kümesi arasında ikinci sıradaki kümelenmedir. Son beş yılda her biri 1 milyon kişi başına 775 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 3.558 bilimsel makale yayınladı. 2023 yılında nüfus yoğunluğuna göre 79. Bilim ve teknoloji kümesidir.	- Henkel(%8) - Covestro Deutschland(%6) - Bayer(%5)
Hollanda	26	Amsterdam-Rotterdam	2 Hollanda kümesi arasında en üst sıradaki kümelenmedir. 2023 yılında 608 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusunda bulundu ve 7.602 bilimsel makale yayınladı; bunların her ikisi de dünya genelinde 1 milyon kişi başına gerçekleşti. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 53. bilim ve teknoloji kümesidir.	- TNO(%7) - Delft University of Technology(%4) - Shell(%4)
Tayvan	27	Taipei-Hsinchu	Tayvan'ın ilk 100 bilim ve teknoloji kümesi arasında yer alan tek kümedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 344 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusunda bulundu ve 4.647 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna	- Hewlett-Packard(%17) - Mediatek(%14) - Fg Innovation(%5)

Ülkeler	Küresel Sıralama	Teknolojik Kümelenme İsmi	Özellikleri	En Fazla Patent Başvurusu yapan İlk Üç Firma/Kurumları (%)
			göre yoğunluğa göre 87. bilim teknoloji kümesidir.	
ABD	28	Houston	21 Amerikan kümesi arasında sekizinci sırada yer alıyor. Son beş yılda her biri 1 milyon kişi başına 1.383 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yaptı ve 4.020 bilimsel makale yayınladı. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 48. bilim teknoloji kümesidir.	- Halliburton(%13) - Baker Hughes, A Ge Company(%11) - Hewlett-Packard(%8)
Almanya	29	Stuttgart	9 Alman kümesi arasında üçüncü sırada yer alan kümelenmedir. Son beş yılda 1 milyon kişi başına 2.923 Patent İşbirliği Anlaşması başvurusu yapıldı ve 4.655 bilimsel makale yayınlandı.2023'te nüfus yoğunluğuna göre 22. bilim ve teknoloji kümesidir.	- Robert Bosch(%45) - Daimler(%5) - Valeo Schalter Und Sensoren(%3)
İsrail	30	Tel Aviv-Jerusalem	İsrail'in ilk 100 BT kümesi arasında yer alan tek kümelenmedir. Son beş yılda her 1 milyon kişi başına Patent İşbirliği Anlaşması başvuruları ve yayınlanan 3.357 bilimsel makale yayınlamıştır. 2023'te nüfus yoğunluğuna göre 71. bilim ve teknoloji kümesidir.	- Yeda Research & Development(%2) - Tel Aviv University(%2) - Hebrew University of Jerusalem(%2)

Kaynak: WIPO, 2023, b.

1.7. Ülkelere Göre Endüstri 4.0 Alanlarında Uygulamalar

18. yüzyılın sonlarında Endüstri 1.0 buhar ve su gücüyle yürütülen mekanik üretim; 19. yüzyılın sonlarında Endüstri 2.0 makinelerin elektrifikasyonu ve seri üretim; 1970'lerdeki Endüstri 3.0 endüstriyel robotlar, programlanabilir mantık kontrolörleri ve BT tabanlı üretim yönetimi yer almıştır. Bugün sanayileşmiş ülkelerde üretim çoğunlukla üçüncü devrimin araç ve sistemlerini kullanmaktadır. Şu anda, genellikle Endüstri 4.0 veya Endüstriyel İnternet olarak adlandırılan küresel üretimde potansiyel bir dördüncü kesinti öngörülmektedir. Bu teknolojik değişim, gelişmiş internet ve iletişim teknolojileri, gömülü sistemler ve akıllı makinelerin birleşimi ile karakterize edilmektedir. Birbirine bağlı makineler akıllı sensörler aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurabilen, geniş veri setleri toplayabilen ve bağımsız olarak kararlar alabilen sistemlere Siber-Fiziksel Sistemler denilmektedir. Bu sistemler, üretim süreçlerini ve lojistiği optimize etmek için büyük veri oluşturur ve analiz ederler (Wübbeke vd. 2016:13).

İklim değişikliği, jeopolitik gerilimler ve değişen tüketici dinamikleri, ileri üretim teknolojisinin gelişimini hızlandırma ihtiyacını doğurmuştur. Bu “yeni normalin” öne çıkan unsurları olan yapay zekâ, bilgi işlem, sensörler, mobil bağlantı, robot teknolojisi, 3 boyutlu baskı ve gelişmiş malzemelerdeki atılımlar, üretim sistemlerini radikal ve hızlı bir şekilde değiştirmektedir (WEF, 2024b).

Dijital teknolojiler, yeni iş modelleri yaratırken ürün tasarımı, tedarik zincirine, üretimden müşteri deneyimine kadar değer zincirinin tüm unsurlarını değiştirmektedir.

Almanya, Fransa, ABD, Japonya ve Çin gibi küresel üretim devlerinin tümü, çeşitli sektörlerde üretimi dijitalleştirmek için hükümet destekli stratejik girişimler başlatmıştır. Halihazırda Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikada rol oynayan birçok teknolojiye sahiptir (Statista, 2024b). Akıllı üretim çözümleri ve akıllı fabrika stratejileri sayesinde fabrikalar hali hazırda daha çevik hale gelmektedir. Örneğin, bir deniz feneri fabrikası ileri üretim ve yapay zekâ odaklı teknolojiyi geniş ölçekte uygulayıp, operasyonel ve finansal kazançlar elde etmiştir (Microsoft, 2024).

Küresel endüstri bir sonraki teknolojik devrimin eşiğindedir. Akıllı makinelerin, modern iletişimin, büyük verinin ve bulut bilişimin birleşimi, endüstriyel üretimde yıkıcı bir değişim yaratmaktadır. “Akıllı Üretim”, “Endüstri 4.0” ve “Endüstriyel İnternet” yaklaşan bu dönüşümün farklı etiketleridir. Dünyanın dört bir yanındaki ülkeler ve endüstriler, bu yeni teknoloji paradigmasının küresel rekabetin dinamiklerini ve kurallarını yeniden şekillendireceğinin farkındalar. Gelişmiş endüstriyel üretim yarışı, büyük şirketlerin kaderini ve hatta tüm ekonomilerin genel gelişimini belirleyebilecektir (Wübbeke vd. 2016:11).

Endüstri 4.0, şirketlerin üretim, geliştirme ve dağıtma süreçlerinde büyük değişimler yaparken, üreticilerde nesnelerin interneti (IoT), bulut bilişim, analitik, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi gelişen teknolojileri üretim yerlerine ve operasyonlarına monte etmektedir. Bu sayede, gelişmiş sensörler, yazılımlar ve robotlarla donatılarak verileri toplayılmakta, analiz edebilmekte ve kararları daha iyi almaya imkân vermektedir. Üretim sürecinden derlenen verilerle, ERP, tedarik zinciri, müşteri hizmetleri ve diğer kurumsal sistemlerden gelen veriler birleştirilerek, yeni bir görünürlük ve içgörü düzeyi oluşturularak daha yüksek değer elde edilmektedir. Bu dijital teknolojiler sayesinde önceden mümkün olmayan yeni verimlilik ve müşteriye yanıt verebilme, otomasyonda artış, öngörücü bakım ve otomatikleştirilerek iyileştirilen süreç sağlanmaktadır (IBM, 2024a).

Endüstri 4.0, gerçek zamanlı üretimi destekleyen kararlar almak üzere fiziksel dünyayı algılama, tahminleme ve onunla etkileşime geçme amacıyla tasarlanmış akıllı ve bağlantılı üretim sistemlerini ifade etmektedir. Üretimde üretkenliği, enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliği artırabildiği düşünülmektedir. Arıza sürelerini ve bakım maliyetlerini azaltarak üretkenliği artırdığı vurgulanmaktadır. Tahminlere göre üretim hattı kullanılabilirliğinde %5 ile %15 oranında bir artış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, optimizasyon yoluyla enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik fırsatları da sunmaktadır. Örneğin, plastik sektöründe faaliyet gösteren çok uluslu bir şirketle ilgili bir vaka çalışmasında, enerji sensörleri kullanan Endüstri 4.0, fabrikalarından birinde güç tüketimini yaklaşık %40 oranında azalttığını ve bunun yılda 200.000 dolardan fazla enerji tasarrufu sağlamaya denk

oluğu tespit edilmiştir. Ancak yalnızca birkaç ülke Endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirmekte ve ticaretini yapmaktadır. Şu ana kadar yayın ve patentlerde ABD ve Çin başı çekmektedir. Aynı zamanda en büyük dijital platformlara, dünyadaki hiper ölçekli veri merkezlerinin yarısına, en yüksek 5G benimseme oranlarına, son beş yılda tüm yapay zeka start-up'ların finansmanının %94'üne ve dünyanın en iyi yapay zeka araştırmacılarının %70'ine sahiplerdir. Yüksek teknoloji üretim ve ARGE kapasitesi, Endüstri 4.0'ın bir diğer kritik unsuru olup, gelişmiş ülkelerdeki firmaların lider avantaj elde etme fırsatlarını da artırmaktadır (UNCTAC, 2023).

Akıllı fabrikaların geliştirilmesi, imalat sanayinin Dördüncü Endüstri Devrimine girmesine imkân veren önemli bir fırsat sunmaktadır. Fabrikalardaki sensörlerden sağlanan büyük verinin analiz edilmesi, üretimin gerçek zamanlı izlenmesine imkân verip ekipmanlarda meydana gelen arızaları en aza indirmek için öngörücü bakım uygulamalarına olanak tanımaktadır. Yüksek teknoloji IoT cihazlarının akıllı fabrikalarda kullanılması, yüksek üretkenlik ve iyi kaliteye imkân vermektedir. Manuel denetimli iş modelleri yapay zekâ destekli görsel bilgilerle değiştirildiğinde, üretimden kaynaklanan hataları azalmakta ve para ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Kalite kontrol personeline minimum yatırımla, bulut hafızaya bağlı bir akıllı telefonla üretim süreçlerini her yerden izleyebilme imkânı vermektedir. Üreticilere makine öğrenimi algoritmalarını uygulayarak, arızayı hemen tespit edip müdahalede bulunabilme imkânı sağlamaktadır. Endüstri 4.0 teknoloji ve konseptleri her türlü endüstriyel şirketlerde uygulanabilmektedir (IBM, 2024a).

Teknolojik değişim eşitsizliğini iş, ücret ve kar yoluyla etkilemektedir. Endüstri 4.0 söz konusu olduğunda yeni teknoloji esas olarak verimliliği artırdığından şirketler daha üretken hale gelip daha rekabetçi olmakta ve böylece iyi işlerde daha yüksek vasıflı işçileri işe alma olasılıkları artmaktadır. Firmaların Endüstri 4.0'ı benimsediği ülkeler de üretkenlik, rekabet gücü ve ücretlerde daha yüksek bir artış görülmektedir. Üretimde Endüstri 4.0 verimlilikte büyük kazanımlar sağlayabilir, ancak gelişmekte olan ülkelerdeki çoğu firma Endüstri 4.0'ı kullanmakta halen uzaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, eğer imalatları zayıfsa, Endüstri 4.0'ı geniş çapta hayata geçiremediklerinden üretimlerini teknolojik açıdan daha gelişmiş sektörlerle doğru çeşitlendirmeleri önerilmektedir (UNCTAC, 2023).

Dijital iletişim endüstrisi, küresel internet kullanımı, çevrimiçi sosyal etkileşim ve finansal katılımda rekor kırmaktadır. Sektör dönüşürken, işletmeleri destekleyen ve aynı zamanda kullanıcıların haklarını da güvence altına alan etkili politika ve düzenlemeler üretkenliği artırabilecektir (WEF, 2024c).

Hükümet olarak potansiyel sektörlerin teşvik edilmesi, inovasyon sistemlerinin güçlendirilmesi, BTİ (Bilim, Teknoloji ve Bilgi) politikaları ile diğer sosyal ve ekonomik politikalar arasında tutarlılığın sağlanması ve bu süreçte katılımcı bir yaklaşımın sağlanmasında devletin önemli bir rolü vardır. Ayrıca zamanında uygun fiyatlı, yüksek kaliteli internet erişimini teşvik etmeli ve KOBİ'ler de dahil olmak üzere iş sektöründe dijital beceriler geliştirmelidir. Endüstri 4.0'ın üretimde yaygınlaştırılması için gerekli koşulları da yaratmaları gerekmektedir. Bunlar arasında Endüstri 4.0'ın koordineli bir şekilde yaygınlaştırılmasını yönlendiren ulusal stratejilerin geliştirilmesi, Endüstri 4.0'ı teşvik etmek için katılımcı bir yaklaşımı kurumsallaştıran çok paydaşlı bir mekanizmanın oluşturulması ve teknoloji ve teknik bilgi transferini hızlandırmak için uluslararası iş birliğinin kurulması yer almaktadır. Endüstri 4.0'ın benimsenmesini teşvik etmek için hükümetler özel sektörün farkındalığını artırmalı, yatırımları teşvik etmeli ve Endüstri 4.0'ın yaygınlaşmasına yönelik finansmanı kolaylaştırmalıdır. Gelişmekte olan ülkelerdeki politika yapımcıların da ticaret modellerindeki ve küresel değer zincirlerindeki değişikliklere ve bunların işgücünü nasıl etkileyeceğine uyum sağlamaları gerekmektedir (UNCTAC, 2023).

İmalat piyasası son yıllarda jeopolitik belirsizlik, tedarik zincirindeki aksaklıklar, değişen tüketici tercihleri ve artan düzenleyici incelemeler nedeniyle çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Ancak küresel talebin artması, teknolojik gelişmelerin devam etmesi, dijitalleşme ve otomasyona yapılan yatırımlardaki yükseliş gibi olumlu faktörler piyasayı etkilemekte ve böylece üretim pozitif görünmektedir. COVID-19 pandemisi üreticiler açısından birçok zorluk meydana getirmiş olsa da dijitalleşme ve otomasyona yatırım yapan ülkeler uzun vadede başarı sağlayacaklardır. Maliyetlerdeki baskıları dengeleyebilen ve kaliteye odaklanabilenler bu krizi aşabileceklerdir. 2023'te imalat pazarında yapay zekâ, robot teknolojisi ve nesnelerin interneti (IoT) gibi etmenler genel verimlilik ve üretkenliği arttırdığından ve maliyetleri minimize ettiğinden yüksek teknolojiler daha fazla kullanılacaktır. Ayrıca ticari gerilimler ve hükümet politikalarındaki değişiklikler gibi jeopolitik faktörler de 2023 yılı imalat piyasasına etki edeceği öngörülmüştür. Özetle, mevcut ortam 2023'teki imalat pazarı için hem zorluklar hem de fırsatlar sunması, doğru yönetim stratejileri ve yüksek esnekliklerle şirketlerin başarı sağlayacağından uzun vadede pazar konumlarını güçlendirebileceklerdir (Statista, 2024c).

1.7.1. ABD Endüstri 4.0 Uygulaması

Dijital teknolojiler, yeni iş modelleri yaratırken ürün tasarımı, tedarik zincirine, üretimden müşteri deneyimine kadar değer zincirinin tüm unsurlarını değiştirmektedir.

Almanya, Fransa, ABD, Japonya ve Çin gibi küresel imalat devlerinin tümü, çeşitli sektörlerde üretimi dijitalleştirmek için hükümet destekli stratejik girişimler başlatmıştır. Halihazırda Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikada rol oynayan birçok teknoloji bulunmaktadır (Statista, 2024h).

Endüstri 4.0 ABD özelinde imalat sanayinde teknolojik gelişimi destekleme ve devam ettirme şeklinde uygulamaları ise gelişmiş imalat kavramı altında kendini göstermektedir. Bilgi, yazılım, otomasyon, hesaplama, algılama ve ağ kurmanın kullanımına ve koordinasyonuna bağlı olan ya da nanoteknoloji, kimya ve biyoloji gibi fen bilimleri tarafından desteklenen en yeni yetenek ve malzemelerden istifade eden faaliyetler bütününe ileri imalat denilmektedir. İleri imalat yeni teknolojiler kullanarak yeni ürünler üretme ya da mevcut ürünlerin farklı biçimlerde üretme şeklinde de olabilmektedir (Karaer vd. 2023: 135-136).

Önde gelen start-up'ların büyük bir kısmı ABD'de ortaya çıkmakta ve çoğunluğu Kaliforniya'da bulunmaktadır. 1,7 milyar ABD dolar tutarında en yüksek finansman sağlayan Pivotal adlı şirket, temel olarak bulut bilişim hizmetleri sağlayıcısı olup, EMC, Ford Motor Company, GE, Microsoft ve Vmware gibi önemli yatırımcılar tarafından desteklenmektedir. Ayrıca Nisan 2018'de New York Menkul Kıymetler Borsası'nda (NYSE) işlem görmeye başlamıştır. DataRobot, yaklaşık 1 milyar ABD dolar tutarında finansman sağlamayı başaran bir diğer önemli otomasyon girişimidir. ABB, OMRON Corporation, Schneider Electric, Siemens, ST Engineering, Teradyne ve Tesla gibi büyük üretim şirketleri, teknolojik uzmanlıklarından yararlanmak ve öğrenme eğrilerini azaltmak için daha küçük şirketleri satın almaktadırlar (Statista, 2024d).

Bilgi teknolojisi, otomotiv, ağır mühendislik, savunma, kimya, spor ve kişisel eşyalar gibi çeşitli alanlardaki şirketler, iş hedeflerini ilerletmek için ileri dijital otomasyon teknolojilerini kullanmaktalar. Pivotal gibi şirketler büyük veri, Nesnelerin İnterneti (IoT), robot teknolojisi ve bağlantılı arabalar açısından yazılım uygulamaları sağlarken Kaliforniya merkezli Mainplan, bulut üzerinde planlama ve tahmin yürütmek için bulut planlama platformu sağlamaktadır. Sektörün elektrikli araç lideri Tesla, 2022 yılında tamamlanması planlanan Gigafactory aracılığıyla dijital dönüşüm hedeflerini daha da ileriye taşımayı planlamaktadır. Şirket sadece akıllı bir otomobil üretmeyi değil, aynı zamanda akıllı üretim yöntemlerini de kullanmayı hedeflemektedir (Statista, 2024d).

Tablo 1.8 ülkelerin sahip oldukları en büyük ilk 100 firma arasında bulunan şirketlerin 37 tanesi ABD menşeli firmalar olması, İlk 5 içinde bulunan Apple, Google, Microsoft, Amazon ve Facebook firmalarının hepside ABD'nin olup tümünün teknoloji firması olması

Endüstri 4.0 konusunda ABD'nin lokomotif olduğunu göstermektedir. Bu firmaların kullandıkları nesnelerin interneti, yapay zekâ en önemli endüstri 4.0 bileşenlerindendir.

Üretim alanında büyük bir ABD devi olan Coca-Cola, iş operasyonlarında yöneticilerin ve ön saflardaki ekip liderlerinin becerilerini artırmak için dijital bir akademi kurmuştur. Ayrıca iş sürekliliği planlamasını ve ağ optimizasyonunu desteklemek için üretim ağında dijital ikiz oluşturmuştur. Önceden iş sürekliliğin planlamasını yaparken tecrübeye ve organizasyon içindeki bilgi birikimine güveni öne çıkarmıştır. Digital ikizle bunu dijitalleştirerek aslında tüm verileri tek bir modelde bir araya getirmeyi başarmıştır (McKinsey, 2024a).

1.7.2. Japonya Endüstri 4.0 Uygulaması

Endüstri 4.0 Japonya'da çok ileri düzeydedir. Almanya'da olduğu gibi Japon ekonomisinde de imalat sanayinin köklü bir geçmişi vardır. Bu nedenle Endüstri 4.0, Japonya için hem bir fırsat hem de dijitalleşmenin endüstrinin nasıl yönetileceği açısından bir zorunluluktur. Modüler bir teknoloji yığını ve internet teknolojilerinin ilgili standardizasyonu, özellikle yeni iş modelleri için önemli görülmektedir. Mevcut iş modelleri söz konusu olduğunda, bazı alanlarda standardizasyon açıkça göz ardı edilmektedir. Japon hükümeti ve çeşitli özel sektör girişimleri, bu konularda farklı görüşlere sahip olsalar da endüstri 4.0 alanında standardizasyona yön vermektedir (Kagerman vd. 2016: 7).

ABD ve Almanya gibi gelişmiş ekonomileri kıyaslayan Japonya, Dördüncü Sanayi Devrimi'ne özel sektör ile hükümet arasında stratejik iş birliği oluşturulması için baskı yapmaktadır (Sakong, 2017: 47).

Dijital teknolojiler, otomotiv, sağlık hizmetleri, havacılık ve savunma, kimyasallar ve tüketim mallarında maksimum uygulamayla birden fazla endüstrideki ihtiyaçlara hizmet edecek şekilde giderek daha fazla özelleştirilmektedir. Otomotiv endüstrisi, 2020'de dijital benimseme oranları açısından tüm sektörlerde lider konumda olup ve hem pazara ürün sunma süresinde hem de maliyet minimizasyonundan yararlanmışlardır (Statista, 2024d).

Japon şirketlerinde Bilgi Teknolojisi organizasyonlarının sayısı ABD'ye göre daha azdır. Ancak, Japon şirketleri IoT'un ürün ve hizmetler üzerindeki etkisini fark ederek IoT sistemleri kurmaya ve yeniden düzenlemeye başlamıştır. Japon şirketlerinin %52,3'ü IoT'nin 3 yıl içinde kendi şirketlerinin ürün veya hizmetlerini değiştireceğini düşünmektedirler. Endüstri türüne göre, 3D simülasyon kullanım oranı, özellikle de ürün tasarım süreci, en yüksek genel makinelerde görülmektedir. Ancak 3D ve dijital üretim araçlarının kimya sektöründe kullanım oranı düşük düzeydedir. Yurtdışı fabrikalardaki üretim sürecine ilişkin

bilgiler IoT ile en çok çelik endüstrisinde toplanmakta ve kullanılmaktadır (Sakong, 2017: 39).

Genel olarak Japonya robotlara odaklanmakta, nesnelerin İnterneti ve yapay zekâ yoluyla verimliliği arttırmaktadır. Sürücüsüz araç da dahil olmak üzere ulaşımaya yatırım yapmakta ve gerçek veri standardizasyonuna odaklanmaktadır. Japon şirketleri 2015'ten bu yana yapay zekâ araştırma ve yatırımlarıyla aktif olarak ilgilenip yapay zekâ araştırma şirketi kurmuştur. Bu dönemde Toyota ilk olarak sürücüsüz araçlarla ilgili bir araştırma yapmaya başladı ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Yapay Zeka Enstitüsü'nü (Toyota Araştırma Enstitüsü) kurmuştur. Japonya'daki büyük bilgi hizmet sağlayıcılarının yapay zeka tanıtım yapılarını, yapay zeka ile ilgili departmanın kurulmasını ve yapay zeka kullanımını sistematik hale getirmeye çalışılmaktadır. Ayrıca Japon firmaları, çoğunlukla 2012 ile 2015 yılları arasında ABEJA, XC (çapraz pusula istihbaratı) ve SOINN gibi yapay zeka teknolojilerini geliştirmek için girişim şirketleri kurmuştur (Sakong, 2017: 37-41).

1.7.3. İngiltere Endüstri 4.0 Uygulaması

Endüstri 4.0'a geçiş İngiltere için ciddi bir zorluk ama aynı zamanda bir fırsattır. On sekizinci yüzyılın sonlarından itibaren Birinci Sanayi Devrimi'ne öncülük eden ülke, şimdi Dördüncü'de benzer bir rol oynama şansına sahip ve bu şans değerlendirilerek rekabet gücü üzerinde kalıcı bir engel olan "üretkenlik açığı" kapatılabilecektir (Cordes ve Stacy, 2017: 3).

İngiliz şirketleri Endüstri 4.0'ın potansiyelinin farkındadır. Hükümet, Britanya ekonomisini yeniden dengelemek ve istikrarsız mali piyasalara olan bağımlılığını azaltmak amacıyla yeniden sanayileşmeyi teşvik etmektedir. Halen tutarlı bir ulusal inovasyon planı olmamasına rağmen, bireysel programlar halihazırda çalışır durumdadır. Mevcut strateji, Mancınık olarak bilinen çeşitli farklı alanlardaki inovasyon merkezlerine odaklanmaktadır. Mancınıklar, işletmelerin ve araştırmacıların yenilikçi ticari endüstri 4.0 çözümleri geliştirmek için birlikte çalışabilecekleri özel bir ortam sunmaktadır (Kagerman vd. 2016:12).

BCG 2017'nin anket araştırmasına göre yanıt verenlerin %40'ı, Birleşik Krallık'ta şirketlerinin önümüzdeki iki yıl içinde tüm Endüstri 4.0 teknolojileri yelpazesinde önemli ilerlemeler kaydetmesini, beş yıl içinde ise bu oranın %65'e çıkmasını beklemektedir. Birleşik Krallık'ta yanıt verenlerin %59'u, şirketlerinin veri altyapısında gerekli düzenlemeleri yaptığını veya bunu önümüzdeki iki yıl içinde tamamlamayı planladıklarını tespit etmiştir. (Cordes ve Stacy, 2017: 7). Ayrıca Birleşik Krallık'ın internet ekonomisinin, G20'nin diğer tüm üyelerinden daha yüksek bir GSYİH oranına sahip olduğunu, Birleşik Krallık

ekonomisinin diğer tüm sektörlerinden daha hızlı büyüdüğünü ve 1,5 milyon kişiye istihdam fırsatı yarattığını belirtmektedirler (Cordes ve Stacy, 2017: 8).

İngiltere İşletme, Enerji ve Endüstriyel Strateji Dairesi Başkanlığı 2019 raporuna göre Birleşik Krallığın yapay zekâ ve karmaşık araç mühendisliği de dahil olmak üzere, araştırma ve geliştirmenin en alakalı alanlarının çoğunda önemli gücünün olduğunu, yeni mobilite çözümleri geliştiren dinamik işletmeleri ve yenilikçi, güçlü ve çeşitliliğe sahip otomotiv, demiryolu, denizcilik ve havacılık sektörlerinin olduğunu belirtmektedir (GOV.UK, 2019).

Birleşik Krallık verileri ve yapay zekayı bir güç olarak kullanma yönündeki küresel girişimlerde öncü olmasını istemektedir. Bunun için işletmelerin veri ve yapay zekâ alanında güvenli ve etik inovasyonu etkin kılan açık kurallara ve yapılara ihtiyacı olduğu belirtmekte ve verinin ve yapay zekanın kullanım ve düzenleme şeklini güçlendirmek ve iyileştirmek için gereken önlemleri belirlemek amacıyla yeni Veri Etiği ve İnovasyon Merkezi'nin kurulduğunu belirtmiştir. Ayrıca yeni teknolojilere yönelik düzenleyici yaklaşımlar geliştirmek amacıyla San Francisco'daki Dünya Ekonomik Forumu Dördüncü Sanayi Devrimi Merkezi ile bir ortaklık kurduklarını vurgulamakta ortaklık çalışmasının, yapay zeka ve makine öğrenimi, özerk ve kentsel hareketlilik, dronlar ve yarının hava sahası ve hassas tıp alanlarında olacağını belirtmiştir (GOV.UK, 2019).

Hükümetin akıllı ve esnek bir enerji sistemine yönelik çabaları temiz büyüme ve endüstriyel stratejilerinin önemli bir ilkesidir. Böylece daha düşük enerji faturaları, daha temiz hava ve daha düşük karbon emisyonu gibi kamu yararları hedeflenmektedir. 2050 yılı itibarıyla, Birleşik Krallık'ta daha akıllı ve daha esnek bir sistem 17 ile 40 milyar Sterlinlik bir tasarruf sağlayabileceğini belirtmiştir. Bağlantılı ve Otonom Araçlar Merkezi, sürücüsüz araçların geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına yardımcı olacak standartlar programı için İngiliz Standartlar Enstitüsü ile birlikte çalışmalar yürütmektedir. Program, kamu güvenliği ve güvenilirliğiyle ilgili endişeleri gidermeyi amaçlamakta ve Birleşik Krallığın araç testi, tasarımı ve üretimi konusunda bir mükemmeliyet merkezi olması için çabalamaktadır. Politika yapıcılarının bu konuları dikkate almalarını destekleyecek araçlar geliştirip düzenlemenin inovasyona etki etmesi için iyileştirilmiş analitik yöntemler de geliştirileceğini belirtmektedir. Pilot uygulama sırasında, inavasyonların yeni düzenleyici mevzuatı nasıl geliştirdiğine dair hükümetin güvenini almak amacıyla Düzenleyici Politika Komitesini yenilik testini incelemeye davet edeceklerini belirtmiştir. Ayrıca Dördüncü Sanayi Devrimine geçişler yapılırken standartların geliştirilmesi ve gözden geçirilmesi, nasıl gelişmesi gerektiğine ilişkin vizyonlarını görmek için Ürün Güvenliği ve Standartları Ofisi, İngiliz Standartları Enstitüsü, Ulusal Fizik Laboratuvarı ve Birleşik Krallık Akreditasyon Servisinden

görüşler isteyeneceğini söylemektedir. Otonom gemilerden yapay zeka liderliğindeki tıbbi teşhislerin pazara sunulmasına kadar teklifleri desteklemek için düzenleyici liderliğindeki 15 girişime 10 milyon £ yatırım yapıldığı ancak Dördüncü Sanayi Devrimi'nin dönüştürücü yeniliğini desteklemek için düzenleyici kapasitesini ve kabiliyetini güçlendirmede daha fazla eyleme ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır (GOV.UK, 2019).

Bazı İngiliz firmaları bu değişimin öncüsü olarak dijitalleşmeyi ve otomasyonu benimsemek amacıyla hızla hareket etmekte ve üretimde "bir sonraki normal" için referans noktası belirlemektedir. Bunlardan biri, yüksek hızlı üretim süreçlerini hızla uygulayan, yeni malzeme teknolojisini benimseyen, işleme malzemelerini yeniden kullanan ve 200 MW'lık bir güneş enerjisi üretim çiftliğinden kendi enerjisini üreten, Birleşik Krallığın önde gelen gelişmiş pil üreticisi Britishvolt'tur. Bir başka örnek, sağlık sektöründen, GSK'dır. Kapasitede çift haneli bir artış elde etmek için gelişmiş analitik, görüntü tanıma ve otomasyon kullanarak Ware'deki operasyonlarında endüstri 4.0 teknolojilerini uyguladı. Ware fabrikası, Dünya Ekonomik Forumu tarafından bir "Deniz Feneri" üreticisi olarak bilinmektedir (McKinsey, 2024b).

1.7.4. Almanya Endüstri 4.0 Uygulaması

Endüstri 4.0 stratejisi Almanya da ülke önemli bir güç olan sanayi üretiminde, güncel teknoloji ve küresel rekabetteki artış için uyum gereklilikleri ve önemi gittikçe artan üretimin verimlilik baskısı ve bunun kazanılmış tecrübeyle harmanlanmasıyla başlamıştır (Karaer vd, 2023: 133).

Almanyada Plattform Industrie 4.0 kapsamında değer zincirinde yatay entegrasyon, uçtan uca mühendislik, güvenlik hususlarını içeren dikey entegrasyon, yeni çalışma ve eğitim yollarını dikkate alma gibi temellere dayanan teknolojik yeniliktir. Ürünlerin değer zincirlerinin ve iş modellerinin birbirine bağlanmasını artırarak dijital üretimi ileriye taşımak araştırma, endüstri ortakları arasında ağ oluşturma ve standardizasyonu desteklemektir (Avrupa Komisyonu, 2017a: 10). Almanya, endüstri 4.0 ile daha yüksek üretkenlik ve daha fazla verimlilik elde etmeye odaklanmakta ve bunun için 200 milyon €, kaynak ayırmıştır (Avrupa Komisyonu, 2017b: 3-4).

Tablo 1.8'e göre Almanya'nın Dünya'nın en büyük 100 firması listesine giren 9 firması olup bunlardan Mercedes, BMW, Audi, Porche ve Volkswagen olmak üzere 5 tanesi otomotiv, SAP teknoloji, Siemens mühendislik ve imalat, Adidas giyim imalatı ve Allianz finansal hizmet sunmaktadır. Buna göre ülkenin endüstri 4.0 alanındaki gelişim lokomotifleride bu firmalar öncü olmaktadır.

Son birkaç yılda Adidas ve Nike gibi küresel üreticiler üretim merkezlerini düşük maliyetli ülkelerden uzaklaştırıp tüketiciye yakınlaştırmaya başladı. Ayrıca, hızlı bir şekilde yeniden yapılandırılabilen modülerleştirilmiş sistemlerin kullanımı yoluyla çevik ve esnek bir üretim süreci yaratmaya önem verilmeye başlanmıştır (Statista, 2024h).

Almanya'da KOBİ'lere yönelik hedeflenen yaklaşımlar aynı zamanda KOBİ'lerin 4.0'a ve küresel değer zincirlerine entegre edilmesine yönelik özel desteği de içermektedir çünkü KOBİ'ler, uzman personel eksikliği veya yeni teknolojilere aşina olmada zorlandığından teknolojiye uyumda daha az hazırlıklıdır (Avrupa Komisyonu, 2017b: 9).

Bosch, Siemens, Mercedes, BMW Alman markalarının ülke istihdamı ve gelirine sağladığı katkılar, uyguladığı stratejiler öncülüğü ispatlayan etmenlerdendir. İleri teknoloji stratejisinin 2006 yılında oluşturulmasıyla Almanya da inovasyon tetiklenmiş ve ortak bir platformda paydaşları toplayarak yatırımlar desteklenmiştir. Bunun yanında 2010 yılında İleri Teknoloji Stratejisi 2020'nin oluşturulmasıyla endüstri ve bilim arasındaki bağların arttırılması amaçlanmış böylece 200 milyon Euro sanayi teşviği Endüstri 4.0 için ayrılmıştır (Yıldız, 2018: 554). Otomobil şirketleri Audi ve BMW, tasarım, prototip oluşturma ve üretim için harcanan zamanı azaltmak amacıyla 3D baskı, yardımcı dronlar, otomatik kılavuzlu araçlar ve otonom çekici trenler gibi dijital üretim teknolojilerini kullanmaktadırlar (Statista, 2024d).

Ayrıca Mercedes bazı modelleri üreterek tamamen elektrikli üst sınıf modelin duygusal zekasını yansıtmaktadır. Bu estetik yüksek teknoloji görünümü, MBUX Hyperscreen'in duygusal boyutudur ve buna yapay zeka (AI) eklenmesiyle öğrenme yeteneğine sahip yazılım sayesinde ekran ve işletim konsepti tamamen kullanıcıya uyum sağlar hale geliyor ve çok sayıda bilgi-eğlence, konfor ve araç fonksiyonu için kişiselleştirilmiş öneriler sunmaktadır (Mercedes, 2023).

1.7.5. Güney Kore Endüstri 4.0 Uygulamaları

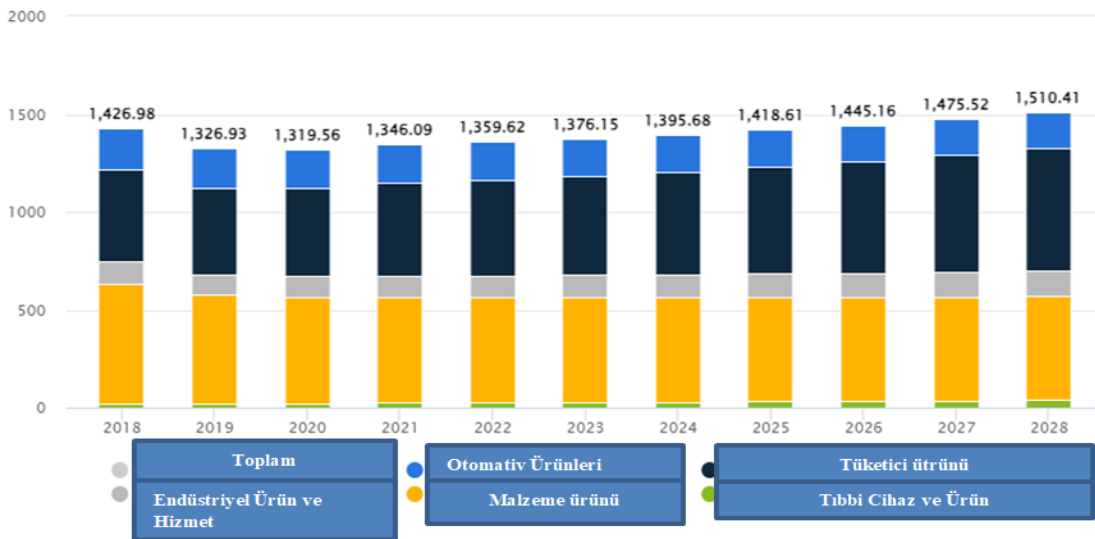
Güney Kore'de, özellikle iş dünyasından Ar-Ge'ye yüksek düzeyde yatırım yapılması, yüksek eğitimli ve vasıflı işgücüne sahip olunması, BİT de dahil olmak üzere ileri teknolojilere büyük oranda yer verilmesi ve önemli sayıda küresel rekabetçi firmaya sahip olması ülkeyi avantajlı hale getirmektedir. Aynı zamanda, ülke inovasyona dayalı büyüme konusunda güçlü bir hükümet desteğinden faydalanmaktadır (OECD, 2014:16). Sanayide yaşanan dijital dönüşüm Güney Kore Endüstri 4.0 sürecinin temel odak noktası olup siber-fiziksel sistemlerle donatılmış akıllı fabrikalar ön görülmektedir (Wiktorsson vd. 2018: 472).

Ayrıca Tablo 1.8'e göre Güney Kore'nin dünyanın en büyük ik 100 firmasına giren 2 önemli şirketi bulunmaktadır. Bunlardan Samsung teknoloji ve Hyundai otomotiv sektöründe

yer almaktadır. Dolayısıyla ülke açısından endüstri 4.0 alanında yenilik ya da geçiş öncüleri bu firmalar olmaktadır.

Güney Kore ekonomisi, yüksek teknoloji ve makine mühendisliği sektörlerinde (örneğin Samsung, Hyundai ve LG) küresel, hiyerarşik olarak yapılandırılmış holdinglerle karakterize edilmektedir. Birçok KOBİ büyük ölçüde bu holdinglere bağımlıdır. Endüstri 4.0'ın faydaları Güney Kore'de yaygın olarak kabul edilmektedir. Hükümet, öncelikle KOBİ'lerin akıllı fabrika teknolojilerini kullanarak üretim kapasitelerini artırmalarına yardımcı olmayı amaçlayan ülke çapında bir proje başlattı. Hedef, işletmeler, ilgili kuruluşlar ve hükümet arasındaki ortaklıklar yoluyla 2020 yılına kadar 10.000'e kadar daha verimli fabrika kurmayı içermektedir. Bu önlemler, Çin imalatının kalitesinin artması nedeniyle Güney Kore ekonomisi üzerinde artan baskıya bir yanıtıdır (Kagerman vd. 2016:11).

Güney Kore, üretkenlik kazanımlarının yanı sıra, Endüstri 4.0'ın yeni, veri odaklı iş modelleri aracılığıyla halihazırda küresel bir lider olduğu akıllı şehirler alanında ekonomik faydalar da sağlayabileceğine inanmaktadır. Standardizasyon söz konusu olduğunda, hükümet uluslararası iş birliğine girme ve özel sektörü dahil etme konusunda istekli olup Güney Kore endüstrisi, birlikte çalışabilirliği mümkün kılmak için hızlı standardizasyon çözümleri talep etmektedir. Artan üretkenliğe odaklanması ve Almanya ile yerleşik iş birliği geleneği, Alman işletmelerinin endüstri 4.0 çözümleri için bir pazar olarak Güney Kore'yi daha güçlü bir şekilde hedefleme fırsatının olduğu anlamına gelmektedir. Büyük holdinglerle iş birliği, Güney Koreli KOBİ'lere erişimi kolaylaştıracak ve farklı endüstrilerde standartların yaygın şekilde oluşturulmasına olanak tanıyacaktır (Kagerman vd. 2016:11).



Grafik 1.11 Güney Kore 2018-2023 Dönemi Sektörlere Göre ve Toplamsal Olarak Çıktıdaki Büyüme (Milyar \$).

Kaynak: Statista, 2024i.

Grafik 1.11’de Güney Kore’nin 2018-2023 dönemi toplam, endüstriyel ürün ve hizmet, otomatik ürünleri, malzeme ürünü, tüketici ürünü, tıbbi cihaz ve ürün kategorilerine göre çıktı büyümeleri verilmiştir. İlk göze çarpan toplam çıktıdaki büyümenin artarak devam ettiği ve 2023 yılında 1.376 trilyon dolar olarak gerçekleşmiş olmasıdır. Ayrıca 2028 yılında 1.528 trilyon dolara çıkacağı ön görülmektedir. Bu büyüme 2019-2020 döneminde düşüş yaşamıştır ve bu düşüşün o dönemdeki küresel salgından dolayı üretimde durma noktasına gelen yavaşlamadan kaynakladığı düşünülmektedir. Diğer bir göze çarpan malzeme ürününün durağan olarak belli bir düzeyde gittiğidir. Ayrıca malzeme ürünü ve tüketici ürününün en yüksek orana sahip olduğu görülmektedir.

Güney Kore hükümeti IoT genişleme stratejisiyle, devrimin temelini daha da güçlendirmekte ve daha güçlü rekabet için desteği arttırmaktadır. Güney Kore ayrıca Dördüncü Sanayi Devrimi'ne yanıt vermek için yapay zeka teknolojisinin geliştirilmesine dayalı "Yapay Zeka endüstrisi geliştirme stratejisini başlattı. Kore Ticaret, Sanayi ve Enerji Bakanlığı şu anda fabrika otomasyonuna odaklanan üretim 3.0'ı ilerletmektedir. Yapay Zeka için Koreli büyük şirketlerin yatırım yaptığı AIRI (Yapay Zeka Araştırma Enstitüsü) 2016'da kuruldu. AIRI'ya Samsung elektronik, SK telekomünikasyon, Naver, LG elektronik KT, Hanwha Life Insurance, Hyundai Motors gibi firmalar tarafından ortaklaşa yatırım yapılmaktadır (Skong, 2017: 47).

1.7.6. Çin Endüstri 4.0 Uygulaması

Endüstri 4.0'ın yükselişiyle Çin ekonomisi az maliyetli üretimde sahip olduğu rekabet üstünlüğünü kaybetme tehdidiyle karşılaşmıştır. Bu tehdide karşı koymak amacıyla, Çin Endüstri 4.0 stratejisine yönelmiş ve bu durumu bir fırsata çevirme çabası içine girmiştir. Çin, geniş işgücüne rağmen imalat pazarındaki lider konumunu koruyabilmek için Endüstri 4.0'a odaklanmakta ve üretim süreçlerini akıllı fabrika 1.0 ile dijitalleştirme hedefindedir (Yıldız, 2018: 554).

Çin, yeni teknolojilere olağanüstü bir hızla yatırım yapıyor ve bunları hem yurt içinde hem de Kuşak ve Yol Girişimi aracılığıyla ekonomik ve sosyal ilerleme için kullanmaya yönelik uyumlu devlet politikalarıyla uyguluyor. Çevre koşullarında ve ekonomik kalkınma düzeylerinde büyük çeşitliliğe sahip geniş bir ekonomi olarak Çin, ekonomik sektörler, bölgeler ve demografik gruplar genelinde endüstri 4.0 ile ilgili yıkıcı etkilerin, zorlukların ve fırsatların gözlemlenebileceği bir mikrokozmos sağlamaktadır (IDS, 2024).

Endüstri 4.0 stratejisi kapsamında Çin, ihracatı artırmak amacıyla daha fazla orta ve yüksek teknoloji sanayi ürünü üretme hedefindedir. Ülkede 2014'te orta ve yüksek

teknolojili sanayi ürünlerinin toplam ihraç edilen sanayi ürünleri içindeki payı %57,3'den 2019 yılına gelindiğinde %60,3'e çıkmıştır. Ayrıca, 2014-2019 döneminde, orta ve yüksek teknolojili sanayi ürünlerinin ihracat içindeki payı %59,3, orta ve yüksek teknolojili sanayinin toplam sanayi içindeki oranı da %41,5 olup bu oran 2014 ile 2019 arasında aynı kalmıştır. Ayrıca aynı dönemde düşük teknolojili sanayi ürünlerinin toplam sanayi ürünleri içindeki payı %58,5 iken, ihraç edilen toplam sanayi ürünleri içindeki ortalama payı ise %41,5 olmuştur. Buna göre, orta ve yüksek teknolojili bir sanayi işletmesi ile düşük teknolojili bir sanayi işletmesi karşılaştırıldığında, orta ve yüksek teknolojili bir işletmenin ihracata olan katkısı yaklaşık olarak 2 kat daha fazladır (Karaer vd.176-177).

Endüstriyel modernizasyona yönelik siyasi baskı Çin'de, akıllı sensörler, endüstriyel robotlar, kablosuz sensör ağları ve radyo frekansı tanımlama çipleri gibi akıllı üretim ürünlerine yönelik büyük bir talep yaratmaktadır. Pek çok yabancı şirket için bu, son derece cazip iş fırsatları sunmaktadır. Çin'de mevcut teknoloji düzeyinin sağlayamayacağı ileri teknoloji, tedarikçilerin üretim üslerinin dönüşümünü zorlaştırmaktadır (Wübbeke vd. 2016: 6-7).

Made in China 2025, Çin'in liderliği, kendi işletmelerinin ekonomik hakimiyetine fayda sağlamak ve kolaylaştırmak ve yabancı rakipleri dezavantajlı duruma düşürmek için iç pazarlara sistematik olarak müdahalede bulunmaktan oluştuğundan bencil bir görünümündedir. Bu, tutum akıllı üretim ve birçok yüksek teknoloji endüstrisinde de görülmektedir. Özünde ikameyi hedefleyen Made in China 2025, Çin'in yavaş yavaş yurt içindeki yabancı teknolojiyi Çin teknolojisiyle değiştirmeyi ve Çinli teknoloji şirketlerinin uluslararası pazarlara girmesine zemin hazırlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca içeriğinde bulunan yerli yenilikler ve kendi kendine yeterlilik gibi terimlerle de bunu açık etmektedir (Wübbeke vd. 2016: 7).

Çinli tedarikçiler temel temel bileşenler ve önemli temel malzemeler konusundaki yurt içi pazar payını 2025 yılına kadar yüzde 70'e çıkarmayı amaçlamaktadır. Cep telefonu çiplerinin, endüstriyel robotların yüzde 70'inin ve yenilenebilir enerji ekipmanlarının yüzde 80'inin 2025 yılına kadar Çin'de üretilmesi bekleniyor. Yakın zamanda kurulan Gelişmiş Üretim Fonu tek başına 2,7 milyar Avro ve Ulusal Entegre Devre Fonu 19 milyar Avro'dan oluşmaktadır. Bu rakam Alman hükümetinin Endüstri 4.0 teknolojileri üzerine araştırmalar için şimdiye kadar sağladığı 200 milyon Avro'luk federal fonla karşılaştırıldığında çok büyük miktardadır (Wübbeke vd. 2016: 8). Çinli yüksek teknoloji şirketleri yüksek devlet desteğine sahipken, Çin'deki yabancı rakipleri pazara erişim konusunda bir dizi engelle ve ticari faaliyetlerinde engellerle karşı karşıyadır. Bilgi teknolojisi pazarının kapatılması, yerel sübvansiyon programlarından dışlanma, düşük veri güvenliği düzeyi ve Çin devleti tarafından

yoğun bir şekilde dijital veri toplanması gibi engeller bunlardan bazılarıdır (Wübbeke vd. 2016: 8).

Made in China 2025'in dışı dönük bir boyutu da vardır. Uluslararası yüksek teknoloji şirketlerinin Çinli yatırımcılar tarafından hızla satın alınması buna örnektir. Çin'in teknolojiyi yakalamasını hızlandırmak ve teknolojik gelişmenin aşamalarını atlamak için Çinli şirketler yurtdışındaki yatırımlar yoluyla temel teknolojileri satın almaktadır. Uzun vadede Çin, küresel tedarik zincirlerinin ve üretim ağlarının en karlı bölümleri üzerinde kontrol sahibi olmak istemektedir (Wübbeke vd. 2016: 8).

Çin hükümeti, Çin imalat sektörünün çoğunlukla geri kalmış endüstriyel süreçlerini enerjik bir şekilde iyileştirerek, işletmelerinin iç pazardaki rekabet gücünü artırmayı ve küresel genişlemelerini hızlandırmayı ummaktadır. Eğitim 4.0 alanında Çin'in eğitim sistemi, gelişmiş akıllı üretim araçlarını kullanabilecek vasıflı personel yetiştirmeye hazır değildir (Wübbeke vd. 2016: 6-8).

1.7.7. AB Endüstri 4.0 Uygulamaları

Endüstri 4.0'a uyum açısından Avrupa ülkeleri değerlendirildiğinde bu alanda ülkeler dört kategoriye ayrılmaktadır.

Önde gidenler: Almanya, İsveç, Avusturya ve İrlanda. Bu ülkelerin Endüstri 4.0 yolunda ilerlemiş oldukları ve iyi bir şekilde ilerledikleri değerlendirilmektedir. Potansiyelistler; Belçika, Danimarka, Hollanda, İngiltere ve Fransa'yı içermektedir. Endüstriyel temelleri zayıflıyor ancak kurumsal sektörde potansiyeli barındıran modern ve ileriye dönük bir zihniyet bulunmaktadır. Finlandiya ön koşucularla potansiyelciler arasında yer almaktadır. Gelenekçiler; çoğunlukla Doğu Avrupa ülkeleridir. Bu grupta Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Slovenya, Macaristan ve Litvanya bulunmaktadır. Sağlam bir endüstriyel temele sahip oldukları yargısına sahipler ancak çok azı onları yeni endüstriyel çağa taşımak için girişimlerde bulunmaktadır. Bunlardan bazıları zaten Almanlara Endüstri 4.0 işçileri temin etmektedir. Tereddüt edenler: Güvenilir bir endüstriyel temele sahip olmadığı düşünülen ve kendilerini geleceğe yönelik çalışmaktan alıkoyan ciddi mali sorunlarla boğuşan güney ve doğu Avrupa ülkelerinin (İtalya, İspanya, Estonya, Portekiz, Polonya, Hırvatistan ve Bulgaristan) gibi ülkelere dönüşmektedir. Bunlardan bazıları Almanya'ya Endüstri 4.0 işçileri temin etmektedir (European Parliament, 2016: 53).

Avrupa Komisyonu, 2012 sanayi politikası bildirisinde, üçü doğrudan Endüstri 4.0 ile ilgili alanları kapsayan altı öncelik belirledi bunlar ileri üretim, anahtar kolaylaştırıcı teknolojiler (örneğin piller, akıllı malzemeler ve yüksek performanslı üretim süreçleri) ve

akıllı şebekeler ve dijital altyapılardan oluşmaktadır. Aynı zamanda AB'deki toplam katma değerdeki imalat payının 2020 yılına kadar %20'ye çıkarılması hedefini de belirledi. 2014 tarihli Avrupa Endüstriyel Rönesansı tebliğinde, dijital teknolojilerin (bulut bilişim, büyük veri, yeni endüstriyel internet uygulamaları, akıllı fabrikalar, robot teknolojisi ve 3D baskı dahil) iş modellerini yeniden tanımlayarak Avrupa üretkenliğini artırmak ve yeni ürün ve hizmetler yaratmak için gerekli olduğunu belirtmiştir (Davies, 2015: 7).

Avrupa Parlamentosu 2016'da yayınladığı "Endüstri 4.0" raporunda, Avrupa Birliği'nin bu sürecini SWOT analiziyle incelenmiştir. Bu analize göre, artan verimlilik, küresel rekabet gücü ve gelir, yüksek vasıflı ve iyi ücretli işler, müşteri memnuniyetinin artması, yeni pazarlar, artan ürün kişiselleştirmesi ve ürün çeşitliliği ve üretim esnekliği ve kontrolü güçlü yönleri arasında sayılabilir. Teknoloji ve ağlara yüksek bağımlılıktan dolayı küçük bozulmaların büyük etkileri olabilir. Standartlara, tutarlı taslağa, nitelikli işgücü arzına, yatırıma ve Ar-Ge gibi bazı faktörlere bağımlı olma, geliştirme ve uygulama maliyetlerinin olması, işletme üzerinde potansiyel kontrol kaybı, yarı vasıflı işgücünde artan işsizlik, nitelikli işgücü ithal etme ve göçmenleri entegre etme ihtiyacı zayıf yönleri arasında sayılabilir. Siber güvenlik, fikri mülkiyet, veri mahremiyeti, endüstri 4.0'a uyum sağlama farkındalığına ve araçlarına sahip olmayan ve böylece geri kalacak işçiler, KOBİ'ler, endüstriler ve ulusal ekonomiler, küresel değer zincirlerinin kırılganlığı ve değişkenliği, AB girişimlerini etkisiz hale getiren yabancı rakipler tarafından Endüstri 4.0'ın benimsenmesi gibi etmenler tehditler kategorisinde sayılabilecektir. Avrupa'nın imalat alanında küresel lider konumunu güçlendirme, ürün ve hizmetler için yeni öncü pazarlar geliştirme, olumsuz AB demografisiyle mücadele etme, bazı KOBİ'lerin yeni pazarlara katılması ve yeni tedarik zincirleriyle bağlantı kurması için giriş engellerinin azaltılması gibi etmenler fırsatlar kategorisinde sayılabileceğini belirtmiştir (European Parliament, 2016: 72).

Avrupa Birliği'nin, dünyanın en rekabetçi ekonomisine dönüşme hedefi, Endüstri 4.0 ve dijital ekonomi odaklı yenilikçi büyüme stratejisi çerçevesinde ilerlemektedir. Bu doğrultuda, Birlik, belirlediği politikalar ve amaçlar doğrultusunda, bu hedefleri destekleyecek mali yardım programlarını da sürecin bir parçası haline getirmiştir. Bu programlardan biri, Avrupa Birliği'nin 2020 hedeflerini desteklemek için Yenilikçilik Birliği'nin mali aracı olarak kurulan HORIZON 2020 fon programıdır. Bu program için ayrılan yaklaşık 80 milyar Euro'luk bütçe, "Geleceğin Fabrikaları" gibi girişimlere finansman sağlamaktadır. Bu teşebbüs 1,5 milyar Euro'luk bir kamu-özel sektör iş birliği projesi olup 7. Çerçeve Programın da başlayıp HORIZON 2020 altında devam etmektedir. Bir diğer önemli proje ise "Kaynak Etkinliği ile Sürdürülebilir Endüstri Süreçleri" adlı, 0.9 milyar Euro'luk

bütçeye sahip girişimdir. Ayrıca, 7. Çerçeve Programı altında, dijital ekonomiye geçiş sürecindeki KOBİ'lere odaklanan ve özellikle bulut bilişim, robotik ve simülasyon alanlarını destekleyen bir fon programı oluşturulmuş ve bu program için 77 milyar Euro'luk bir bütçe belirlenmiştir. "Avrupa Yapısal ve Yatırım Fonları" üye ülkelerin kapsayıcı, sürdürülebilir ve akıllı büyüme hedeflerine ulaşmalarını desteklemek amacıyla, 100 milyar Euro'luk bütçe ile inovasyon alanlarında yapılan yatırımları destekleyen, Endüstri 4.0 ile ilgili olarak değerlendirilen bir başka önemli fon programıdır (Atik ve Ünlü, 2019: 155).

1.8. Ülkelerin Dış Ticaret İstatistikleri

Aşağıdaki Tablo 1.10'da seçilmiş ülkelerin ihracat istatistikleri görülmektedir. Buna göre Çin'in ihracatı sürekli olarak yüksek ve artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2011'de 2.010 milyar dolardan 2022'de 3.720 trilyon dolara yükselmiştir. Bu, Çin'in üretim kapasitesinin ve küresel ticaretteki rolünün büyüklüğünü göstermektedir.

Tablo 1.10 2011-2022 Yılları Arası Seçilmiş Ülkelerin İhracatları (Milyar \$).

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Brezilya	303	293	290	270	232	224	258	281	265	243	319	383
Arjantin	97	88	80	75	63	70	73	76	80	64	87	103
Kanada	550	555	560	573	496	481	519	558	564	488	627	732
Çin	2.010	2.180	2.350	2.460	2.360	2.200	2.420	2.660	2.630	2.730	3.550	3.720
Fransa	814	784	826	847	746	748	803	885	862	723	889	964
Almanya	1.690	1.630	1.700	1.770	1.580	1.600	1.740	1.880	1.830	1.690	2.020	2.080
Meksika	374	396	408	429	414	409	447	491	502	440	534	626
S.Arabistan	376	399	388	355	218	201	240	315	286	183	287	446
İspanya	437	417	447	459	402	418	461	500	487	393	494	580
G. Kore	668	691	703	710	630	602	664	720	649	598	762	808
İtalya	617	592	613	629	546	551	603	656	636	558	692	755
Japonya	921	904	823	853	775	803	867	923	894	785	913	917
Hollanda	684	667	701	720	633	624	695	774	751	712	866	946
Rusya	574	594	592	558	391	330	411	510	481	381	549	635
İsveç	260	249	250	252	221	220	237	254	255	240	297	312
İsviçre	476	465	509	475	443	460	461	490	483	476	580	630
Türkiye	193	215	228	237	212	201	224	243	252	210	293	350
ABD	2.120	2.220	2.290	2.380	2.270	2.240	2.390	2.540	2.540	2.150	2.550	3.000
İngiltere	2.700	2.770	2.770	2.890	2.790	2.740	2.930	3.130	3.120	2.780	3.410	3.970

Kaynak: Dünya Bankası, 2024

ABD ve İngiltere'nin ihracat rakamları da oldukça yüksek ve artış eğilimi göstermiştir. ABD'nin ihracatı 2011'de 2.120 trilyon dolardan 2022'de 3.000 trilyon dolara, İngiltere'nin ihracatı ise 2011'de 2.700 trilyon dolardan 2022'de 3.970 trilyon dolara yükselmiştir. Bu iki ülke, küresel ticaretin önemli aktörlerindendir. Almanya ve Japonya'nın ihracat rakamları

genellikle yüksek ve stabil seyir etmiştir. Almanya ihracatı 2011’de 1.690 trilyon dolardan 2022’de 2.080 trilyon dolara, Japonya’nın ihracatı ise 2011’de 921 milyar dolardan 2022’de 917 milyar dolara yükselmiştir. Brezilya, Arjantin, Meksika ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ihracat hacimleri daha düşük ve dalgalı bir eğilim sergilemiştir. Brezilya’nın ihracatı 2011’de 303 milyar iken, 2022’de 383 milyar dolara, Arjantin’in ihracatı ise 2011’de 97 milyar dolardan 2022’de 103 milyar dolara yükselmiştir. Güney Kore, Rusya genellikle hızlı ekonomik büyüme gösteren ülkelerdir. Güney Kore’nin ihracatı 2011’de 668 milyar dolardan 2022’de 808 milyar dolara, Rusya’nın ihracatı ise 2011’de 574 milyar dolardan 2022’de 635 milyar dolara yükselmiştir. İtalya, Fransa ve İspanya gibi Avrupa ülkeleri, ihracat hacimlerinde genellikle istikrarlı bir artış göstermiştir. İtalya’nın ihracatı 2011’de 617 milyar dolardan 2022’de 755 milyar dolara, Fransa’nın ihracatı ise 2011’de 814 milyar dolardan 2022’de 964 milyar dolara yükselmiştir. İspanya’nın ihracatı da 2011’de 437 milyar dolardan 2022’de 580 milyar dolara çıkmıştır. İsviçre ve İsveç’in ihracat rakamları nispeten düşük ama stabil seyir etmiştir. İsviçre’nin ihracatı 2011’de 476 milyar dolardan 2022’de 630 milyar dolara, İsveç’in ihracatı ise 2011’de 260 milyar dolardan 2022’de 312 milyar dolara yükselmiştir. Kanada’nın ihracatı ise 2011’de 550 milyar dolardan 2022’de 732 milyar dolara yükselen bir eğilim sergilemiştir.

Tablo 1.11 2011-2022 Yılları Arası Seçilmiş Ülkelerin İthalatları (Milyar \$).

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Brezilya	323	326	347	335	253	216	243	272	276	233	309	374
Arjantin	88	78	81	73	70	75	89	85	65	52	72	96
Kanada	570	589	589	589	534	517	554	591	589	524	626	728
Çin	1.825	1.943	2.119	2.241	2.003	1.944	2.208	2.564	2.496	2.374	3.093	3.140
Fransa	870	818	854	879	760	762	830	913	888	779	944	1.071
Almanya	1.505	1.418	1.480	1.516	1.320	1.342	1.479	1.637	1.601	1.464	1.791	1.998
Meksika	389	410	423	445	439	432	469	517	507	421	559	668
S.Arabistan	197	215	229	255	247	198	201	209	218	182	213	258
İspanya	433	389	393	416	365	368	414	461	445	375	480	562
G. Kore	654	656	639	635	529	501	587	643	602	537	696	807
İtalya	648	569	561	566	490	488	546	605	568	490	645	788
Japonya	961	1.007	948	980	799	763	829	922	908	798	938	1.076
Hollanda	606	585	611	619	575	543	605	677	662	620	750	837
Rusya	408	447	468	426	281	263	327	344	352	305	376	345
İsveç	232	222	224	230	201	204	222	241	232	215	267	295
İsviçre	423	402	435	398	370	390	398	413	412	428	479	517
Türkiye	254	250	275	268	229	219	255	244	229	232	289	386
ABD	2.695	2.769	2.766	2.887	2.794	2.738	2.931	3.131	3.116	2.776	3.408	3.966
İngiltere	857	885	883	935	859	828	863	946	941	784	934	1.114

Kaynak: Dünya Bankası, 2024

Tablo 1.11'e göre Çin ve ABD ithalat hacimleri sürekli olarak yüksek ve artış eğilimindedir. Çin'in ithalatı 2011'de 1.845 trilyon dolardan 2022'de 3.140 trilyon dolara yükselmiş, ABD'nin ithalatı 2011'de 2.695 trilyon dolardan 2022'de 3.966 trilyon dolara yükselmiştir. Çin'in büyük artışı öne çıkmıştır. Gelişmiş ülkeler Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, İngiltere ithalat rakamları genel olarak yüksek ve stabil durumdadır. Bu ülkelerin ithalat hacimleri, gelişmiş ekonomilere sahip olmalarından dolayı istikrarlı ve büyümeye devam etmektedir. Örneğin, Kanada'nın ithalatı 2011'de 570 milyar dolardan 2022'de 728 milyar dolara çıkmış, Fransa'nın ithalatı ise 2011'de 870 milyar dolardan 2022'de 1.071 trilyon dolara yükselmiştir. Brezilya, Arjantin, Meksika, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ithalat hacimleri daha değişken seyir izlemiştir. Brezilya ve Arjantin gibi ülkelerin ithalat hacimlerinde düşüşler yaşanmıştır. Brezilya'nın ithalatı 2011'de 323 milyar dolardan 2015'te 253 milyar dolara düşmüş, ancak 2022'de tekrar 374 milyar dolara çıkmıştır. Hindistan, Güney Kore gibi ülkeler genellikle hızlı ekonomik büyüme ve artan ithalat hacimleri görülmüştür. Güney Kore'nin ithalatı 2011'de 654 milyar dolardan, 2022'de 807 milyar dolara çıkmıştır. Rusya, Suudi Arabistan, İspanya ithalatları ise dalgalı seyir göstermiştir. Örneğin, Rusya'nın ithalatı 2011'de 408 milyar dolardan 2022'de 345 milyar dolara düşmüştür.

Genel olarak her ülkenin hem ihracat hem de ithalat rakamları bir birlerine yakın seyir etmiştir. Çin'in ihracat ve ithalattaki büyük artışı öne çıkmıştır. Bunun yanında bu ülkelerin G20 ve OECD ülkeleri olması ve Çin Japonya ve Güney Kore hariç yüksek ithalat ve ihracat rakamlarına sahip olan ülkelerin büyük çoğunluğunun ABD ve Avrupa ülkelerinden oluşmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK KOMLEKSİTE/KARMAŞIKLIK, ÜRÜN KOMLEKSİTE/KARMAŞIKLIK, ÜRÜN UZAYI VE LİTERATÜR

2.1. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık ve Ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Düzeyleri

Bir ülkenin ekonomik kompleksitesi/karmaşıklığı, o ülkenin ürettiği ihracatın çeşitliliğine ve bunların her yerde bulunmasına veya bunları üretebilen ülke sayısına (ve bu ülkelerin kompleksitesine/karmaşıklığına) göre hesaplanır. Bir toplumdaki bilginin, ürettiği ürünlerle ifade edilen ölçüsüdür. Gelişmiş, benzersiz teknik bilgi de dahil olmak üzere çok çeşitli üretken teknik bilgiyi sürdürebilen ülkelerin, çok az sayıda ülkenin üretebileceği kompleks ürünler de dahil olmak üzere çok çeşitli mallar üretebildikleri görülmüştür (Harvard University, 2023a).

Ekonomik karmaşıklık/kompleksite terimi ilk olarak 2009 yılında Hidalgo ve Hausmann'ın “The Building Blocks of Economic Complexity” adlı ünlü eserinde kullanılmıştır (Erkan ve Yıldırım, 2015). Günümüzde ülkelerin ihracat hacimlerinin büyüklüğü değil, ihracatın kompozisyonu daha fazla önem kazanmıştır. Böylece, ülkelerin sofistike ürünler üretip ve ihraç edebilmeleri o ekonominin kompleksite/karmaşıklık derecesini belirlemektedir (Soyyigit vd. 2019).

Ekonomik kompleksite/karmaşıklık indeksi bir ülkede mevcut olan yetenekler kümesinin kompleksite/karmaşıklık derecesi hakkında bilgi sağlamakta, kişi başına düşen gelir ile yakın bir ilişkiye sahip olmakta, bir ekonominin gelecekteki büyümesi hakkında büyük bir tahmin gücü sağlamakta ve gelecekteki potansiyel ihracatlarıyla ilgili önemli bir öngörü gücü vermektedir (Hidalgo ve Hausmann, 2009: 10575).

Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık indeksi bölgeleri mevcut faaliyetlere bağlayan verilerden çıkarılabilecek bir ekonomi kapasitesinin ölçüsüdür. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık indeksinin, bir ülkenin gelir düzeyi, ekonomik büyümesi, gelir eşitsizliği ve sera gazı emisyonları dahil olmak üzere önemli makroekonomik sonuçları tahmin etmektedir. Ayrıca ticari veriler, istihdam verileri, borsa verileri ve patent verileri gibi çeşitli veri kaynakları kullanılarak da tahmin edilmiştir (OECD, 2024f).

Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi (ECI) bir ekonominin ve Ürün Karmaşıklık Endeksi (PCI) ise bir ürünün göreceli bilgi yoğunluğunun ölçüsüdür. OECD tarafından yıllık olarak hazırlanmaktadır (OECD, 2023a).

İhracat sepetlerinin ne kadar çeşitli ve kompleks olduğunu temel alan bir ülke sıralamaya göre çok çeşitli üretken teknik bilgiye, yani kompleks uzmanlaşmış teknik bilgiye sahip ülkeler, çok çeşitli kompleks ürünler üretebilmektedir. Bir ülkenin ihracat kompleksite/karmaşıklığının mevcut gelir düzeylerini yükselttiği, ülkenin gelecekte daha hızlı bir büyümeye sahip olabileceğini belirtmektedir. ECI bu nedenle ekonomik kalkınma hakkında da bir ölçü sağlamaktadır (Harvard University, 2023a).

OECD 2023'e göre indeks hesaplanması şu şekildedir; Ekonomik kompleksite/karmaşıklık, yinelemeyi ifade etmek için çeşitlilik ve bulunabilirlik denklemlerinden hesaplanır. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığı tahmin etme sorunu, hem konumların (örneğin ülkeler, şehirler ve bölgeler) hem de buralarda mevcut faaliyetlerin (örneğin ürünler, endüstriler ve teknolojiler) kompleksite/karmaşıklığı tahmin etme sorunudur. Genel fikir, bir konumdan sunulan, üretilen veya ihraç edilen faaliyetlerin o konumun kompleksite/karmaşıklığı hakkında bilgi taşıdığı, bir etkinliğin mevcut olduğu konumların ise bir aktiviteyi gerçekleştirmek için gereken kompleksite/karmaşıklık hakkında bilgi taşıdığıdır. K bir c konumunun (örneğin ülke veya şehir) kompleksite/karmaşıklığı K_c ve bir p faaliyetinin (örneğin ürün veya endüstri) kompleksite/karmaşıklığı K_p 'dir. Ayrıca M_{cp} 'nin $((c))$ konumundaki aktiviteleri $((p))$ özetleyen bir matrisdir. Genellikle M_{cp} , bir lokasyonun bir aktivitedeki çıktısı, aynı büyüklükteki bir lokasyon ve aynı toplam çıktıya sahip bir aktivite için beklenenden daha büyük olduğunda $M_{cp}=1$ olarak tanımlanır. Bu, bir konumun ortaya çıkan karşılaştırmalı avantajı (RCA) veya konum bölümü (LQ) gibi bir gösterge kullanılarak yapılabilir.

Şu şekilde tanımlanabilecektir;

$$M_{cp} = 1 \text{ if } R_{cp} \geq 1$$

$$R_{cp} = (X_{cp}X) / (X_cX_p)$$

ve

$$X_c = \sum_p X_{cp}, X_p = \sum_c X_{cp} \text{ ve}$$

$$X = \sum_{cp} X_{cp}$$

Bu gösterime göre, ekonomik kompleksite/karmaşıklık ölçütlerinin yaptığı genel varsayım şudur:

(i) Bir konumun karmaşıklığı $((K_c))$, içinde mevcut faaliyetlerin $((M_{cp}))$ kompleksite/karmaşıklığının $((K_p))$ bir fonksiyonudur $((f))$.

(ii) Bir aktivitenin kompleksite/karmaşıklığı $((K_p))$ o aktivitenin mevcut olduğu yerlerin $((M_{cp}))$ kompleksite/karmaşıklığının $((K_c))$ bir fonksiyonudur $((g))$.

Bu döngüsel mantık aşağıdaki matematiksel haritaya eşdeğerdir.

$$K_c = f(M_{cp}, K_p),$$

$$K_p = g(M_{cp}, K_c),$$

Burada f ve g belirlenecek fonksiyonlardır.

Bu haritalamalar, ekonomilerin veya ekonomik faaliyetlerin kompleksite/karmaşıklıklarına ilişkin ölçümlerin, şu formdaki kendi kendine tutarlı denklemlerin çözümleri olduğunu ima etmektedir:

$$K_c = f(M_{cp}, g(M_{cp}, K_c))$$

$$K_p = g(M_{cp}, f(M_{cp}, K_p)),$$

Bu, birçok durumda aşağıdaki formdaki doğrusal bir denklemle azaltılabilmekte veya buna yaklaşılabilmektedir:

$$K_c = \tilde{M}_{cc}' K_c,$$

$$K_p = \tilde{M}_{pp}' K_p,$$

Bu denklemler, ekonomilerin kompleksite/karmaşıklığını veya bunlarda mevcut olan faaliyetlere ilişkin metriklerin, sırasıyla ilgili ülkeleri ($\tilde{M}_{cc}'$) veya ilgili ürünleri ($\tilde{M}_{pp}'$) (örneğin Ürün Uzayı) birbirine bağlayan matrislerin özvektörleri olduğunu ifade etmektedir. İlk denklem setinin, lineer formlara indirgenemeyen fonksiyonları içeren daha genel bir fonksiyon kümesi sağladığını ancak lineer denklemlerle elde edilenlere benzer sonuçlar sağlayabilmektedir.

Bu denklemler bize aynı zamanda kompleksite/karmaşıklık ölçülerinin göreceli ölçüler olduğunu da söyler; çünkü bir konumun veya bir faaliyetin kompleksitesi/karmaşıklığı, diğer konumlara veya faaliyetlere (R_{cp} veya M_{cp} matrisindeki diğer satırlar veya sütunlar) ilişkin girişlerdeki nüanslar nedeniyle değişebilmektedir.

Yukarıdaki taslağı kullanarak, bir lokasyonun Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksini (ECI) orada mevcut faaliyetlerin Ürün Kompleksite/Karmaşıklık Endeksini (PCI) ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Benzer şekilde, bir faaliyetin Ürün Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi (PCI) söz konusu faaliyetin mevcut olduğu lokasyonların ortalama Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi (ECI) olarak tanımlanmaktadır. Yani bir lokasyonun kompleksite/karmaşıklık, aktivitelerinin ortalama kompleksite/karmaşıklık olarak, bir aktivitenin kompleksite/karmaşıklık ise o aktivitenin bulunduğu yerlerin ortalama kompleksite/karmaşıklık olarak tanımlanmaktadır. Resmi olarak ECI formülü denklem sisteminin çözümüdür:

$$K_c = (1/M_c) \sum p M_{cp} K_p,$$

$$K_p = (1/M_p) \sum c M_{cp} K_c,$$

Bu, ikinci denklemi birinciye yerleştirdikten sonra aşağıdaki matrisin köşegenleştirilmesine eşdeğerdir: $\tilde{M}cc' = \sum p(McpMc'p/McMp)$

Burada $Mc = \sum pMcp$ bir lokasyonun aktivite sayısı (veya çeşitliliği) ve $Mp = \sum cMcp$ bir aktivitenin her yerde bulunmasıdır (mevcut olduğu lokasyonların sayısı).

Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık göreceli bir ölçüm olduğundan, sonuçlar genellikle bir Z dönüşümü kullanılarak normalleştirilir. Yani:

$$ECI = (K_c - K_c) / \sigma(K_c)$$

$$PCI = (K_p - K_p) / \sigma(K_p)$$

Burada $\tilde{K}_c$, K_c 'nin ortalamasıdır ve $\sigma(K_c)$, K_c 'nin standart sapmasıdır. Normalleştirilmiş EKİ değerleri genellikle -2 ile 2 arasında değişmektedir (OECD, 2023b).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere bakıldığında, ürünlerini daha karmaşık hale getirmek için Ar-Ge'ye çok fazla yatırım yapmaktadırlar. Üretimin detaylandırılması, hammadde ve temel mallar yerine çok daha karmaşık mallara yönelilmesi, bir ülkeyi rekabet gücü elde etme ve yüksek kazanç sağlamasına katkı yapmaktadır. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık oldukça yeni bir terim olmasına rağmen, neden bazı ülkelerin küresel ticarete diğerlerinden daha fazla avantaja sahip olmasına rağmen miktar açısından daha fazla üretim yapmadıklarını açıklamanın eksik kısmını tamamlamaktadır (Erkan ve Yıldırım, 2015).

ECI (Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi) >0 , benzer şekilde PCI (Ürün Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi) değeri gibi veri kümesindeki ortalama konumdan daha büyük kompleksite/karmaşıklığa sahip konumları ifade etmektedir. Yani değer 0 dan ne kadar büyükse kompleksite/karmaşıklık düzeyi o denli yüksektir (Hidalgo, 2021a: 6).

Bir ülkenin mevcut ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeyine, kompleksite/karmaşıklık görünümüne veya ürün alanındaki yeni kompleks/karmaşık ürünlere bağlılığına dayalı olarak, kişi başına düşen GSYİH'deki mevcut gelir seviyesi ve beklenen doğal kaynak ihracatıyla karşılaştırıldığında ne kadar büyüyeceğine dair bir tahmin göstermektedir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklık tek başına mevcut gelir seviyelerindeki aslan payını açıklamaya yardımcı olmaktadır. Ekonomik kompleksite/karmaşıklık değeri, gelecekteki büyümeyi öngörme gücüne sahiptir yani mevcut kompleks/karmaşık ve yeni kompleks/karmaşık ürünlerle bağlantılılığın, mevcut gelir seviyeleri ve beklenen doğal kaynak ihracatıyla ilişkili olarak basit bir ölçü ve gelecekteki büyümeyi tahmin etmede herhangi bir yöntemden daha fazla bilgi vermektedir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklık büyüme projeksiyonlarını hesaplamak için açıklayıcı değişkenler olarak dört faktörü göz

önünde bulundurmaktadır. Bunlar ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksi, karmaşıklık görünümü endeksi, mevcut gelir düzeyi ve kişi başına doğal kaynak ihracatının değerinde beklenen büyümeden oluşmaktadır. Aslında büyüme tahminleri, ülkelerin, teknik bilginin bağlantılılığına ve diğer kaç ürünün benzer yeteneklere dayandığına bağlı olarak, daha fazla ve daha kompleks/karmaşık ürünler üretmelerine olanak tanıyan sahip oldukları teknik bilgiyi genişleterek büyüdüğünü göstermektedir (Harvard University, 2023c).

OECD 2023 yılında Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık endeksini güncelleyerek farklı 3 kategoriye ayırdı. Bunlar EKİ Ticaret endeksi, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma endeksidir.

Ekonomik kompleksite/karmaşıklığa ilişkin geleneksel tahminler ticaret verilerine dayanmaktadır. Ancak bu tahminler coğrafi olarak izole edilmiş ekonomilere karşı önyargılı olabilmektedir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığa yönelik çok boyutlu yaklaşımlar, uluslararası ticaret, patentler ve araştırma makalelerine ilişkin verileri birleştirerek bu sorunu çözmeyi amaçlamaktadır. Ekonomik büyüme, gelir eşitsizliği ve sera gazı emisyonlarındaki uluslararası farklılıkları açıklama konusunda gelişmiş bir yeteneğe sahip olan ekonomik karmaşıklığın daha iyi tahminlerini sağlamak için bir araya getirilmişlerdir.

Çok boyutlu ekonomik kompleksite/karmaşıklık şu şekilde tanımlanmaktadır;

EKİ TİCARET: Bu endeks geleneksel ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksidir. Ticaret coğrafyasına dayanır ve bir ülkenin ihracatının gelişmişliğini yansıtır. Ticari EKİ, bir ülkenin yüksek düzeyde bilgi ve beceri gerektiren karmaşık ürünleri üretme ve ihraç etme yeteneğini tahmin etmektedir.

EKİ TEKNOLOJİ: Patent başvurularını teknolojiyle kullanarak, patent başvurularının coğrafyasında ifade edilen kompleksite/karmaşıklığı ölçmektedir. Teknoloji EKİ, bir ülkenin kompleks/karmaşık, patentlenebilir yenilikler üretme yeteneğini göstermektedir.

EKİ ARAŞTIRMA: Araştırma alanlarına göre bilimsel yayınlara ilişkin verileri kullanarak bir ülkenin bilimsel çıktısının karmaşıklığını tahmin etmektedir. Araştırma EKİ, bir ülkenin akademik araştırmasının karmaşıklığını tahmin eder ve Ticari ve Teknoloji EKİ ile birlikte emisyon yoğunluğunun açıklanmasına yardımcı olmaktadır (OECD, 2024a).

Tablo 2.1. 2000 Yılı Ekonomik kompleksite/karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.

EKİ Ticaret Endeksi			EKİ Teknoloji Endeksi		EKİ Araştırma Endeksi	
Sıralama	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks
1	Japonya	1.81	Finlandiya	1.24	ABD	2.60
2	İsviçre	1.76	İsveç	1.18	İngiltere	2.37
3	Almanya	1.75	Avusturya	1.16	Avustralya	2.21
4	İsveç	1.70	İtalya	1.14	Kanada	2.15
5	ABD	1.66	İsviçre	1.12	İsrail	2.02
6	İngiltere	1.64	Avusturalya	1.07	Y.Zelanda	1.84
7	Finlandiya	1.59	Y.Zelanda	1.07	Hollanda	1.81
8	Avusturya	1.46	Danimarka	1.06	Hong Kong	1.79
9	İrlanda	1.44	Almanya	1.05	Finlandiya	1.61
10	Fransa	1.38	Fransa	1.05	İrlanda	1.57
11	Hollanda	1.24	Norveç	1.02	İsveç	1.54
12	Belçika	1.21	İspanya	0.99	Norveç	1.52
13	İtalya	1.19	Kanada	0.96	Singapur	1.37
14	Danimarka	1.19	G.Afrika	0.91	G.Afrika	1.25
15	İsrail	1.18	Rusya	0.90	Avusturya	1.24
16	Çekya	1.07	G.Kore	0.89	Belçika	1.21
17	Slovenya	1.05	İngiltere	0.85	Almanya	1.18
18	Kanada	1.03	Hollanda	0.83	Yunanistan	1.17
19	İspanya	1.00	Brezilya	0.81	Danimarka	1.16
20	Norveç	0.96	Çekya	0.80	İtalya	1.11

Kaynak: OECD, 2024b.

Tablo 2.1’de 2000 yılı dünyanın ekonomik kompleksite/karmaşıklığı yüksek olan ilk 20 ülkesi gösterilmekte olup üç farklı indeksle kategorize edilmiştir. Görüldüğü gibi her kategoride ülkeler sahip oldukları indekslere göre sıralamalarda farklı konumlarda olabilmektedir. Örneğin bir ülke EKİ Ticaret indeksinde en yüksek değerle ilk sırada yer alabilirken, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma indekslerine göre farklı sıralamaya sahip olabilmektedir.

2000 yılında en yüksek EKİ ticaret indeksine bir Uzak Doğu ülkesi olan Japonya (1.81) sahiptir. Aynı dönemde EKİ teknoloji indeksinde ise Finlandiya (1.21) ilk sırada yer almakta ve EKİ Araştırma indeksinde ise ABD (2.60) ilk sırada yer almaktadır. EKİ ticaret indeksinde ikinci sırada İsviçre (1.76) ile ilk sırada yer alırken, EKİ Teknoloji indeksinde İsveç (1.18) ikinci sırada ve EKİ Araştırma indeksinde UK (2.37) ikinci sırada yer almıştır. Aynı dönem üçüncü sırada EKİ Ticaret indeksinde Almanya (1.75), EKİ Teknoloji indeksinde Avusturya (1.16) ve EKİ Araştırma indeksinde Avustralya (2.21) yer almıştır. Sıralamalarda

öne çıkanlardan bir tanesinde indekslerin birbirlerine çok yakın değerlerde olması ve bazen de aynı değere sahip ülkeler olabilmesidir. Bunun yanında EKİ ticaret indeksinde ilk 20 ülkenin Japonya, Kanada, İsrail ve ABD dışında tamamının Avrupa ülkesi olması ve bunların büyük çoğunluğunun AB ülkeleri olması dikkat çekmektedir.

EKİ Teknoloji indeksinde öne çıkan ise genelde büyük çoğunluğun Avrupa ve AB üyesi ülkeler olmasının yanında sıralamaya Avustralya, Yeni Zelanda, G.Kore, G. Afrika, Brezilya ve Rusya'da girmiştir. Ayrıca öne çıkan diğer bir durum ise Japonya ve ABD'nin ilk 20 listesinde olmamasıdır. EKİ Araştırma indeksinde öne çıkanlar ise yine Avrupa ülkelerinin sıralamalarda dominant olması, ayrıca Yunanistan, Singapur ve Hong Kong gibi ülkelerin listeye girmiş olmalarıdır. Diğer bir öne çıkan durum ise Japonya'nın ilk 20 listesinde yer almamasıdır.

Tablo 2.2. 2010 Yılı Ekonomik kompleksite/karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.

Sıralama	EKİ Ticaret Endeksi		EKİ Teknoloji Endeksi		EKİ Araştırma Endeksi	
	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks
1	Japonya	2.12	Çin	1.60	ABD	1.78
2	Almanya	1.85	İsveç	1.52	İngiltere	1.68
3	İsviçre	1.85	İtalya	1.48	İsrail	1.60
4	İsveç	1.67	Finlandiya	1.47	Kanada	1.58
5	Çin	1.62	Avusturalya	1.34	Avusturalya	1.58
6	Finlandiya	1.60	Avusturya	1.32	Hong Kong	1.52
7	İngiltere	1.59	İsviçre	1.29	İrlanda	1.52
8	ABD	1.59	İngiltere	1.27	Hollanda	1.49
9	Çekya	1.52	İspanya	1.26	Almanya	1.37
10	Avusturya	1.52	Danimarka	1.24	İsveç	1.36
11	Singapur	1.52	Türkiye	1.24	Norveç	1.33
12	G.Kore	1.49	Almanya	1.23	Finlandiya	1.32
13	Fransa	1.42	G.Afrika	1.19	Y.Zelanda	1.30
14	Slovenya	1.36	Y.Zelanda	1.18	Singapur	1.27
15	İrlanda	1.36	Kanada	1.15	İtalya	1.26
16	Belçika	1.30	Norveç	1.15	Fransa	1.23
17	Macaristan	1.29	Rusya	1.14	Yunanistan	1.18
18	İtalya	1.27	Hong Kong	1.14	Çin	1.16
19	İsrail	1.24	Fransa	1.14	Avusturya	1.16
20	Slovakya	1.20	G.Kore	1.11	Belçika	1.14

Kaynak: OECD, 2024b.

2010 yılına bakıldığında sıralamalarda ve idekslerde meydana gelen değişiklikler öne çıkmaktadır. En yüksek EKİ ticaret indeksine 10 yıl öncesinde olduğu gibi Japonya (2.12)'sahiptir. Aynı dönemde EKİ teknoloji indeksinde ise Çin (1.60)'in hızlı girişı görölmekte ve ilk sırada yer almaktadır. Bu durumun genellikle Çinde bulunan çok uluslu şirketlerin Çin'e kattığı teknolojik yeniliklerden ve Çin'in DTÖ'ye girmesinden sonra hızlanan ticaret hacminden dolayı olduğu düşünölmektedir. EKİ Araştırma indeksinde ise ABD (1.78) on yıl öncesindeki gibi ilk sırada ancak düşen indeks değeriyle yer almaktadır. EKİ ticaret indeksinde ikinci sırada on yıl öncesine göre bir basamak yükselen Almanya (1.85) ile ilk sırada yer alırken, EKİ Teknoloji indeksinde İsveç (1.52) ikinci sırada ki yerini indeks değeri on yıl öncesine göre arttırarak korumuştur. EKİ Araştırma indeksinde UK(1.68) ikinci sıradaki yerini korumuştur ancak indeks değeri düşüş yaşamıştır. Aynı dönem üçüncü sırada EKİ Ticaret indeksinde İsviçre(1.85) bir basamak gerileyerek yer almakta, EKİ Teknoloji indeksinde ise İtalya (1.48) ile önceki döneme göre yükselen bir performans sergilemiştir. EKİ Araştırma indeksinde üçüncü sırada İsrail (1.60) on yıl öncesine göre yükselerek yer almıştır. Sıralamalarda öne çıkanlardan bir tanesinde EKİ ticaret indeksinde Güney Kore, Singapur, Macaristan, Çin gibi ölkelerin ilk 20'ye girdiğı görölmektedir. Ayrıca ölkelerin Japonya, Güney Kore, İsrail, Singapur ve ABD dışında tamamının Avrupa ölkesi olması ve bunların büyük çoğunluğunun AB ölkeleri olması dikkat çekmektedir.

EKİ Teknoloji indeksinde öne çıkan ise genelde büyük çoğunluğun Avrupa ve AB üyesi ölkeler olmasının yanında sıralamaya Hong Kong ve Türkiye gibi ölkelerin ilk 20'ye girmiş olmasıdır. Ayrıca öne çıkan diğeri bir durum ise Japonya ve ABD'nin ilk 20 listesinde olmamasıdır. EKİ Araştırma endeksinde öne çıkanlar ise yine Avrupa ölkelerinin sıralamalarda dominant olması, ayrıca Çin'in listeye girmiş olmalarıdır. Diğeri bir öne çıkan durum ise Japonya'nın ilk 20 listesinde yer almamasıdır. Her kategoride öne çıkan ölkelerin genellikle G20 ve OECD ölkelerinden oluşması dikkat çekmektedir.

Tablo 2.3. 2021 Yılı Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık (EKİ Ticaret, EKİ Teknoloji ve EKİ Araştırma) Endeksleri En Yüksek Ülkeler.

Sıralama	EKİ Ticaret Endeksi		EKİ Teknoloji Endeksi		EKİ Araştırma Endeksi	
	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks	Ülkeler	Endeks
1	Japonya	2.06	İsveç	1.56	ABD	2.41
2	İsviçre	1.94	Almanya	1.55	İngiltere	2.31
3	Çin	1.93	Avusturya	1.50	Kanada	2.14
4	G.Kore	1.82	Finlandiya	1.38	Avustralya	2.08
5	Almanya	1.81	İtalya	1.34	Hollanda	2.07
6	Singapur	1.74	Norveç	1.33	İsviçre	1.93
7	Çekya	1.56	Fransa	1.24	İsveç	1.92
8	İsveç	1.54	Türkiye	1.23	Almanya	1.87
9	Avusturya	1.50	İspanya	1.23	Belçika	1.80
10	ABD	1.46	İsviçre	1.22	İsrail	1.76
11	İngiltere	1.43	Kanada	1.20	İtalya	1.74
12	Slovenya	1.42	Brezilya	1.15	Fransa	1.73
13	Finlandiya	1.42	Avustralya	1.11	İspanya	1.68
14	Macaristan	1.36	İngiltere	1.09	Norveç	1.65
15	Fransa	1.35	Belçika	1.08	Danimarka	1.63
16	Slovakya	1.31	Hollanda	1.08	Yeni Zel.	1.56
17	İrlanda	1.29	Rusya	1.08	Finlandiya	1.56
18	Belçika	1.28	Çekya	1.08	İrlanda	1.54
19	İtalya	1.27	Danimarka	1.02	Avusturya	1.52
20	İsrail	1.21	Polonya	1.00	Brezilya	1.38

Kaynak: OECD, 2024b.

2021 yılına bakıldığında sıralamalarda ve idekslerde meydana gelen değişiklikler öne çıkmaktadır. En yüksek EKİ ticaret indeksine bir 10 yıl öncesinde olduğu gibi Japonya (2.06) sahiptir. Aynı dönemde EKİ teknoloji indeksinde ise İsveç (1.60) zirveyi Çin'den almıştır. Bu dönemde Çin ise EKİ teknoloji indeksinde ilk 20 arasına girememiştir. Buna endüstri 4.0 ile birlikte birçok çok uluslu firmaların ev sahibi ülkeye üretimlerini ev sahibi ülkelere taşıması ya da tüketiciye yakın konumlarda yapması, teknoloji transferinin artık daha az olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca son yıllarda ABD-Çin arasında yaşanan ticaret savaşlarının da etkili olduğu düşünülmektedir. EKİ Araştırma indeksinde ise ABD (2.41) on yıl öncesindeki gibi artan indeks değeriyle ilk sırada yer almaktadır. EKİ ticaret indeksinde ikinci sırada on yıl öncesine göre bir basamak yükselen İsviçre (1.94) ile ilk sırada yer alırken, EKİ Teknoloji indeksinde Almanya (1.55) ikinci sırada yer almaktadır. EKİ Araştırma indeksinde UK (2.31) ikinci sıradaki yerini korumuştur ancak indeks değerinde artış sağlamıştır. Aynı dönem üçüncü sırada EKİ Ticaret indeksinde Çin (1.93) yer alırken, EKİ Teknoloji

indeksinde Avusturya (1.50) ile önceki döneme göre yükselen bir performans sergilemiştir. EKİ Araştırma indeksinde üçüncü sırada bir basamak yükselişle Kanada (2.14) yer almıştır. Sıralamalarda öne çıkanlardan bir tanesinde EKİ ticaret indeksinde G.Kore, Singapur, Japonya, İsrail, Çin ve ABD dışında tamamının Avrupa ülkesi olması ve bunların büyük çoğunluğunun AB ülkeleri olması dikkat çekmektedir.

EKİ Teknoloji indeksinde öne çıkan ise genelde büyük çoğunluğun Avrupa ve AB üyesi ülkeler olmasının yanında sıralamaya Rusya, Brezilya ve Türkiye gibi ülkelerin ilk 20'ye girmiş olmasıdır. Ayrıca öne çıkan diğer bir durum ise Japonya, Çin ve ABD'nin ilk 20 listesinde olmamasıdır. EKİ Araştırma indeksinde öne çıkanlar ise yine Avrupa ülkelerinin sıralamalarda dominant olması, ayrıca Brezilya'nın listeye girmiş olmalarıdır. Diğer bir öne çıkan durum ise Japonya'nın ilk 20 listesinde yer almamasıdır. Genel olarak bu dönemdeki ülkelerin büyük çoğunluğu G20 ve OECD ülkelerinden oluşmuştur.

2.2. Ürün Komleksite/Karmaşıklık ve Ürünlerin Komleksite/Karmaşıklık Düzeyleri

Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ve Ürün Karmaşıklık Endeksi (PCI) değerleri doğrudan ekonomik faaliyetin coğrafyasını özetleyen matrislerden tahmin edilir ve talep üzerine hesaplanabilir. Resmi olarak konumun karmaşıklığı (ECI), içinde mevcut faaliyetlerin karmaşıklığının bir fonksiyonudur. Benzer şekilde, bir aktivitenin karmaşıklığı (PCI), o aktivitenin mevcut olduğu yerlerin karmaşıklığının bir fonksiyonudur (OECD, 2024e).

Ürün Karmaşıklık Endeksi (PCI), bir ürünü üretmek için gereken üretken teknik bilginin çeşitliliğini ve gelişmişliğini sıralamaktadır. Yüksek PCI değerine sahip ürünler (yalnızca birkaç ülkenin üretebileceği en karmaşık ürünler) elektronik ve kimyasalları içermektedir. Düşük PCI değerine sahip ürünler (neredeyse tüm ülkelerin üretebileceği en az karmaşık ürün), hammaddeleri ve basit tarım ürünlerini içermektedir (Harvard Growth Lab, 2024a).

Aşağıdaki Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'de toplamda kategorize edilmiş farklı 1221 üründen seçilmiş ilk 10 ürün bulunmaktadır. Her ürün farklı HS koduna sahip olmakta ve kompleks yapısına göre ürün kompleksite/karmaşıklığı +3 ile -4 arasında değişen değerler almaktadır. En yüksek ürün kompleksite/karmaşıklığına sahip ürün bilgi yoğun ürünlerden oluşmakta iken en düşük ürün kompleksite/karmaşıklık endeksine sahip ürünler ise ham halde bulunan maden şeklinde tarımsal olan ürünlerden oluşmaktadır.

Tablo 2.4. Ürün Kompleksite/Karmaşıklık Yüksek İlk 10 Ürün ve Endeksi

Sıralama	HS 1992 Kodu	Ürün	Ürün Kompleksite İndeksi
1	3785	Fotoğraf plakaları ve filmleri, pozlanmış ve işlenmiş (sinema filmi hariç).	2.31
2	9010	Bu bölümün başka bir yerinde belirtilmeyen veya yer almayan, fotoğraf (sinematografi dahil) laboratuvarları için aparat ve ekipmanlar; negatoskoplar; projeksiyon ekranları; bunların parça ve aksesuarları.	2.27
3	2843	Kolloidal değerli metaller; kimyasal olarak tanımlanmış veya tanımlanmamış değerli metallerin inorganik veya organik bileşikleri; değerli metallerin amalgamları.	2.24
4	9012	Optik mikroskoplar dışındaki mikroskoplar; kırınım aparatı; bunların parça ve aksesuarları.	2.09
5	3818	Elektronik için katkılı kimyasal element/bileşik levhalar.	2.06
6	8479	Bu faslın başka yerinde belirtilmeyen veya yer almayan, ayrı işlevleri olan makineler ve mekanik cihazlar; bunların parçaları.	2.04
7	8457	Metal işlemeye yönelik işleme merkezleri, ünite inşaat makineleri (tek istasyon) ve çok istasyonlu transfer makineleri	2.01
8	3702	Kağıt, karton veya tekstil dışındaki herhangi bir malzemeden rulo halinde, hassas hale getirilmiş, pozlanmamış fotoğraf filmi; rulo halinde anında baskı filmi, hassaslaştırılmış, pozlanmamış	2.00
9	8113	Atık ve hurdalar dahil sermetler ve bunlardan eşyalar	1.99
10	8461	Planyalama, şekillendirme, kanal açma, broşlama, dişli kesme, dişli taşlama veya dişli bitirme, testereyle kesme, kesmeye mahsus takım tezgahları ve başka yerde belirtilmeyen veya yer almayan metal veya sermetlerin çıkarılmasıyla çalışan diğer takım tezgahları	1.96

Kaynak: Harvard Growth Lap, 2024a.

Tablo 2.4’de yer alan en yüksek ürün kompleksite/karmaşıklık endeksine sahip ürün 3785 HS kodlu *fotoğraf plakaları ve filmleri, pozlanmış ve işlenmiş* şeklinde tanımlanmış ve 2.31 endekse sahiptir. İkinci sıradaki ürün ise 9010 HS kodlu *fotoğraf laboratuvarları için aparat ve ekipmanlar; negatoskoplar; projeksiyon ekranları; bunların parça ve aksesuarları* şeklinde tanımlanmış ve 2.27 endekse sahiptir.

Tablo 2.5. Ürün Kompleksite/Karmaşıklığı Düşük Son 10 Ürün ve Endeksi.

Sıralama	HS 1992 Kodu	Ürün	Ürün Kompleksite İndeksi
1221	2609	Kalay cevherleri ve konsantreleri	-3.37
1220	2605	Kobalt cevherleri ve konsantreleri	-3.15
1219	1801	Kakao çekirdekleri, bütün veya kırık, çiğ veya kavrulmuş	-3.04
1218	2602	Ağırlık itibarıyla yüzde 47 veya daha fazla manganez içerenler	-2.93
1217	1301	Lac; doğal sakızlar, reçineler, sakız reçineleri ve oleoresinler (örneğin balzamlar)	-2.81
1216	2617	Diğer cevherler ve konsantreler	-2.72
1215	2615	Niobyum (columbium), tantal, vanadyum veya zirkonyum cevherleri ve konsantreleri	-2.65
1214	2610	Krom cevherleri ve konsantreleri	-2.65
1213	2606	Alüminyum cevherleri ve konsantreleri	-2.54
1212	7108	İşlenmemiş veya yarı işlenmiş veya toz halindeki altın (platinle kaplanmış altın dahil)	-2.52

Kaynak: Harvard Growth Lap, 2024a.

Tablo 2.5’de ürün kompleksite/karmaşıklığı en düşük olan ilk 10 ürün ve endeksleri yer almaktadır. Buna göre en düşük ürün kompleksite/karmaşıklığa sahip ürünlerin tarımsal ya da maden şeklinde ham olan ürünlerden oluştuğu görülmektedir. Buna göre en alt sırada yer alan ürün 1221. sıradaki 2609 HS kodlu *Kalay cevherleri ve konsantreleri* olup -3.37 ürün kompleksite/karmaşıklık endeksesine sahiptir. İkinci en düşük ürün ise 1220. sıradaki 2605 HS kodlu *Kobalt cevherleri ve konsantreleri* olup -3.15 endekse sahiptir.

2.3. Ürün Uzaı

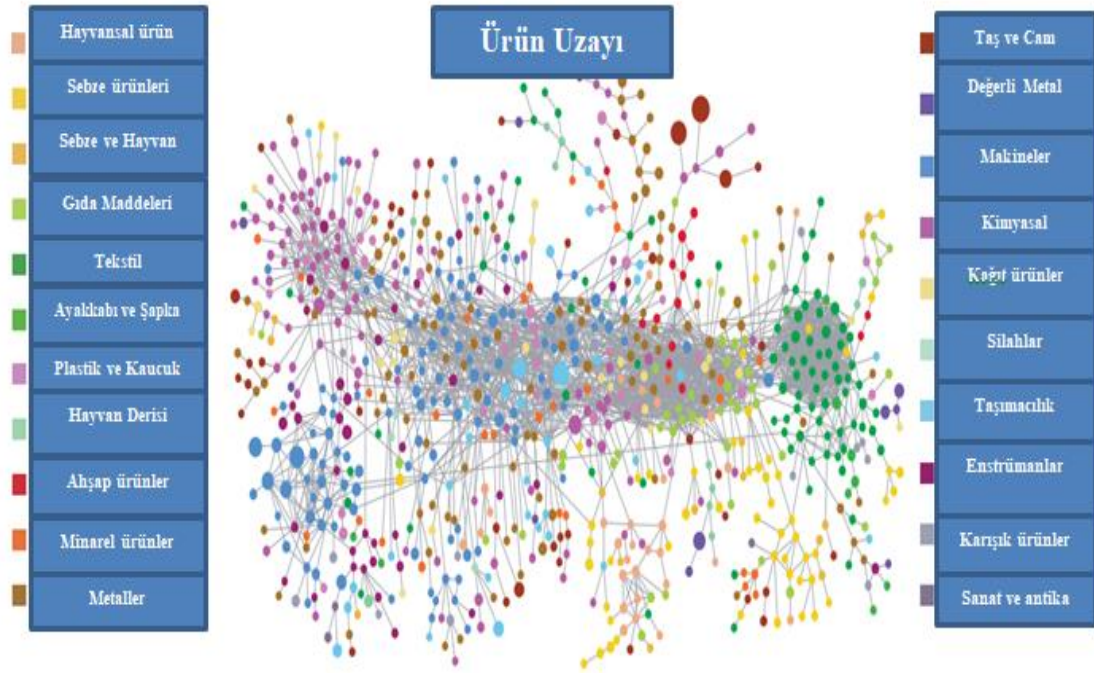
Ürün Uzaı, ihracat endüstrileri arasındaki ilişkilerin kategorize edilmesine ve aynı zamanda bir ülkenin belirli bir zamandaki ihracat profilinin değerlendirilmesine olanak tanıyan analitik bir çerçevedir. Bu çerçevede iki husus kritik öneme sahiptir, endüstriler arasındaki ilişki veya yakınlık kavramı ve bir ülkenin ihracatının içerdiği kalite veya değerdir. Ürün Alanında, aynı türde becerileri veya kaynakları kullanan iki endüstri birbirine yakındır. Her bir ürün için endeks, onu ihraç eden ülkelerin kişi başına düşen GSYİH’sının ağırlıklı ortalamasından oluşur. Ağırlıklar o ülke ve malla ilişkili karşılaştırmalı üstünlüğüdür. PRODY kavramı o ürüne ilişkin gelir düzeyini temsil etmektedir. PRODY, bir üründe

yerleşik olan yeteneklerin yalnızca bir temsilidir. Bazı durumlarda, yüksek gelirli ekonomiler petrol gibi kıt doğal kaynakların ihracatçılarıdır ve bu da üretim için gerekli yetenekleri tam olarak temsil etmeyen yüksek PRODY değerlerine yol açar. Yani yüksek bir PRODY, yüksek gelirli ülkeler tarafından ihraç edilen mallara karşılık gelir. Bu nedenle değişken, gelişmişlik düzeyine veya malın içindeki katma değere ilişkin bir tahmindir (Jankowska vd. 2012: 14-16).

İhracatın çeşitlendirilmesi ile ihracatın geliştirilmesi arasındaki ilişkiye göre genel olarak tüm ülkeler, bilinen karşılaştırmalı üstünlüğe sahip oldukları endüstrilerin sayısını önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, bu dönemde uluslararası ticaretin çarpıcı biçimde genişlemesi, ticaret istatistiklerinin raporlanmasının iyileştirilmesi ve yeni ürün kategorilerinin ortaya çıkmasıyla uyumludur. Ülkelerin ihracatının bileşimindeki farklılıklar ve ürün uzayı haritasındaki göreceli konumları, ihracat çeşitlendirmesinin ihracatın değerini artırmada çok fazla işe yaramamaktadır. Yani ihracatın artırılması olasılığı, bir ülkenin ihracat profilinin ürün uzayındaki göreceli konumuna ve özellikle de yüksek değerli ürünlere yakınlığına bağlıdır. Yeni ürünlere geçiş olasılığı, ürünler hali hazırda ihraç edilen mallara ne kadar yakınsa o kadar yüksektir. Ürün uzayı ağırlıklı bir ağ olduğundan bu ağırlıklar ürünler arasındaki yakınlığa karşılık gelir. Ortalama kümelenme katsayısı, benzerliğin ağ güdümlü bir ölçümünü ve dolayısıyla bir ihracat profilinin uzmanlaşmasını sağlamaktadır. Yalnızca ihraç edilen ürün sayısına bakıldığında açıkça görülmeyen bir ülkenin ihracatının gerçekte ne kadar çeşitliliğe sahip olduğuna dair bazı göstergeler vermektedir (Jankowska vd. 2012: 16-24).

Ürün Uzayındaki her düğüm bir ürünü temsil eder ve aynı ülkeler tarafından ihraç edilen ürünleri birbirine bağlar. Bir ülke tarafından ihraç edilen ürünler, düğümlerin opaklığıyla gösterilir (tam opaklık, bunun $RCA > 1$ ile ihraç edilen bir ürün olduğunu göstermektedir). Bir ülkenin Ürün Uzayındaki konumu, o ülkenin gelecekte üreteceği ürünlerin öngörüsüdür. Bu nedenle ürün alanı, sanayi politikasına rehberlik edebilecek öngörücü bir araçtır (Simoes vd. 2011: 40).

Ürün uzayındaki ilişkilik kavramı bir konum ile bir etkinlik arasındaki yakınlığı ölçmektedir. Ancak yakınlığın iyi bir ölçüsünün uzmanlaşma kalıplarındaki değişiklikleri öngörmesi beklenildiğinden, ilişkililik, bir konum-faaliyet çiftine özgü olan ve basit tahminin ötesine geçen uzmanlıktaki değişikliklerin bir yordayıcısı olarak tanımlanabilir (Hidalgo, 2021: 6).



Şekil 2.1 Ürün Uzayı Görseli Temsili.

Kaynak: Hidalgo, 2021: 6.

Ürün uzayının her ürünün bir ağaç olduğu bir orman olduğunu hayal edildiğinde benzer yetenekler gerektiren ağaçlar birbirine yakınken, uzaktaki ağaçlar çok farklı yetenekler gerektirir. Eğer ülkeler farklı ürünler üreten bir firmalar topluluğuysa, firmaları ağaçlarda yaşayan maymunlar olarak düşünülebilecektir ve bu da onların belirli ürünleri gerekli yeteneklere sahip oldukları için kullandıkları anlamına gelecektir. Ülkeler bu ortak ormanda sahip oldukları maymunların sayısı ve konumları bakımından farklılık göstermektedir. Temel olarak ürün çeşitliliğinin ve karmaşıklığının artırılmasını içeren geliştirme süreci, maymunların ormanı doldurmasına, daha fazla ağaç işgal etmesine ve özellikle daha karmaşık ürünlere veya daha verimli ağaçlara yönelmesine benzemektedir. Maymunlar yakındaki ağaçlara kısa atlamalar yapmayı tercih eder çünkü bu, birden fazla eksik yeteneğin aynı anda biriktirilmesinden kaynaklanan sorunu en aza indirecektir. Dahası, ağaçlar sıkı bir şekilde bir araya toplanmışsa, maymunların ağaçtan ağaca geçmesi ve birkaç atlamada geniş bir alanı kaplaması nispeten kolay olacaktır. Ürün alanı heterojense, yetenek ekleme ve yeni ürünlere genişleme daha kolaydır. Burada düğümler ürünleri temsil eder ve boyutları bu maldaki toplam dünya ticareti ile orantılıdır. Bağlantılar, birlikte ihraç edilme olasılığı yüksek olan ürünleri birbirine bağlar. Ürün alanı, birçok ürünün doğal olarak yüksek düzeyde bağlantılı topluluklar halinde gruplandığını göstermektedir. Bu, bu topluluklardaki ürünlerin benzer yetenekler kullandığını göstermektedir (Hidalgo vd. 2014: 52-53).

Ekonomik kompleksite ve ürün kompleksite/karmaşıklık konusu son yıllarda ekonomistlerin yoğun ilgisini çekmektedir ve birçok gösterge üzerine etkisi tespit eden çalışmalar bulunmaktadır. Hidalgo (2009) ağ bilimi tekniğini 42 yıllık ticaret verileriyle birleştirerek ülkelerin üretken yapısı zaman içinde nasıl değiştiğini araştırmış, Felipe vd. (2012) 5.107 ürünü ve 124 ülkeyi sıralamışlar, Tacchella vd. (2013) ülkelerin rekabet gücü ve ürün kompleksiteleri için tutarlı ve parasal olmayan ölçütleri tanımlamak için yeni bir yöntemi tartışıp değerlendirmişler, Sweet ve Maggio (2015) ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksiyle, normalden daha katı fikri mülkiyet haklarının inovasyon üzerindeki etkisini analiz etmişler, Erkan ve Yıldırımçı (2015) lojistik Performans Endeksi ve Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi'nin alt bölümlerinin (İş Gelişmişliği, Yüksek Öğrenim ve Öğretim, Altyapı, Yenilikçilik, Teknolojik Hazırlık, Değer Zinciri Genişliği) 110 ülkenin ekonomik kompleksite/karmaşıklığı ne ölçüde belirleyebileceğini araştırmışlar, Hartmann vd. (2017) kompleks/karmaşık yapıda ürün ihraç eden ülkeler daha basit ürün ihraç eden ülkelere göre gelir eşitsizliği düzeyinin daha düşük olduğunu kanıtlamak için ekonometri, ağ bilimi ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık yöntemlerini birleştirmişlerdir. Ivanova vd. (2017) ekonomik kompleksite/karmaşıklık (ECI) endeksine benzer şekilde, patent karmaşıklık/kompleksite indeksi (PatCI), üçlü sarmal karmaşıklık/kompleksite (THCI) indeksi, geliştirmişler. ECI, PatCI ve THCI arasındaki ilişkiyi 34 OECD ülkesi, BRICS ülkeleri ve bazı yükselen ve bağlı ekonomi (Arjantin, Hong Kong, Endonezya, Malezya, Romanya ve Singapur) bağlamında analiz etmişler. Gao ve Zhou (2018) 25 yıllık firma verilerini analiz ederek Çin eyaletlerinin ekonomik kompleksite/karmaşıklığını ölçmüşler, Gozgor vd. (2018) yüksek katma değerli (sofistike) ürünleri ihraç etme yeteneklerinin bir ölçüsü olarak ekonomik kompleksite/karmaşıklık göstergesini dikkate alan bir büyüme modelini sunmuşlar, Coşkun vd. (2018) mevcut ve gelecekteki çıktı yapıları ile ülkelerin yüksek kişi başına gelir seviyelerine ulaşmadaki potansiyel performansları arasında somut bir bağlantı kurmak amacıyla ekonomik kompleksite/karmaşıklık yaklaşımı aracılığıyla OECD ülkeleri artı Çin sınıflandırması yapmışlar, Soyyiğit (2019), ülkelerin yapısal dönüşümleri ile kurumsal faktörler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapısal dönüşümü temsil eden ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeyi altı kurumsal gösterge (hükümet etkinliği, siyasi istikrar, yolsuzluğun kontrolü, hukukun üstünlüğü, düzenleme kalitesi, söz hakkı ve hesap verebilirlik) arasındaki nedensellik ilişkisini E-7 ve G-7 ülkeleri bağlamında araştırmış, Sweet ve Eterovic (2019) 1965-2009 dönemi 70 ülke için dinamik panel regresyon analizini kullanarak patent hakları sistemlerinin toplam faktör verimlilik artışı üzerindeki etkilerini incelemişler, Güneri (2019) seçilmiş ülkeler bağlamında 1981-2015 dönemi kompleksite/karmaşıklık ve ekonomik

performans arasındaki bağlantıyı incelemişler, Soyyiğit vd. (2019) G-20 ülkeleri bağlamında ekonomik kompleksite/karmaşıklık indeksi, ihracat ve sabit sermaye yatırımı değişkenlerinin kişi başı gelire olan etkisi incelenmişlerdir. Canh ve Thanh (2022) ihracat çeşitlendirmesi, ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve ekonomik büyüme döngülerinin dinamiklerini araştırmışlar, Chu ve Hoang (2020); Lee ve Vu (2020) ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi incelemişler, Balland vd. (2020) çalışmalarında kompleks/karmaşık ekonomik faaliyetlerin büyük şehirlerde daha fazla yoğunlaştığına dair bulgular tespit etmişlerdir. Chu vd. (2021) kompleksite/karmaşıklığın neden önemli olduğunu, kompleksite/karmaşıklığın belirleyicileri ve kompleksitenin ekonomik büyümeyi kolaylaştırmak için nasıl serbest bırakılabileceği araştırmışlar, Güneri ve Yalta (2021) gelişmekte olan ülke grubu için ekonomik kompleksite/karmaşıklığın çıktı oynaklığı üzerindeki etkisini, Adam vd. (2021) ekonomik kompleksite/karmaşıklığın işgücü piyasası üzerindeki etkisini, Nguyen vd. (2021), ekonomik kompleksite/karmaşıklığın ve girişimcilik yoğunluğu arasındaki bağlantıyı, Massil ve Njoya (2021), eski sömürgelerdeki sömürge tarihi ile ekonomik kompleksite/karmaşıklık arasındaki ilişkiyi, Gnangnon (2021) gelişmekte olan ülkelerde ekonomik kompleksite/karmaşıklığın yoksulluk üzerine etkisini, Romero ve Gramkow (2021) ekonomik kompleksite/karmaşıklığın, kişi başına emisyonlar ve sera gazı emisyon yoğunluğunun azaltılmasına katkısının varlığını, Chu (2021) ekonomik kompleksite/karmaşıklığın çevresel Kuznets eğrisine etkisini, Wang vd. (2021), ekonomik kompleksite/karmaşıklığın (ECI), Karbondiyoksit emisyonları, gerçek GSYİH, yenilenebilir ve yenilenemez enerji üretimi, kentleşme ve ihracat kalitesi arasındaki dinamik karşılıklı bağımlılığı, Sepehrdous vd. (2021) ekonomik kompleksite/karmaşıklığın, bilimsel verimlilik ve çeşitli ekonomik, finansal ve politik riskler gibi makroekonomik değişkenlerin 2000-2019 yılları arasında gelişmekte olan ekonomilerde gelir eşitsizliği durumu üzerindeki etkisini ekonometrik bir Panel-VAR yöntemi kullanılarak incelemişler. Lee ve Lee (2021) çalışmalarında ulusal inovasyon sistemlerinin ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksinin (ECI) ekonomik büyüme üzerine etkisini incelemişlerdir.

2.4. Literatür

2.4.1. Endüstri 4.0 ile İlgili Literatür

Bulut ve Akçacı (2017) çalışmalarında Endüstri 4.0'ı temel kavramları ile açıklanmaya çalışmışlardır. Ayrıca Ar&Ge ve iletişim göstergeleri bağlamında Türkiye ekonomisini Endüstri 4.0 açısından incelemişlerdir. Son yıllarda olumlu bir gelişme olarak Türkiye'de internet kullanım oranlarının artmış olması, bilişim teknolojilerinin kullanılabilir

hale gelmesinin önemini vurgulamışlardır. İleri teknoloji ihracat verileri doğrultusunda, Türkiye Ar&Ge harcamalarının teknoloji ihracatı yönünde arttırıcı etkisi olduğunu, yeni teknoloji ürünlerinin geliştirilmesinin ülkenin küresel boyutta rekabet edebilme gücünü arttırabilmesi açısından ve teknoloji ihracatı açısından hayati bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kahraman (2017) çalışmasında Türkiye'nin endüstri devrimlerini geç yakalamış bir ülke olduğunu Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalayamaması ve geç kalması halinde, rekabet gücünü kayedip gelişmiş ülkelerin gerisinde kalacağını belirtmiştir. Rekabet edebilmede konumunu yükseltebilirse daha fazla büyüyüp toplumsal refahını yükseltebileceğini belirtmiştir. Sivas ilinde ise Endüstri 4.0 ile ilgili farkındalığın %50'den fazla olduğunu ancak birçok işletmenin nasıl harekete geçecekleri konusunda fikri olmadıklarını tespit etmiştir. İşletmelerin eğitim konusundaki eksiklikleriyle ilgili üniversitelerden destek beklediklerini vurgulamıştır.

Turan (2018) Endüstri 4.0'ın, teknolojik ilerlemeler ve artan üretkenlik sayesinde ekonomik büyümeye katkı sağlarken, istihdamın azalması ve eşitsizliğin artması gibi sosyoekonomik olumsuzluklara sebep olacağını belirtmiştir. Güncel eşitsiz olan ulusiçi ve uluslararası yapıdaki durumun daha da eşitsiz hale geleceğini böylece orta sınıfın, büyük bir kısmının alt sınıfa ve çok az kısmının ise üst sınıfa yönelerek eriyeceğini ve uluslararası sistemde de bunun bir benzerinin görüleceğini belirtmiştir. Uluslararası sistemdeki bu değişimin güç kaymasına neden olacağını böylece merkez ve çevre ülkeler arasındaki bağımlılık ilişkilerinin daha da artacağını vurgulamıştır. Ayrıca, dördüncü sanayi devrimi bilişim sektöründeki küresel şirketleri, ekonomik ve politik olarak güçlendireceği ve hükümetlerden şirketlere güç kaymasının yaşanacağını tespit etmiştir.

Bilgin (2018) çalışmasında yeni teknolojileri incelenmiş ve Türkiye ekonomisine olası etkileri üzerinde durmuştur. Dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojisini yapay zekâ, ileri robotik, nesnelerin interneti, büyük veri, 3D yazıcılar ve blok zincirinden oluştuğunu belirtmiştir. Robot teknolojilerinin bilgisayar algoritmalarıyla birleşmesi üretim sürecinde sayıları artan ve maliyetleri azalan robotlaşmaya neden olduğunu vurgulamıştır. Bunun yanında sermaye yoğun üretimin arttığını, son yıllarda Türkiye de finansal destekler, teknoloji geliştirme faaliyetinde olan firmaların ve üniversitelerin arttığını nitelikli işgücünün oluşturulmasında önemli eksikliklerin olduğunu bulgulamıştır.

Kılıç ve Alkan (2018) çalışmalarında Endüstri 4.0'ın dünya ve Türkiye'ye yansımalarını incelemişler 2022'de %6 hedeflenen ileri teknoloji ürün ihracatında Türkiye'nin mevcut durumu analiz edilip gelişmiş ve yükselen ekonomiler içindeki yerinin belirlenmesi ve

önerilerin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Buna göre endüstriyel robot gibi ürünlerin Türkiye’de üretilmesine rağmen halen yeterli katkıyı sağlamadığını tespit etmişlerdir. Dördüncü sanayi devrimine göre yeni politikaların geliştirilmesi gerektiğini ARGE harcamalarının da bu doğrultuda artırılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Pietrewicz (2018) çalışmasında dördüncü sanayi devriminin kapsadığı değişikliklerin kapsamı ve derinliği, hem akıllı fabrika olarak adlandırılan üretim süreçlerinin karmaşık dönüşümünün finansmanını hem de bu tür fabrikaları inşa etmek ve işletmek için gerekli teknolojik yeniliklerin gelişimini kapsayan finansman modelinin bir analizini gerekliliğini vurgulamıştır. Buna göre dördüncü sanayi devriminde finans kaynakları olarak bankacılık sektörü ve sermaye piyasalarının görece avantajlarını analiz etmiş, bu bağlamda sermaye piyasalarının bankacılık sektörüne göre belirgin bir üstünlüğe sahip olduğunu ancak önemli zorluklarla yüzleşmek zorunda kalacaklarını belirtmiştir.

Gorokhova ve Sekerin (2019) çalışmalarında dördüncü sanayi devrimi teknolojilerinin ekonomik faaliyete nüfuz etme derinliği, dağıtım hızları ve 2025 yılına kadar yayılacağını, dördüncü sanayi devrimi teknolojileri, teknoloji ve insanlar arasındaki sınırları kaldırdığını, "Syborg" metaforunun neredeyse gerçek olacağını, kişiyi ve doğayı önemli ölçüde değiştiren dijital ve analog yaşam biçimlerinin kombinasyonlarının yakın gelecekte ortaya çıkmaya başlayacağını, kamusal yaşamın tüm alanlarında ciddi dönüşümsel etkiler yaratabileceğini belirtmişlerdir.

Marwasta ve Suprianto (2019) Endüstri 4.0 çağında teknoloji, bir ulusun insanların yaşam kalitesini ve refahını iyileştirmeye önemli ölçüde katkıda bulunabilecek bir faktör haline geldiğini, yıkıcı bir şekilde nesnelerin interneti (IoT), büyük veri ve yapay zeka (AI) aracılığıyla Bilgi ve İletişim Teknolojisi (BİT) nüfuzunun medeniyette ilerlemelere yol açtığını belirtmişlerdir. Çalışmada Yogyakarta Şehir Hükümeti tarafından uygulanan programlardan olan e-Warong programını, dijital teknolojiyi kullanarak insanların yoksulluğunu azaltmak için detaylandırmayı amaçlamışlar. Buna göre Yogyakarta Şehrindeki e-Warong'un performansının henüz tatmin edici düzeyde olmadığını, çoğunlukla hala kötü performans gösterdiğini, e-Warong'ların varlığı, e-warong üyelerinin yoksulluk düzeylerindeki değişiklikleri etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca İnsan kaynakları yeteneklerinin oldukça düşük olduğunu ve yükseltilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Simachev vd. (2020) çalışmalarında BRICS ekonomilerinin büyüme beklentileri büyük ölçüde ülkelerin Endüstri 4.0 teknolojilerini yayma ve kullanma konusundaki olası stratejileri tarafından belirlendiğini belirtmişlerdir. BRICS'in endüstri 4.0 teknolojileriyle (endüstriyel robotlar, katkı teknolojileri, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli

Üretim teknolojileri ve biyoteknolojiler gibi) ilgili uluslararası ürün değişimi süreçlerinde daha az yer aldığını ve Çin'in ticaret dinamiklerine en büyük katkıyı yapmasıyla net ithalatçı konumunu koruduğunu bulgulmuşlardır. BRICS için zorluklar arasında yeni teknolojilerin üretim ve ticarete hizmet eden ülkeler olarak küresel ağlara sürekli katılım, teknolojilerin geliştirilmesi için kurumsal ortamın ve altyapının gelişme düzeyinde geride kalınması, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kötü amaçlarda kullanılmasıyla sektörler içi ve sektörler arası eşitsizliğin büyümesi gibi maddeler olduğunu vurgulamışlardır.

Koç (2020) Dördüncü Sanayi Devriminin ekonomik yansımalarını inceleyip ülkelerin potansiyelleri açısından değerlendirmiş ve ülkelerin endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamada başarılı olup olmadıklarını araştırmıştır. Buna göre Endüstri 4.0 teknolojilerinin alt yapısının genişletilmesi, ekonomik birimlerin ve toplumun her kesiminde kullanımının yaygınlaştırılması ülkeler açısından öncelikli hedefler haline geldiğini, birçok ülkenin hedeflerine ulaşma adına bazı politik, yasal ve ekonomik uygulamaları hayata geçirdiğini, ülkelerin bu girişimleri sonucunda Endüstri 4.0 bağlamında artan bir ekonomik güç olma yarışının olduğunu tespit etmiştir. Türkiye'nin dördüncü sanayi devriminin teknolojilerine uyum sağlayıp ekonomik büyüme hedeflerine ulaşabilmesi için atılması gereken yasal ve ekonomik adımlarında kararlılık göstermesi gerekliliğini belirtmiştir.

Çetinkaya (2020) Endüstri 4.0'ın kamu yatırım ve transfer harcamalarını, Ar-Ge faaliyetlerini, destek ve teşvik yöntemiyle bir miktar arttırdığını tespit etmiştir. Yapılan bu harcamaların ve desteklerin ülke ekonomisinin büyümesi ve kalkınması için önemli bir yere sahip olduğunu vurgulamıştır.

İspir (2020) alışmasında Türkiye'nin Dördüncü Sanayi Devrimi'nin hangi aşamasında olduğu belirlemeye çalışmıştır. Ayrıca Dördüncü Sanayi Devrimi'nin gerçekleşmesi için ülke tasarruflarının ilk olarak Ar-Ge ve eğitim alanlarına yönlendirilip teknik altyapının oluşturulması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca Türkiye orta gelir tuzağından kurtulup gelişmiş ülkeler arasına katılması, bölge ve dünya siyasetinde söz sahibi olması, kendisine karşı tehdit olabilecek ülkelere karşı varlık göstermesi için Endüstri 4.0'a ilişkin çalışmalara yoğunlaşması gerekliliğini belirtmiştir.

Öztok (2020) Dördüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 4.0) sürecinde örnek bir sanayi işletmesinin yönetim ve organizasyon yapısında meydana gelmesi beklenen değişimlerin imalat sektöründeki olası ekonomik etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak imalat sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmenin yönetim ve organizasyon yapısındaki değişikliklerin, imalat sektöründe ekonomik açıdan olumlu ve çok boyutlu etkisi olduğunu belirtmiştir. Yeni iş niteliğinin bilgi işçisine evrildiğini, tarım, sanayi, hizmetler olarak e ayrılan sektörlere bir

de bilgi sektörü eklendiğini tespit etmiştir. Teknolojik gelişmeler hızlanıp ve genişledikçe bazı mesleklerin geçerliliğini kaybedeceğini bazılarının ise daha fazla önem kazanacağını vurgulamıştır.

Seçmen (2020) nesnelerin interneti, bulut bilişim sistemleri vb. teknolojik bileşenlere sahip olan Sanayi 4.0 süreci, birçok sektörü etkilediği gibi medya sektöründe de bazı önemli gelişmelerin yaşanmasına yol açtığını tespit etmiştir. Medya sektöründe yer alan ve etkinlik gösteren büyük sermayelerin yanında Endüstri 4.0'ın getirdiği bileşenlerden kendi imkânları ölçüsünde yararlanabilmesi ve internete bağlanabilen teknolojik araçları kullanması neticesinde haber ve bilgi içerikleri toplayıp servis edilmesini sağlayan bireysel üreticilerin ortaya çıkarak yaygınlaşacağını ön görmüştür. Ayrıca Endüstri 4.0 sürecinde yeni medya anlayışı ile şekillenmeye başlayan geleneksel medya işletmelerinde içerik üretiminde de bazı dönüşümler yaşandığını belirtmiştir.

Vujović (2020) Sırbistan'ın Endüstri 4.0'ın derin sosyal, endüstriyel ve örgütsel değişiklikler gerektiren olası baskılarına cevap vermeye hazır olma durumunu geliştirmek için karmaşık bazı kurumsal, politik ve davranışsal değişimi ele alması gerektiğini tespit etmiştir. Teknoloji ve yenilik, insan sermayesi, kurumsal çerçeve ve sürdürülebilir kaynaklar gibi gelecekteki üretim ve ekonomik büyümenin temel itici güçlerini iyileştirmeyi amaçlayan kaynakların rasyonel ve sonuç odaklı paylaşımını içerdiğini belirtmiştir. BİT, eğitim tesisleri, altyapı vb. gibi alanlarda girdi taleplerinin büyük olmasından dolayı iyi teknoloji kullanımı, gelişmiş ürün ve hizmetler, eğitim başarıları, yolsuzluğun ortadan kaldırılması, hukukun üstünlüğü ve kaynak kullanımında sürdürülebilirliğinin elde edilmesi için değişikliklere ihtiyaç olduğunu tespit etmiştir.

Humphreys (2020) madencilik üzerine endüstri 4.0'ın bir etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. Son 150 yılda, madencilik sektörü üretkenliğini artırmada dikkate değer ölçüde başarı elde ettiğini ancak 2000 yılından itibaren yavaşlamaya başladığını tespit etmiştir. Bunun bazı yönlerinin döngüsel olduğunu ancak geçmişte üretkenliği artıran uzun vadeli faktörlerin altında yatan bazı faktörlerin güçlerini kaybettiğine dair endişeler olduğuna dikkat çekmiştir. Dördüncü sanayi devriminin gelişi ve bunun sektörü nasıl bozabileceği ve akıllı madenciliğin teşviki yoluyla üretkenliğe yeni bir destek sağlayabileceği konusunda endüstride çok fazla tartışmalar olduğunu vurgulamıştır, ancak şimdiye kadar böyle bir artışa dair çok az kanıt olduğunu tespit etmiştir. Son dönemlerde madencilik sektöründe kalitenin düştüğü ve maliyetlerin attığını vurgulamıştır.

Udaltsova (2020) çalışmasında, dördüncü sanayi devrimi 4.0'ın kavramsal temellerini, anahtar teknolojilerini araştırıp ve son yılların ekonomisindeki dijital teknolojilerin ve BİT

ürünlerinin gelişimini analiz etmiştir. Buna göre Rus ekonomisinin küresel ekonomik alana küresel entegrasyon hedefiyle dijital bir dönüşüm gerçekleştirmek için yeterli kapasiteye sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca planlanan “Rusya Federasyonu Dijital Ekonomi” programının bugün uygulanması için ulusal bir dijital ekonomi teorisinin oluşturulmasına, blok zincir teknolojilerinin ve kripto para birimlerinin tanınmasına ve yasal düzenlemesine ve dijital platform oluşumunun küresel ölçekte şirketlerce teşvikine ihtiyaç duyduğunu tespit etmiştir.

Fajar (2020) Sanayi Devrimi 4.0'ın ilerlemesiyle desteklenen serbest piyasa ekonomik sistemi, yıkıcı bir iş modeline sahip bir paylaşım ekonomisi ortaya çıkardığını belirtmiştir. Çalışmasında, hukukun nasıl yönetilmesi gerektiğine dair gerekçeleri elde etmek için çeşitli teorileri, ilkeleri, yasaları ve düzenlemeleri inceleyen normatif bir yöntemle kullanmış ve sonuçlarına göre rekabet hukuku, hızla değişen iş modellerindeki değişimlere ayak uydurabilecek şekilde pragmatik olarak tasarlanması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle iş dünyasının kendi anlaşmalarından doğan kurallarını yapmak için düzenleyici otoriteyi kamudan özel sektöre kaydırılması gerektiğini böylece pazarın daha dinamik hale geleceğini ve adil rekabet ortamı sağlanacağını vurgulamıştır.

Yuan vd. (2021) 1990-2017 dönemi için G7 ekonomileri için işletme tarafından finanse edilen Ar-Ge harcamaları, gelir ve finansal risk durumlarında ekonomideki dijitalleşmenin teknolojik inovasyon üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak teknolojik yenilik ile belirleyicileri (dijital ekonomi, banka finansmanı Ar-Ge harcamaları, GSYİH ve finansal risk gibi) arasında uzun vadeli istikrarlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca dijital ekonomi, banka finansmanı Ar-Ge harcamaları ve finansal risk, G7 ülkelerinde teknolojik inovasyonu etkileyen önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Yenilik maliyeti, banka finansmanının gerekli olduğu durumlarda çok yüksektir ve ancak, yüksek finansal riske sahip firmalar nedeniyle, bankalar genellikle yenilikçi fikirleri finanse etmekte isteksizdir. Bu nedenle, ekonomide dijitalleşme ve işletme tarafından finanse edilen Ar-Ge harcamaları yoluyla teknolojiyi beslemek için finansal risk en aza indirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Rymarczyk (2021) çalışmasında Dördüncü Sanayi Devrimini oluşturan çığır açan yeniliklerin uluslararası ticaretin hacmi ve yapısı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu göre Dördüncü Sanayi Devriminin temel yeniliklerinin uygulanması, uluslararası ticaretin hacminde ve yapısında önemli değişikliklere yol açacağını, hizmetlere doğru kayda değer bir kayma yaşanacağını, ürünler açısından ise dijitalleşme ile önem kazanacak mallar arasında öncelikle ulaşım, lojistik, bilgi, düzenleme ve işlem maliyetleri şimdiye kadar yüksek olan

malların yer alacağını belirtmiştir. Dördüncü Sanayi Devrimi cihazlarının uygulanması, ticaret koşullarını önemli ölçüde değiştireceğini, ilk harekete geçenlerin en çok faydayı sağlayacağını, bunun yanında düşen ticari maliyetler ve ticaretin maddi altyapısında azalan gereksinimler ile gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve orta ölçekli işletmelerin dünya ticaret paylarını artırabileceğini vurgulamıştır.

Demir (2021) çalışmada Dördüncü Sanayi Devrimi bağlamında etkin yürütülen devlet politikalarının orta gelir tuzağının aşılması veya bu tuzağa yakalanılmaması için önemli olduğunu ayrıca teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin bilimsel ispatının, orta gelir tuzağında olan ülkeler yada ülke grupları özelinde yapılabileceğini belirtmiştir.

Santoso vd. (2021) bankacılık ve FinTech sektörlerindeki yeteneklerin haritalandırılması yoluyla mevcut koşullara ve gelecekteki ihtiyaçlara dayalı olarak gelecekte ihtiyaç duyulan yetenekleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Endüstri 4.0 uygulayabilmek için ilişki kurma ve ağ oluşturma, değişime uyum sağlama ve bunlara yanıt verme, girişimcilik ve ticari düşüncüyü içeren üç öncelikli beceriyi ortaya koyulması gerektiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmanın karar vericiler ve düzenleyiciler için değerli olduğunu bu sonuçların, mevcut insan kaynaklarını geliştirmek için yeni yetkinlikler ve yetenekler bulmada kullanılabileceğini ve Sanayi Devrimi 4.0 ile ilgili politika oluşturma için bir temel olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Nyagadza vd. (2022) Sistematik Literatür Taraması ve Meta-Analizi için Tercih Edilen Raporlama Öğelerine (PRISMA) dayanan çalışmalarında çıkarım yapmak ve araştırma boşluklarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Buna göre gelişmekte olan ekonomiler için temel zorluğun doğası gereği dinamik olan küresel değer zincirlerine katılmanın yollarını bulma olduğunu tespit etmişler. Gelecekteki araştırmacılar için, boylamsal bir araştırma tasarımı içerisinde endüstri 4.0 ve küresel değer zincirlerinin gelişmekte olan ekonomilerle bağlantısını incelemek için alternatif metodolojileri değerlendirmeye teşvik edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Zubair vd. (2023) çalışmalarında endüstri 4.0'ın gelişmekte olan ülkeler arasındaki ticarete devrim yaratmaya devam etmesi nedeniyle uluslararası borç verme ve borç alma uygulamalarının dönüşümünü incelemişlerdir. Sonuç olarak endüstri 4.0 teknolojilerinin yakınsaması ile ülkeler üretim ve rekabet güçlerini arttırabileceğini, ticaret hacmini canlandırabileceğini ve yabancı yatırımcıları çekebileceğini tespit etmişlerdir.

Selvaduray vd. (2023) çalışmalarında Malezya Yarımadası'nda ekonomik faaliyetlerin bölgesel kalkınmayı nasıl etkilediğini değerlendirmişler ve bölgesel kalkınma dengesizliğinin çözümüne yönelik zorlukları ve stratejileri belirlemeyi amaçlamışlardır. Buna göre önemli

sorunların belirlenmesine ve çözülmesine ve Malezya limanlarının bölgesel kalkınmasını kolaylaştıracak stratejiler oluşturulmasına yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir. Yeni stratejilerin Malezya liman sektöründeki bölgesel kalkınmaya ilişkin karar alma yöntemlerinde dijitalleşmeye yol açabileceğini vurgulamışlardır. Dört yaklaşımında entegre edilmesiyle, bölgesel kalkınmada ilerlemeyi arttırabileceğini ve Malezya liman endüstrisi için sürekli büyümeyi kolaylatılabileceğini belirtmişlerdir.

Khan (2024) çalışmasında Endüstri 4.0'ın ve devrim niteliğindeki değişimlerin küresel ticaretin hacmi ve doğası üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buna göre Endüstri 4.0'ın temel gelişmelerinin hayata geçirilmesi, uluslararası ticaret hacmini ve yapısını önemli ölçüde değiştireceğini belirtmiştir. Hizmetlere yönelik önemli bir değişim olacağını, dijitalleşmeyle ağırlıklı olarak ulaşım, lojistik, veri, mevzuat ve işlem maliyetleri yüksek ürünlerin öne çıkacağını tespit etmiştir. Yeni teknolojilerin uygulanmasının ticaret hadlerini de önemli ölçüde değiştireceğini vurgulamıştır.

Matokana ve David (2024) çalışmalarında dördüncü sanayi devriminin Güney Afrika'daki istihdam düzeyleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Buna göre sırasıyla uzun vadeli dengenin varlığını ve olası şokların etkisini belirlemek için Johansen Eşbütünleşme testi ve varyans ayrıştırma teknikleri kullanılmışlardır. Sonuç olarak istihdam düzeyleri ile varsayılan belirleyiciler arasında uzun vadeli bir ilişkinin olduğunu tespit etmişlerdir. BİT, hem kısa hem de uzun vadede istihdam ile olumlu bir ilişkisi olduğunu bulgulamışlardır.

2.4.2. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık ve Ürün Kompleksite/Karmaşıklık ile İlgili Literatür

Hidalgo (2009) ağ bilimi tekniklerini 42 yıllık ticaret verileriyle birleştirerek ülkelerin üretken yapısının zaman içinde nasıl değiştiğini araştırmış ve ürün alanı bu dönemde nispeten sabit kalırken, ülkelerin üretken yapılarındaki dinamiklerinin bazı yüksek ekonomi tarafından simgelendiğini tespit etmiş. Özellikle Brezilya, Endonezya, Türkiye, Malezya, Tayland, Güney Kore, Singapur ve Çin'i farklı yörüngeler izlese de üretken yapılarını önemli ölçüde değiştiren ülkeler olduğunu tespit etmiştir. Örneğin Güney Kore, Singapur ve Çin'in ekonomik kompleksite/karmaşıklığı ilk başlarda nispeten yüksek ve 42 yıl boyunca artmaya devam etmiş, bu ülkeleri bu milenyumun başında ekonomik kompleksite/karmaşıklık sıralamasında en üst noktalarda yer aldığını, Brezilya, Endonezya ve Türkiye ise aynı zaman diliminde üretken yapılarının önemli ölçüde değiştiğini, bunu daha az bilgi yoğun ürünler üretmeye başlayarak yaptıklarını tespit etmiştir. Devletin özel sektöre katılımı, piyasa

faaliyetlerini hızlandırmaya ve ülkelerin kapasite geliştirmeye çalıştığında doğal olarak ortaya çıkan koordinasyon sorunlarını çözmeye yardımcı olmaları gerektiğini vurgulamıştır.

Felipe vd. (2012) çalışmalarında Hidalgo ve Hausmann (2009) kompleksite/karmaşıklık ölçümlerine göre 5.107 ürünü ve 124 ülkeyi sıralamışlardır. Buna göre en kompleks ürünlerin makineler, kimyasallar ve metallerden oluşurken, en az karmaşık ürünler ise hammaddeler ve emtialar, ahşap, tekstil ve tarım ürünlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Dünyanın en kompleks ekonomileri Japonya, Almanya ve İsveç olarak sıralanırken, en az kompleks/karmaşık ekonomileri Kamboçya, Papua Yeni Gine ve Nijerya olduğunu tespit etmişlerdir. Kompleks/karmaşık ürünlerin ana ihracatçıları yüksek gelirli ülkeler iken, kompleksite/karmaşıklığı daha az ürünlerin ana ihracatçıları düşük gelirli ülkelerden oluştuğunu bulgulamışlardır. Ayrıca kompleks/karmaşık ürünlerin ihracat payları gelirle birlikte artarken, kompleksitesi daha az ürünlerin ihracat paylarının ise gelirle birlikte azaldığını tespit etmişlerdir.

Tacchella vd. (2013) ülkelerin rekabet gücü ve ürünlerin kompleks/karmaşıklığı için tutarlı ve parasal olmayan ölçütleri tanımlamak için yeni bir yöntemi tartışmışlardır. Bu yeni metriğin, bir ülkenin rekabet edebilirlik seviyesini açıklayabildiğini tespit etmişlerdir. Ekonomik karmaşıklığın kavramsal çerçevesini tutarlı bir şekilde açıklayabilmek için, ülkelerin uygunluk ve ürün karmaşıklığı için sabit noktası olan ve doğrusal olmayan bir algoritma kullanılmışlardır. Bu yöntemin gerçek ülke ürünü matrislerine uygulanmasıyla ekonomik sistemler ve ülkeler arasındaki rekabet hakkında önemli ve yeni bilgiler elde edilebileceğini ayrıca finansal piyasalarda temel analiz için bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sweet ve Maggio (2015) çalışmalarında 1965'ten 2005'e kadar 94 ülkenin ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksi aracılığıyla, fikri mülkiyet haklarının inovasyon üzerindeki etkisini analiz etmişler. Buna göre fikri mülkiyet sistemlerinin güçlenmesinin ekonomik kompleksite/karmaşıklığı arttırdığını tespit etmişler. Bununla birlikte, yalnızca başlangıçta ortalamanın üzerinde gelişmişlik ve kompleksite/karmaşıklık düzeyine sahip ülkelerinde bu etkiden faydalandığını vurgulamışlardır.

Erkan ve Yıldırım (2015) çalışmalarında Lojistik Performans Endeksi ve Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi'nin alt bölümlerinin (İş Gelişmişliği, Yüksek Öğrenim ve Öğretim, Altyapı, Yenilikçilik, Teknolojik Hazırlık, Değer Zinciri Genişliği) nekadarının 110 ülkeye ait olduğu ve ülkelerin ekonomik kompleksite/karmaşıklığını belirleyebileceğini araştırmışlar. Buna göre en kompleks/karmaşık ürünlerin ana ihracatçıları gelişmiş ülkeler olduğunu, bu ülkelerin ihracat rekabet gücünün yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Türkiye,

üretim ve ihracatında emek yoğun bir ülke olduğunu bu durumun, ülkenin katma değerli ürün yaratmasına, teknolojik ve bilime dayalı mal ihraç etmesini ve küresel piyasalarda ekonomik bir güç haline gelmesini engellediğini belirtmişlerdir. Ürün Komplexite/Karmaşıklık Endeksine göre en kompleks/karmaşık malların Ar-Ge ve bilime dayalı çalışmalar ve teknoloji yoğun üretim süreçlerinden oluştuğunu vurgulamışlardır. Ekonometrik çalışmaların bulgularına göre, Ekonomik Komplexite/Karmaşıklık endeksinin özellikle Lojistik Performans Endeksindeki değişikliklerden etkilendiğini böylece ülkelerin ekonomik Komplexite/Karmaşıklık Endeksinde belirli bir seviyeye gelebilmeleri için lojistik sektörüne daha fazla önem vermeleri ve daha fazla yatırım yapmalarını önermişlerdir. Lojistik sektöründe nicel ve nitel gelişmenin yanı sıra, yükseköğretimin kalitesini artırmak, değer zinciri oluşturarak ve firmalarda katma değerli mal üretimini artırarak rekabet avantajı elde edebileceğini, böylece firmaların, farklı ve Ar-Ge temelli mallarla çeşitli pazarlara ulaşabileceğini ortaya koymuşlardır.

Antonelli (2016) oluşan toplam maliyetlerle, en ucuz girdinin çıktı esnekliği ne kadar büyüksse çıktının daha büyük olacağını belirtmiştir. Teknolojik uyum, teknolojik değişimin yönünün belirleyicileri ve büyüme muhasebesi ve uzmanlaşma etkileri açısından teknolojik değişimin ekonomik kompleksite/karmaşıklık hem firma hem de sistem düzeyinde kavramaya yardımcı olan güçlü bir araç olduğunu vurgulamıştır. Yönlendirilmiş teknolojik değişikliklerin girişinin ve yayılmasının içsel belirleyicileri anlamada yenilik ekonomisinde meydana gelen gelişmelerden kaynaklandığını tespit etmiştir.

Zaccaria vd. (2016) çalışmalarında son zamanlarda literatüre giren ihraç edilen ürünlerin kompleksite/karmaşıklığını ve ülkelerin uygunluğunu ölçmek için kullanılan yöntemlerden farklı bir metod denemişler. Ürünlerin sektörlerde kümелendiği bir taslağa dayanarak, 1995–2010 yıllarında hacim, kompleksite/karmaşıklık ve rekabet güçlerinin zamandaki değişimini dikkate alarak Hollanda ihracatının farklı dallarını karşılaştırmışlar. Yüksek teknoloji ve yaşam bilimleri sektörleri rekabet gücü düşük yüksek kaliteli ürünlerden oluştuğunu, bahçe bitkileri ve enerjinin ise bunun tam tersinden oluştuğunu tespit etmişler. Kimyasal sektörünü ayrıntılı olarak analiz ederek, çoğunlukla daha düşük kaliteli ürünlere geçişten kaynaklanan azalan bir küresel kompleksite/karmaşıklık tespit etmişler. Ülkenin kendi tanımlı sanayi sektörleri arasındaki politikalarda bir farklılaşma yapılması gerektiğini önermişlerdir.

Hartmann vd. (2017) ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksi ile ölçüldüğü gibi karmaşık ürünler ihraç eden ülkelerin daha basit ürünler ihraç eden ülkelere göre daha düşük gelir eşitsizliğine sahip olduğunu göstermek için ekonometri, ağ bilimi ve ekonomik

karmaşıklık yöntemlerini birleştirmişler. Çok değişkenli regresyon analizini kullanarak, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın gelir eşitsizliğinin önemli ve olumsuz bir tahmincisi olduğunu ve bu ilişkinin toplam gelir, kurumlar, ihracat yoğunluğu ve insan sermayesi ölçümlerini kontrol etmek için uygun olduğunu tespit etmişler. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığın bir ekonominin gelirini üretme ve dağıtma biçimleriyle ilgili olan bir ekonominin gelişmişlik düzeyi hakkında bilgi topladığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bu bulgular, bir ülkenin üretken yapısının, gelir eşitsizliği aralığını sınırlayabileceğini vurgulamışlardır.

Roos (2017) çalışmasında ekonomik kompleksite/karmaşıklık teorisi, yapısal boşluklar, fiyat temelli olmayan rekabet ve bilgi yönetimi ile ilgili araştırmalardan elde edilen görüşleri bir araya getirmeyi amaçlamış ve ulusal refahın yaratılmasına ilişkin düşünceleri, bir entelektüel sermaye merceğinden sentezlemiştir. Buna göre ihracat odaklı olunduğunda bir ekonominin ekonomik kompleksite/karmaşıklığı yüksek olacak ve muhtemelen artacak, bu da hem büyük miktarlarda değer yaratılmasını hem de dominant bir yapıyı mümkün kılacak ve dolayısıyla ulusal refahın artmasına öncülük edeceğini tespit etmiştir.

Ivanova vd. (2017) ekonomik kompleksite/karmaşıklık (ECI) endeksine benzer şekilde, patent kompleksite/karmaşıklık indeksi (PatCI), üçlü sarmal karmaşıklık (THCI) indeksi, geliştirmişler. ECI, PatCI ve THCI arasındaki ilişkiyi 2000-2014 döneminde 34 OECD üye ülkesi, BRICS ülkeleri ve bazı yükselen ve bağlı ekonomi ülkeleri (Arjantin, Hong Kong, Endonezya, Malezya, Romanya ve Singapur) bağlamında analiz etmişler. Geliştirilen üç kompleksite/karmaşıklık endeksinin kendi aralarında ilişkili olduğunu ancak kişi başına GSYİH ile korelasyonların çok düşük olduğunu tespit etmişler. Dünyanın en büyük ekonomileri arasında, Japonya her üç göstergede de en yüksek skoru alırken, Çin'in ise ekonomik ve teknolojik kompleksite/karmaşıklığı birleştirmede giderek daha başarılı olduğunu tespit etmişler.

Gao ve Zhou (2018) çalışmalarında 25 yıllık firma verilerini analiz ederek Çin eyaletlerinin ekonomik karmaşıklığını ölçmeyi amaçlamışlar. Buna göre illerin ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksini genel zaman gelişiminin nispeten istikrarlı ve yavaş olduğunu tespit etmişler. Ardından, ekonomik karmaşıklık endeksini ekonomik gelişme ve gelir eşitsizliği ile ilişkilendirmişler, ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksini açıklama gücünün birincisi için pozitif, ikincisi için negatif olduğunu bulgulamışlar. Daha sonra, farklı ekonomik çeşitlilik ölçümlerini karşılaştırıp parasal makroekonomik göstergelerle ilişkilerini araştırmışlar. Buna göre, ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksinin ve doğrusal olmayan

yineleme tabanlı Fitness endeksinin karşılaştırmalı olduğunu ve her ikisinin de diğer kıyaslama ölçütlerinden daha güçlü açıklayıcı güce sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Gozgor vd. (2018) çalışmalarında ekonomik kompleksite/karmaşıklık göstergesini dikkate alan bir büyüme modeli geliştirmişlerdir. 1990-2013 dönemi için 29 OECD ülkesinin panel veri analiziyle yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre yalnızca ekonomik kompleksite/karmaşıklık değil, aynı zamanda hem yenilenemez hem de yenilenebilir enerji tüketimi ile yüksek bir ekonomik büyüme oranı arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir.

Reynolds vd. (2018) çalışmalarında ekonomik kompleksite/karmaşıklık analizini Avustralya'nın alt-ulusal ekonomisine (506 ihraç edilen mal ve hizmetin bulunduğu dokuz bölgeye) uygulayıp ve Avustralya'nın eyaletler arası ve uluslararası ihracatının kompleksite/karmaşıklığını görselleştirmişler. Endüstriyel yetenek ve bilgidaki küçük farklılıkların göreceli kompleksite/karmaşıklık için çok önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Eyaletlerin çoğunun (özellikle Batı Avustralya) öncelikle kaynak yoğun mallar ihraç ettiklerini, ancak eyaletler arası ticarete şu anda uluslararası olarak ihraç edilmeyen birçok kompleks/karmaşık ürününün olduğunu bulgulamışlardır.

Coşkun vd. (2018) çalışmalarında mevcut ve gelecekteki çıktı yapıları ile ülkelerin yüksek kişi başına gelir seviyelerine ulaşmadaki potansiyel performansları arasında somut bir bağlantı kurmak için ekonomik kompleksite/karmaşıklık yaklaşımı aracılığıyla OECD ülkeleri ve Çin'in sınıflandırmasını yapmışlardır. Çin ve Türkiye dahil OECD ülkeleri için bazı ekonomik kompleksite/karmaşıklık değişkenini (ihracat gelişmişliği, açık orman, çeşitlendirme ve ürün gelişmişliği) hesaplamışlardır. Daha sonra Hidalgo ve Hausmann (2009)'daki gibi yansıma matrisi yöntemine göre tüm ülkeleri sınıflandırıp Türkiye'nin nerede olduğunu belirlemişlerdir. Bulgulara göre, Türkiye'nin çeşitlendirilmiş bir ülke olduğunu, ancak mevcut üretim yapısının daha az kompleks ürünlerde uzmanlaştığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle ülkenin, SAGP bazında potansiyelinden daha düşük kişi başına GSYİH'ya sahip olduğunu bulgulamışlardır.

Soyyigit (2019) çalışmasında, ülkelerin yapısal dönüşümleri ile kurumsal faktörler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapısal dönüşümü temsil eden ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeyi ile Dünya Bankası tarafından ortaya konan altı kurumsal gösterge (hükümet etkinliği, siyasi istikrar, yolsuzluğun kontrolü, hukukun üstünlüğü, düzenleme kalitesi, söz hakkı ve hesap verebilirlik) arasındaki nedensellik ilişkisi 1996-2017 dönemi hem E-7 hem de G-7 ülkeleri için Dumitrescu-Hurlin nedenselliği ile araştırmıştır. Analiz sonucunda, gelişmekte olan ülkelere dönüşen E-7 ülkelerinde kurumsal faktörlerin, G-

7 ülkelerine kıyasla ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeyi ile daha çok nedensellik olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, kurumsal göstergeler arasındaki nedensel ilişkiler de E-7 ülkelerinde G-7 ülkelerinden daha fazla olduğunu bu bulgunun, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik performansının gelişmiş ülkelere kıyasla kurumsal yapıya daha duyarlı olduğunu gösterdiğini belirtmiştir. Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerin kurumsal faktörlere daha fazla dikkat etmeleri ve daha titiz davranmaları gerektiğini vurgulamıştır.

Sweet ve Eterovic (2019) çalışmalarında 1965'ten 2009'a kadar 70 ülke için dinamik panel regresyon analizini kullanarak patent hakları sistemlerinin toplam faktör verimlilik artışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksini kullanarak alternatif bir açıklama ortaya koymuşlardır. Patent haklarının üretkenlikle giderek alakasız hale gelmesine karşın, ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve üretkenlik arasındaki ilişkinin oldukça olumlu ve anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Bishop ve Garcia (2019) İngiltere'deki işlevsel yerel ekonomiler (çalışma alanlarına seyahat) için iki ekonomik kompleksite/karmaşıklık endeksi hesaplayarak bu boşluklardan bazılarını ele almaya ve bunların bu yerlerin ekonomik performansı ile olan bağlantılarını bulmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak karmaşıklık endeksleri ve faaliyet ölçüleri arasında büyük ölçüde benzer olduğunu, ekonomik karmaşıklık, her zaman İngiltere'nin Güneydoğusunda olmasa da, genellikle kentsel TTWA(çalışma alanlarına seyahat)'larda görüldüğünü ve bilgi yoğun, yaratıcı ve dijital sektörleri içerdiğini tespit etmişlerdir. Teknoloji ve endüstrinin ortaya çıkarılmasıyla, ekonomik karmaşıklığın yerel ekonomik kalkınmayı hızlandıracağı bir mekanizma olduğunu vurgulamışlardır.

Lapatinas (2019) çalışmasında internetin ekonomik gelişmişlik üzerindeki etkisini incelemiştir. Sonuçlara göre, internetin potansiyel ortak değişkenleri kontrol ettikten sonra ihraç edilen ürünlerin karmaşıklığı üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu tespit etmiştir.

Güneri (2019) çalışmasında Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından geliştirilen Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi'ni kullanarak bazı ülkeler için 1981-2015 dönemi kompleksite/karmaşıklık ve ekonomik performans arasındaki bağlantıyı incelemişler. Buna göre, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın ekonomik büyümenin önemli bir belirleyicisi olduğu, ayrıca kompleksite/karmaşıklığın yakınsama hızını da olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Bunun yanında, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın, çıktı oynaklığının olumsuz etkilerini azaltarak bir ekonomiyi istikrara kavuşturmaya da yardımcı olduğu tespit etmiştir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığın arttırılmasının bir ekonominin performansına büyük katkı yapacağını vurgulamıştır. Bu nedenle ekonomik karmaşıklığı

artırmayı hedefleyen politikalar ekonomilerin temel amaçlarından birisi olması gerektiğini belirtmiştir.

Soyyigit vd. (2019) çalışmalarında G-20 üyesinden olan 18 ülke bağlamında Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi, ihracat ve sabit sermaye yatırımı değişkenlerinin kişi başına düşen gelir üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buna göre Brezilya, Çin, Almanya, Endonezya, Japonya, Meksika, Güney Kore, Türkiye ve ABD için Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksinin kişi başına düşen gelir üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu, Arjantin, Avustralya, Kanada, Suudi Arabistan ve Birleşik Krallık için negatif etkiye sahip bir ilişki ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir. Brezilya hammadde ve ara mal niteliğindeki birincil ürünlerde ihracat payı artarken mamul ürünlerde ihracat payı azalan, buna karşılık ekonomik kompleksite/karmaşıklık düzeyi ile kişi başına düşen gelir arasında pozitif anlamlı ilişki elde edilen ve böylece diğer ülkelerden ayrışan tek ülke olma özelliği taşıdığını bulgulamışlardır.

Şeker ve Şimdi (2019) çalışmalarında Türkiye'den Orta Asya ve Türki Cumhuriyetlere yapılan ihracat ile ihraç edilen ürün yelpazesi arasındaki karşılıklı etkileşime odaklanmışlardır. İhraç edilen ürün yelpazesini ölçmek için, ülkenin ihraç edilen ürünlerinde biriken bilgi yoğunluğunu ifade eden Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksinin (ECI) kullanmışlar. Bu bağlamda, hem Orta Asya ve Türki Cumhuriyetleri hem de Türkiye için ihracatın ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksinin nasıl etkilediğini tespit etmişlerdir. Türkiye'den Orta Asya ve Türki Cumhuriyetlere ihracatın ve Türkiye'nin ECI puanlarının uzun vadeli bir ilişkisi olduğunu bulgulamışlar. Ayrıca, Türkiye'nin ihracatından Orta Asya ve Türki Cumhuriyetlere Türkiye'nin ECI puanına ve Orta Asya ve Türki Cumhuriyetlerin ECI puanlarından Orta Asya ve Türki Cumhuriyetlerden Türkiye'ye ihracatına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgulamışlardır.

Şahin ve Durmuş (2020) yeni sanayileşen 10 ülkede (Çin, Brezilya, Meksika, Arjantin, Hindistan, Tayland, Malezya, Filipinler, Türkiye, Güney Afrika) 1990-2017 dönemleri arasında ekonomik karmaşıklık, finansal gelişme, sermaye yatırımları, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve patent başvurusu ilişkisini panel veri ile analiz etmişlerdir. Çin ve Meksika'da doğrudan yabancı sermaye yatırımlarından ekonomik karmaşıklık endeksine doğru nedensellik ilişkisinin olduğu, Filipinler'de yerli patent başvurularından ekonomik karmaşıklığa doğru nedensellik ilişkisinin olduğunu bulgulamışlardır. Brüt sabit sermaye yatırımlarından ekonomik karmaşıklığa doğru herhangi bir nedensellik ilişkisine olmadığı, Türkiye ve Meksika'da ise finansal gelişmeden ekonomik karmaşıklık endeksine doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğu tespit etmişlerdir.

Wang ve Turkina (2020) çalışmalarında yerel üretimin ekonomik karmaşıklığının ve küresel bağlanabilirliğinin bir alt-ulusal bölgenin rekabet gücüne ve sürdürülebilir kalkınmasına nasıl katkıda bulunduğunu tespit etmeyi amaçlamışlardır. Küresel değer zincirleri tarafından düzenlenen bilgi üretimi ve değişim süreçlerini ele alarak, bir alt-ulusal bölgenin ürün uzay ağının ülke düzeyindeki ağın aynı yapılandırmasını arttırmada bileşiminin zorunlu olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Sosyal ağ analizi (SNA) tekniklerini uygulayarak, Quebec'in ürün uzay ağının yapısal özelliklerini analiz etmişlerdir. Buna göre, uzun vadeli bir sürdürülebilir kalkınma stratejisi ile ilgili olarak, ürün uzayı ağının çerçevesini, yeni teknolojik gelişmeleri ve kilit oyuncuların endüstriyel yükseltmeye ve ayrıca yerel-küresel etkileşimlere katılımını vurgulayacak şekilde alt-bölgesel düzeyde ağlarda yeniden tasarlanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Canh ve Thanh (2022) ihracat çeşitlendirmesi, ekonomik karmaşıklık ve ekonomik büyüme döngülerinin dinamiklerini araştırmışlardır. Buna göre ekonomik kompleksite/karmaşıklık ile ihracat çeşitlendirmesi arasında çift yönlü Granger nedensellik, ekonomik kompleksite/karmaşıklıktan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü Granger nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Üç aşamalı en küçük kareler tahmininden elde edilen sonuçlara göre ekonomik karmaşıklık ve ihracat çeşitliliğinin birbirini önemli ölçüde etkilediğini, özellikle ekonomik kompleksite/karmaşıklık etkisinin ekonomik büyüme üzerinde negatif olduğu bunun da ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve ihracat çeşitliliği dinamiklerinin ekonomik dalgalanmalarda bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Chu ve Hoang (2020) çalışmalarında ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi incelemişler. Sonuçlara göre ekonomik kompleksite/karmaşıklığın yüksek gelir eşitsizliği ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, ekonomik gelişmişliği yapılandırmak uzun ve maliyetli bir süreç olduğundan, bu ilişkinin niteliğindeki değişikliklerin diğer ekonomik ve sosyal faktörlerin evrimine bağlı olup olmadığını incelemişlerdir. Buna göre eğitim düzeyi, hükümet harcamaları ve ticari açıklık belirli eşiklere ulaştığında, gelir eşitsizliğiyle birlikte yüksek ekonomik kompleksite/karmaşıklığa sahip olmanın faydalarına dair nitelikli kanıtlar sunduğunu belirtmişlerdir. Tersine, daha düşük eğitim düzeyi, etkisiz hükümet harcamaları ve düşük ekonomik açıklığın olduğu bir ortamda, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın gelir eşitsizliğini azaltmada başarısız olduğunu tespit etmişlerdir.

Lee ve Vu (2020) çalışmalarında ekonomik yapıların bir ölçüsü olan ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi incelemişler. Ülkeler arası OLS regresyon analizini kullanarak, kompleks/karmaşık ürünlere yönelik ekonomik yapılara sahip

ülkelerin daha az eşitsizliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. İnsan sermayesinin ince etkileşim etkisiyle bu korelasyonu arttırdığını bulgulamışlardır. Ekonomik karmaşıklıkta bir artışın daha yüksek eşitsizliğe yol açtığını bulgulamışlardır.

Oreiro vd. (2020) çalışmalarında 1998-2017 döneminde Brezilya ekonomisinin sanayisizleşmesinin belirleyicilerini analiz etmişlerdir. İmalat payındaki düşüşün ana nedeninin kişi başına gelirdeki artış değil, reel döviz kurunun aşırı değerlenmesinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Reel döviz kurunun aşırı değerlemesi, hem reel efektif döviz kurunun değerlenmesinden hem de endüstriyel denge döviz kuru olan reel döviz kurunun denge değerindeki bir artıştan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Reel döviz kuru aşırı değerlenmesinin ortadan kaldırılması, yalnızca bir tür reel döviz kuru hedeflemesinin benimsendiği bir makroekonomik politika rejiminin benimsenmesini değil, aynı zamanda Brezilya ekonomisinin ekonomik kompleksite/karmaşıklığını artırmak olduğunu ve dolayısıyla reel döviz kurunun denge değerini düşürmek için tasarlanmış endüstriyel politikaların da gerektirdiğini vurgulamışlardır. Model ile güç önyargılı teknik değişim kavramıyla uyumlu, ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve gelir eşitsizliği arasında literatürde bulunan pozitif uyuma benzer sonuç elde etmişlerdir.

Lyubimov ve Lakubovskii (2020) çalışmalarında Rus bölgeleri için ekonomik yapı ile yükseköğretimin kalitesi arasındaki ilişkisel bağlantının ayrıntılarını incelemişlerdir. Buna göre bölgesel ekonomilerin kompleksliği/karmaşıklığı ile bölgesel düzeydeki yükseköğretim programlarının kalitesi ve çeşitliliği arasında pozitif bir ilişkiyi de tespit etmişlerdir.

Jun vd. (2020) üç ikili ilişki ölçüsü geliştirerek ve bunları bir ülkenin bir ürünün ihracatını artıracakları destinasyonların bu ilişki biçimleri tarafından tahmin edilip edilmediğini sınamışlardır. İlk olarak ürünle ilgili olup, bir ülkenin bir destinasyona halihazırda birçok benzer ürünü ihraç edip etmediğini araştırmakta, ikinci olarak ithalatçı ile ilgilidir ve ülkenin aynı ürünü hedef varış yerinin komşularına ihraç edip etmediğini araştırmakta ve üçüncü olarak bir ülkenin komşularının aynı ürünü varış noktasına zaten ihraç edip etmediğini araştırmak olduğu belirtmişlerdir. Sonuç olarak ürünle ilgili olması durumunda, farklılaştırılmış, karmaşık ve teknolojik olarak gelişmiş ürünler için etkilerin daha güçlü olduğunu ayrıca, farklılaşma, karmaşıklık ve teknolojik gelişmişlik ile ortak dil ve ortak sömürge geçmişinin etkilerinin arttığını, ortak sınırların etkilerinin ise bu üç değişkenle azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu sonuçların, ürünle olan alakanın ve ortak dilin, daha karmaşık ve farklılaştırılmış ürünlerin değişimi için daha çok öneme sahip olan bilgiyle ilgili olma boyutlarını kapsadığını belirtmişlerdir.

Balland vd. (2020) çalışmalarında kompleks ekonomik faaliyetlerin büyük şehirlerde daha fazla yoğunlaştığına dair bulgular tespit etmişlerdir. Tarihsel patent verilerini kullanarak, kompleks ekonomik faaliyetlerin kentsel yoğunluğunun 1850'den beri sürekli olarak arttığını, bu bulguların, artan kentsel iş yoğunluğu ve inovasyonun, ekonominin artan kompleksite/karmaşıklıkından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Öcal (2021) çalışmasında girişimciliğin ve ihracat hacminin ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkisini Türkiye özelinde ve 1995-2018 dönemine ait serileriyle basit ve çoklu doğrusal regresyon analiz yöntemi kullanılarak araştırmıştır. Buna göre girişimcilik ile ekonomik kompleksite/karmaşıklık arasında anlamlı ve olumlu bir ilişki olduğu, yeni girişimlerin (şirketlerin) kurulmasının ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerinde olumlu, kapanarak faaliyetlerine son vermelerinin ise olumsuz yansımalarla sebep olduğu, İhracat hacminin ise ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki yaratmadığını tespit etmiştir.

Boleti vd. (2021) çalışmalarında 2002–2012 dönemi için 88 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin yıllık verilerini kullanarak ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve çevresel performans arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Buna göre yüksek ekonomik kompleksite/karmaşıklık seviyesi genel çevresel performansı arttırdığını, bunun ihraç edilen ürünlerin kompleksite/karmaşıklığının çevresel bozulmaya etki etmediğini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, ekonomik karmaşıklığın hava kalitesi üzerindeki etkisinin negatif olduğunu, yani PM2.5, CO2, metan ve azot oksit emisyonlarına maruz kalmanın arttığını ve bu bulguların alternatif ekonometrik özellikler arasında güçlü olduğunu tespit etmişlerdir.

Chu vd. (2021) kompleksite/karmaşıklığın neden önemli olduğu ticaretten elde edilen kazançlar teorisinde cevap bulduğunu belirtmektedir. Kişi başına düşen GSYİH'nın kompleksite/karmaşıklık düzeyleri daha düşük olan kompleks/karmaşık ekonomilerde daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Ekonomik özgürlük arttığında GSYİH büyümesinde bir hızlanma ortaya çıktığını bulgulamışlardır. Ekonomik kurumlardaki ve kompleksite/karmaşıklık daki kazanımlarla eşzamanlı olarak, hisse senedi piyasalarının daha iyi performans gösterdiğini ve bir ulusun zenginliğinin kompleksite/karmaşıklığa katkı sağlayan kurumlardan güç aldığını belirtmişlerdir.

Güneri ve Yalta (2021) birçok gelişmekte olan ülke grubu için ekonomik kompleksite/karmaşıklığın çıktı oynaklığı üzerindeki etkisini araştırarak mevcut literatüre katkıda bulunmayı amaçlamışlardır. Böylece, değişkenler arasındaki dinamik ilişkileri görme imkanı sağlayan panel vektör otomatik regresyon (PVAR) metodolojisi uygulamışlardır. Sonuç olarak, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın çıktı oynaklığını olumsuz yönde

etkilediğini tespit etmişlerdir. Bu nedenle, üretken yetenekleri ve ihracat paketlerini çeşitlendirmeyi amaçlayan ekonomik politikalar, gelişmekte olan ülkelerdeki ana önceliklerden birisi olması gerektiğini düşünmektedirler.

Adam vd. (2021) çalışmalarında 1985–2008 dönemi için OECD ülkelerine ilişkin yıllık verileri ve çok sayıda kontrole sahip 70 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için 1990–2010 dönemine ilişkin ortalama verileri kullanarak ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla işgücü piyasası üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. İhraç edilen malların daha yüksek ekonomik gelişmişlik seviyelerine geçmenin daha az işsizliğe ve daha fazla istihdama yol açtığını ve ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla iş kaybına neden olmadığını ortaya koymuşlardır. Bir ürünü ihraç eden ülkelerdeki ortalama işsizlik (veya istihdam) düzeyiyle ilişkilenen ürün düzeyinde bir endeks oluşturup bu endeksle, sofistike ürünlerin gelişiminin işgücü piyasasındaki değişikliklerle nasıl ilişkili olduğunu göstermişler ve ihraç edilen malların ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla ekonominin istihdam yaratma ve yıkımı hakkında bilgi verdiğini tespit etmişlerdir.

Nguyen vd. (2021) çalışmalarında, ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla ve girişimcilik yoğunluğu arasındaki bağlantıyı incelemişlerdir. 2006-2016 döneminde 53 ekonomiyi test ederek, ekonomik kompleksiteden girişimcilik yoğunluğuna doğru bir Granger nedenselliğinin tespit edilmediğini vurgulamışlardır. Ayrıca, girişimcilik yoğunluğunun ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla ters U şeklinde bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Yani, ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla artması, daha fazla iş fırsatı yaratıldıkça girişimcilik yoğunluğunu arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca ekonomik kompleksite/karmaşıklıkta bir artış olduğunda, daha yüksek risklere ve belirsizliklere neden olduğundan girişimcilik faaliyetlerini caydırdığını bulgulamışlardır.

Massil ve Njoya (2021) çalışmalarında, eski sömürgelerdeki sömürge tarihi ile ekonomik kompleksite/karmaşıklık arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Çağdaş ekonomik performans üzerine hipotezin sağlam ve sömürge tarihinin etkilerine ilişkin literatürle tutarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Nihayetinde bu sonuç, sömürgeci güçlerin eski sömürgelerin üretken yapısını etkilediğini göstermekte ve böylece birçok gelişmekte olan ve gelişmiş ülke arasında ekonomik kompleksite/karmaşıklık açısından var olan uçurumu açıkladığını vurgulamışlardır.

Gnangnon (2021) çalışmasında gelişmekte olan ülkelere ekonomik kompleksite/karmaşıklığının yoksulluk üzerine etkisini incelemiştir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla bir artışın yoksulluk oranını düşürdüğünü tespit etmiştir. Yani ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla yoksulluk arasında ters ilişki olduğunu vurgulamıştır. Bu

sonuçların yüksek ekonomik büyüme oranlarına, düşük gelir eşitsizliği seviyelerine ve küçük ihracat talebi ve finansal akış şoklarına bağlı oynaklık dahil olmak üzere düşük ekonomik büyüme oynaklığına sahip ülkeler için geçerli olduğunu belirtmiştir.

Romero ve Gramkow (2021) 1976 ve 2012 yılları arasında 67 ülkede elde edilen verileri kullanarak yapılan testlere göre, ekonomik karmaşıklık endeksindeki 0,1'lik bir artışın, gelecek dönemin milyar dolarlık üretim başına kiloton CO2 emisyonlarında ve ayrıca emisyonlarda %2'lik bir düşüşe yol açtığını tespit etmişlerdir. İkinci olarak, çalışma 786 malın üretimi ile ilişkili bir Ürün Emisyon Yoğunluğu İndeksi (PEII) önermişlerdir. Bu endeks, özellikle hangi ürünlerin daha yüksek emisyon yoğunluklarıyla ilişkili olduğunu analiz etmeyi mümkün kılmakta ve üretimi mümkün olduğunca yüksek emisyon yoğunluklu ürünlerden uzaklaştırarak sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan politikaların oluşturulmasına katkı sunduğunu belirtmişlerdir. Endeksin karmaşık ürünlerin daha düşük emisyon yoğunluklarıyla ilişkili olduğunu doğruladığını vurgulamışlardır.

Chu (2021) çalışmasında çevresel kalitenin yeni bir olası itici faktörü olan ekonomik kompleksite/karmaşıklık göz önünde bulundurarak çevresel Kuznets eğrisi literatürüne katkı yaptığını belirtmiştir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığın daha yüksek CO2 emisyonları ile ilişkili olduğunu ve yalnızca ekonomik kompleksite/karmaşıklığın belirli bir noktaya ulaştığında, bozulmayı sınırlamada etkili olduğunu yani daha yüksek ekonomik gelişmişliğin çevre için kesinlikle her zaman daha iyi olmadığını tespit etmiştir. CO2 emisyonları ekonomik evrimin ilk aşamasında arttıktan, hükümetin kurumsal kaliteyi iyileştirmeye ve olumsuz etkileri en aza indirmek için yenilenebilir enerji uygulamasını teşvik etmeye odaklanması gerektiğini ve ekonomik yapısal dönüşümü hızlandırmaları gerektiğini belirtmiştir. Bunu yapınca üretim girdi karışımındaki iyileştirme ve çevre dostu teknoloji daha iyi performans olarak geri dönüş sağlayacağını vurgulamıştır.

Wang vd. (2021) çalışmalarında, hem ilk on yenilenebilir enerji, hem de ilk on ekonomik karmaşıklık endeksi (ECI) ülkesi için CO2 emisyonları, gerçek gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), yenilenebilir ve yenilenemez enerji üretimi, kentleşme ve ihracat kalitesi arasındaki dinamik karşılıklı bağımlılığı araştırmışlardır. Buna göre ilk on yenilenebilir enerji ülkesi için yalnızca yenilenebilir enerji üretiminin CO2 emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunduğunu, diğer değişkenlerin ise uzun vadede emisyon seviyesinin artmasına yol açtığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, önde gelen kompleks ekonomiler söz konusu olduğunda, yenilenebilir enerjinin karbon azaltımında önemli rolü olduğunu belirtmişlerdir. İhracat kalitesinin, emisyon seviyesini düşürdüğüne ve gerçek GSYİH, yenilenemez enerji ve şehirleşme, emisyonlardaki artışa yol açtığını tespit etmişlerdir. İlk on yenilenebilir enerji

ülkesi için, Granger nedensellik analizi sonucuna göre, yenilenebilir enerji üretimi ile ihracat kalitesi arasında iki yönlü kısa dönemli bir ilişkiden ve ihracat kalitesinden CO2 emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerji kullanan temiz teknolojilerin kullanılmasının, ihracat kalitesinin iyileştirilmesi ve CO2 emisyonlarının azaltılması için önemli bir araç olabileceğini vurgulamışlardır.

Gao vd. (2021) çalışmalarında hızlı ekonomik genişleme döneminde Çin'in ekonomik çeşitliliğinde endüstriyel ilişkinin ve coğrafi yakınlığın rolünü 1990-2015 dönemi verilerine göre incelemişlerdir. Bulgularına göre, ekonomik yeteneklerin yayılmasında akrabalık ve coğrafi mesafenin rolü olduğunu teyit etmekte ve ulaşımdaki gelişmelerin üretken yeteneklerin yayılmasını kolaylaştırabileceği fikrini desteklediğini belirtmişlerdir. Yüksek hızlı trenlerin kullanılmasının, Çin'in bağlantılı eyaletlerinin endüstriyel benzerliğini önemli ölçüde artırdığını ve ulaşımdaki gelişmelerin bölgesel yayımları hızlandırdığı fikrini desteklediğini tespit etmişlerdir.

Natera ve Castellacci (2021) çalışmalarında farklı kalkınma faktörleri arasındaki etkileşimlerin incelenmesine dayalı olarak iki yeni ekonomik kompleksite/karmaşıklık kavramı geliştirmişlerdir. Johansen eşbütünleşme yaklaşımıyla 1970-2015 dönemi için yıllık zaman serisi verilerini kullanarak, yeni kompleksite/karmaşıklık kavramlarını 134 ülkenin ekonomik kalkınma verileriyle analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, dönüşümsel kompleksite/karmaşıklığın, kişi başı GSYİH büyümesi ile pozitif bir şekilde ilişkili olduğunu ve sistemik kompleksite/karmaşıklığın, kişi başına GSYİH düzeyi ile pozitif bir şekilde ilişkili olduğunu bulgulamışlardır. Her bir ulusal sistemin sahip olduğu ve zaman içinde gelişebileceği temel yeteneklere bağlı olarak, daha fazla kompleksite/karmaşıklık ve ekonomik büyüme elde etmek için farklı yollar olabileceğini vurgulamışlardır.

Sepehrdous vd. (2021) çalışmalarında ekonomik kompleksite/karmaşıklık, bilimsel verimlilik ve çeşitli ekonomik, finansal ve politik riskler gibi makroekonomik değişkenlerin 2000-2019 yılları arasında gelişmekte olan ekonomilerde gelir eşitsizliği durumu üzerindeki etkisini ekonometrik bir panel-VAR yöntemi kullanılarak incelemişlerdir. Sonuçlara göre, seçilmiş orta gelirli gelişmekte olan ülkelerdeki gelir eşitsizliğinin, bilimsel üretkenlikteki artış ve ekonomik, finansal ve politik risklerdeki azalma nedeniyle daha iyi duruma geldiğini tespit etmişlerdir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklık belirli bir eşğin üzerine çıktıkça gelir eşitsizliğinin azaldığını, varyans ayrıştırma analizi sonuçlarına göre ise, açıklayıcı değişkenler arasında ekonomik kompleksite/karmaşıklığın, GINI katsayısını açıklamada en büyük etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Lee ve Lee (2021) çalışmalarında ulusal inovasyon sistemlerinin ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksinin ekonomik büyüme üzerine etkisini incelemişlerdir. Patent alanların yoğunluğu, yerelleştirme, özgünlük, çeşitlendirme ve teknolojilerin döngü süresi gibi değişkenlerle üç, dört veya beş değişkenin ağırlıklı toplamı olarak ABD patent verilerini kullanarak birleşik bir NIS endeksi geliştirilmişlerdir. Sonuçlara göre Büyüme regresyonları, NIS3a, NIS4a ve NIS5 endekslerinin ekonomik büyüme üzerindeki önemli ve güçlü etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. ECI'nin güçlülüğü sorgulanabileceğini çünkü ECI'nin, regresyon modeline devlet harcamaları ve ticaret hadleri değişkenleri eklendikten sonra önemini yitirdiğini belirtmişlerdir. Sonuçların, ulusal inovasyon sisteminin ekonomik büyümedeki genel önemini doğruladığını, ulusal inovasyon sistemini iyileştirmeye yönelik politik çabaları teyit ettiğini belirtmişlerdir.

Koch (2021) çalışmasında küresel değer zincirlerinin giderek daha fazla entegre olduğu zamanlarda, brüt ihracat, aynı zamanda yabancı katma değerli ve çifte sayılan ihracatı da içerdiğinden, bir ülkenin ekonomik performansının yanlış bir görüntü verebileceğini belirtmişlerdir. Böylece, bir ülkenin katma değerli ihracat yapısına dayalı olarak ekonomik kompleksite/karmaşıklığa yeni bir ampirik yaklaşım sunmuşlardır. Bu yaklaşımın, yerleşik metriklere kıyasla önemli ölçüde farklı kompleksite/karmaşıklık sıralamasına yol açtığını belirtmişlerdir. Ayrıca, tipik büyüme regresyonunun ortak değişkenleri kontrol edilse bile, düşük-orta ve yüksek gelirli 40 ülkeden oluşan bir örneklem için kişi başına GSYİH büyüme oranlarının açıklayıcı gücünün oldukça yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Mealy ve Coyle (2022) ekonomik kompleksite/karmaşıklık literatüründen alınan yöntemleri kullanıp istihdam verilerinin bir analizini yaparak, yetki alanlarındaki endüstriyel güçleri ve gelecekteki büyüme fırsatlarındaki büyük çeşitliliği ortaya koymuşlardır. Tüm alt coğrafyalara uygun ortak politikaların tasarlanmasında zorluklar ortaya çıktığının altını çizmişlerdir. Ayrıca, düşük kompleksite/karmaşıklığa sahip, düşük ücretli yerel yönetimlerin potansiyel olarak çeşitlenebileceği ilgili endüstrilerinde düşük ücretli olduğunu bulgulamışlardır. Bu nedenle, mevcut yerel kapasiteler üzerine inşa edilen politikaların, geliştirmekte olan ve geri kalmış alanlar arasındaki farklılığı arttıracığını vurgulamışlardır.

Lybbert ve Xu (2022) çalışmalarında yerli ve uluslararası patent başvurularının ağırlıklandırılmış ticaret ağlarını oluşturmak için yüksek çözünürlüklü bir patent-ticaret uyumu kullanan, inovasyona göre ayarlanmış bir Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi (i-ECI) önermişlerdir. Buna göre i-ECI firmaların endüstriye özgü buluşlar üzerinde patent korumasının nereden bulunacağını gösterdiğini, endüstriler arasında patentlemenin göreceli önemindeki heterojenliğe izin verdiğini ve alıcı ülkelerde firmaların yenilik

potansiyelini dolaylı olarak yakaladığını belirtmişlerdir. i-ECI, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi ile yüksek oranda ilişkili olmasına rağmen ekonomik büyümenin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi'den daha güçlü ve istatistiksel olarak daha kesin bir tahminleyici olduğunu tespit etmişlerdir.

Salles vd. (2022) çalışmalarında Brezilya'nın Minas Gerais eyaletinin 2002'den 2014'e kadar ekonomik kompleksite/karmaşıklığını analiz ederek literatüre katkıda bulunmayı amaçlamışlardır. Buna göre Minas'ın ekonomisinin, kamu ve özel sektör arasında yakın bir işbirliğini gerektiren "düşük kompleksite/karmaşıklık tuzağına" takıldığını tespit etmişlerdir.

Barros vd. (2022) çalışmalarında dinamik panel veri tekniklerini kullanarak, bir ülkenin kurumsal yönetim uygulamalarının ihrac edilen ürünlerin gelişmişlik üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, firmalar arasında daha yüksek yönetim dağılımının daha düşük ekonomik kompleksite/karmaşıklığa yol açtığını bulgulamışlardır. Buna göre zayıf yönetim uygulamalarına sahip ülkelerin, şirketler içinde karar vermeyi iyileştiren politikalar yoluyla ekonomik gelişmişlikte önemli faydalar elde edebileceğini vurgulamışlardır.

Shahzad vd. (2022) çalışmalarında finansal ve ticari küreselleşme, yüksek teknoloji endüstrileri ve Çin'in çevresel ayak izi yönlü yayılma etkilerini ve bağlantılılığını analiz etmişlerdir. 1996 yılının birinci çeyreği ve 2019'un dördüncü çeyreği için finansal küreselleşme, ticari küreselleşme, ekonomik kompleksite/karmaşıklık, orta ve yüksek teknoloji sanayi katkısı ve ekolojik ayak izi verilerini kullanmışlardır. Buna göre finansal küreselleşmeden (FGI) ve ekonomik kompleksite/karmaşıklıktan ekolojik ayak izine pozitif bir etki, ayrıca, yüksek teknoloji endüstriyel katkının, çevresel ayak izinin azaltılmasında düşük bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Abdi vd. (2023) çalışmalarında COMESA ve Doğu Asya'daki 27 ülkenin ikili ticaret akışları üzerindeki ekonomik kompleksite/karmaşıklığın rolünü incelemeyi amaçlamışlardır. Buna göre, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın ve çeşitlendirmenin artmasının, ihrac edilen farklı malların ticaret akışlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklık, mamul ürünlerin yanı sıra makine ve ulaşım ekipmanlarının ihracatını da arttırırken, tarımsal ihracata olan etkisinin daha az olduğunu bulgulamışlardır. Ülkelerin daha gelişmiş Ar-Ge çalışmaları yapmaları, çok uluslu şirketleri çekmeleri, sanayi politikaları oluşturmaları ve mevcut üretim ağını kullanarak verimliliklerini arttırmalarını önermişlerdir. İkili ticaret akışlarını arttırmak için daha çeşitlendirilmiş bir üretim ve ticaret yapısına geçmeleri gerektiğini vurgulamışlardır.

Can vd. (2023) çalışmalarında 1970 ve 2020 dönemi G7 ülkeleri açısından uluslararası ticaretin enerji kullanımı üzerindeki ölçeğini (ticari açıklık), bileşimini (ihracat yoğunlaşması) ve teknik etkisini (ekonomik kompleksite/karmaşıklık) ayrı ayrı incelemeyi amaçlamışlardır. Buna göre kişi başına düşen gelir, kentleşme, ticarete açıklık, ihracat yoğunlaşması, ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve enerji kullanımı arasında uzun vadeli pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Ekonomik kompleksite/karmaşıklığın ve ihracat yoğunlaşmasının enerji tüketimini azalttığını bulgulamışlar. Ayrıca ticari açıklığın enerji kullanımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Kazemzadeh vd. (2023) çalışmalarında enerji yoğunluğunun ekonomik kompleksite/karmaşıklığını 1995-2019 dönemi için araştırmışlar. Buna göre ekonomik kompleksite/karmaşıklık, kentleşme, ticari açıklık, endüstriyel üretim, doğrudan yabancı yatırım, petrol fiyatı, ekonomik büyüme ve ekonomik kompleksite/karmaşıklığın enerji yoğunluğu ile ters U şeklinde bir ilişkiye sahip olduğunu tespit etmişler. Ayrıca kentleşme ve doğrudan yabancı yatırımın enerji yoğunluğu üzerinde olumlu ve artırıcı bir etkisini bulgulamışlar. Ticari açıklığın, enerji yoğunluğunu olumlu yönde etkilediğini, ekonomik büyümenin enerji yoğunluğu üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Gnangnon (2024) çalışmasında ticari yardım akışlarının kalitesinin ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkisini, 86 ülke ve 2004-2019 dönemi için incelemiştir. Buna göre daha kaliteli bir ticari yardım akışının yalnızca alıcı ülkelerdeki ekonomik kompleksite/karmaşıklık teşvik etmekle kalmayıp aynı zamanda olumlu etkisinin, alıcı ülkeler arasında daha kompleks/karmaşık ekonomilere kıyasla kompleksitesi/karmaşıklığı az olan ekonomilerde (en fakir ülkeler dahil) daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik kompleksite/karmaşıklığın artmasında asıl önemli olanın yalnızca toplam ticari yardım akışlarının miktarı değil, daha da önemlisi bu kaynak akışlarının öngörülebilirliği ve istikrarı olabileceğini vurgulamıştır. Ticari yardım miktarlarını öngörülebilir ve istikrarlı bir şekilde artırarak ticari yardım akışlarının kalitesinin iyileştirilmesi, gelişmekte olan ülkelere ve özellikle de aralarındaki en fakir ülkelere daha büyük ölçüde faydalı olacağını belirtmiştir.

2.4.3. Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık İndeksiyle Yapılan Panel Veri Analiziyle İlgili Literatür

Hausmann vd. (2011)'nin çalışmasında 128 ülke ve 1978-1988 dönemi, 1988-1998 dönemi ve 1998-2008 dönemini verilerle Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi değerinin uzun dönem büyümeye etkisini araştırılmışlardır. Buna göre Ekonomik

Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi değerinin uzun dönem büyümeye pozitif etki ettiğini bu etkinin ülkenin kişi başına milli geliriyle hareket ettiğini bulgulamışlardır.

Çeştepe ve Çağlar (2017) Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi verisi mevcut olan 86 ülkenin 5'er yıllık 6 dönemden oluşan verilerini kullanarak panel veri analizi yöntemiyle yaptıkları analiz sonuçlarına göre Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi değişkeninin kişi başına mili gelir büyümesini pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Analiz sonuçları, kişi başına nominal milli geliri 20.395 ABD dolarından küçük olan ülkeler için Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi değerindeki artışın büyüme oranında artış sağladığını, bu etkinin ülkenin kişi başına milli geliri arttıkça azaldığını tespit etmişlerdir.

Liu vd. (2021) Lancang-Mekong İşbirliği ülkeleri arasındaki enerji tüketimi (fosil yakıt enerji ve hem de yenilenebilir enerji tüketimi) ile ekonomik karmaşıklık arasındaki karşılıklı bağımlı korelasyonu 1991-2017 dönemi için araştırmışlardır. Ampirik analizde, bir panel vektör otoregresyon (PVAR) modeli kullanmışlardır. Buna göre, enerji tüketimi ile Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksi arasında tek yönlü bir ilişkinin varlığını tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerji kullanımının geleneksel enerjiye olası bir alternatif olduğu ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksini yükseltebileceğini vurgulamışlardır.

Rafique vd. (2021) G7 ve E7 ülkelerinden oluşan bir panel veri analiziyle EKİ'nin yenilenebilir enerji talebi üzerindeki değişen etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada ayrıca, gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde yenilenebilir ve temiz enerjiye yönelik genel yapısal değişimin ve ekonomik faktörlerin rolünü incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre ekonomik kompleksite/karmaşıklığın G7 ve E7 ülkelerinin yenilenebilir enerji talebini etkilediğini tespit etmişlerdir.

Cahn ve Thanh (2022) 1996-2014 dönemi 70 ülkeden oluşan panel veri analizi sonuçlarına göre ekonomik kompleksite/karmaşıklık ile ihracat çeşitlendirmesi arasında çift yönlü Granger nedensellik varken, ekonomik kompleksite/karmaşıklıktan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü Granger nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Üç aşamalı en küçük kareler tahmininden elde edilen sonuçlara göre ise ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve ihracat çeşitliliğinin birbirini önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir. Özellikle, ekonomik kompleksite/karmaşıklığın ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkisini bulgulamışlardır.

Breitenbach vd. (2020) çalışmalarında 1984-2016 dönemi panel veri analizini kullanarak, yüksek ve düşük gelirli ülkeler arasında çıktı oynaklığı üzerinde EKİ'nin etkilerinin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek gelirli ülkeler de EKİ'deki artışlar, kısa ve orta vadede çıktı oynaklığını azaltırken, düşük gelirli ülkeler de çıktı oynaklığının

yumuşatılmasında daha uzun bir gecikmeye neden olduğunu bulgulamışlardır. Yani düşük gelirli ülkelerin daha az çeşitlendirilmiş ve daha az kompleks ihraç malları olduğundan, dış şoklara açık hale getirdiğini ve şoklara hızlı uyum sağlama yeteneklerini azalttığını belirtmişlerdir.

Abdi (2023) çalışmasında 1999-2018 yılları arasında 41 SSA ülkesi için ekonomik kompleksite ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Havuzlanmış ortalama grup eşbütünleşme analizine göre, yenilenebilir enerji tüketiminin uzun ve kısa vadede çevre kirliliğini azalttığını tespit etmişlerdir. Buna karşılık ekonomik kompleksite/karmaşıklık, çevre kalitesini uzun vadede arttırdığını ancak kısa vadede iyileştirmedeğini, ayrıca ekonomik büyüme uzun ve kısa vadede çevresel bozulmaya olumsuz etkilediğini, kentleşmenin uzun vadede çevre kirliliğini arttırdığını, ayrıca Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testinin sonuçlarına göre ise karbon emisyonlarından yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu tespit etmiştir. Nedensellik sonuçları ayrıca karbon emisyonunun ekonomik kompleksite/karmaşıklık, ekonomik büyüme ve kentleşme ile çift yönlü bir nedenselliğe sahip olduğunu bulgulamıştır.

Emeka vd. (2024) çalışmalarında Afrika'da kamu altyapı gelişiminin ve sanayileşmenin ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkilerini ve sanayileşmenin, kamu altyapı gelişiminin ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkisini nasıl yumuşattığını incelemişler. Çalışmada, 2010-2021 dönemi boyunca 34 Afrika ekonomisinden oluşan bir panel ile birleştirilmiş sıradan en küçük kareler, dinamik sistem genelleştirilmiş momentler yöntemi ve dinamik önyargı düzeltmeli en küçük kareler kukla değişken tahmin ediciler ile test etmişlerdir. Buna göre kamu altyapı gelişiminin ve sanayileşmenin Afrika'daki ekonomik kompleksite/karmaşıklığın artmasına olumlu ve önemli katkı sağladığını tespit etmişlerdir. Ayrıca sanayileşmenin, kamu altyapı gelişiminin ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkisini önemli ölçüde hafiflettiğini ve artırdığını bulgulamışlardır.

2.4.4. Kompleks/Karmaşık(Sosyal) Ağ Analiziyle İlgili Literatür

Wang ve Sung (2015) çalışmalarında Şanghay İşbirliği Örgütü üyesi ülkelerin 2012-2013 dönemi birbirleriyle olan ticari ilişkilerini sosyal ağ analizi yöntemiyle incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre 2012 ve 2013 yıllarında Şanghay İşbirliği Örgütü üyelerinin ticari ilişkilerinin diğer yıllara kıyasla daha fazla arttığı ve geliştiği, Çin ve Rusya'nın bu ekonomik ve ticari alanda merkez konumunda olan ülkeler olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında

Rusya'nın Sovyetler Birliği geçmişinin diğer üye ülkeler üzerindeki etkisine bağlı olarak Çin'e göre bu ülkeler ile daha yakın ticari ilişkiler içinde olduğu bulgulamışlardır.

Soyyigit ve Yavuzaslan (2018) çalışmalarında Türkiye'nin dünya zeytin piyasasındaki konumu ve bu konumun evrimini 1995-2015 dönemi verilerini kullanarak ağ analizi ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda Türkiye'nin zeytin ticaretinin öneminin 2000 yılı sonrası artış gösterdiğini, ancak 2011 yılından sonra azalmaya başladığını ayrıca ihracat merkeziliğinin dönemsellikten ciddi biçimde etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Kervankıran vd. (2018) çalışmalarında turizm coğrafyası perspektifinden Türkiye'de iç turizme yönelik bölgeler arası seyahat akışının mekânsal görünümünü sosyal ağ analizi ile incelemeyi amaçlamışlardır. Buna göre bölgeler arası yurt içi ziyaretçi ağının heterojen bir yapıya sahip olduğu, 2015 yılında olası bağlantıların tamamı gerçekleştiği için “tam ağ” yapısına eriştiği tespit etmişlerdir. TR1 Bölgesi dışındaki diğer bölgelerin kendi içerisindeki seyahatlerin bölgelerarası gerçekleşen seyahatlere oranla daha fazla olduğu ve ziyaretçi akışının mekânsal görünümünün ülkenin genel ekonomik ve sosyal örüntüsüne benzerlik göstererek batı bölgelerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca Türkiye turizminin en önemli hedefleri arasında turizm faaliyetlerinin tüm yıla ve bölgelere yayılması yer almasına rağmen, bölgelerarası seyahatlerin gerek çıkış gerekse varış bölgelerine göre oluşturulan ağ grafiklerinde, bölgesel gelişmişlik farklılıklarına benzer bir şekilde, ülkenin batısı ile doğusu arasında önemli farklılıklar tespit etmişlerdir.

Cepeda vd. (2019) çalışmalarında 1995-2014 dönemi dünya ticaretini ağ analiziyle incelemişlerdir. Sonuç olarak, ülkelerin ticaretten daha fazla pay elde etme çabalarının, giderek daha yoğun, karşılıklı ve kümelenmiş olan iç içe bir ağa doğru yöneldiğini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, ticari bağlantıların ülkeler arasında homojen bir şekilde dağıldığını, ancak yoğunluk olarak (yani değerleri) yüksek oranda küçük bazı ülkelerde yoğunlaştığını bulgulamışlardır. ABD ve Almanya'nın başını çektiği iki gruptan ABD, Almanya ve Çin olarak üç grubun liderliği sürdürdüğü bir dönüşümün olduğunu ve en belirgin değişim ve yükselişin Çin'de yaşandığı, Almanya, Japonya, Fransa, İngiltere ve Kanada'nın dünya ihracatından aldıkları payların azaldığını Meksika ve Hong Kong gibi ülkelerin ise arttığını tespit etmişlerdir. Bunun yanında ABD, Almanya, Japonya, Kanada ve Meksika ilk dönemlerde lider iken, son dönemlerde Çin ve Hong Kong gibi Asya ülkelerinin ön plana çıktığını bulgulamışlardır.

Li vd. (2019) 1998-2017 dönemi küresel endüstriyel robot ticaret verileriyle küresel endüstriyel robot ticaret ağının mekansal ve zamansal değişkenlik özelliklerini ve ticaret durumu gelişimini ortaya çıkarmak için dinamik karmaşık/kompleks ağ analizi yöntemini

uygulamışlardır. Sonuç olarak, küresel endüstriyel robot ağ yoğunluğunun istikrarlı bir şekilde arttığını ve endüstriyel robot ticaretinin çeşitlendirme ile karakterize edildiğini tespit etmişlerdir. Dünyadaki büyük endüstriyel robot ihracatçılarının sayısının arttığını ve ithalat pazarı giderek çeşitlendiğini bulgulamışlardır. İhracat pazarının yapısı nispeten dar olduğunu, küresel endüstriyel robot ticaret ağının merkeziliğinin düşüş eğilimi gösterdiğini ve çekirdek kümelerinin farklılığı yıldan yıla azaldığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca Çin gibi yakalama ülkelerinin ticaret statüsü hızla yükselme göstermesine rağmen Japonya, Almanya ve İtalya'nın hala endüstriyel robot ticaretinin merkezi konumunda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Jiang vd. (2019), 1985-2015 dönemi için 227 ülkenin bölgesel ticaret ağlarının dağılım ve gelişim özelliklerini UCINET kullanılarak derece merkeziliği, entropi ve diğer göstergelerini hesaplamışlardır. Sonuç olarak, küresel ticaret ağının topluluk evriminin dört aşamadan geçtiğini, başlangıçta küresel ticarete gelişmiş ülkelerin hakim olduğunu ardından Asya ülkeleri ortaya çıkmaya başladığını daha sonra Asya topluluğunun küresel ticarete bağımsız hale geldiğini son aşamada ise üç ayaklı bir sistemin kurulduğunu tespit etmişlerdir.

Alkan ve Kocabaş, (2020) çalışmalarında ASEAN üyesi ülkelerin birbirleri ile olan ihracatları sosyal ağ analizi yöntemi ile incelenmiştir. Bulgularına göre, ASEAN örgütü her geçen yıl artan ticaret hacmi ve ekonomik potansiyeli ile dünya ticaret hacminin %32'sini oluşturan etkili bir topluluk olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca üye ülkelerin hepsinin birbirleri ile ihracatlarının olduğunu, ağ içerisinde bilgi alışverişi ve iletişim oldukça güçlü olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland ve Singapur ekonomik açıdan önde gelen ilk 5 ülke olup ASEAN üyesi ülkelerin grup içinde yaptığı ihracat bakımından Singapur ve Malezya grupta merkez ülkeler olarak öne çıktığını bulgulamışlardır.

Erkekoğlu ve Yılmaz, (2020) çalışmalarında OECD üyesi ülkelerin 2001-2018 yılları arasında birbirleri ile yaptıkları ticareti ağ analizi yöntemi ile incelenmişlerdir. Buna göre OECD ülkelerinin birbirleriyle yapmış oldukları ticarete merkez ve otorite konumunda bulunan ülkenin tüm yıllar için ABD olduğu; ABD'nin bu sürede en büyük ticaret ortakları olan Kanada ve Meksika ile ticari bağlantılarını aynı sıklık ve yoğunlukta sürdürdüğünü tespit etmişlerdir. ABD, Kanada ve Meksika dışında grup içinde bağlantı sayılarının fazlalığı ve yoğunluğu ile en fazla dikkat çeken ülkenin Almanya olduğunu tespit etmişlerdir. Almanya'nın ticari ilişkilerini sürdürdüğü ülkelerin çoğunun AB üyesi ülkeler olduğu, 2001-2018 yılları arasında OECD üyelerinin birbirleriyle olan ticaretinde güçlü iletişimi ve

bağlantıları ele alınan yıllar itibariyle devam ettirdiği ve ticari ilişkilerinde istikrarlı olduğunu bulgulamışlardır.

Alkan, (2021) çalışmasında 2001 ve 2018 yıllarında geçiş ekonomisi ülkelerinden Merkezi Asya ve Kafkas ülkelerinin (Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Tacikistan, Gürcistan, Türkmenistan, Özbekistan) geçiş sürecindeki dış ticaretleri sosyal ağ analizi yöntemi ile incelemiştir. Sonuç olarak 2001 yılında Türkiye ve Azerbaycan'ın ihracat ağında etkili ülkeler olduğunu, 2018 yılında Azerbaycan'ın ihracat ağında etkisinin azaldığı ve Kazakistan'ın gruptaki diğer ülkelerle ilişkilerini geliştirerek öne çıktığını tespit etmiştir. 2001 yılı ile kıyaslandığında 2018 yılında Türkiye, ihracat bağlantısı en çok olan ve en fazla ihracat yapan ülke olarak öne çıktığını, Türkiye'nin komşuları ile olan ticaretinde oldukça etkili bir ülke konumuna geldiği tespit etmiştir.

Calzada ve Spinola (2022) Latin Amerika ülkeleri ve seçilmiş ticaret ortakları arasında dengeli ve dengesiz ticaretin nasıl oluştuğuna odaklanıp bölgedeki ticaret kalıplarını incelemiştir. Buna göre çoğu Latin Amerika ülkesinin bölge dışındaki ortaklarıyla ilişkilerinin büyük ölçüde dengesiz olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bölgedeki dengeli ticaret ağının istikrarlı bir şekilde genişlediğini de vurgulamışlardır.

Utrilla vd. (2022) çalışmalarında 1989'da kota sisteminin kalkmasından sonra yeşil kahve ticaretinin nasıl evirildiğini 1995-2018 dönemi ticaret verilerini kullanarak ağ analiziyle incelemişler. Kahve tedarik zincirindeki değerin yeniden dağılımını ortaya koymak için uluslararası yeşil kahve pazarı dinamiklerini ve gelişimini incelemişlerdir. Yeşil kahve ticareti, geleneksel olarak kahve üreten birçok ülkede dağıtılmakta olduğunu, başlıca kahve üreticilerinin yanı sıra bazı üretim yapmayan ülkelere de yoğunlaşmaya gittiğini tespit etmişlerdir. Uluslararası yeşil kahve pazarının yapısındaki bu değişiklikler, üreten ve ithal eden ülkeler arasında daha büyük eşitsizliğe sebep olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca veri analizi sonuçlarına göre incelenen dönemde, yeşil kahve ticaretinin önemli ölçüde arttığını, ticari rolü olan ülkelerin sayısının azaldığını, böylece elde edilen payın büyük ihracatçı ülkelere yana arttığını, küçük ihracatçı ülkelerin ise aleyhine olduğunu tespit etmişlerdir.

Dupas vd. (2023) çalışmalarında 1986'dan 2016'ya kadar küresel tarımsal üretim ve ticaretin ülke düzeyinde merkezileştirilmesini tahıllar, yağ bitkileri, et, meyve ve sebzeler, kahve ve kakao olarak altı ürün bağlamında incelemişlerdir. Küresel ticaretteki yeniden ihracatı ülke başı üretim, ithalat ve ihracat kütle dengelerini değerlendirerek tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak küresel ticaretin ve yeniden ihracatın üretimden katlanarak daha hızlı arttığını ve üretim ve ticaretin az sayıda ülke arasında yoğun olarak merkezileştiğini tespit etmişlerdir. Birçok tarımsal kategori akışlarında merkezileşmenin üretim ve net ihracat

açısından zamanla arttığını, net ithalat ve yeniden ihracat açısından ise azaldığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca yeniden ihracat yapan ülkelerin sayısındaki artışın yanı sıra, yeniden ihracat rotalarının giderek daha fazla sanayileşmiş ülkeler tarafından domino edildiğini vurgulamışlardır.

Hidalgo vd. (2023) çalışmalarında sosyo-teknik bir yaklaşım kullanarak kahve değer zincirinde dijitalleşme sürecindeki inovasyon yollarını incelemişlerdir. Ayrıca bu değer zincirindeki sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmayı amaçlamışlar ve bu yolların fırsatlarını ve zorluklarını tanımlamışlardır. Buna göre sürdürülebilirliğin dijital danışmanlık hizmetleri, ticaret platformları ve izlenebilirlik sistemlerinin farklı boyutlarını etkilemesi muhtemel iki dijitalleşme yolu olduğunu tespit etmişlerdir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ANALİZ VE BULGULAR

3.1. Kompleks/Karmaşık(Sosyal) Ağ Analizi

Sosyal ve ekonomik ağların incelenmesi son yıllarda hızla genişlemiş ve birçok disiplini doğal olarak kesmiştir. Sadece internet ile ortaya çıkan sosyal ağ patlaması ve iletişimdeki diğer gelişmeler nedeniyle değil, sosyal ağların insan faaliyetlerini şekillendirmedeki oynadığı temel rol nedeniyle de heyecan verici bir alan haline gelmiştir. Sosyal ağ analizi bize birçok şey göstermektedir ve özellikle ekonomide, gelecekteki uygulamalar için çok büyük bir potansiyele sahiptir. Uygulamaların ötesinde çeşitli alanlarda ortaya çıkan gittikçe karmaşıklaştıran araçlar, insan etkileşimi modellerini modellememizi ve anlayışımızı geliştirmeye devam edecektir (Jackson, 2010:72).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, simülasyon yolu ile kompleksite iktisadını modelleştirmeye olanak sağlamıştır. Bu nedenle bilgisayarların gelişimi ile kompleksite iktisadının gelişimi arasında yakın ilişki vardır. Bilgisayar teknolojisindeki ve simülasyon yöntemlerindeki gelişmelerin katkısıyla çok kompleks modeller kurulabilmektedir. Bu modellerde temsili ajan yerine heterojen ajan ile çalışmak olanaklı vardır. Hesaplanabilir ekonomi örneğinde olduğu gibi birbirinden etkilenen heterojen ajan ile hareket edilmekte, daha kompleks/karmaşık, daha gerçekçi modeller kurulmaktadır (Eren, 2013:19-20). Ağ analizi sosyal, doğa bilimleri gibi birçok bilim dalında geniş bir yelpazede farklı disiplinde, kompleks/karmaşık sistemlerin analizi amacıyla kullanılan bir araç haline gelmiştir (Soyyigit ve Yavuzaslan, 2018:56).

İsviçreli matematikçi ve fizikçi Leonhard Euler 18. yüzyılda ağ kavramını ortaya atmıştır. 1736 yılında yayınlanan bir makalesiyle Euler, Königsberg kentindeki eski ve yeni Pregel nehirlerinin oluşturduğu Pregel nehrinde bulunan yedi köprüden sadece bir kez geçmek koşulu ile yapılacak bir yolculuğun mümkün olmadığını, ispatlamıştır. Bu makale Çizge Teorisi'nin (*Graph Theory*) temellerini atmıştır (Güzeller vd. 2016: 2).

Ağlar, bilişim teknolojilerinde çizge (graph) olarak gösterilirler. Genel olarak çizge $G = (V, E)$ şeklindedir, burada V düğüm (*vertex*), E kenar (*edge*) kümesi şeklinde tanımlanmaktadır. Her kenar kendisi ile ilişkili bir ya da iki adet düğümü birbirine bağlar. İlişkiler ağlarda kenar olarak temsil edilir ve kişiler, gruplar ve kurumlar ağlarda düğüm olarak temsil edilirler. Yönlü çizgeler (*directed graphs*) kenarların başlangıç ve bitiş noktaları, çizge yapılarında belirlidir. Analizde diğer düğümlerden gelen bağlantı sayısı yüksek olan

düğümlere otorite (*authority*) adı verilirken, bağlantı sayısı yüksek düğümlere merkez (*hub*) denilmektedir (Çubukçu ve Özbay, 2016: 3).

HITS Algoritması, hem ikili hem de ağırlıklı ağlarda merkez (*hub*) ve otorite (*authority*) puanları verir ve düğümlerin karşılıklı bağımlılığını elde eder. HITS algoritmasının arkasındaki mantık, hangi ülkelerin lider bir rol oynadığını anlamak için ağdaki ithalat-ihracat kalıpları hakkındaki bilgileri kullanmaktır. Burada otorite (*authority*) önde gelen ithalatçıları temsil ederken merkez (*hub*) önde gelen ihracatçıları temsil etmektedir. Elde edilen bulgular ticaret ağları için ülkelerin ticaret paylarından elde ettikleri sonuçlardan farklı olarak, merkeziliklerine göre yeni bir sıralama vermektedir (Fracasso vd. 2018:11).

HITS algoritması, bir ağdaki her i köşesine bir otorite (*authority*) merkeziliği x_i ve bir merkez(*hub*) merkeziliği y_i verir. Yüksek otorite merkeziliğine sahip bir köşenin tanımlayıcı özelliği, birçok merkez tarafından, yani yüksek merkez (*hub*) merkeziliğe sahip diğer birçok köşe tarafından işaret edilmesidir. Yüksek merkez (*hub*) merkezliliğe sahip bir köşenin tanımlayıcı özelliği, yüksek otorite (*authority*) merkeziliğine sahip birçok köşeye işaret etmesidir (Newman, 2010: 180).

Newman, 2010 (180-182)'a göre Kleinberg'in yaklaşımında, bir tepe noktasının otorite merkeziliği, onu gösteren köşelerin merkez(*hub*) merkezlerinin toplamı ile orantılı olarak tanımlanır:

$$x_i = \alpha \sum_j A_{ij} y_j \quad (3.1)$$

Burada α bir sabittir. Benzer şekilde, bir köşenin merkez (*hub*) merkeziliği, gösterilen köşelerin otorite (*authority*) merkezlerinin toplamı ile orantılıdır:

$$y_i = \beta \sum_j A_{ji} x_j \quad (3.2)$$

β ile başka bir sabit. Matris üzerindeki indekslerin A_{ji} ögesi bu ikinci denklemde yer değiştirir: Bu, merkez (*hub*) merkeziliğini tanımlayan köşelerdir.

Matris terimleriyle bu denklemler şu şekilde yazılabilir:

$$x = \alpha Ay \quad (3.3)$$

$$y = \beta AT x \quad (3.4)$$

Yukarıdaki formüllerin birleştirilmiş hali ise;

$$AAT x = \lambda x \quad (3.5)$$

$$ATA y = \lambda y \quad (3.6)$$

biçiminde de yazılabilir. Burada $\lambda = (\alpha\beta)-1$. Böylece, otorite ve merkez (hub) skorları sırasıyla aynı özdeğere sahip AAT ve ATA özvektörleri tarafından verilmektedir.

Ego ağlarının diğer bir adı da Benmerkezci ağlardır. Ego ağları oluşturulma aşamasında merkezde “ego” olan tek bir aktörle başlar ve aktörden alter adı verilen ağ irtibatlarının tanımlanmasını ister (Güzeller vd. 2016: 8).

Ağ analizini ürün, ülke, bölge, ekonomik oluşum açısından inceleyen çalışmalar bulunmaktadır; Global ticaret bağlamında (Dong vd. 2021, Cepeda vd. 2019, Ren vd. 2022, Jiang vd. 2019, Vidya ve Taghizadeh-Hesary, 2021, Yang vd. 2015), OECD ülkeleri (Erkekoğlu ve Yılmaz, 2020), ASEAN ülkeleri (Vidya ve Taghizadeh-Hesary, 2021, Pacini vd. 2021), Latin Amerika ülkeleri (Caldaza&Spinola, 2022), Afrika içi ülkeleri (Zhang & Batinge, 2021), Çin, BRİ ve Afrika ülkeleri (Dumor vd. 2021; Fu vd. 2021), Şangay iş birliği ülkeleri (Wang ve Sun, 2015) ve Merkezi Asya ve Kafkasya ülkeleri (Alkan, 2021) temel alınarak ağ analizi yapılan çalışmalar da mevcuttur. Bunun yanında yapılan bu çalışmalardan (Alkan, 2021; Alkan ve Kocabaş, 2020; Cepeda vd. 2019; Dumor vd. 2021; Erkekoğlu ve Yılmaz, 2020; Jiang vd. 2019; Caldazo ve Spinola, 2022; Vidya ve Taghizadeh-Hesary, 2021; Wang ve Sun, 2015; Zhang ve Batinge, 2021) genel ticaret (Dong vd. 2021; Fu vd. 2021; Qi vd. 2021; Ren vd. 2022; Yang vd. 2015) enerji, (Hu vd. 2021; Soyyiğit ve Yavuzaslan, 2018) giyim (Angelidis vd. 2021; Choi vd. 2021) gıda, (Zhu ve Liu, 2023; Özekicioğlu vd. 2023) elektronik ürün alanlarında yapıldığı görülmektedir.

3.1.1. Aratırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmada küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaretinin ağ analizi yapılmıştır. Nadir toprak elementleri (NTE)’ler, içeriğinde bulundukları malzemeleri hafifletirken yüksek sıcaklığa, aşınmaya ve korozyona karşı dirençli kılmaktadır. Bu özellikleri dolayısıyla ileri teknoloji ürünlerinde sıklıkla tercih edilmekte ve çağımızın vazgeçilmez stratejik elementleri olarak değer görmektedir. Sağlık hizmetlerinden savunma sanayine, temiz enerjiden telekomünikasyon sistemlerine teknolojinin pek çok alanında kullanılan NTE’ler, bugün hayatımızın olmazsa olmazları arasında yer alan cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, televizyon ekranları, modern tıp cihazları, bataryalar, kamera lensleri, ampuller, X-ray makineleri, fiber optik kablolar ve bataryaların yanı sıra hibrit araçlar, uçak motorları, füze kontrol sistemleri, lazerler, seramik ve cam üretimi, rüzgar türbinleri, güneş enerjisi ve petrol arıtma işlemleri gibi birçok sahada tercih edilen elementlerdir (Naten.Tenmak, 2024).

Yüksek Ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla sahip ülkeler ve bu ülkelerin ihraç ettiği ürünler benzeşmektedir. Ürünlerin kompleks/karmaşık yapıları o ürün hakkında ve o ürünü üreten ve ihraç eden ülkeler hakkında önemli bilgiler vermektedir. Acaba yüksek ekonomik kompleksiteye sahip ülkeler kompleks/karmaşık ağ analizi sonucunda yüksek istatistiki değerleri alacak mı? Ağların yoğunlukları dönemlere göre nasıl değişecek? Bunları görebilmek için kompleks/karmaşık ağ analizi yöntemiyle sırasıyla birisi diğerinin bir girdisi olan ve birisinin ürün kompleksitesi/karmaşıklığı düşük (küresel nadir elementler) diğerinin ise ürün kompleksitesi/karmaşıklığı yüksek (endüstriyel robotlar) ticaret ağ haritaları çıkartılmış ve istatistiki çıktıları elde edilmiştir. Bu yönüyle çalışma literatüre özgünlük katacaktır. Üçüncü ve Dördüncü endüstri dönemlerinde meydana gelen olumlu ve olumsuz ekonomik gelişmeler ışığında önemli yıllar belirlenmiş ve bu bağlamda araştırma soruları geliştirilmiş ve şu şekildedir;

Üçüncü ve Dördüncü Endüstri dönemlerinde küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaretinde küresel dış ticaret ağ yapıları, çekirdek ve çevre ülke durumları, hub-otorite, gelen ve giden bağlantıları, eigen(öz) vektör değerleri, ego ağ (büyüklük, yoğunluk, bağlantı sayıları, dış ticaret hacmi (pairs)) gibi istatistiki değerleri nasıl değişiklik göstermektedir? Buna göre; 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 dönemleri seçilmiştir.

- a) 1950'lerde başlayan ithal ikameci dönemin 1980'lerde ihracata dönük politikalara dönmesiyle küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?
- b) 1970'lerdeki liberalleşme etkisiyle ortaya çıkmaya başlayan küresel değer zincirleri sonrası küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?
- c) 1990'larda yapılan Serbest Ticaret Anlaşmaları ve 1995'de Kurulan Dünya Ticaret Örgütü sonrası küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?
- d) 2008 yılında başlayan ve 2009'da devam eden küresel finansal kriz sonrası küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?
- e) 2011 yılında ilk kez vurgulanan endüstri 4.0'a dayalı üretim modeli ve küresel anlamda artan iş gücü maliyeti sonrası küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticareti ağı nasıl şekillenmiştir?
- f) 2019 COVID krizi dönemi ve sonrası küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?

- g) Rusya-Ukrayna savaşının başladığı dönem küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaret ağı nasıl şekillenmiştir?
- h) Çekirdek ve Çevre(Core and Periphery) ülkeleri nasıl değişiklik göstermiştir?
- i) G20 ve OECD ülkeleri küresel nadir elementler ve endüstriyel robot ticaretinde nasıl rol oynamıştır?

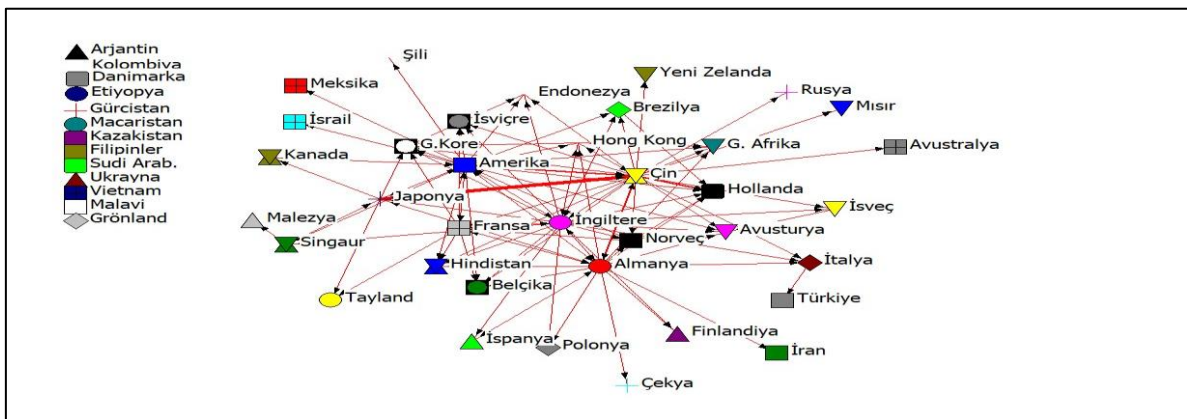
Çalışmada kullanılan bütün istatistiki veriler UN Comtrade Database'den elde edilmiştir. SNA analizinde nadir elementler ticareti için seçilmiş 50X50, endüstriyel robot ticareti için 48X48 ülkelerin verileri yıllık olarak ihracat değerleri (\$) olarak derlenmiştir. Ürünler Nadir Elementlerden 280530 HS kodlu skandium ve itriyum ve 847950 HS kodlu Endüstriyel Robot'lardan oluşmaktadır.

3.1.2. Kompleks Ağ Analizine Dair Bulgular

Sosyal ağları incelemek için öncelikle bir sosyal ağı onu oluşturan ilişkiye dayanarak tanımlamak gerekiyor. Böyle bir çaba söz konusu sosyal ilişki tanımının ne olduğuna bağlı olarak bir veri toplama aşaması içeriyor (Gencer, 2017:25).

Sosyal ağ verileri çeşitli şekillerde toplanabilir. En yaygın yaklaşım anketler aracılığıyla, ancak görüşmeler, gözlemler ve ikincil kaynaklar da sıklıkla kullanılan ağ veri toplama yöntemleridir (Marsden, 2005'den akt., Van Dujn ve Vermunt, 2006, 1).

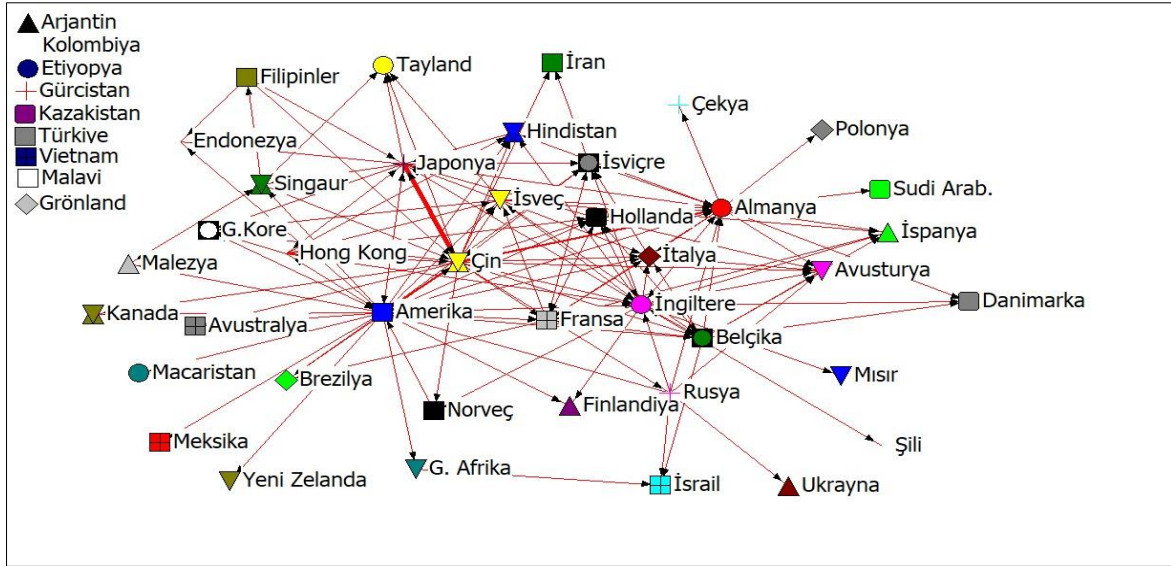
Aşağıda ilk 9 ağ (1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022) nadir elementler ticareti son 9 ağ (1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022) ise endüstriyel robot ticaretinin analiz çıktıları ve yorumları bulunmaktadır.



Şekil 3.1 1996 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi

1996 yılında Arjantin, Kolombiya, Danimarka, Etiyopya, Gürcistan, Macaristan, Kazakistan, Filipinler, Sudi Arabistan, Ukrayna, Vietnam, Malavi, Grönland gibi ülkelerin bağlantılarının olmadığı görülmüştür. Japonya ve Çin gibi ülkeler arası bağlantının çok güçlü olduğu, Çin ve

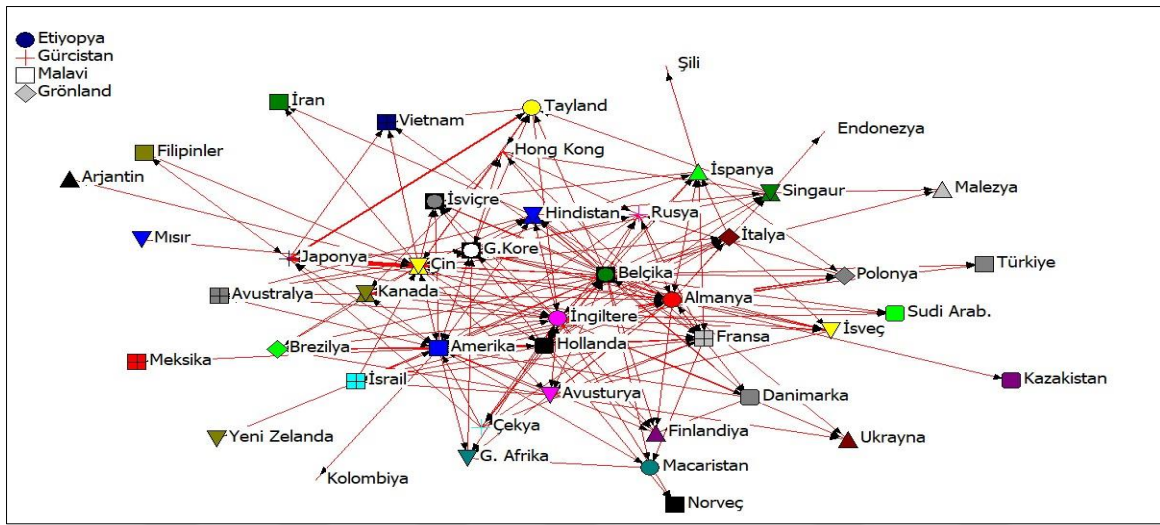
Hollanda arası bağlantının ise güçlü olduğu görülmektedir. Ayrıca ağınl yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının az olduğu görülmüştür. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda gibi ölkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.2 2000 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi

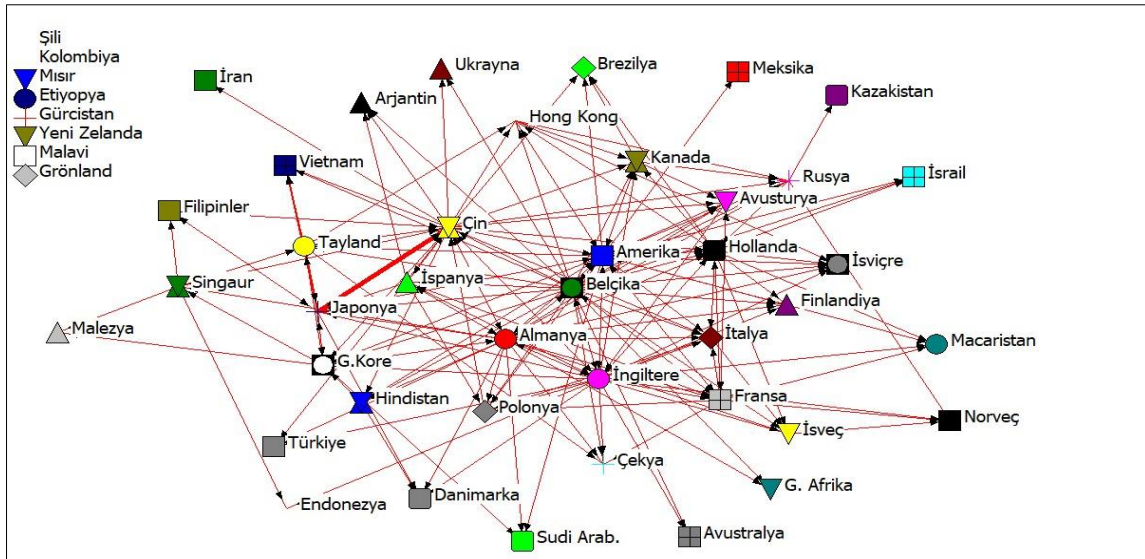
2000 yılı ağına bakıldığında bir önceki ağına göre daha fazla ölkelerin bağlantı kurduğu ve bu dönem önceden bağlantıya sahip olan Türkiye'nin ise bağlantısının olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu dönemde de Arjantin, Kolombiya, Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan, Vietnam, Malavi, Grönland gibi ölkelerin bağlantılarının olmadığı görülmüştür. Japonya ve Çin'nin bağlantısının çok güçlü olduğu, Çin ve Almanya arası bağlantının ise güçlü olduğu bulgulanmıştır. Ayrıca ağınl yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının ve bağlantı sayılarının bir önceki ağına göre az da olsa arttığı görülmüştür. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, Fransa ve İsveç gibi ölkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu öne çıkmıştır.

2013 yılında bir önceki ağı göre ülkelerin daha fazla bağlantı kurduğu görülmüştür. Ancak bu dönemde de Şili, Kolombiya, Etiyopya, Malawi, Grönland gibi ülkelerin bağlantıları yoktur. Japonya ve Çin, Japonya ve Vietnam, Japonya ve Filipinler gibi ülkelerin aralarındaki bağlantılarının çok güçlü olduğu görülmüştür. Ayrıca ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının bir önceki ağı göre daha da arttığı tespit edilmiştir. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, İtalya, Fransa, Belçika, Hong Kong, İspanya, Rusya ve İsveç gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu öne çıkmıştır.



Şekil 3.5 2018 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi

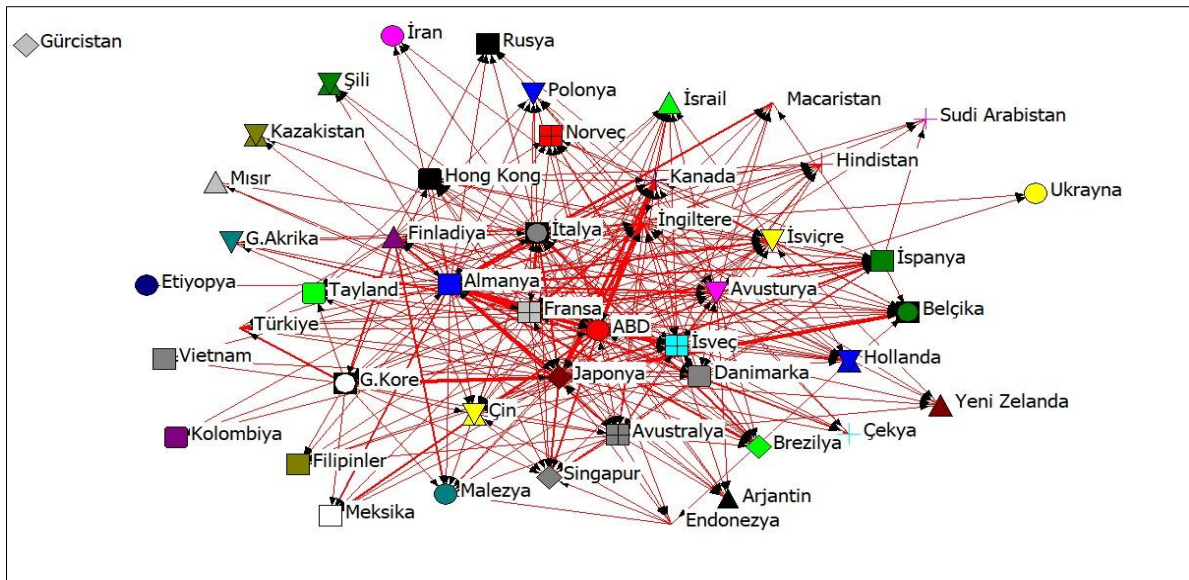
2018 ağı özel bir dönem olarak ele alınmıştır. Bu dönem 2011 yılında ilk kez vurgulanan Endüstri 4.0 devriminden sonra ki gelişmeyi görmek açısından hem de COVID-19 krizinden önceki genel durumu gösteren dönem olması açısından özel bir dönem olarak seçilmiştir. Ağı bakıldığında bir önceki ağı göre bağlantı sayısının daha da arttığı görülmüştür. Yani bu dönem önceki üç ağı göre ülkelerin en fazla bağlantıya sahip ağı olarak öne çıkmıştır. Japonya ve Çin arasındaki bağlantılarının çok güçlü olduğu ayrıca ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının bir önceki ağı göre daha da arttığı tespit edilmiştir. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, İtalya, Fransa, Belçika, Hong Kong, İspanya, Rusya, Hindistan, Tayland ve İsveç gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu görülmüştür. Dolayısıyla Dördüncü Endüstri devriminin nadir elementler ticaretinin ağı yoğunluğuna ve bağlantı sayısına olumlu yansımıştır.



Şekil 3.6 2019 Yılı Küresel Nadir Elementler İhracatı Ağ Analizi

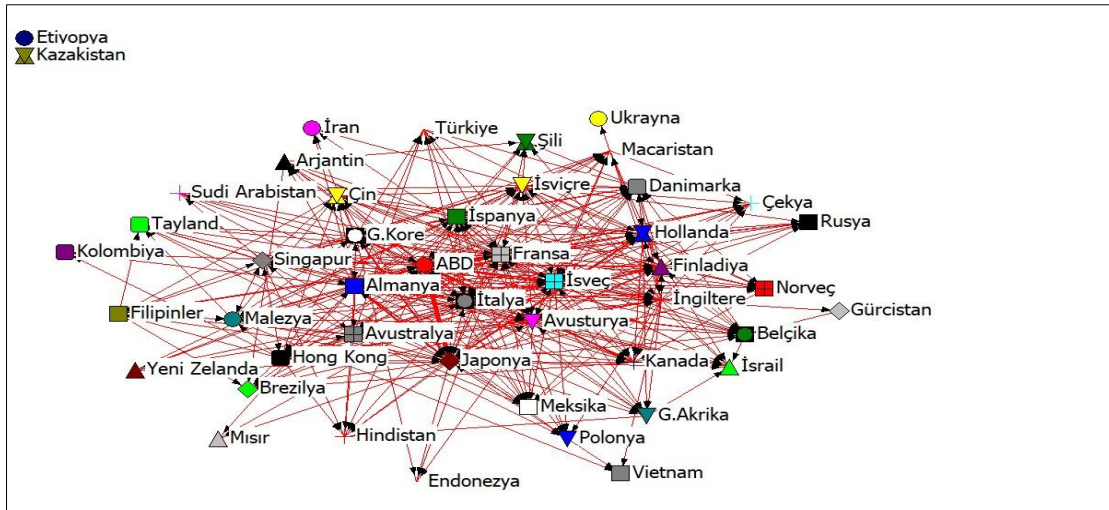
2019 dönemi sonlarında COVID krizinin yaşanmaya başlamasıyla öne çıkmıştır. Ağa bakıldığında bir önceki ağa göre bağlantı kuramayan ülke sayısının daha da arttığı ve toplamda sekiz ülkenin bağlantı kurmadığı görülmüştür. Japonya ve Çin arasındaki bağlantılarının çok güçlü olduğu ayrıca Japonya'nın Vietnam ve Tayland gibi ülkelerin güçlü bağlantıları öne çıkmıştır. Ayrıca ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının bir önceki ağa göre azaldığı tespit edilmiştir. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, İtalya, Fransa, Belçika, Hong Kong, Kanada, Rusya, Tayland ve Vietnam gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu öne çıkmıştır. Dolayısıyla azalan bağlantı sayısı ve azalan ağ yoğunluğu COVID 2019 krizinin nadir elementler ticaretine olumsuz yansdığını göstermiştir. Çünkü bu dönem birçok ülkenin ticari faaliyetleri durmuş ya da yavaşlatmıştır.

2022 yılı ağı en güncel durumu tespit etmek için görselleştirilmiştir. Ağa bakıldığında bir önceki ağı göre bağlantı kuramayan ülke sayısının azaldığı ve bazı ülkelerin yer değiştirmesi öne çıkmıştır. Çin ve Japonya arasındaki bağlantının çok güçlü olduğu, İtalya ile Amerika ve Amerika ile Güney Kore arasındaki bağlantılarının güçlü olduğu görülmüştür. Ayrıca ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının bir önceki ağı göre düştüğü tespit edilmiştir. ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, İtalya, Fransa, Belçika, Hong Kong, Kanada, Rusya, Güney Kore, Tayland ve Vietnam gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu görülmektedir. Bu dönemde meydana gelen seyrelme ticaretin azalmasından yada ülkelerin veri tutmamalarından kısmende olsa Rusya-Ukrayna savaşının olumsuz yansımalarından kaynaklanmıştır.



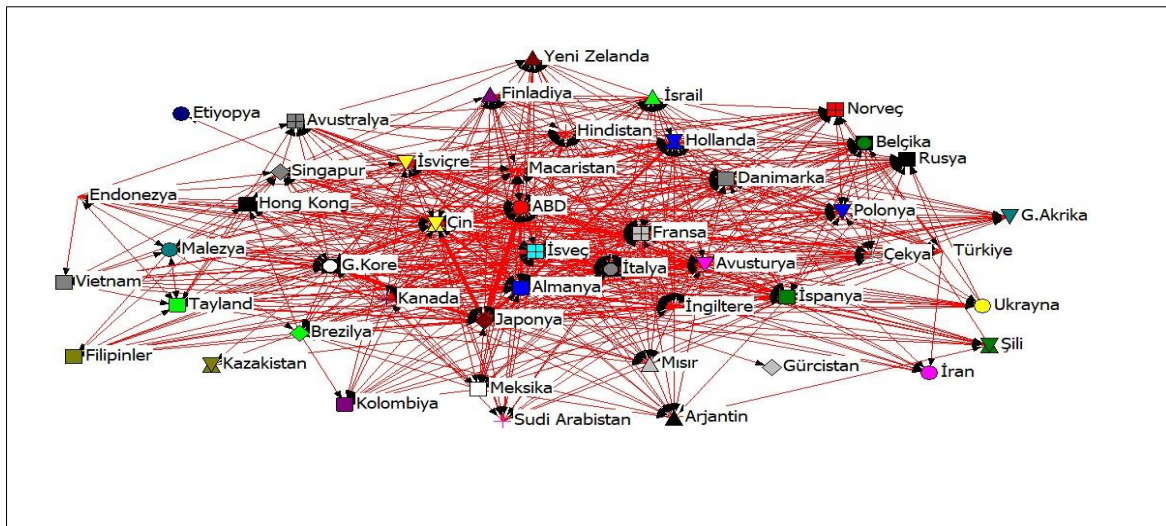
Şekil 3.10 1996 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

1996 yılı ağı genel olarak kompleks bir yapıda olduğu görülmüştür. Bu dönem Gürcistan'ın bağlantı kuramadığı tespit edilmiştir. Japonya ve İngiltere, Japonya ve Güney Kore, Japonya ve Belçika, Fransa ve Almanya, Almanya ve ABD, Almanya ve Avusturya gibi ülkeler arası bağlantının çok güçlü olduğu, Ayrıca Fransa ve ABD, Fransa ve İngiltere, Fransa ve İspanya, ABD ve Kanada, Almanya ve Macaristan arası bağlantının ise güçlü olduğu tespit edilmiştir. Ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının çok fazla olduğu öne çıkmıştır. Ağın orta kısmında kümelenen ABD, İngiltere, Almanya, İtalya, Avusturya, İsveç, Japonya ve Çin, Hollanda, Singapur, Avustralya, Kanada ve Belçika gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu bulgulanmıştır. Bu göre bu dömenlerde bile endüstriyel robot ticaretinin yoğun yapıldığı görülmüştür.



Şekil 3.11 2000 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

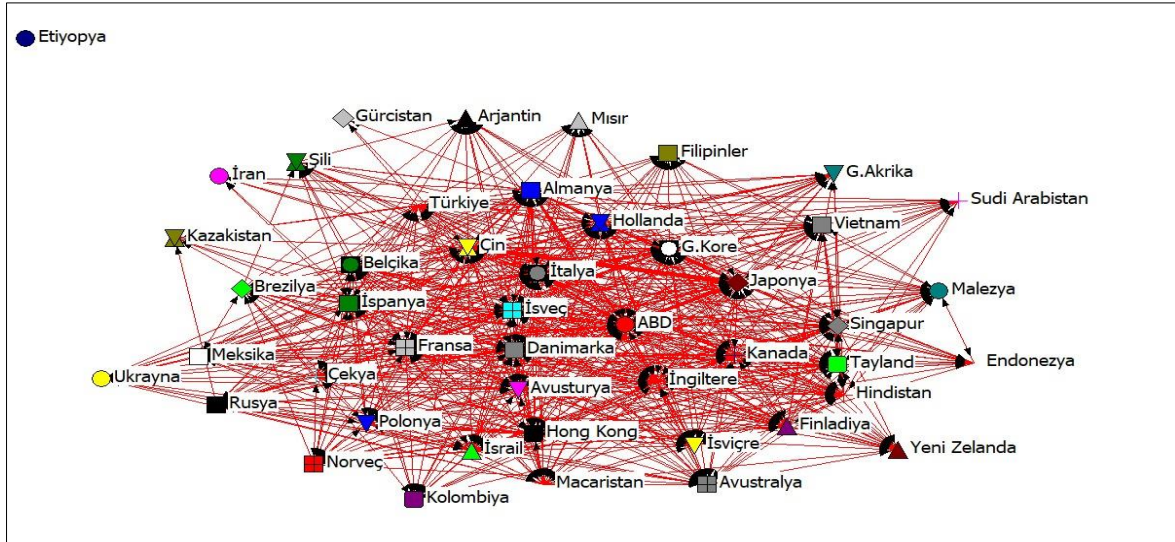
2000 yılı ağında bir önceki ağa göre Kazakistan ve Etiyopya'nın bağlantı kuramadığı bulgulanmıştır. Ağın genel olarak bir önceki ağ gibi çok kompleks bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Japonya ve ABD çok güçlü, İsveç ve Hollanda, Almanya ve ABD ülkelerin bağlantılarının ise kısmen güçlü olduğu görülmüştür. Ağ yönlü bağlantılardan oluşmuş ve kompleks yapısının çok fazla olduğu öne çıkmıştır. Ağın orta kısmında kümelenen ABD, Fransa İngiltere, Almanya, İtalya, Avusturya, İsveç, Japonya ve Çin, Hollanda, Singapur, Avustralya, Kanada, Danimarka ve Belçika gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.12 2010 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

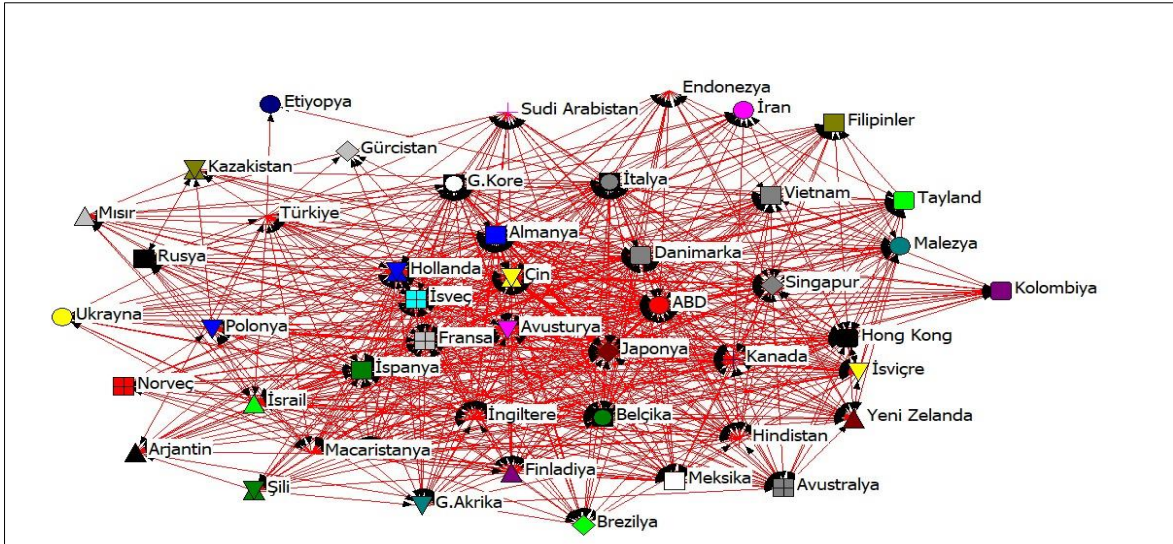
2010 yılında ağdaki bütün ülkelerin bağlantı kurduğu öne çıkmıştır. Ağın genel olarak bir önceki ağa göre kompleks yapısının daha da arttığı görülmüştür. Japonya ve ABD, Japonya ve Çin, Japonya ve Güney Kore, Japonya ve Almanya çok güçlü ayrıca Japonya ve

Hollanda, Almanya ve ABD, Güney Kore ve Çin gibi ülkelerin bağlantılarının ise güçlü olduğu tespit edilmiştir. Ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının çok fazla olduğu görülmüştür. Ağın çevresindeki Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan Vietnam, Şili, İran, Filipinler Endonezya ve Ukrayna gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu bulgulanmıştır.



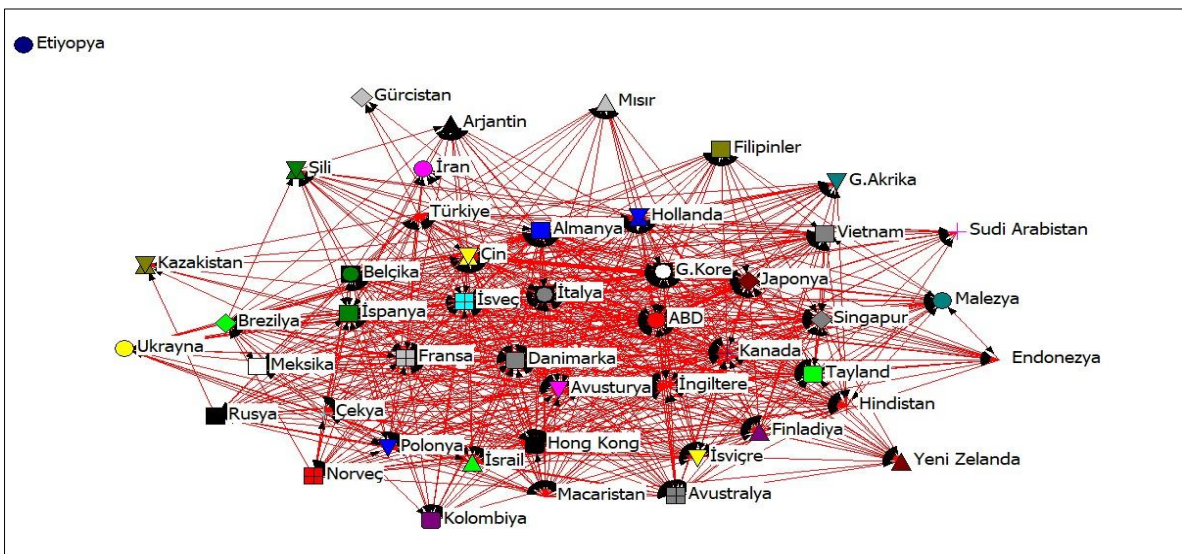
Şekil 3.13 2013 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

2013 yılı ağı bir önceki ağa göre Etiyopya'nın bağlantı kurmadığı, ağın genel olarak bir önceki ağa benzer şekilde kompleks yapısının korunduğu tespit edilmiştir. Japonya ve ABD, Japonya ve Çin çok güçlü bağlantılara sahip oldukları ayrıca ABD ve Almanya, Almanya ve Çin, Almanya ve Avusturya, Almanya ve İsviçre, Japonya ve Kanada, Güney Kore ve Çin, Taylan ve Japonya, ABD ve Meksika gibi ülkelerin bağlantılarının ise güçlü olduğu görülmüştür. Ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının çok fazla olduğu öne çıkmıştır. Ağın çevresinde bulunan Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan Kolombiya, Şili, İran gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu bulgulanmıştır.



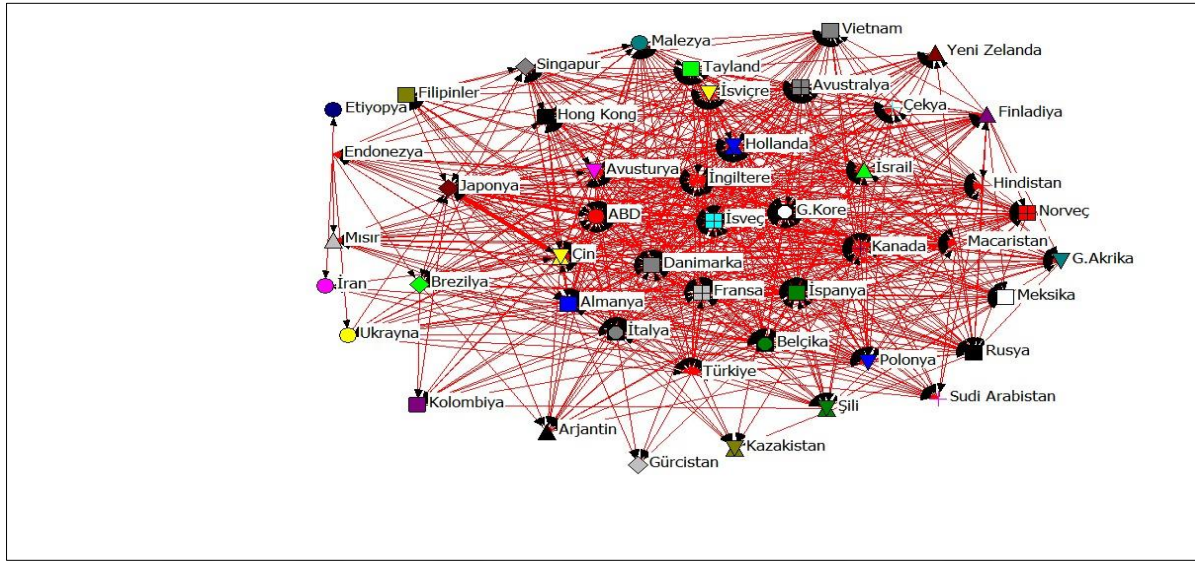
Şekil 3.14 2018 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

2018 yılı ağına bakıldığında bir önceki ağı göre bütün ülkelerin bağlantı kurduğu görülmüştür. Ağın genel olarak bir önceki ağı benzer şekilde çok kompleks yapısını koruduğu, Japonya-Çin ve Japonya-Almanya'nın çok güçlü, ABD ve Japonya'nın ise güçlü bir bağlantıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının çok fazla olduğu öne çıkmıştır. Ağın çevresinde bulunan ülkelere Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu görülmüştür. 2011 yılında ilk kez literatüre giren Endüstri 4.0 kavramının artık uygulamada da görüldüğü ülke firmalarının üretimlerinde daha fazla robotlara yönelmesi öne çıkmıştır.



Şekil 3.15 2019 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

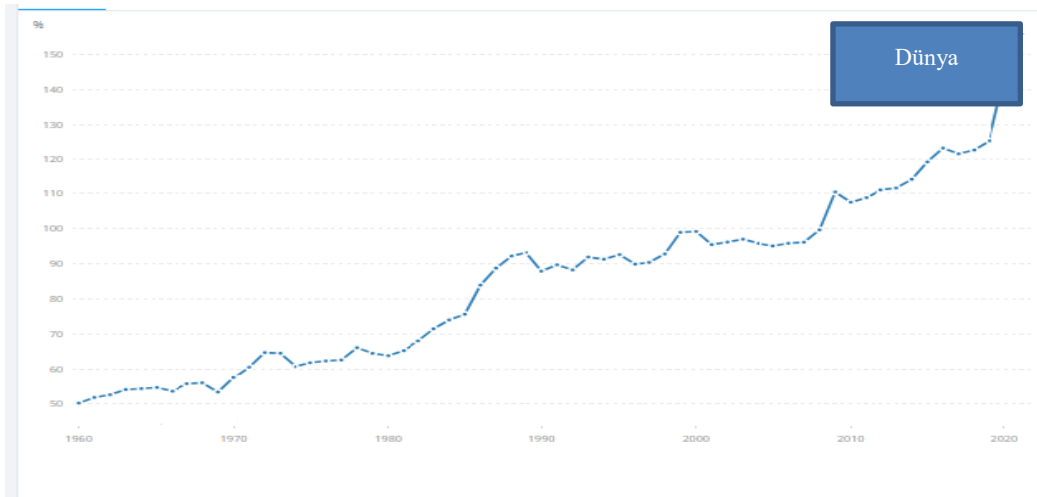
2019 yılı ağında bir önceki ağa göre Etiyopya'nın bağlantı kuramadığı görülmüştür. Ağ genel olarak bir önceki ağa benzer şekilde çok kompleks yapıdadır. Bu dönem Japonya-Çin, Japonya-ABD'nin çok güçlü bağlantıları öne çıkmıştır. Ağın yönlü bağlantılardan oluştuğu ve kompleks yapısının çok fazla olduğu görülmüştür. Ağın çevresinde bulunan Gürcistan, Kazakistan gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemin sonlarına doğru salgın başlamış ancak genel olarak endüstriyel ticaret ağına olumsuz yansıma görülmemiştir.



Şekil 3.16 2020 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Ağ Analizi

2020 yılı ağında bir önceki ağda olduğu gibi tüm ülkelerin bağlantı kurduğu, ağın genel olarak bir önceki ağa benzer şekilde yönlü bağlantılardan oluştuğu çok kompleks yapısını koruduğu görülmüştür. Japonya ve Çin çok güçlü bir bağlantıya sahipken, Japonya ve ABD, Japonya ve Güney Kore'nin ise güçlü bağlantıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Ağın çevresinde bulunan ülkelerden Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan ve İran gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu bulgulanmıştır. Bu dönemde COVID-19 salgınından dolayı birçok ticari faaliyet dursa ağın yapısında bu olumsuz etki görülmemiştir. Bunun ülke firmalarının salgından dolayı üretimlerinde insandan ziyade robotlarla üretie geçmeleri ticareti dinamik tutmuştur. Ayrıca bu dönem ülkelerin uyguladıkları temassız ticarete sürece olumlu katkı yapmıştır.

2021 yılı ağı bir önceki ağdaki gibi tüm ülkelerin bağlantı kurduğu yönlü bağlantılardan oluşmuş ve kompleks yapısının çok fazla olduğu tespit edilmiştir. Japonya ve Çin, Japonya ve ABD gibi ülkelerin çok güçlü bağlantıları öne çıkmıştır. Ağın çevresinde bulunan Etiyopya, Gürcistan, Kazakistan, Mısır ve İran gibi ülkelerin gelen ve giden bağlantılarının diğer ülkelere göre daha az olduğu görülmüştür.



Grafik 3.1 Dünya Para Arzı Gelişimi (1960-2020)

Kaynak: Dünya Bankası, 2021.

Ayrıca birçok ticari ürün için dünya genelinde artan para arzının da katkısı vardır. Dünya bankası 1960-2020 verilerine göre yıllık dünya para arzı bazı yıllarda düşüş yaşasa da artarak devam eden bir eğilim göstermiştir. Örneğin 1990-2000 arası dönemde dalgalı bir seyir izlemiş, ancak 2000-2010 döneminde artı sergilemiş azalan bir eğilim sergilediği görülmüştür. 2010-2020 döneminde ise artış devam etmiş özellikle 2019-2020 döneminde ise belirgin bir artış yaşanmıştır. Bu artış ve azalışlar genel olarak ülke merkez bankalarının uyguladıkları genişletici ve daraltıcı para politikasıyla ilişkili olarak değişim göstermiştir. Özellikle kriz dönemlerinde enflasyon ve işsizlik gibi sorunlarla mücadele etmek amacıyla merkez bankaları krizin türüne göre bu tür politikalara başvurabilmekteler. Son kriz döneminde salgından dolayı küresel anlamda karantinaların uygulanmış, uçuş yasakları gibi insan ve mal hareketliliğini durduran ya da azaltan önlemler uygulanmıştı. Bu dönemde hane halklarını ekonomik olarak rahatlatmak için dünya genelinde merkez bankaları genişletici para politikaları uygulamış, emisyonu sürülen para miktarını arttırmıştı. Dolayısıyla 2019-2020 döneminde büyük artış bu politikaların etkisini göstermiştir. Böylece hane halkları paraya erişim sağlayınca harcamalar artmış bu ise ürünlere olan talebi arttırmıştır. Firmalar ise artan bu talebi karşılamak için üretimlerini arttırmıştır.

Ağ analizinin istatistiki çıktılarına göre elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır;

Özvektör merkeziliği derece merkeziliği kavramını bir adım öteye götüren özel bir merkeziliktir. Özvektör merkeziliğin de bir düğümün önemi yalnızca sahip olduğu komşuların sayısına değil, aynı zamanda komşularının da ne kadar önemli olduğuna bağlıdır (Tunalı, 2016'dan akt. Kervankıran vd. 2018: 43).

Bir ağda bulunan düğümdeki bağlantıların sayısını değil kalitesini (ağırlığını) irdeler, yani ağdaki önemli düğümleri tespit eder. Çok sayıda ancak düşük ağırlıklı bağlantısı olan bir düğümün özvektör merkeziliği, az sayıda ancak önemli bağlantılara sahip olan bir düğüme göre daha düşük çıkacaktır. Merkezilik değeri ne kadar yüksekse düğümün o kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır (Kervankıran vd. 2018: 43).

Aşağıdaki Tablo 3.1’de Nadir Elementler (1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022) ve Tablo 3.2’de Endüstriyel Robot (1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022) ihracatı Eigen (öz) vektör merkeziliği analizi sonuçları bulunmaktadır. Kurulan ilişkinin en önemli olduğu düğümleri öne çıkarmıştır. Bir sosyal ağdaki kanaat önderlerini öne çıkarmak açısından gereklidir. Bunlara göre;

1996 yılında öz vektör merkeziliğinde minimum 000 değerini alan 31 ülke ve maksimum 696 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değere Çin (696), Japonya (654), ABD (245), Almanya (131) sahiptir ve bu ülkeler ürünün ihracatında en çok etki sahibi olan ülkelerdir. Değeri yüksek olan ülkelerin bağlantıları az olsa da (yani bağlantı sayısı çok olması değerin yüksek olacağı anlamına gelmez iken bağlantının önemli olması değerin yüksek olacağı anlamına gelmektedir) önemli bağlantılara sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

2000 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre düşerek 30 ülke ve maksimum 704 değerlerini alan bir ülke tespit edilmiştir. Buna göre en yüksek değerli ülke ürünün ihracatında en çok etki sahibi olan bir önceki dönemdeki gibi yine Çin (704) olmuştur. İkinci en yüksek değerli ülke değerini yükselten Japonya (682), üçüncü en yüksek ülke ABD (150) ve dördüncü en yüksek ülke Almanya (104) olurken Hollanda (60) değerlerini düşürmüş ve beşinciliğe gerilemiştir.

2010 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artarak 32 ülkeye çıkmıştır ve maksimum 704 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemdeki gibi yine Çin (704) olmuştur. İkinci en yüksek değerli ülke değerini yükselten Japonya (700), üçüncü değeri yükselen Hong Kong (64), dördüncü en yüksek ülke bir önceki döneme göre değeri düşen Almanya (54) bir önceki dönemdeki yerini korumuş ancak ABD (47) değeriyle beşinciliğe gerilemiştir. Tayland (44) ile altıncılığa yükselmiş ve Hollanda (42) değerleriyle düşüş yaşayıp yedinciliğe gerilemiştir.

2013 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artarak 38’e çıkmış ve maksimum 704 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemdeki değerini arttırarak ilk sıraya oturan Japonya (704) olmuştur. İkinci en yüksek değerli ülke değerini yükselten Vietnam (461) olmuş ve bu

ülke önceki üç dönemde de 000 değerini aldığı tespit edilmiştir. Üçüncü sıraya diğer üç dönem 000 değerinde olan Filipinler (385) çıkmıştır. Diğer dönemlerde lider ve ikinci sıralarda yer alan Çin ise bu dönemde (379) değerini alarak gerilemeye devam etmiş ve dördüncü sıraya düşmüştür. Değerlerin neden değiştiği 2013 ağ görselinde Japonya, Filipinler ve Vietnam gibi ülkelerin çok güçlü bağlantılarında da görülmüştür. Ayrıca Hong Kong (006) değeriyle önceki döneme göre büyük düşüş yaşamıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin bağlantıları az olsa da önemli bağlantılar olarak öne çıkmıştır.

Tablo 3.1. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Nadir Elementler Küresel İhracat Ağı Eigen vektör Analizi Sonuçları

Ülkeler	1996	2000	2010	2013	2018	2019	2020	2021	2022
1 Arjantin	0	0	0	0	0	0	0	3	1
2 Avustralya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Avusturya	3	12	2	0	2	1	1	1	0
4 Belçika	13	10	3	0	0	0	0	0	0
5 Brezilya	9	3	3	0	1	1	4	4	1
6 Kanada	1	7	3	1	9	8	7	10	3
7 Şili	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Çin	696	704	704	379	688	653	540	705	706
9 Hong Kong	11	19	64	6	0	1	0	7	0
10 Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Çekya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Danimarka	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Finlandiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Fransa	62	7	0	0	0	0	1	0	0
17 Almanya	131	104	54	5	4	5	11	11	3
18 Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Macaristan	2	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Hindistan	2	3	4	0	9	11	14	21	5
21 Endonezya	0	1	0	0	0	0	0	0	0
22 İran	0	1	0	0	1	1	1	1	0
23 İsrail	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 İtalya	2	2	0	1	20	11	7	48	3
25 Japonya	654	692	700	704	702	699	693	693	707
26 Kazakistan	0	0	0	8	0	0	0	0	0
27 Meksika	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 Hollanda	31	60	42	2	54	41	29	45	7
29 Y. Zeland	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Norveç	12	3	0	0	0	0	0	0	0
31 Filipinler	0	0	0	385	21	14	8	0	9
32 Polonya	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 G.Kore	18	1	28	1	20	53	32	32	11
34 Rusya	1	0	1	1	5	6	9	27	6
35 S. Arabistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36 Singapur	1	0	0	0	0	2	0	0	0
37 İspanya	0	2	0	0	16	23	4	4	2

Ülkeler	1996	2000	2010	2013	2018	2019	2020	2021	2022
38 İsveç	5	2	0	0	0	0	0	0	0
39 İsviçre	0	1	0	0	0	0	0	1	0
40 Tayland	6	12	44	0	154	259	455	62	26
41 Türkiye	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42 Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43 Vietnam	0	0	0	460	70	109	99	68	32
44 İngiltere	67	35	20	7	8	0	5	16	6
45 Amerika	245	150	47	8	26	27	44	81	15
46 G. Afrika	0	0	1	0	0	0	0	0	0
47 Malezya	4	0	0	0	0	0	0	0	0
48 Malavi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49 Grönland	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2018 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre azalmış 35 ülkeye düşmüştür ve maksimum 702 değerlerini alan bir ülke tespit edilmiştir. Buna göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemdeki Japonya (702), ikinci en yüksek değeri bir önceki döneme göre yükselten Çin (688) almıştır. Üçüncü sıraya diğer dönemlerde 000 değeri alan Tayland (154), dördüncü sıraya diğer dönem ikinci olan Vietnam (70) gelmiştir. Değerlerde meydana gelen değişimler 2018 ağ görselindeki ülkelerin çok güçlü bağlantılarında da görülmüştür.

2019 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre azalarak 33'e düşmüştür ve maksimum 699 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemde birinci olan Japonya (699), ikinci en yüksek değeri bir önceki dönemde aynı sırada olan Çin (653) almıştır. Üçüncü sırada diğer dönemdeki yerini koruyan Tayland (259) ve dördüncü sırada diğer dönemdeki yerini koruyan Vietnam (109) yer almıştır. Değerlerin neden değiştiği 2019 ağ görselinde de ülkelerin çok güçlü bağlantılarında öne çıkmıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin bağlantıları az olsa da önemli bağlantılara sahiptir.

2020 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artarak 34'e yükselmiş ve maksimum 698 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemde birinci olan Japonya (698), ikinci en yüksek değeri bir önceki dönemde aynı sırada olan Çin (540) yer almıştır. Üçüncü sıraya diğer dönemdeki yerini koruyan Tayland (455), dördüncü sıraya ise diğer dönemdeki gibi Vietnam (99) gelmiştir. 2020 ağ görselinde yüksek değerli ülkeleri çok güçlü bağlantılarıyla kantılamaktadır.

2021 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre azalarak 35'e düşmüş ve maksimum 705 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna

göre en yüksek değerli ülke bir önceki dönemde ikinci olan Çin (705), ikinci en yüksek değeri bir önceki dönemde birinci olan Japonya (693), üçüncü en yüksek değeri ABD (81) ve dördüncü en yüksek değeri önceki dönemki yerini koruyan Vietnam (68) almıştır. Tayland ise bu dönem (62) değeriyle beşinciliğe gerilemiştir.

2022 yılı özvektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre azalarak 32'ye düşmüştür. Maksimum 707 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre Japonya (707) ve Çin (706) değerlerini almıştır.

Tablo3.2'ye göre 1996 yılında öz vektör merkeziliğinde minimum 000 değerini alan 7 ülke bulunmaktadır ve maksimum 537 değerlerini alan bir ülke bulunmaktadır. Buna göre en yüksek değerli Almanya (537) ilk sırada, Fransa (411) ikinci sırada, Japonya (388) üçüncü ABD (314) dördüncü ve İtalya (207) beşinci sırada yer almışlardır. Değeri yüksek olan ülkelerin bağlantıları az olsa da (yani bağlantı sayısı çok olması değerin yüksek olacağı anlamına gelmez bağlantının önemli olması değerin yüksek olacağı anlamına gelmektedir) önemli bağlantılara sahip olduğu 1996 yılı ağ görselinde de görülmüştür.

Tablo 3.2. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Endüstriyel Robot Küresel İhracat Ağı Eigen vektör Analizi Sonuçları

Ülkeler	1996	2000	2010	2013	2018	2019	2020	2021	2022
1 Arjantin	42	2	4	4	2	4	3	1	18
2 Avustralya	58	7	11	11	8	10	10	10	9
3 Avusturya	95	51	31	45	43	33	24	19	19
4 Belçika	182	5	9	10	19	33	16	12	8
5 Brezilya	103	20	41	34	27	23	14	11	9
6 Kanada	177	183	55	64	47	59	51	36	45
7 Şili	1	0	1	1	1	2	2	1	2
8 Çin	66	20	376	472	559	523	562	600	567
9 Hong Kong	11	7	36	28	38	54	28	24	14
10 Kolombiya	2	0	1	2	1	1	1	0	0
11 Çekya	13	6	15	23	14	19	15	8	7
12 Danimarka	12	8	7	9	68	92	70	60	58
13 Mısır	2	7	18	0	1	1	1	1	1
14 Etiyopya	3	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Finlandiya	116	46	5	5	11	7	5	3	4
16 Fransa	411	149	55	4	76	99	59	63	62
17 Almanya	537	259	280	298	223	216	156	124	125
18 Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Macaristan	195	6	15	10	0	9	10	4	4
20 Hindistan	14	13	10	51	49	84	46	40	62
21 Endonezya	1	3	13	21	12	15	15	9	125
22 İran	5	1	2	1	1	0	1	1	0
23 İsrail	14	19	5	5	4	4	3	6	21
24 İtalya	207	3	0	54	79	111	65	39	63
25 Japonya	388	613	649	618	656	638	671	682	678
26 Kazakistan	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27 Meksika	79	46	28	72	55	56	39	31	61
28 Hollanda	29	175	208	132	37	52	35	26	28
29 Y. Zelanda	1	1	4	4	4	4	3	3	1
30 Norveç	12	5	2	3	2	8	2	1	1

Ülkeler	1996	2000	2010	2013	2018	2019	2020	2021	2022
31 Filipinler	13	5	9	3	5	4	2	3	2
32 Polonya	12	5	8	8	11	27	12	6	5
33 G. Kore	164	116	323	245	175	212	156	124	98
34 Rusya	6	2	11	11	12	45	5	5	13
35 S. Arabistan	1	0	1	2	1	1	1	1	3
36 Singapur	51	60	42	35	49	57	71	72	19
37 İspanya	168	30	18	0	27	31	11	10	10
38 İsveç	173	147	70	65	64	36	33	28	23
39 İsviçre	66	44	36	33	15	30	14	9	18
40 Tayland	14	7	66	58	51	66	39	46	11
41 Türkiye	22	1	4	17	12	14	8	8	9
42 Ukrayna	0	0	0	0	0	1	0	0	0
43 Vietnam	0	1	8	10	35	45	50	18	71
44 İngiltere	179	113	29	37	27	55	37	27	42
45 ABD	314	635	427	438	363	396	384	344	404
46 G. Afrika	13	5	9	8	2	12	3	5	7
47 Malezya	30	29	38	21	34	27	30	25	35

2000 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artarak 11 ülkeye çıkmıştır ve maksimum 634 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değeri ABD (635) olarak Almanya'yı geride bırakmıştır. İkinci en yüksek değerli ülke değerini yükselten Japonya (613), üçüncü Almanya (259), dördüncü en yüksek ülke Kanada (183) olduğu tespit edilmiştir. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2000 yılı ağ görselinde de fark edilmiştir.

2010 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre azalarak 7 ülkeye düşmüş ve maksimum 649 değerlerini alan bir ülke öne çıkmıştır. Buna göre en yüksek değerli ülke Japonya (649) ABD'yi geride bırakmıştır. İkinci en yüksek değerli ülke bir önceki döneme göre düşüş yaşayan ABD (427), üçüncü sırada yükselişe geçen Çin (376) ve dördüncü sırada yükselişe geçen Güney Kore (323) yer almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2010 yılı ağ görselinde de öne çıkmıştır.

2013 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekiyle aynı 7 ülke ve maksimum 618 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değeri Japonya (618) ikinci en yüksek değeri bir önceki döneme göre çıkışını sürdüren Çin (472) almıştır. Üçüncü en yüksek değeri düşüşü devam eden ABD (438) almış, dördüncü en yüksek değeri ise bir önceki döneme göre yükselişe geçen Almanya (297) almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2013 ağ görselinde de öne çıkmıştır.

2018 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artmış ve 8 ülkeye çıkmıştır. Maksimum 656 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre ilk sırada Japonya (656) liderliğini korumuştur. İkinci en yüksek değerli ülke bir önceki

döneme göre çıkışını sürdüren Çin (559), üçüncü sırada bir önceki dönemdeki yerini koruyan ABD (363) yer almış, dördüncü sırada bir önceki dönemki yerini koruyan Almanya (223) yer almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2018 yılı ağ görselinde de görülmüştür.

2019 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir önceki döneme göre azalmış ve 4'e düşmüş, maksimum 638 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değerli ülke Japonya (638) liderliğini korumuş, ikinci en yüksek değerli ülke bir önceki döneme göre çıkışını sürdüren Çin (523), üçüncü sırada bir önceki dönemki yerini koruyan ABD (396), dördüncü sırada bir önceki dönemki yerini koruyan Almanya (216) yer almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2019 yılı ağ görselinde de görülmüştür.

2020 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artmış ve 8'e çıkmış, maksimum 671 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değeri Japonya (671) olarak liderliğini korumuştur. İkinci en yüksek değerli ülke bir önceki döneme göre yerini koruyan Çin (562), üçüncü sırada bir önceki dönemki yerini koruyan ABD (383), dördüncü sırada bir önceki dönemki yerini koruyan Almanya (166) yer almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2020 ağ görselinde de öne çıkmıştır.

2021 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre artmış 9'a çıkmış ve maksimum 682 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değeri Japonya (682) olarak liderliğini korumuştur. İkinci en yüksek değeri bir önceki döneme göre yerini koruyan Çin (600), üçüncü en yüksek değeri bir önceki dönemki yerini koruyan ABD (344) almıştır. Dördüncü en yüksek değeri Almanya ve Güney Kore (124) almışlardır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2021 ağ görselinde de öne çıkmıştır.

2022 yılı öz vektör merkeziliği minimum 000 değerini alan ülke sayısı bir öncekine göre 6'ya düşmüş ve maksimum 678 değerlerini alan bir ülke görülmüştür. Buna göre en yüksek değeri Japonya (678) almıştır. İkinci en yüksek değeri bir önceki döneme göre yerini koruyan Çin (567) almıştır. Değeri yüksek olan ülkelerin önemli bağlantılara sahip olduğu 2022 ağ görselinde de öne çıkmıştır.

İki farklı ürün için genel çıkarım olarak;

1995 nadir elemenler ticaretinde lider ülkeler Asya'dan Çin ve Japonya ve Amerika kıtasından ABD ve Avrupa'dan Hollanda olduğu görülmüştür. 1996 yılı endüstriyel robot

ticaretinde Avrupa'dan Almanya ve Fransa ilk iki sırada yer alırken, Asya'dan Japonya üçüncü ve ABD dördüncü sırayı paylaşmışlardır.

2000 yılı nadir elemenler ticaretinde Çin ve Japonya Asya ülkeleri, ardından ABD ve Avrupa ülkesi Almanya gelmektedir. Endüstriyel robot ticaretinde ABD liderliği almış ardından Japonya, Almanya ve Kanada gelmektedir.

2010 yılı nadir elemenler ticaretinde Asya ülkelerinden Çin, Japonya ve Hong Kong ilk sıralarda, Almanya ve ABD diğer sıralarda yer almışlardır. Endüstriyel robotta ise Japonya ilk sırada, ABD, Çin, Güney Kore diğer sıraları paylaşmışlardır. Her iki ürün ticaretinde ülkeler bu dönemde de birbirine benzeştikleri görülmüştür.

2013 yılı nadir elemenler ticaretinde Asya ülkelerinden Japonya, Vietnam, Filipinler ve Çin ilk dört ülke, Almanya ve ABD diğer sıraları paylaşmışlardır. Endüstriyel robotta ise Japonya ve Çin Asya ülkeleri, Amerika kıtasından ABD ve Avrupadan Almanya yer aldığı görülmüştür.

2018 nadir elementler ticaretinde Asya'dan Japonya, Çin, Tayland ve Vietnam yer almış, endüstriyel robot ticaretinde ise Japonya, Çin Asya'dan ve Amerika kıtasından ABD ve Avrupa'dan Almanya yer aldığı görülmüştür.

2019 yılı nadir elementler ticaretinde Japonya, Çin, Tayland ve Vietnam gibi ülkeler ilk sıraları yer aldığı görülürken endüstriyel robot ticaretinde Japonya, Çin, ABD ve Almanya gibi ülkeler ilk sıraları paylaştıkları görülmüştür.

2020 nadir elementler ticaretinde Japonya, Çin, Tayland ve Vietnam ilk sıralarda yer alırken, endüstriyel robot ticaretinde Japonya, Çin, ABD ve Almanya ilk sıralarda yer alan ülkeler olarak öne çıkmıştır.

2021 yılı nadir elementler ticaretinde Çin, Japonya, ABD, Vietnam ilk sıralarda yer alırken, endüstriyel robot ticaretinde Japonya, Çin, ABD, Almanya ve Güney Kore ilk sıralarda yer aldıkları görülmüştür.

2022 yılında nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde Çin ve Japonya ilk sıralarda yer aldıkları görülmüştür.

Bütün dönemlerde de ürünlerin ticaretinde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler genelde birbirine benzedikleri görülmüştür. Çünkü nadir elementler, endüstriyel robotlar gibi yüksek teknoloji ürünlerin üretiminde girdi olduğundan bu ülkelerin yer altı ürünü olan nadir elementleri çıkartabilecek teknolojiye sahip olmaları bu ürünün ihracatında da üstünlük elde etmelerinde bir ekten olduğu düşünülmektedir. Ayrıca genel olarak her iki üründe de Japonya ve Çin gibi Asya ülkelerinin çok dominant oldukları görülmüştür. Yine özellikle endüstriyel robotlar gibi ileri teknoloji ürünlerin G20 ve OECD ülkelerinin dominantlığı öne

çıkılmaktadır. Ayrıca olumsuz ve olumlu dönemlerde istatistiki değerlerde artış ve azalışlar görülmüştür.

Tablo 3.3. 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Merkezilik (in Degree-out Degree) Analizi Sonuçları

	1996		2000		2010		2013		2018		2019		2020		2021		2022	
Ülkeler	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen
Arjantin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avustralya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avusturya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belçika	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brezilya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kanada	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Şili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çin	34	0	29	0	26	1	17	0	24	0	25	1	27	2	28	1	23	0
Hong Kong	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Danimarka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fransa	2	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Almanya	1	5	2	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hindistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Endonezya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	9	0	0
Japonya	0	21	0	20	0	12	0	51	2	23	3	26	3	35	0	19	1	21
Kazakistan	0	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hollanda	0	0	0	2	0	1	0	1	0	2	1	1	2	1	0	1	0	0
Y. Zelanda	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norveç	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filipinler	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Polonya	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G.Kore	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	2	0	1	0	0
Rusya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
S. Arabistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Singapur	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İspanya	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
İsveç	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İsviçre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tayland	0	0	0	0	0	1	0	1	6	0	9	0	18	0	14	1	3	0
Türkiye	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	5	0	4	0	8	0	3
İngiltere	1	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Amerika	4	7	2	4	1	1	0	2	1	1	0	1	1	3	0	3	0	1
G. Afrika	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malezya	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malavi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grönland	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1995 yılı gelen ve giden bağlantıya bakıldığında sadece 5 tane giden bağlantının kurulduğu görülmekte bunlar Çin (34), Singapur (2), Almanya (1) ve Fransa (2), gelen bağlantıya da ise 9 tane olduğu bunların Japonya (21), ABD (7), Almanya (5), İngiltere (3), Fransa (2), Avusturya (1) ve Brezilya (1)'dan oluştuğu görülmüştür.

2000 yılında giden bağlantı sayısı bir önceki döneme göre 4'e düşmüştür. Buna göre Çin (29) bir önceki döneme göre azalmış, ABD (2) artmış, Almanya (2), Japonya (1) ve Singapur (1) bağlantılarıyla öne çıkmıştır. Gelen bağlantı da ise bağlantı kuran ülke sayısı 10' yükselmiş, Japonya (20), ABD (4), Almanya (3), Hollanda (2), Fransa (1), İspanya (1), Kanada (1), İngiltere (1), Malezya (1) ve Hong Kong (1) bağlantılarıyla öne çıkmışlardır.

2010 yılında giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki döneme göre 5'e çıkmış buna göre Çin (26), Hong Kong (2), Estonya (1) ve ABD (1) bağlantı sayılarıyla öne çıkmışlardır. Gelen bağlantıya sahip ülke sayısı 8'e düşmüş buna göre Japonya (21), Almanya (2), Fransa (1), ABD (1), İngiltere (1), Hollanda (1), Tayland (1), Çin (1) ve Güney Kore (1) gibi ülkeler öne çıkmıştır.

2013 dönemi giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki döneme göre artmış ve 8'e çıkmıştır. Buna göre Vietnam (19), Çin (17), Filipinler (16), Hong Honk (3), ABD (2), Kazakistan (2) ve Hollanda (1) öne çıkmışlardır. Gelen bağlantıda ülke sayısı bir önceki dönemle aynı kalmış ve 10 tanedir. Buna göre Japonya (51), ABD (2), İngiltere(1), Vietnam(1), Tayland(1), Filipinler(1), Hollanda(1), Almanya(1), Fransa(1), Çin(1) ve Belçika (1) gibi ülkeler öne çıkmıştır.

2018 döneminde giden bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki döneme göre azalmış ve 4'e düşmüştür. Buna göre Çin (24), Tayland (6), Japonya (2), ABD (1) bağlantılarıyla öne çıkmışlardır. Giden bağlantıya sahip ülke sayısı ise bir önceki döneme göre azalmış ve 8'e düşmüştür. Buna göre Japonya (23), Vietnam (3), Hollanda (2), İtalya (1), Filipinler(1), İngiltere(1), İspanya(1), ABD(1) ve Güney Kore (1)'nin bağlantı kuran önemli ülkeler olduğu tespit edilmiştir.

2019 döneminde giden bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki dönemki gibi 4 tanedir. Buna göre Çin (25), Tayland (9), Japonya (3) ve Hollanda (1) önemli bağlantılarıyla öne çıkmışlardır. Gelen bağlantıya sahip ülke sayısı ise bir önceki döneme göre azalmış ve 6'ya düşmüştür. Buna göre Japonya (26), Vietnam (5), Güney Kore (2), Güney Kore (1), ABD (1), Hollanda (1) ve İspanya (1) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları tespit edilmiştir.

2020 yılında giden bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki döneme göre artmış 7'ye yükselmiştir. Buna göre Çin (27), Tayland (18), Japonya (3), Hollanda (3), Rusya (1), Güney Kore (1) bağlantıya sahiptir. Gelen bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki döneme göre artmış ve 9'a çıkmıştır. Buna göre Japonya (35), ABD (3), Güney Kore (2), Hollanda (1), İtalya (2), İspanya (1), Almanya (1) ve Hindistan (1) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları görülmüştür.

2021 yılı giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki döneme göre azalmış ve 3'e düşmüştür. Buna göre Çin (28), Tayland (4) ve Rusya (1) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları görülmüştür. Gelen bağlantı sayısı bir önceki döneme göre artmış ve 11'e çıkmıştır. Buna

göre Japonya (19), İtalya (9), Vietnam (8), ABD (3), Çin (1), Meksika (1), Güney Kore (1), Rusya (1) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları görülmüştür.

2022 yılı giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki döneme göre azalmış ve 3'e düşmüştür. Buna göre Çin (21), Tayland (3) ve Japonya (1) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları görülmüştür. Gelen bağlantı sayısı bir önceki döneme göre azalmış ve 3'e düşmüştür. Buna göre Japonya (23), ABD (1) ve İngiltere (3) önemli bağlantılarıyla öne çıktıkları görülmüştür.

Tablo 3.4. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Merkezilik (in Degree-out Degree) Analizi Sonuçları

	1996		2000		2010		2013		2018		2019		2020		2021		2022	
Ülkeler	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen	Giden	Gelen
Arjantin	0	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Avustralya	0	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Avusturya	11	7	6	1	6	3	7	5	6	2	6	3	4	2	3	2	3	2
Belçika	0	20	1	1	1	1	2	1	2	3	4	3	2	2	1	2	2	1
Brezilya	0	11	0	2	0	5	0	7	0	2	0	3	0	2	0	1	0	1
Kanada	4	19	0	8	3	6	3	5	2	3	4	5	2	4	2	3	3	9
Şili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çin	0	11	0	3	4	32	7	41	6	33	9	38	7	30	6	27	9	32
Hong Kong	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	0	1	0	1	1	3	2	4	0	3	0	4	0	3	0	2	0	2
Danimarka	2	2	0	1	2	1	0	1	7	1	11	1	7	1	6	1	7	1
Mısır	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	19	3	5	2	2	0	9	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0
Fransa	51	20	12	5	10	5	42	5	9	4	13	7	7	4	6	3	6	3
Almanya	75	58	16	17	33	23	0	18	20	15	27	19	17	12	14	9	16	9
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	8	0	1	2	2	0	2	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1
Hindistan	0	2	0	1	0	3	0	5	0	4	1	7	0	3	0	2	0	2
Endonezya	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
İran	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	0	2	0	1	0	1	13	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
İtalya	27	12	7	4	8	4	69	4	12	4	18	5	11	3	7	3	6	5
Japonya	73	4	43	2	82	3	0	2	49	2	54	3	46	2	41	1	45	2
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	0	8	0	3	0	3	3	6	1	5	1	6	1	3	0	3	2	5
Hollanda	0	4	1	8	3	14	0	9	4	2	6	4	3	3	2	2	3	3
Y. Zeland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norveç	0	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Filipinler	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Polonya	0	2	0	1	0	3	10	2	0	3	0	5	0	3	0	2	0	2
G. Kore	5	21	1	5	7	19	0	10	5	7	8	9	5	0	3	6	3	5
Rusya	0	1	0	0	0	2	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
S. Arabistan	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Singapur	0	6	1	3	4	2	3	2	3	3	5	5	2	5	3	2	2	3
İspanya	1	18	2	4	2	3	8	4	2	4	2	4	2	3	2	2	0	3
İsveç	21	9	8	4	10	3	4	2	5	2	5	2	4	1	3	1	4	1
İsviçre	5	7	2	3	5	3	0	4	2	2	3	3	2	2	1	2	7	2
Tayland	0	2	0	0	0	5	0	4	0	4	0	7	0	3	0	3	0	1
Türkiye	0	5	0	0	0	1	0	3	0	2	1	2	0	1	0	2	0	2
Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	0	0	0	0	1	1	2	1	3	1	4	4	4	1	0	1	6	1
İngiltere	5	22	3	9	3	4	11	5	2	3	4	4	3	2	2	2	4	2
ABD	38	28	21	36	14	36	0	34	7	27	9	33	7	28	6	22	9	31
G. Afrika	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Malezya	0	6	0	2	0	4	0	2	0	2	0	2	0	2	0	1	1	2

1996 yılı endüstriyel robot ticaretine bakıldığında 15 ülkenin giden bağlantısı bulunmaktadır. Buna göre en yüksek bağlantıya sahip ilk beş ülke Japonya (73), Almanya (75), Fransa (51), ABD (38), İtalya (27) ve İsveç (21) olarak öne çıkmıştır. Gelen bağlantıya sahip ülke sayısı 38 tane olup Almanya (58), ABD (28), İngiltere (22), Güney Kore (21), Belçika ve Fransa (20) ve Kanada (19) olarak öne çıkmıştır.

2000 yılı giden bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki yıla göre artmış 16'ya çıkmıştır. Buna göre Japonya (43), ABD (21), Almanya (16), Fransa (12) ve İsveç (8) en fazla bağlantıya sahip ilk dört ülke olarak öne çıkmıştır. Gelen bağlantıya sahip ülke sayısı bir önceki döneme göre azalıp 29'a düşmüş buna göre ABD (36), Almanya (17), Güney Kore (5) ve Fransa (5) en fazla bağlantıya sahip ilk dört ülke olarak sıralandıkları görülmüştür.

2010 yılı giden bağlantıya sahip ülke sayısı artarak 22'ye çıkmış, buna göre Japonya (82), Almanya (33), ABD (14), İsveç (10) ve Fransa (10) en fazla bağlantıya sahip ilk beş ülke olarak sıralandıkları görülmüştür. Gelen bağlantıda ülke sayısı bir önceki döneme göre artmış 38'e çıkmış buna göre ABD (36), Çin (32), Almanya (23), Güney Kore (19) ve Hollanda (14) en fazla bağlantıya sahip ilk beş ülke oldukları tespit edilmiştir.

2013 döneminde giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki dönemle aynı olup 22 tanedir. Buna göre Japonya (69), Almanya (42), İtalya (13), ABD (11), Güney Kore (10) en fazla bağlantıya sahip ilk beş ülke oldukları tespit edilmiştir. Gelen bağlantı sayısı ise bir önceki döneme göre azalıp 36'ya düşmüştür. Buna göre Çin (41), ABD (34), Almanya (18), Güney Kore (10) ve Hollanda (9) en fazla bağlantıya sahip ilk beş ülke olarak öne çıkmıştır.

2018 dönemi giden bağlantı kuran ülke sayısı önceki döneme göre 21'e düşmüş Japonya (49), Almanya (20), İtalya (12), Fransa (9) ve Güney Kore (5) en fazla bağlantıya sahip ilk beş ülke olarak sıralanmıştır. Gelen bağlantı kuran ülke sayısı ise bir önceki döneme göre ve 31'e düşmüş Çin (33), ABD (27), Almanya (15) ve Güney Kore (7) olarak en fazla değerleri aldıkları görülmüştür.

2019 dönemi giden bağlantı kuran ülke sayısı önceki döneme göre artarak 23'e çıkmış Japonya (54), Almanya (27), İtalya (18), Fransa (13) ve ABD (9) olarak ilk beş ülke şeklinde sıralandığı görülmüştür. Gelen bağlantı kuran ülke sayısı ise bir önceki döneme göre artmış ve 35'e çıkmış Çin (38), ABD (33), Almanya (19), Güney Kore (9) ve Tayland (8) şeklinde en yüksek değerleri aldıkları görülmüştür.

2020 dönemi giden bağlantı kuran ülke sayısı önceki döneme göre 21'e düşmüş Japonya (46), Almanya (17), İtalya (11), ABD (7) ve Çin (7) olarak sıralandıkları görülmüştür. Gelen bağlantı kuran ülke sayısı ise bir önceki döneme göre 32'ye düşmüş Çin

(30), ABD (28), Almanya (12) ve Güney Kore (8) şeklinde en yüksek değerleri alan ülkeler olarak sıralandığı görülmüştür.

2021 dönemi giden bağlantı kuran ülke sayısı önceki döneme göre 18'e düşmüş Japonya (41), Almanya (14), İtalya (7), Çin (6), Fransa (6) ve ABD (6) şeklinde en yüksek değerleri alan ülkeler olarak sıralanmıştır. Gelen bağlantı kuran ülke sayısı ise bir önceki dönemle aynı şekilde 32'dir. Buna göre Çin (27), ABD (22), Almanya (9) ve Güney Kore (6) bağlantıya sahip ilk dört ülke olarak öne çıkmıştır.

2022 yılı giden bağlantı kuran ülke sayısı bir önceki döneme göre artmış ve 23 çıkmıştır. Buna göre Japonya (45), Almanya (16) ve Çin (9) önemli bağlantılarıyla öne çıkmışlardır. Gelen bağlantı sayısı bir önceki döneme göre artmış ve 34'e çıkmıştır. Buna göre Çin (32), ABD (31) ve Almanya (9) önemli bağlantılarıyla öne çıkmışlardır.

Tablo 3.5. Sırasıyla 1995, 2000, 2010, 2013 ve 2018 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları

Ülkeler	1996		2000		2010		2013		2018	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Arjantin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avustralya	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Avusturya	0	4	0	18	0	3	0	0	0	3
Belçika	1	19	0	14	0	4	0	0	0	0
Brezilya	0	10	0	2	0	4	0	0	0	1
Kanada	0	0	0	3	0	3	0	1	0	13
Şili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çin	996	0	999	0	997	0	8	0	977	0
Hong Kong	5	11	2	14	75	16	0	0	0	0
Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Danimarka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fransa	21	67	0	6	0	0	0	0	0	0
Almanya	1	178	1	143	0	76	0	7	0	6
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hindistan	0	4	0	4	0	5	0	0	0	13
Endonezya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İran	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0	3	0	0	0	0	0	1	0	29
Japonya	2	937	2	969	0	991	0	0	2	994
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hollanda	1	44	1	86	0	59	0	3	0	77
Y. Zelanda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norveç	2	15	0	4	0	0	0	0	0	0
Filipinler	0	0	0	0	0	0	537	0	1	0

Ülkeler	1996		2000		2010		2013		2018	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Polonya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G.Kore	0	22	0	1	1	38	0	1	1	28
Rusya	1	0	0	0	0	2	0	1	0	6
S. Arabistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Singapur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İspanya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
İsveç	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
İsviçre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tayland	0	6	0	16	15	48	0	0	211	4
Türkiye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	0	0	0	0	0	0	646	13	0	34
İngiltere	10	84	3	45	0	29	0	9	1	10
Amerika	81	277	39	176	0	66	2	7	2	35
G. Afrika	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Malezya	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Malavi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grönland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 3.5 ve 3.6’da 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yılları seçilmiş ülkeler nadir elementler ihracat ağı hub ve otorite analizi sonuçları verilmektedir. Buna göre hub ve otorite konumunda olan ülkeler yıllara göre değişiklik göstermiştir.

Tablo 3.6. Sırasıyla 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları

Ülkeler	2019		2020		2021		2022	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Arjantin	0	0	0	0	0	4	0	1
Avustralya	0	0	0	0	0	0	0	0
Avusturya	0	1	0	0	0	2	0	0
Belçika	0	0	0	0	0	0	0	0
Brezilya	0	1	0	6	0	6	0	1
Kanada	0	11	0	10	0	13	0	4
Şili	0	0	0	0	0	0	0	0
Çin	937	0	771	17	999	0	0	0
Hong Kong	0	1	0	0	0	0	0	0
Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	0	0	0	0	0	0	0	0
Danimarka	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	0	0	0	0	0	0	0	0
Fransa	0	0	0	1	0	0	0	0
Almanya	0	6	0	15	0	15	0	4
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	0	0	0	0	0	0	0

Ülkeler	2019		2020		2021		2022	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Hindistan	0	16	0	21	0	30	0	7
Endonezya	0	0	0	0	0	0	0	0
İran	0	1	0	1	0	2	0	0
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0	15	0	7	0	51	0	5
Japonya	4	993	4	995	0	984	0	999
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	0	0	0	0	0	0	0	0
Hollanda	0	59	0	42	0	64	0	11
Y. Zelanda	0	0	0	0	0	0	0	0
Norveç	0	0	0	0	0	0	0	0
Filipinler	0	0	0	0	0	0	0	0
Polonya	0	0	0	0	0	0	0	0
G.Kore	0	77	1	46	0	46	0	15
Rusya	0	9	2	11	6	32	0	8
S. Arabistan	0	0	0	0	0	0	0	0
Singaur	0	1	0	0	0	0	0	0
İspanya	0	30	0	6	0	5	0	3
İsveç	0	0	0	0	0	0	0	0
İsviçre	0	0	0	1	0	1	0	0
Tayland	350	12	637	2	49	29	30	1
Türkiye	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	0	37	0	43	0	83	0	3
İngiltere	1	6	1	11	1	22	0	8
Amerika	2	37	1	63	2	111	0	21
G. Afrika	0	0	0	0	0	0	0	0
Malezya	0	0	0	0	0	0	0	0
Malavi	0	0	0	0	0	0	0	0
Grönland	0	0	0	0	0	0	0	0

Nadir elementlerde 1996 yılında Çin (996) en yüksek otorite değerine sahip ülke olurken, ABD (40) ikinci sırada yer almış, Japonya (937) en yüksek Hub değerine sahip olurken, ABD (295) ikinci sırada yer aldığı görülmüştür. 2000 yılında Çin (999) en yüksek otorite değerine sahip olurken, ABD (39) ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiş ve Japonya (969) en yüksek hub değerine sahip olurken, ABD (176) ise ikinci sırada görülmüştür. 2010 yılında en yük otorite değerine Çin (997) sahipken, Hong Kong (75) ikincinci sırada yer almış, Japonya (991) en yüksek Hub değerine sahipken Almanya (76) ikinci sırada görülmüştür. 2013 yılında Vietnam (646) en yüksek otorite değerine sahip olurken ardından Çin (542) ve Filipinler (537) ikinci ve üçüncü sıraları almıştır, Japonya (1000) en yüksek hub değerine sahip olurken ardından Vietnam (13)'ın geldiği tespit edilmiştir. 2018 yılında en yüksek otorite değerini Çin (977), ikinci ise Tayland (211) almıştır. Japonya (994) ve Hollanda (77)'nin ise bu dönemde en yüksek hub değerine sahip ilk iki ülke olduğu görülmüştür.

2019 yılında Çin (937) ve Tayland (350) en yüksek otorite değerine sahip ilk iki ülke ve Japonya (993) ve Güney Kore (77) en yüksek hub değerli ilk iki ülke olarak sıralanmışlardır. 2020 yılında Çin (771) ve Tayland (637) en yüksek otorite değerine sahip ilk iki ülke ve Japonya (995) ve Güney Kore (46) ise en yüksek hub değerine sahip ilk iki ülke olarak görülmüştür. 2021 yılına gelindiğinde ise Çin (999) ve Rusya (6) en yüksek otorite değerine sahip ilk iki ülke olarak öne çıkmış, Japonya (984) ve ABD (111) ise en yüksek hub değerine sahip ilk iki ülke olarak sıralanmıştır. 2022 yılında ise en yüksek hub değerine Tayland(30), otorite değerine ise Japonya (999) sahip olmuştur.

Genel çıkarım olarak sadece 2013 yılında otorite liderliğini Vietnam almış, 2022 yılında ise Tayland almış diğer bütün dönemlerde ise Çin otorite durumunda yer almıştır. Japonya'nın bütün yıllarda en yüksek hub durumunda oldu tespit edilmiştir. Ayrıca bütün dönemlerde Asya ülkeleri hub ve otorite konumlarında lider oldukları görülmüştür. Bunun yanında yüksek değere sahip diğer ülkeler ABD ve Avrupa ülkeleridir. G20 ve OECD ülkelerinin hub ve otorite değerlerindeki yüksekliğiyle bütün dönemleri domine ettikleri öne çıkmıştır.

Tablo 3.7. Sırasıyla 1996, 2000, 2010, 2013 ve 2018 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları

Ülkeler	1996		2000		2010		2013		2018	
	Merkez (ihracatçı)	Otorite (ithalatçı)	Merkez (ihracatçı)	Otorite (ithalatçı)	Merkez (ihracatçı)	Otorite (ithalatçı)	Merkez (ihracatçı)	Otorite (ithalatçı)	Merkez (ihracatçı)	Otorite (ithalatçı)
Arjantin	0	70	0	2	0	4	0	3	0	2
Avustralya	1	62	1	9	0	10	3	10	1	5
Avusturya	133	59	0	9	27	19	33	37	45	13
Belçika	0	329	2	4	11	3	8	5	12	10
Brezilya	0	89	0	16	0	35	0	33	0	33
Kanada	28	229	0	183	48	32	47	50	36	34
Şili	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Çin	1	89	0	26	24	510	40	664	22	816
Hong Kong	5	8	1	8	21	34	28	15	37	20
Kolombiya	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0
Çekya	4	12	0	6	5	9	3	28	1	13
Danimarka	4	11	3	6	3	3	9	3	77	3
Mısır	0	3	0	12	0	28	0	0	0	0
Etiyopya	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Finladiya	185	16	42	21	5	1	6	2	15	1
Fransa	565	147	186	42	54	23	67	27	83	17
Almanya	289	666	247	172	239	193	343	122	195	136
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	72	0	5	7	3	2	11	1	8
Hindistan	0	24	0	22	0	4	0	64	0	61
Endonezya	0	1	0	5	0	20	0	31	0	13
İran	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0
İsrail	0	14	0	7	4	2	3	3	2	3
İtalya	207	152	46	26	28	19	56	28	92	20

Ülkeler	1996		2000		2010		2013		2018	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Japonya	663	25	933	9	959	4	916	9	961	4
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Meksika	0	62	5	15	5	16	0	42	9	28
Hollanda	3	32	4	270	8	324	6	200	18	26
Y. Zelanda	0	2	0	1	0	5	1	6	0	2
Norveç	0	12	1	4	1	2	1	3	0	2
Filipinler	0	19	0	5	0	7	0	3	0	4
Polonya	0	16	0	5	0	8	1	9	1	11
G. Kore	3	331	7	116	69	441	149	241	0	186
Rusya	0	5	0	1	1	6	0	11	0	6
S. Arabistan	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0
Singapur	0	75	1	51	26	40	6	43	12	56
İspanya	9	239	11	32	3	15	8	34	16	18
İsveç	138	72	132	93	82	23	73	27	52	43
İsviçre	69	57	17	21	25	9	15	18	11	11
Tayland	0	21	0	9	0	100	0	86	1	59
Türkiye	0	11	0	0	0	3	0	17	1	11
Ukrayna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	0	0	0	1	2	10	1	12	32	2
İngiltere	35	264	45	123	17	21	9	43	24	14
ABD	198	234	79	917	28	619	41	646	25	511
G. Afrika	0	13	0	5	0	11	1	9	0	3
Malezya	0	49	0	18	2	26	1	25	1	39

Tablo 3.7 ve 3.8' göre endüstriyel robotlarda 1996 yılında Japonya (663) ile en yüksek otorite değerine sahip ülke olurken, Fransa (564) ikinci sırada yer almıştır. Almanya (666) ve Güney Kore (331) en yüksek hub değerine sahip ülkeler olarak öne çıkmıştır. 2000 yılında Japonya (933) en yüksek otorite değerine sahip olurken, ABD (917) en yüksek hub değerine sahip ülkeler, 2010 yılında ise Japonya (959) en yüksek otorite, ABD (619) en yüksek hub değerine sahip ülkeler olarak öne çıkmıştır. 2013 yılında Japonya (916) en yüksek otorite, Çin (664) en yüksek hub değerine sahip ülkeler olarak sıralanmışlardır. 2018 yılında Japonya (961) ile en yüksek otorite değerine sahip olurken, Çin (816) en yüksek hub değeriyle öne çıkan ülkedir.

Tablo 3.8. Sırasıyla 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Hub ve Otorite Analizi Sonuçları

Ülkeler	2019		2020		2021		2022	
	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)	Merkez (İhracatçı)	Otorite (İthalatçı)
Arjantin	0	3	0	3	0	1	0	1
Avustralya	3	8	1	5	1	5	2	3
Avusturya	33	15	22	12	16	10	18	99
Belçika	30	12	13	6	10	4	6	2
Brezilya	0	25	0	13	0	11	0	7
Kanada	50	41	36	38	25	24	47	12
Şili	0	1	0	1	0	0	1	0
Çin	31	765	20	815	17	864	19	816
Hong Kong	62	22	22	15	22	11	10	8
Kolombiya	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	2	20	0	11	1	6	0	5
Danimarka	103	4	83	3	69	1	67	1
Mısır	0	1	0	0	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0
Finladiya	7	1	6	1	4	1	4	1
Fransa	107	37	72	12	81	7	80	5
Almanya	206	117	162	77	17	59	108	65
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	1	8	0	11	0	3	1	2
Hindistan	2	91	2	35	1	43	2	33
Endonezya	0	18	0	15	0	9	0	9
İran	0	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	2	3	3	2	2	3	0	27
İtalya	138	25	77	15	42	9	34	11
Japonya	942	7	971	4	983	2	980	4
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	12	23	28	11	10	12	38	32
Hollanda	29	37	22	24	14	20	10	18
Yeni Zelanda	1	4	0	3	2	3	0	1
Norveç	0	4	0	1	0	1	0	1
Filipinler	0	5	0	3	0	3	0	1
Polonya	2	25	2	9	1	5	0	4
G. Kore	111	218	51	169	39	121	42	95
Rusya	0	6	1	2	1	2	0	1
Sudi Arabistan	0	1	0	1	0	0	0	0
Singapur	14	56	15	87	26	78	16	8
İspanya	20	20	6	8	6	6	6	4
İsveç	24	28	31	17	25	14	30	1
İsviçre	21	16	7	6	6	6	8	3
Tayland	0	71	3	39	1	43	0	1
Türkiye	1	15	0	7	0	7	0	6
Ukrayna	0	1	0	0	0	0	0	0
Vietnam	34	21	53	13	0	8	81	9
İngiltere	57	24	41	11	30	5	50	5
ABD	24	570	23	534	19	471	16	562
G. Afrika	1	14	0	4	0	5	0	3
Malezya	1	40	0	35	0	27	6	29

2019 yılında Japonya (942) ile en yüksek otorite değerine sahip olurken, Çin (765) en yüksek hub değerine sahip ülke olarak öne çıkmıştır. 2020 yılında Japonya (971) en yüksek otorite, Çin (815) ise en yüksek hub değerine sahip ülke oldukları tespit edilmiştir. 2021 yılında Japonya (983) en yüksek otorite, Çin (864) ise en yüksek hub değerine sahip ülkeler olarak öne çıkmıştır. 2022 yılında ise otorite durumunda Japonya(980) ve hub durumunda ise Çin(816) görülmüştür.

Genel çıkarım olarak otorite liderliğini bütün yıllarda Japonya almış, hub lideri ise 1996 yılında Almanya, 2000 ve 2010 yıllarında ABD ve diğer dönemlerin hepsinde hub lideri Çin olmuştur. Ayrıca bütün dönemlerde Asya ülkeleri hub ve otorite değerlerindeki yüksek skorlarıyla diğer ülkeleri domine etmiştir. Bunun yanında yüksek değere sahip diğer ülkeler ABD ve Avrupa ülkeleri olmak üzere G20 ve OECD üyesi ülkelerin hub ve otorite değerlerinin yüksek olduğu ve bütün dönemleri domine ettikleri de görülmüştür.

Tablo 3.9. 1996, 2000, 2010 ve 2013 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

Ülkeler	1996				2000				2010				2013			
	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Arjantin	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6	50	1	0	0	0
Avustralya	2	1	2	50	3	3	6	50	4	11	12	92	4	12	12	100
Avusturya	4	4	12	33	7	22	42	52	6	17	30	57	6	25	30	83
Belçika	8	18	56	32	13	51	156	33	29	114	812	14	29	145	812	18
Brezilya	4	7	12	58	3	5	6	83	6	22	30	73	6	21	30	70
Kanada	1	0	0	0	2	0	2	100	5	12	20	0	6	25	30	83
Şili	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	20	0	0	0	0
Çin	19	58	342	17	24	93	552	17	21	85	420	38	21	115	420	27
Hong Kong	6	14	30	47	8	30	56	54	10	34	90	0	21	119	420	28
Kolombiya	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	55
Çekya	4	3	12	25	2	1	2	50	7	21	42	33	5	11	20	33
Danimarka	0	0	0	0	3	5	6	83	3	2	6	0	3	2	6	100
Mısır	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0
Etiyopya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	57
Finlandiya	5	14	20	70	2	2	2	100	4	8	12	30	6	17	30	49
Fransa	14	43	182	24	12	50	132	38	15	64	210	9	11	54	110	16
Almanya	17	59	272	18	20	79	380	21	35	108	1190	0	31	145	930	0
Gürcistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1	0	0	75
Macaristan	6	15	30	50	1	0	0	0	2	2	2	69	5	15	20	77
Hindistan	2	2	2	100	6	24	30	80	7	29	42	0	8	43	56	50
Endonezya	2	1	2	50	3	3	6	50	2	0	2	50	2	1	2	50
İran	0	0	0	0	2	1	2	50	2	1	6	0	2	1	2	0
İsrail	2	2	2	100	3	0	6	0	3	6	380	20	1	0	0	27
İtalya	7	8	42	20	10	45	90	50	20	75	272	19	21	114	420	43
Japonya	11	38	110	35	14	52	182	29	17	53	0	0	12	57	132	28

	1996				2000				2010				2013			
Ülkeler	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	12	42	10	25	90	100
Meksika	1	0	0	0	1	0	0	0	4	5	110	43	2	2	2	44
Hollanda	7	21	42	50	9	40	72	56	11	47	6	50	14	80	182	100
Y. Zeland	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3	20	60	2	2	2	100
Norveç	6	22	30	73	3	5	6	83	5	12	6	50	2	2	2	17
Filipinler	0	0	0	0	4	5	12	42	3	3	6	67	4	2	12	95
Polonya	2	2	2	100	1	0	0	0	3	4	56	50	5	19	20	41
G.Kore	5	15	20	75	6	17	30	57	8	28	20	55	12	54	132	47
Rusya	7	14	42	33	8	13	56	23	5	11	6	83	11	52	110	83
S. Arabistan	2	1	2	50	1	0	0	0	3	5	30	47	3	5	6	32
Singaur	2	0	2	0	7	12	42	27	6	14	42	57	10	29	90	72
İspanya	3	6	6	100	6	16	30	53	7	24	12	67	9	52	72	42
İsveç	6	13	30	43	12	54	132	41	4	8	90	38	9	30	72	70
İsviçre	5	13	20	65	9	33	72	46	10	34	20	45	6	21	30	50
Tayland	3	5	6	83	4	6	12	50	5	9	6	50	7	21	42	50
Türkiye	2	2	2	100	0	0	0	0	3	3	2	100	5	10	20	0
Ukrayna	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	45
Vietnam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	28	5	9	20	19
İngiltere	23	72	505	14	21	85	420	20	13	44	306	21	29	151	812	17
Amerika	24	57	552	10	27	88	702	13	18	64	12	83	30	145	870	0
G. Afrika	1	0	0	0	2	0	2	0	4	3	6	50	2	2	2	60
Malezya	3	2	6	33	2	1	2	50	3	0	0	0	5	12	20	0

1996 döneminde ego ağ rolünü 24 ve 23 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre ABD (24), İngiltere (23), Çin (19), Almanya (17) en yüksek değerleri alarak Ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Ağda toplam 54 aktör olduğu düşünülürse ülkelerin bazıları yüksek değerler alırken bazıları ise çok düşük değerler aldığı görülmüştür. Yoğunluk bağlantının dış ticaret hacmine (gelen giden bağlantı toplamına) bölünmesi olup yüzdelik bir değeri ifade eder. Yani yoğunluk yüzdesi yüksek olan ülkenin ticari faaliyeti az olduğunu gösterir. 1996 dönemi yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağ Polonya (100), Hindistan (100), İspanya (100), İsrail (100), Portekiz (100) en yüksek değerleriyle öne çıkmış, yoğunluk yüzdesi en az olan ülkeler ise İngiltere (14) ve İtalya (19) şeklinde sıralanmıştır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler İngiltere (72), Çin (58), ABD (57), Fransa (43) ve Almanya (50) şeklinde sıralanmıştır. Bağlantı sayılarının yüksek olması ülkeler arası nadir element ticaretinin yüksek ve rahat olmasını gösterir. Dış ticaret hacimleri açısından (pairs) bakıldığında (ülkenin diğer ülkelerle yaptığı nadir element ithalat ve ihracatı toplamı) ABD(552), İngiltere(506), Çin(342), Almanya (272) ve Fransa (182) olarak öne çıkmıştır.

2000 döneminde ego ağ rolünü 27 ve 24 değerleriyle paylaşılmış buna göre ABD(27) ve Çin(24) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en az olan ülkeler ise İngiltere (20), Çin (17) ve ABD (12) şeklinde sıralanmıştır. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağ Finlandiya (100) ve Kanada (100), yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Çin (93), ABD (88), İngiltere (85), Almanya (79) ve Japonya (52), dış ticaret hacmi en yüksek ABD (702), Çin (552), İngiltere (429) ve Almanya (380) olarak sıralanmıştır.

2010 döneminde ego ağ rolü 35 ve 29 değerleriyle paylaşılmış buna göre Almanya (35) ve Belçika (29) ego ağ rolünü üstlendiği görülmüştür. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağ Macaristan (100), İsrail (100) ve Ukrayna (100) olurken, en az ülkeler ise İtalya(19), İsrail(20), Belçika(14) ve Fransa(9) olarak öne çıkmıştır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika (114), Almanya (108), İtalya (75) ve ABD (64), dış ticaret hacmi(pairs) en yüksek olan ülkeler Almanya (1190), İtalya (380), ABD (306) ve Japonya (272) olarak sıralandıkları görülmüştür.

2013 döneminde ego ağ rolü 31 ve 30 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre Almanya(31) ve ABD(30) ego ağ rolünü üstlendikleri görülmüştür. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Mısır (100), Avustralya (100), Güney Afrika (100), Yeni Zelanda (100) ve Norveç (100), yoğunluğu en az olan ülkeler ise Almanya (15), Estonya (16) ve Belçika (17) şeklinde sıralanmışlardır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler İngiltere (151), ABD (145), Almanya (145), Belçika (145), Hong Kong (119) ve Çin (115) olurken, dış ticaret hacmi açısından (pairs) en yüksek olan ülkeler ABD (870), Almanya (930), Belçika (812) ve İngiltere (812) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.10. 2018, 2019, 2020 ve 2021 Yılları Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

Ülkeler	2018				2019				2020				2021			
	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Arjantin	1	0	0	0	3	4	6	67	1	0	0	0	3	1	6	17
Avustralya	6	21	30	70	2	2	2	100	1	0	0	0	4	4	12	33
Avusturya	10	39	90	43	7	30	42	71	7	35	42	83	12	52	132	39
Belçika	31	153	930	16	29	134	812	16	27	135	702	19	30	134	870	15
Brezilya	7	29	42	69	4	9	12	75	4	10	12	83	6	25	30	83
Kanada	9	31	72	43	9	36	72	50	5	13	20	65	4	5	12	42
Şili	1	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çin	25	108	600	36	25	100	600	17	25	105	600	18	29	118	812	14
Hong Kong	8	20	56	62	8	27	56	48	5	7	20	35	8	28	56	50
Kolombiya	1	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	8	35	56	0	6	14	30	47	7	18	42	43	7	17	42	40
Danimarka	6	20	30	0	4	5	12	42	4	11	12	92	4	9	12	75

	2018				2019				2020				2021			
Ülkeler	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Mısır	1	0	0	77	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	50
Etiyopya	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	6	23	30	16	5	18	20	90	4	6	12	50	5	9	20	45
Fransa	15	60	210	0	13	51	156	33	12	61	132	46	14	62	182	35
Almanya	30	136	870	35	26	111	650	17	24	119	552	22	25	117	600	19
Gürcistan	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	5	7	20	0	5	12	20	60	3	4	6	67	4	6	12	50
Hindistan	11	45	110	50	6	17	30	57	9	39	72	54	9	38	72	53
Endonezya	1	0	0	71	2	0	2	0	0	0	0	0	3	2	6	33
İran	2	1	2	56	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
İsrail	7	30	42	43	3	5	6	83	7	31	42	74	6	15	30	50
İtalya	9	40	72	0	9	45	72	62	9	49	72	68	9	36	72	50
Japonya	10	39	90	0	11	44	110	40	13	55	156	35	8	33	56	59
Kazakistan	1	0	0	22	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Meksika	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Hollanda	19	74	342	100	19	81	342	24	17	75	272	28	17	76	272	28
Y. Zeland	1	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norveç	2	2	2	63	4	2	12	17	4	1	12	8	5	5	20	25
Filipinler	2	2	2	36	3	4	6	67	3	4	6	67	2	1	2	50
Polonya	6	19	30	54	8	40	56	71	6	21	30	70	5	14	20	70
G. Kore	13	56	156	100	11	42	110	38	11	43	110	39	13	50	156	32
Rusya	8	30	56	25	9	27	72	37	9	19	72	26	8	26	56	46
S. Arabistan	3	6	6	37	3	4	6	67	1	0	0	0	3	5	6	83
Singaur	9	18	72	50	7	12	42	29	8	26	56	46	7	20	42	48
İspanya	9	27	72	77	8	28	56	50	13	59	156	38	8	29	56	52
İsveç	7	21	42	43	6	16	30	53	11	30	110	27	11	28	110	25
İsviçre	7	33	42	100	6	22	30	73	7	28	42	67	9	45	72	62
Tayland	8	24	56	83	9	27	72	37	6	12	30	40	5	10	20	50
Türkiye	2	2	2	75	3	6	6	100	5	14	20	70	9	21	72	29
Ukrayna	3	5	6	18	2	1	2	50	1	0	0	0	4	6	12	50
Vietnam	4	9	12	17	4	8	12	67	5	8	20	40	4	7	12	58
İngiltere	28	135	756	55	24	104	552	19	26	125	650	19	24	104	552	19
Amerika	26	113	650	50	24	102	552	18	27	116	702	17	25	113	600	19
G. Afrika	5	11	20	0	2	2	2	100	5	14	20	70	4	8	12	67
Malezya	2	1	2	0	2	1	2	50	2	1	2	50	2	1	2	0

2018 döneminde ego ağ rolü 31 ve 30 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre Belçika(31) ve Almanya(30) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağlar Türkiye (100), Polonya (100), Sudi Arabistan (100) ve Filipinler (100) olurken, en az olan ülkeler ise Çin (18), Hollanda (21), ABD(17), İngiltere(17) ve Almanya(15) şeklinde sıralanmışlardır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika(153), ABD(113),

Almanya(136) ve İngiltere(135) şeklinde sıralanırken, dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Belçika (930), Almanya (870) ve İngiltere (756) olarak sıralanmıştır.

2019 döneminde ego ağ rolünü 29 ve 26 değerleriyle paylaşılmış, buna göre Belçika(29) ve Almanya(26) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağ Türkiye (100) ve Güney Afrika (100) en az olan ülkeler ise Çin (16), Güney Kore (16), Belçika (16), Almanya (17), İngiltere(18) ve ABD (18) olarak gerçekleşmiştir. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika (134), Almanya (111), ABD (102) ve İngiltere (104) olurken, dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Belçika (812), Çin (600), ABD (552), Almanya (650) ve İngiltere (552) şeklinde sıralandığı görülmüştür.

2020 döneminde ego ağ rolünü 27 ve 26 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre ABD (27), Belçika (27) ve İngiltere (26) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağlar Portekiz (91), Avusturya (83) ve Brezilya (83) en az olan ülkeler ise Çin (17), Belçika (19) ve ABD (16) olarak öne çıkmıştır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika (135), İngiltere (125), Çin (105), Almanya (119) ve ABD (116) dış ticaret hacmi(pairs) en yüksek ülkeler Çin (600), Belçika (702), ABD (702), Almanya (552) ve İngiltere (650) olarak sıralanmıştır.

2021 döneminde ego ağ rolünü 30 ve 29 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre Belçika (30) ve Çin (29) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ağlar Brezilya (83), Sudi Arabistan (83) ve Polonya (70) olurken, yoğunluk yüzdesi en az olan ülkeler ise Arjantin (16), ABD (19), Çin (14) ve İngiltere (19) olduğu tespit edilmiştir. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika (134), ABD (113) ve Çin (118) dış ticaret hacmi(pairs) en yüksek ülkelervBelçika (870), Çin (812), ABD (600) ve Almanya(600) şeklinde sıralandığı görülmüştür.

Tablo 3.11. 2022 yılı Küresel Nadir Element İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

Ülkeler	2022			Yoğunluk
	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	
Arjantin	2	1	0	50
Avustralya	3	6	6	100
Avusturya	11	66	110	60
Belçika	24	141	552	25
Brezilya	7	26	42	61
Kanada	6	18	30	60
Şili	1	0	0	0
Çin	24	101	552	18
Hong Kong	9	49	72	68
Kolombiya	1	0	0	0
Çekya	10	53	90	59
Danimarka	7	14	42	33

	2022			
Ülkeler	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Mısır	0	0	0	0
Etiyopya	0	0	0	0
Finlandiya	5	12	20	60
Fransa	14	64	182	35
Almanya	28	145	756	19
Gürcistan	0	0	0	0
Macaristan	4	11	12	91
Hindistan	9	44	72	61
Endonezya	2	0	2	0
İran	0	0	0	0
İsrail	6	22	30	73
İtalya	8	45	56	80
Japonya	13	55	156	35
Kazakistan	2	2	2	100
Meksika	2	2	2	100
Hollanda	24	128	552	23
Y. Zelanda	1	0	0	0
Norveç	4	7	12	58
Filipinler	3	3	6	50
Polonya	7	21	42	50
G. Kore	13	68	156	43
Rusya	4	7	12	58
S. Arabistan	2	2	2	100
Singaur	8	14	56	25
İspanya	8	30	56	53
İsveç	8	24	56	43
İsviçre	11	63	110	57
Tayland	9	42	72	58
Türkiye	12	27	132	20
Ukrayna	2	0	2	0
Vietnam	5	6	20	30
İngiltere	23	127	506	25
Amerika	26	127	650	19
G. Afrika	1	0	0	0
Malezya	3	5	683	83

2022 yılında ego ağ rolü 28 ve 26 değerleriyle paylaşılmış buna göre ABD (26) ve Almanya (28) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek ülkeler Avustralya (100), Kazakistan (100), Meksika(100) ve Sudi Arabistan (100), yoğunluk yüzdesi en az ülkeler Almanya (19) ve Amerika (19) olduğu görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Belçika (141), Almanya (145) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Malezya (683), Almanya (756) ve ABD (650) oldukları görülmüştür.

Tablo 3.12. 1996, 2000, 2010 ve 2013 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

	1996				2000				2010				2013			
Ülkeler	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Arjantin	8	51	56	91	10	63	90	70	14	144	182	79	15	183	210	87
Avustralya	20	164	300	43	24	236	552	43	21	314	420	74	24	395	552	71
Avusturya	31	270	930	29	29	331	812	41	41	687	1640	41	43	752	1806	41
Belçika	13	122	156	78	15	150	210	71	24	372	552	67	30	520	870	59
Brezilya	11	90	110	82	10	62	90	69	24	360	552	65	26	435	650	67
Kanada	18	154	306	50	17	196	272	72	37	609	1332	46	38	659	1406	46
Şili	3	3	6	50	7	32	42	76	11	85	110	77	10	90	90	100
Çin	17	169	272	62	17	190	272	70	47	745	2162	34	46	780	2070	38
Hong Kong	14	93	182	51	17	156	272	57	24	389	552	70	24	390	552	71
Kolombiya	3	6	6	100	3	5	6	83	13	138	156	88	12	108	132	82
Çekya	8	49	56	87	11	83	110	75	29	438	812	53	27	421	702	60
Danimarka	19	170	342	50	18	199	306	65	31	544	930	58	39	696	1482	47
Mısır	3	6	6	100	3	6	6	100	15	156	210	74	11	95	110	86
Etiyopya	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	19	151	342	44	23	256	506	51	24	376	552	68	25	400	600	67
Fransa	37	319	1332	24	38	395	1405	28	43	712	1805	39	43	738	1805	40
Almanya	43	316	1806	17	38	398	1405	28	48	749	2256	33	46	789	2070	38
Gürcistan	0	0	0	0	2	1	2	50	1	0	0	0	1	0	0	0
Macaristan	8	42	56	75	15	137	210	65	32	555	992	56	30	496	870	57
Hindistan	10	70	90	83	9	53	72	74	29	497	812	61	27	459	702	65
Endonezya	7	18	42	43	4	11	12	92	17	201	272	74	20	293	380	77
İran	3	6	6	100	4	11	12	92	9	63	72	87	7	27	42	64
İsrail	10	83	90	92	12	115	132	87	25	437	600	73	30	513	870	59
İtalya	37	303	132	23	38	406	1405	29	43	730	1805	40	41	753	1640	46
Japonya	34	308	1122	27	34	357	1122	32	40	671	1560	43	38	704	1406	50
Kazakistan	2	2	2	100	0	0	0	0	3	4	6	67	9	45	72	63
Meksika	6	28	30	93	12	112	132	85	21	289	420	69	27	482	702	69
Hollanda	13	99	156	63	23	265	506	52	30	521	870	60	34	646	1122	58
Y. Zelanda	6	23	30	77	6	26	30	87	15	175	210	83	12	121	132	92
Norveç	10	77	90	86	14	148	182	81	20	283	380	74	17	217	272	80
Filipinler	7	38	42	90	11	56	110	51	12	108	132	82	11	79	110	72
Polonya	8	50	56	89	7	34	42	81	24	387	552	70	27	464	702	66
G. Kore	18	126	306	41	27	285	702	41	35	543	1190	45	36	604	1260	48
Rusya	5	17	20	85	8	55	56	98	22	301	462	65	24	394	552	71
S. Arabistan	4	11	12	92	8	47	56	84	13	136	156	87	12	126	650	95
Singaur	12	89	132	67	20	208	380	55	29	463	812	57	26	431	1122	66
İspanya	16	136	240	57	26	279	650	43	34	528	1122	47	34	621	1722	55
İsveç	30	278	870	32	32	377	90	38	42	738	1722	43	42	775	870	45
İsviçre	20	184	380	48	26	295	72	45	29	473	812	58	30	515	506	59
Tayland	12	95	132	72	10	69	0	77	21	268	420	64	23	368	702	72
Türkiye	9	59	72	82	9	56	6	78	26	389	650	60	27	406	210	58
Ukrayna	2	2	2	100	1	0	812	0	13	119	156	77	15	156	380	74
Vietnam	3	6	6	100	3	4	1332	67	14	151	182	82	20	265	1722	69
İngiltere	31	271	930	29	29	315	110	39	39	677	1482	45	42	776	1722	45
Amerika	37	319	1332	24	37	406	272	30	41	711	1640	91	42	756	306	43
G. Afrika	6	29	30	97	11	86	2	78	14	166	182	63	18	252	600	83
Malezya	9	52	72	72	17	156	42	57	23	321	506	95	25	413	42	69
Malavi	5	20	20	100	2	0	12	0	5	19	20	70	7	30	90	71
Grönland	0	0	0	0	7	32	0	76	5	14	20	90	10	78	20	86

Ağda toplam 49 aktör olduğu düşünülürse ülkelerin bazıları yüksek değerler alırken bazıları ise çok düşük değerler aldığı görülmektedir. Bu değerler ihracat miktarlarına göre değişmektedir.

1996 döneminde ego ağ rolü 43 ve 37 değerleriyle paylaşılmıştır. Buna göre Almanya (43) ve İtalya (37) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Kolombiya (100), Mısır (100), Slovakya (100), Kazakistan (100), Ukrayna (100) ve Vietnam (100) en az olan ülkeler ise Fransa (24), Almanya (17) ve İtalya (27) olarak görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler ABD (319), Fransa (319), Almanya (316), Japonya (308) ve Avusturya (331), dış ticaret hacmi(pairs) en yüksek ülkeler Almanya (1806), ABD (1332), İtalya (1332), Fransa (1332) ve Almanya (1806) şeklinde sıralandığı görülmüştür.

2000 yılında ego ağ rolü 38 ve 37 değerleriyle paylaşılmış buna göre Almanya (38), İtalya (38), Fransa (38) ve ABD (37) ego ağ rolünü üstlenmiştir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Mısır (100), Rusya (98) ve İran (91) olurken, yoğunluk yüzdesi en az olan ülkeler Fransa (28), Almanya (28), İtalya (29) ve Japonya (32) olduğu tespit edilmiştir. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler ABD (406), İtalya (406), Almanya (398), Fransa (395) ve İngiltere (315), dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler İtalya (1406), ABD (1332), Almanya (1406), Fransa (1046) ve Japonya (1122) olarak sıralanmıştır.

2010 yılında ego ağ rolü 47 ve 41 değerleriyle paylaşılmış buna göre Çin (47) ve ABD (41) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Slovakya (95) ve Portekiz (90) olurken, en az ülkeler ise Çin (40), Almanya (33), İtalya (40), Japonya (43), Fransa (40), İsveç (42) ve ABD (43) şeklinde sıralanmıştır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Çin (745), Almanya (749), İtalya (730) ve Fransa (712) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Almanya (2256), Çin (2162), ABD (1640) ve Fransa (1806) şeklinde sıralanmıştır.

2013 döneminde ego ağ rolü 46 ve 43 değerleriyle paylaşılmış buna göre Almanya (46), Çin (46) ve Avusturya (43) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Şili (100), Portekiz (90), Slovakya (93) ve Arjantin (87) olurken yoğunluk yüzdesi en az olan ülkenin Çin (37) olduğu tespit edilmiştir. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Çin (780), İtalya (753), Avusturya (752) ve Almanya (789) şeklinde sıralanırken dış ticaret hacmi(pairs) en yüksek ülkeler Almanya (2070), Çin (2070), Fransa (1806), İsveç (1722), ABD (1722), İngiltere (1722) ve Avusturya (1806) olarak sıralandığı görülmüştür.

Tablo 3.13. 2018, 2019, 2020 ve 2021 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

	2018				2019				2020				2021			
Ülkeler	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Arjantin	17	239	272	87	15	182	210	86	15	192	210	91	17	243	272	89
Avustralya	26	526	650	80	27	545	702	77	37	714	1332	53	31	682	938	73
Avusturya	45	860	1980	43	44	851	1892	44	39	867	1482	58	45	895	1988	45
Belçika	41	797	1640	48	38	766	1406	54	41	783	1640	47	40	800	1560	51
Brezilya	19	299	342	87	28	547	756	72	28	502	756	66	23	357	506	70
Kanada	42	802	1722	46	28	785	1482	52	39	819	1482	55	44	900	1892	47
Şili	17	235	272	86	39	227	272	83	19	252	342	73	19	357	342	75
Çin	49	951	2352	40	17	948	2450	38	49	947	2352	40	51	900	2550	37
Hong Kong	29	567	812	69	50	717	1122	63	29	599	812	73	31	257	930	66
Kolombiya	14	171	182	93	34	188	210	89	13	136	156	87	14	955	182	88
Çekya	34	653	1122	58	15	621	992	62	32	649	992	65	34	619	1122	58
Danimarka	48	945	2256	41	32	929	2162	42	48	947	2256	41	46	161	2070	43
Mısır	15	166	210	79	47	123	132	93	18	270	306	88	18	660	306	84
Etiyopya	2	2	2	100	12	0	0	0	1	0	0	0	3	910	6	100
Finlandiya	31	600	930	64	0	646	930	69	30	599	870	68	29	258	812	71
Fransa	41	849	1640	51	31	841	1482	56	42	897	1722	52	41	0	1640	53
Almanya	45	927	1988	46	39	897	1892	47	46	929	2070	44	44	581	1892	47
Gürcistan	4	11	12	91	44	6	6	100	5	19	20	95	5	881	20	100
Macaristan	30	568	870	65	3	590	812	72	30	581	870	66	21	902	420	88
Hindistan	29	607	812	74	29	668	992	67	30	619	870	71	37	20	1332	61
Endonezya	16	207	240	86	32	221	240	92	22	292	462	63	22	372	462	76
İran	14	164	182	90	16	41	42	97	5	16	20	43	18	816	306	82
İsrail	31	629	930	67	7	649	930	69	32	685	992	58	30	355	870	74
İtalya	45	919	1988	46	3	921	1892	48	47	942	2162	92	44	253	1892	48
Japonya	40	863	1560	55	44	805	1332	60	38	818	1406	79	37	652	1332	60
Kazakistan	9	53	72	73	37	49	56	87	8	52	56	58	7	924	42	90
Meksika	25	499	600	83	8	435	505	85	24	441	552	89	21	805	420	88
Hollanda	39	809	1482	54	23	879	1640	53	37	785	1332	76	39	38	1482	55
Y. Zelanda	24	454	552	82	41	301	342	88	18	275	306	90	21	371	420	91
Norveç	19	317	342	92	19	414	506	82	27	537	702	71	26	827	650	84
Filipinler	17	243	272	89	23	241	272	88	16	217	240	55	13	384	156	90
Polonya	29	531	812	65	17	635	930	68	29	580	812	73	33	547	1056	64
G.Kore	36	720	1260	57	31	845	1482	57	40	861	1560	90	40	141	1560	53
Rusya	22	351	462	75	39	404	552	73	27	515	702	72	29	685	812	67
S. Arabistan	19	262	342	76	24	144	156	92	17	247	272	54	18	841	306	89
Singaur	31	643	930	69	13	673	1056	63	29	591	812	56	29	552	812	73
İspanya	39	888	1482	55	33	820	1560	52	40	855	1560	67	41	273	1640	52
İsveç	43	911	1806	50	40	925	1892	48	40	873	1560	51	39	593	1482	54
İsviçre	32	664	992	66	44	594	812	73	32	664	992	87	35	866	1190	64
Tayland	24	438	552	80	29	653	992	65	32	662	1332	84	30	812	870	74
Türkiye	30	482	870	55	32	642	1190	53	37	685	240	57	41	765	1640	48
Ukrayna	16	224	240	93	35	187	210	89	16	210	600	50	17	644	272	86
Vietnam	26	480	650	74	15	503	650	77	25	505	1482	79	17	788	272	92
İngiltere	39	822	1482	55	26	823	1406	58	39	856	1806	72	39	236	1482	55
Amerika	44	889	1892	46	38	888	1722	51	43	910	462	70	45	251	1980	46
G. Afrika	21	346	420	82	42	282	306	92	22	369	702	76	23	828	506	85
Malezya	26	460	650	70	18	445	552	80	27	510	30	80	26	933	650	70
Malavi	6	24	30	80	24	32	42	76	6	21	42	86	7	432	42	76
Grönland	8	47	56	65	7	77	90	85	7	32	110	14	4	460	12	100

2018 döneminde ego ağ rolü 49 ve 48 değerleriyle paylaşılmış buna göre Çin (49) ve Danimarka(48) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Mısır

(100), Portekiz (95) ve Kolombiya (93) olurken yoğunluk yüzdesi ülkeler ise Çin (40) ve Danimarka (41) şeklinde sıralandığı görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler ABD (889), Çin (951) ve Danimarka (945) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Almanya (1980), Danimarka (2256), İtalya (1980), İsveç (1806), ABD (1892) ve Avusturya (1980) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir.

2019 döneminde ego ağ rolü 50 ve 47 değerleriyle paylaşılmış buna göre Çin (50) ve Danimarka (47) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Arjantin (86), Gürcistan (100), Mısır (93), İran (97) ve Hindistan (92) olurken yoğunluk yüzdesi en az ülkeler ise Çin (38) ve Danimarka (42) olduğu görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Danimarka (929), ABD (888) ve Çin (948) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler İtalya (1892), Çin (2450) ve İsveç (1892) şeklinde sıralanmıştır.

2020 döneminde ego ağ rolü 49 ve 47 değerleriyle paylaşılmış buna göre İtalya (47) ve Çin (49) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek olan ülkeler Slovakya (90) ve Arjantin (91) yoğunluk yüzdesi en az olan ülkeler Danimarka (42) ve İtalya (43) şeklinde sıralanmıştır. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler İtalya (942), Almanya (929), Çin (947), Danimarka (947) ve ABD (910) olurken. Dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Almanya (2070), İtalya (2162), Çin (2352) ve ABD (1806) şeklinde sıralanmıştır.

2021 yılında ego ağ rolü 46 ve 45 değerleriyle paylaşılmış buna göre ABD (45) ve Danimarka (46) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek ülkeler Etiyopya (100), Gürcistan (100) ve Estonya (100) yoğunluk yüzdesi en az ülkeler Çin (37) ve Danimarka (44) olduğu görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Çin (955), Danimarka (910) ve Kanada (900) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Danimarka (2070), İtalya (1892), Almanya (1892), ABD (1980) ve Avusturya (1980) oldukları görülmüştür.

Tablo 3.14. 2022 Yılı Küresel Endüstriyel Robot İhracat Ağı Ego Ağ Analizi Sonuçları

Ülkeler	2022			
	Ego Ağ	Bağlantı	Hacim	Yoğunluk
Arjantin	16	191	240	79
Avustralya	31	625	930	67
Avusturya	39	795	1482	53
Belçika	40	752	1560	48
Brezilya	22	337	462	72
Kanada	39	744	1482	50
Şili	17	195	272	72
Çin	46	855	2070	41
Hong Kong	22	328	462	71
Kolombiya	11	93	110	84
Çekya	24	413	552	74
Danimarka	41	833	1640	50
Mısır	15	183	210	87
Etiyopya	4	12	12	100
Finlandiya	25	451	600	75
Fransa	40	811	1560	51
Almanya	43	843	1806	46
Gürcistan	4	12	12	100
Macaristan	30	585	870	67
Hindistan	31	585	930	63
Endonezya	20	323	380	85
İran	5	18	20	90
İsrail	30	582	870	66
İtalya	44	845	1892	44
Japonya	34	674	1122	60
Kazakistan	8	46	56	82
Meksika	21	319	420	75
Hollanda	37	724	1332	54
Y. Zelanda	19	303	342	88
Norveç	25	481	600	80
Filipinler	13	144	156	92
Polonya	28	509	756	67
G. Kore	33	621	1056	58
Rusya	13	127	156	81
S. Arabistan	17	228	272	83
Singaur	32	652	992	65
İspanya	26	475	650	73
İsveç	38	748	1406	53
İsviçre	25	470	600	78
Tayland	29	545	812	67
Türkiye	34	609	1122	54
Ukrayna	4	162	182	89
Vietnam	25	416	600	69
İngiltere	35	720	1190	60
Amerika	43	825	1806	45
G. Afrika	24	385	552	69
Malezya	24	378	552	68

2022 yılında ego ağ rolü 46 ve 44 değerleriyle paylaşılmış buna göre Çin (46) ve İtalya (44) ego ağ rolünü üstlenmişlerdir. Yoğunluk yüzdesi en yüksek ülkeler Gürcistan (100) ve Etiyopya (100), yoğunluk yüzdesi en az ülkeler Çin (41) ve İtalya (44) olduğu görülmüştür. Yönlü bağlantı sayısı en fazla olan ülkeler Çin (855), İtalya (845) dış ticaret hacmi (pairs) en yüksek ülkeler Çin(2070) ve İtalya (1892) oldukları görülmüştür.

Tablo 3.15. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Nadir Elementler İhracatı Çekirdek ve Çevre Ülkeler Analizi Sonuçları.

1996	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2000	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2010	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2013	Çekirdek: Japonya Vietnam Çevre: Diğerleri
2018	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2019	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2020	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2021	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2022	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri

Tablo 3.15’de 1995, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 dönemleri nadir elementler ihracatı çekirdek ve çevre ülke analizi sonuçları görülmektedir. Buna göre bütün yıllarda çekirdek ülke sayısı 2 olurken, çevre ülke sayısı 46 olarak gerçekleşmiştir. 1995, 2000 ve 2010 dönemlerinde çekirdek ülkeler Japonya ve Çin olurken matriks deki diğer ülkeler çevre ülkeler olduğu görülmüştür. 2013 döneminde ise çekirdek ülke Japonya ve Vietnam olurken matriks deki diğer ülkeler çevre ülkeler olarak öne çıkmıştır. 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 döneminde ise çekirdek ülkeler Japonya ve Çin olurken matriks deki diğer ülkeler ise çevre ülkeler olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.16’da 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 dönemleri endüstriyel robot ihracatı çekirdek ve çevre ülke analizi sonuçları görülmektedir. Buna göre 1996 yılında Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve ABD çekirdek ülke olurken matriks deki diğer ülkeler ise çevre ülke oldukları görülmüştür. 2000 ve 2010 dönemlerinde çekirdek ülke sayısı ikiye düşerken ABD ve Japonya çekirdek ülke matriks deki diğer ülkeler ise çevre ülke olduğu görülmüştür. 2013 döneminde ise çekirdek ülke sayısı üçe çıkmış ve Çin, Almanya ve Japonya olurken matriks deki diğer ülkeler ise çevre ülkeler olduğu görülmüştür. 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 döneminde ise çekirdek ülkeler Japonya ve Çin olduğu matriks deki diğer ülkelerin ise çevre ülkeler olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.16. 1996, 2000, 2010, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 Yılları Küresel Endüstriyel Robot İhracatı Çekirdek ve Çevre Ülkeler Analizi Sonuçları.

1996	Çekirdek: Fransa Almanya İtalya Japonya ABD Çevre: Diğerleri
2000	Çekirdek: Japonya ABD Çevre: Diğerleri
2010	Çekirdek: Japonya ABD Çevre: Diğerleri
2013	Çekirdek: Japonya Çin Almanya Çevre: Diğerleri
2018	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2019	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2020	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2021	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri
2022	Çekirdek: Japonya Çin Çevre: Diğerleri

Her iki ürün ihracatında genel çıkarım olarak;

Hem nadir elementler hem de endüstriyel robot ticareti açısından tüm yıllardaki ağlara göre;

1996 yılı öncesi Avrupa Birliğinin kurulması, 1978’de Çin’in dışa açık hale gelmesi, 1980’lerde ihracata dönük politikaların uygulanmaya başlanması, aynı yıllar da küreselleşmenin hızlanması, 1970’lerde çok uluslu şirketlerin ortaya çıkmaya başlaması, 1990’larda Serbest ticaret anlaşmalarının yapılmaya başlanması, 1995’de Küresel Değer zincirlerinin oluşmaya başlaması ve aynı dönemde Dünya Ticaret Örgütünün kurulması ve Dünya ticaretine yaptığı kolaylaştırıcı katkılar gibi olumlu yansımaların toplamı küresel endüstriyel robot ticaretinin kompleks hale gelmesine ve nadir elementler ticaretinin gelişmesine etki eden faktörler olmuştur. Hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, özellikle nadir elementlerde bazı rezerve sahip ülkelerin yüksek değerler aldığı, endüstriyel robotlarda ise bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre öne çıkan ülkelerin Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore’den oluştuğu görülmüştür. Bu ülkeler Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleride

yüksek ülkelerdir. Bu dönem nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise hub ve otorite sırayla Almanya ve Japonya olmuştur. Bu dönemde nadir elementlerde ego rolünü üstlenmiş, endüstriyel robotta ise Almanya en yüksek ego rolünü üstlendiği görülmüştür. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, Fransa ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise ABD, Almanya, Fransa, Japonya ve İtalya gibi ülkelerden oluşmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Almanya, ABD, İtalya, Fransa ve Japonya olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa, İtalya ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD ve Almanya olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Fransa, Japonya ve ABD gibi ülkeler olmuştur. Bu dönemde çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre nadir elementlerde Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olurken, endüstriyel robotlarda Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve ABD çekirdek ülkeler olduğu görülmüştür.

2000 yılı küresel endüstriyel robot ağının ve nadir elementler ağının kompleks yapılarının artması 1996 yılı için belirttiğimiz olumlu katkıların yanı sıra, artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak artan hane haklı ihtiyaçları, internet kullanımının yaygınlaşması, küreselleşmenin daha da hızlanması, teknolojiye ve buna paralel dijitalleşmede öne çıkan gelişmeler ve 1999'da G20'nin kurulması gibi olumlu gelişmelerin katkılarındandır. Buna göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip ülkelerin ve endüstriyel robotlarda ise bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'den oluşmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksek ülkelerdir. Bu dönem nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise ABD ve Japonya ülkeleri olmuştur. Bu dönemde nadir elementlerde ABD en yüksek ego rolünü üstlenmiş, endüstriyel robotta ise Almanya en yüksek ego rolünü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, Japonya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ABD, Fransa, Almanya, Japonya, İtalya ve İsveç gibi ülkelerden oluşmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler ABD, Çin, Almanya, İngiltere, Fransa ve Japonya olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa, İtalya, Japonya ve Avusturya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği en yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD, Hollanda ve Almanya olurken,

endüstriyel robotlarda ise Almanya, Kanada, Japonya, ABD ve İtalya gibi ülkeler olmuştur. Bu dönemde çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre nadir elementlerde Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olurken, endüstriyel robotlarda Japonya ve ABD çekirdek ülkeler olduğu görülmüştür.

2010 dönemi inceleme nedenimiz hem 2009 küresel finansal krizi sonrası dönem olması hem de 2011 yılında ilk defa söylem haline gelen dördüncü endüstri dönemi öncesi olmasıdır. Hem endüstriyel robot hem de nadir elementler ağlarının bir önceki ağlara göre daha kompleks yapıda olduğu görülmüştür. Ülkelerin bir birleriyle yaptıkları endüstriyel robot ticaretinin artmasıyla bu kompleks yapı oluşmuştur. Ağların yapılarına göre 2009 ekonomik krizinin ticaretin yoğunluğunu fazla etkilenmemiştir. Bunun nedeni olarak bir önceki ağlar için söylediğimiz olumlu katkıların yanı sıra teknolojik ilerleme ve dünya nüfusunun giderek daha da artmasıyla hane halkı ihtiyaçları artmış ve oluşan talebe cevap veren bir arz yapısını oluşturmuştur. Ayrıca gelişen tedarik zincirinin ve finans sistemi ve DTÖ gibi uluslar üstü kurumların ticareti kolaylaştırıcı etkilerinin daha fazla olması gibi etmenler bu ticari gelişime katkı yapmıştır. İstatistiki değerlere göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde G20 ve OECD ülkelerin yüksek değerler aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip ve endüstriyel robotlarda bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore öne çıkmıştır. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksek ülkelerdir. Bu dönem nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise Çin ve Japonya olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde hem nadir elementlerde Almanya hem de endüstriyel robotlarda Almanya en yüksek ego rolünü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İtalya ve Belçika endüstriyel robotlarda ise Çin, ABD, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler nadir elementlerde Almanya, ABD, İtalya, Belçika ve Japonya olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Fransa ve Japonya öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD, Hong Kong ve Tayland olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Güney Kore, Japonya, ABD, İtalya gibi ülkeler olmuştur. Çekirdek ülkeler nadir elementlerde Çin ve Japonya, endüstriyel robotlarda Japonya ve ABD olmuştur.

2013 dönemi 2011 de hem Dördüncü Sanayi Devrimin başladığı yıl olarak literatüre girmesi hem de 2000-2013 yılları arası yaşanan ticari mal fiyatları patlaması (commodity

price boom) etkisini görmek açısından önem arz etmektedir. Ticari mal fiyatları patlaması ağlara bakılınca olumsuz bir durum ortaya çıkarmadığı kompleks yapının korunduğu görülmüştür. Diğer ağlar için söylenen olumlu katkılara ek olarak bu dönem ülkelerin bir birleriyle daha entegre hale gelmeleri, dünya nüfusunun daha da artması ve buna paralel hane halkı ihtiyaçlarının artması, çok hızlı değişen ve gelişen teknoloji ve teknolojik icatlar ve teknolojik ürünlerin raf ömürlerinin giderek kısılması gibi etmenlerin katkıları olmuştur. Buna göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu özellikle nadir elementlerde rezerve sahip ülkelerin ve endüstriyel robotlarda ise bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre bu dönemde en öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'den oluşmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksek ülkelerdir. Bu dönem nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Vietnam, endüstriyel robotta ise Çin ve Japonya ülkeleri olmuştur. Ego ağ rolü nadir elementlerde ABD, endüstriyel robotta ise Almanya üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, Hong Kong ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise Çin, ABD, Almanya, Avusturya, İtalya ve Japonya gibi ülkeler olmuştur. Dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler nadir elementlerde Almanya, ABD, İtalya, Belçika, Japonya, İngiltere ve Hong Kong olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İngiltere, Avusturya ve Japonya öne çıkmıştır. Öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam ve Filipinler, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD ve Çin gibi ülkeler olmuştur. Bu dönemde çekirdek ülkeler nadir elementlerde Vietnam ve Japonya, endüstriyel robotlarda Almanya, Japonya ve ABD şeklinde sıralanmıştır.

2018 yılı hem dördüncü endüstri devrimiyle ortaya çıkmış olan birçok yeni kavramların (bulut biliim, siber güvenlik, nesnelerin interneti gibi) üretimde ve ticarete etkisini görmek ayrıca bu dönem tüm AB ülkelerinde uygulamaya konan tek pencere sisteminin etkisini görme ve 2019 Küresel COVID krizi öncesini görmek için en güncel dönem olmasından dolayı önemlidir. Buna göre bu dönemde ağlar kompleks yapılarını korumuştur. Diğer ağlar için belirttiğimiz olumlu katkıların yanı sıra bu dönem için dördüncü endüstri devriminin oluşması ve buna paralel birçok ülkenin yeni stratejiler belirlemesi buna göre üretim ve dış ticaret yapması, internet kullanım oranının daha da artması, dünya para arzında görülen artış, bankacılık ve finans sisteminin gelişmesiyle çok hızlı finansman sağlayabilmeleri, artan nüfus ve buna paralel artan hane halkı istekleri, teknolojik icatlardaki

artışla ürün raf ömürlerinin daha da kısalması, ve tedarik zincirinin gelişen teknolojiye daha hızlı adapte olması gibi olumlu yansımaları olmuştur. Hem nadir elementler hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerler aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip ülkelerin ve endüstriyel robotlarda ise bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'den oluşmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksek olduğu görülmüştür. Bu dönem nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise Çin ve Japonya olduğu görülmüştür. En yüksek ego rolünü nadir elementlerde Belçika üstlenmiş, endüstriyel robotta ise İtalya üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İsveç, ABD, Almanya, Danimarka ve İtalya gibi ülkelere meydana gelmiştir. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Avusturya ve Avusturya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam, Tayland, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD ve Çin gibi ülkeler olmuştur. Bu dönemde çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olduğu tespit edilmiştir.

2019 yılı ağı küresel salgının bu dönemin sonlarında ortaya çıkmaya başlamasından dolayı önemlidir. Bu dönem ağlara bakılınca nadir elementlerde kompleks yapının ve endüstriyel robot ticaretindeki çok kompleks yapının korunduğu görülmüştür. Buna göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticareti istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerler aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip ve endüstriyel robotlarda bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre en öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore şeklinde sıralanmıştır. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksek ülkelerdir. Bu dönem hem nadir elementler ticaretinde hamde endüstriyel robotta hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin şeklinde sıralanmıştır. Bu dönemde nadir elementlerde Çin, endüstriyel robotta ise İtalya en yüksek ego rolünü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İsveç ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İtalya, ABD, Almanya, Danimarka ve İsveç olarak öne

çıkıştır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Avusturya ve Avusturya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam ve Tayland olurken endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD ve Çin gibi ülkeler olmuştur. Çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olduğu görülmüştür.

2020 yılı ağı küresel salgının yaşandığı ve çok büyük kısıtlamaların olduğu yıl olarak literatüre geçmiştir. Bu dönemde birçok sektörde üretim ve ticaret durmuş dünya genelinde karantinalar yaşanmıştı. Beklentimiz bu dönem ağların yoğunluğunun yani kompleks yapılarının azalması yönündeydi ancak böyle olmadığı görülmüştür. Buna göre endüstriyel robot ticaretinde çok kompleks yapının, nadir elementlerde ise kompleks yapının korunduğu endüstri 4.0 üretin tarzının buna katkısı ve insansız ticaretin ve tedarik zincirinin hızlıca bu duruma adapte olması yani hane haklarının taleplerini karşılayan bir arz oluşması gibi etmenlerin yanı sıra bu dönemde artan dünya para arzı ticarete olumlu yansıdığı görülmüştür. Buna göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlarda G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, özellikle nadir elementlerde rezerve sahip bazı ülkelerin ve endüstriyel robotlarda bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'nin öne çıkan ülkeler olduğu görülmüştür. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksektir. Bu dönem nadir elementler ve endüstriyel robotlar ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde nadir elementlerde en yüksek ego rolünü ABD, endüstriyel robotta ise İtalya üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika gibi ülkelerden oluşurken, endüstriyel robotlarda Çin, Fransa, İngiltere, Avusturya, İsveç, ABD, Almanya, Danimarka ve İtalya gibi ülkelerden oluşmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Avusturya ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde eigen vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam ve Tayland olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD ve Çin gibi ülkeler olduğu görülmüştür. Çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olduğu görülmüştür.

2021 yılı ağı salgın sonrası ilk veri olması açısından önemli olup, küresel anlamda karantinaların kalktığı ve hayatın ve ticaretin normalleştiği dönemdir. Buna göre nadir elementler ağının yoğunluğu ve endüstriyel robot ağının çok kompleks yapısı bir öncekiler gibidir. Krizden kurtulmak için alınan küresel ortak tedbirler ve bilgi paylaşımları, Endüstri 4.0'ın üretime ve dış ticarete yaptığı olumlu katkılar(insansız üretim, nesnelerin interneti, yapay zeka vb.), DTÖ'nün bu dönemde uyguladığı ticareti kolaylaştırıcı uygulamalar, tek pencere sisteminin ticareti hızlandırıcı etkileri, serbest ticaret anlaşmaları ve ABD, İngiltere, Almanya, Çin, Japonya ve Güney Kore gibi ülkelerin yaptığı teknolojik ilerlemeler, bu dönemde belirgin şekilde artan dünya para arzı gibi piyasaları harektlendirici etmenler kompleks yapının giderek daha yoğun ve daha fazla bağlantılı hale gelmesindeki olumlu katkılar yapmıştır. Buna paralel olarak bahsettiğimiz olumlu katkılar nadir elementlerin ticaretini de hem doğrudan hem de dolaylı olarak olumu etkilediği görülmüştür. Buna göre hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robot ticaretinde istatistiki sonuçlara göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip bazı ülkeler ve endüstriyel robotlarda bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu istatistiki göstergelere göre öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore olmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksektir. Bu dönem nadir elementler ve endüstriyel robotlar ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde nadir elementlerde ABD en yüksek ego rolünü üstlenmiş, endüstriyel robotta ise İtalya en yüksek ego rolünü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika, endüstriyel robotlarda İsveç, ABD, Almanya, İsveç, İtalya, Japonya ve Güney Kore gibi ülkelere oluşmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Belçika ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam ve Tayland endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD, Çin ve Güney Kore gibi ülkeler görülmüştür. Bu dönemde çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olmuştur.

2022 yılı ağı en güncel veriye ulaşılan ağ olup, ticaretin normalleştiği ancak bu dönemde başlayan Rusya-Ukrayna savaşını kapsamı açısından önemlidir Buna göre nadir elementler ağının yoğunluğu ve endüstriyel robot ağının çok kompleks yapısı bir öncekiler

gibidir. Endüstri 4.0'ın üretime ve dış ticarete yaptığı olumlu katkılar(insansız üretim, nesnelerin interneti, yapay zeka vb.), DTÖ'nün bu dönemde uyguladığı ticareti kolaylaştırıcı uygulamalar, tek pencere sisteminin ticareti hızlandırıcı etkileri, serbest ticaret anlaşmaları ve ABD, İngiltere, Almanya, Çin, Japonya ve Güney Kore gibi ülkelerin yaptığı teknolojik ilerlemeler kompleks yapının korunmasına ve daha fazla bağlantılı hale gelmesindeki olumlu katkılar yapmıştır. Buna paralel olarak bahsettiğimiz olumlu katkılar nadir elementlerin ticaretini de hem doğrudan hem de dolaylı olarak olumu yansıtmıştır. Bu dönemde meydana gelen Rusya-Ukrayna savaşı kısmi olarak bazı ülkelerin istatistiki değerlerinde düşüşlere neden olmuştur. Nadir elementler ticaretinde ağdaki kompleks yapıyı fazla değiştirmemiş ancak endüstriyel robotlar ticaret ağında bir önceki ağı göre hafif bir azalma görülmüştür. Endüstriyel robot ticaretinin istatistiki sonuçlarına göre G20 ve OECD ülkelerinin yüksek değerleri aldığı ve genel olarak büyük üstünlük kurduğu, bunun yanında özellikle nadir elementlerde rezerve sahip bazı ülkeler ve endüstriyel robotlarda ticaretinde bazı G20 ve OECD dışı ülkelerinde yüksek değerler aldığı görülmüştür. Öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore olmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksleri de yüksektir. Bu dönem nadir elementler de hub ve otorite Tayland ve Japonya ve endüstriyel robotlar ticaretinde hub ve otorite sırayla Japonya ve Çin olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde nadir elementlerde Almanya en yüksek ego rolünü üstlenmiş, endüstriyel robotta ise İtalya en yüksek ego rolünü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere, Hollanda ve Belçika, endüstriyel robotlarda İsveç, ABD, Almanya, İsveç, İtalya, Japonya, Danimarka, Avusturya ve Çin gibi ülkelerden oluşmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya, Hollanda, Malezya ve İngiltere olurken, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Çin, İtalya, İsveç, Belçika, Hollanda, Türkiye ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmıştır. Bu dönemde öz vektör merkeziliği yüksek olan ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Vietnam ve Tayland endüstriyel robotlarda ise Almanya, Japonya, ABD, Çin, Endonezya ve Güney Kor'den oluşmuştur. Çekirdek ve çevre ülkeler analizine göre hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya çekirdek ülkeler olduğu görülmüştür.

3.2. Panel Veri Analizi

3.2.1. Araştırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmada, Endüstri 4.0'ın seçilmiş ülkelerin ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve dış ticaret performansı üzerine etkisinin belirlenmesi ve politik önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki gibi araştırma soruları belirlenmiştir.

- 1) *Ülkelerin Endüstri 4.0 Düzeylerinin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık (Ticari, Teknolojik ve Araştırma) Düzeyleri Üzerindeki Etkisi Nedir?*
- 2) *Ülkelerin Endüstri 4.0 Düzeylerinin Dış Ticaret Performansları (İhracattaki yüzde büyüme, İthalattaki yüzde büyüme, İhracatın GSYİH içindeki yüzdesi, İthalatın GSYİH içindeki yüzdesi) Üzerindeki Etkisi Nedir?*

Tablo 3.17. Panel Veri Analizinde Kullanılan Değişkenler.

Endüstri 4.0 Bağımsız Değişkenler	Ekonomik Kompleksite Bağımlı Değişkenler	Dış Ticaret Bağımlı Değişkenler
- Kişi Başı Karbondiyoksit Salınımı (Metrik Ton Cinsinden) - Kişi Başı İnternet Kullanım Yüzdesi - Toplam Ürün İhracatı İçindeki BİT Ürün İhracatının Yüzdesel Oranı - Toplam Ürün İthalatı İçindeki BİT Ürün İthalatı Yüzdesel Oranı 100 Kişide Cep Telefonu Kullanımı	- Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret İndeksi - Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji İndeksi - Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma İndeksi	- İthalattaki Yüzde Büyüme - İhracattaki Yüzde Büyüme - İhracatın GSYİH İçindeki Yüzdesi - İthalatın GSYİH İçindeki Yüzdesi

Literatür incelediğinde endüstri 4.0 ve Ekonomik kompleksite/karmaşıklıkla ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. 2023'ün sonlarında OECD eskiden bir tane olan Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Endeksini geliştirerek EKİ Ticaret, EKİ Araştırma ve EKİ Teknoloji şeklinde üç farklı kategoriye ayırdı. Bu yanıyla üç indekse birden etkisini inceleyen bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Böylece çalışma bu açıdan özgünlük ortaya koymaktadır. Çalışmadaki veriler ikincil verileri türü olup OECD ve WorldBank'dan derlenmiştir. Bu bağlamda 2003-2019 yılları arası G20 ve OECD ülkelerinden seçilmiş ülkeleri kapsamaktadır. Böylece Araştırmada öngörülen araştırma soruları için Panel Veri Analizi düşünülmekte olup model öneriside aşağıdaki şekildedir.

Tablo 3.18. Panel Veri Analizinde Kullanılan BDeğişkenlerin Kısaltmaları

BAĞIMLI DEĞİŞKENLER	
İhracat % Büyüme	İHRB
İthalat % Büyüme	İTAB
İthalat/GSYİH	İT/GSYİH
İhracat/GSYİH	İH/GSYİH
Ticari Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık	EKİTİC
Teknoloji Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık	EKİTEK
Araştırma Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık	EKİARŞ
BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	
Kişi Başı Karbondiyoksit Salınımı (Metrik Ton)	KCRB
BİT Ürün İhracatının Toplam Ürün İhracatındaki Yüzdesi	BİTH
BİT Ürün İthalatının Toplam Ürün İthalatındaki Yüzdesi	BİTT
Her 100 Kişideki Mobil Hücresel Abonelikler	KCEP
Kişi Başı İnternet Kullanımının Toplam Nüfustaki Yüzdesi	KİNT

Her ülke grubu için İHRB, İH/GSYİH, İTAB, İT/GSYİH, EKİTİC, EKİTEK ve EKİARŞ bağımlı değişken olarak ele alındığı toplam 7 farklı model kurulmuştur.

Kurulan modellerde; bağımsız değişkenler olarak ise KCRB, BİTH, BİTT, KCEP ve KİNT değişkenleri kullanılmıştır.

Elde elde edilen ikincil veri türleriyle Stata 18 yardımıyla panel veri analizi yapılacaktır.

3.2.2. Seçilmiş Ülkeler(SÜ) Ve Seçilmiş Bağımlı Değişkenler İçin Modeller

$$SÜİHRB_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$SÜİTAB_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$SÜİH/GSYİH_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$SÜİT/GSYİH_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$SÜEKİTİC_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$EKİARŞ_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$SÜEKİTEK_{it} = \beta_0 + \beta_1 KCRB_{it} + \beta_2 BİTH_{it} + \beta_3 BİTT_{it} + \beta_4 KİNT_{it} + \beta_5 KCEP_{it} + \varepsilon_{it}$$

Çalışmada 2003-2019 dönemi yıllık veriler derlenerek seçilmiş (40 ülke geneli G20 ve OECD'den seçilmiştir) ülkelerinden oluşan panel veri analizi yapılarak etkiler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu analizde kullanılan bağımlı değişkenlere göre 7 farklı model oluşturulmuş buna göre endüstri 4.0'ın bağımsız değişkenlerinin, Dış Ticaret Performansı (İHRB, İTAB, İH/GSYİH ve İT/GSYİH) ve Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık (EKİTİC, EKİTEK ve EKİARŞ) bağımlı değişkenleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Ekonometrik analizlerde genellikle üç veri türünü kullanır: zaman serileri, yatay kesit verileri ve panel verilerdir. Zaman serisi verisi değişkenlerin değerlerinin gün, ay, mevsim yıl gibi zaman birimlerine göre değişimini içerir. Yatay kesit verisi zamanın belirli bir noktasında farklı birimlerden (birey, hane halkı, firma sektör, ülke) toplanan verilerdir. Buradaki zaman serisi ve yatay kesit verilerin birleşiminden de panel veri oluşmaktadır. Yani hem dönemler hem de birimlerle ilgili bilgi elde edilmek isteniyorsa panel veri kullanılır (Tatoğlu, F, 2012, s:2-3).

3.2.3. Varsayımların Testi

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için bir korelasyon matrisi oluşturulmuş olup Tablo 3.19’da görülmektedir.

Tablo 3.19. Korelasyon Matrisi Tablosu
Pairwise correlations

Değişkenler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1) İHRB	1.000											
(2) İH/GSYİH	-0.225	1.000										
(3) İTAB	0.998	-0.227	1.000									
(4) İT/GSYİH	-0.025	0.079	-0.025	1.000								
(5) EKİTİC	0.012	0.350	0.012	0.142	1.000							
(6) EKİTEK	0.010	0.036	0.009	0.181	0.463	1.000						
(7) EKİARŞ	-0.073	0.010	-0.073	0.067	0.369	0.661	1.000					
(8) KCRB	0.023	0.037	0.024	0.019	0.180	0.343	0.455	1.000				
(9) BİTT	-0.013	0.125	-0.014	-	0.000	-0.171	-0.282	-0.015	1.000			
(10) BİTH	0.025	0.275	0.025	-	0.385	-0.129	-0.096	0.080	0.704	1.000		
(11) KİNT	0.002	0.258	-0.002	0.094	0.367	0.356	0.400	0.286	-0.156	0.081	1.000	
(12) KCEP	0.084	0.118	0.082	0.138	0.129	0.149	0.069	0.089	-0.126	-0.186	0.368	1.000

Değişkenler arasındaki çoklu bağlantı olup olmadığını görmek için Varyans Enflasyon Faktörü VIF(variance inflation factor) testi yapılmıştır. Myers 1990’a göre bu test sonucunda eğer VIF değeri 10’den büyük ise çoklu bağlantının varlığı sorunu olduğunu, VIF değeri 10’den küçük ise çoklu bağlantı sorunu olmadığını gösterir (Myers, 1990: 369).

Modeldeki bağımsız değişkenler için VIF testi yapıldı ve VIF değerleri her bir değişken için 10’den küçük olduğundan(VIF<10) çoklu doğrusal bağlantı sorunu olmadığı görülmektedir.

Tablo 3.20. VIF Testi Sonuçları Tablosu

Değişken	Katsayı	VIF Değeri
BİTT	2.31	0.433733
BİTH	2.23	0.449027
KİNT	1.42	0.705294
KCRB	1.25	0.800704
KCEP	1.09	0.914851
Ortalama VIF	1,66	

Baltagi 2021'e göre, verilerin zaman boyutu 25 ile 250 arasında olduğunda birim kök testi yapılmasına gerek yoktur. Buna göre çalışmadaki zaman boyutu 13 olduğu için birim kök testi yapılmamıştır (Baltagi, 2021: 342).

Model seçim sürecinde EKİTİC, EKİTEK, EKİARŞ, İHRB, İTAB, İH/GSYİH ve İT/GSYİH olarak toplam 7 farklı bağımlı değişken için ayrı ayrı bazı ön testler yapılmıştır. Modellerdeki birim etkilerin varlığı Breusch Pagan (LM) ve F testleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Tablo 3.21. EKİTİC, EKİTEK, EKİARŞ, İHRB, İTAB, İH/GSYİH ve İT/GSYİH Bağımlı Değişkenleri İçin Breusch-Pagan (LM) and F Testi Çıktı Sonuçları

Modeller	Testler	
	F Test	Breusch-Pagan Test
Model 1 (İHRB)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 196.90 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3488.48 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 2 (İTAB)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 262.98 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3622.39 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 3 (İH/GSYİH)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 293.50 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3256.99 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 4 (İT/GSYİH)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 767.00 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3813.80 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 5 (EKİTİC)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 408.57 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3059.43 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 6 (EKİTEK)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 140.69 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 3224.87 Prob > chibar2 = 0.0000
Model 7 (EKİARŞ)	F test that all $u_i=0$: F(38, 541) = 53.19 Prob > F = 0.0000	chibar2(01) = 2186.42 Prob > chibar2 = 0.0000

Not : Model 4 için hem FE hem de RE analiz sonucunda "P" değeri anlamsız çıktığı için çalışmadan çıkartılmıştır.

İlk olarak, "birim etkinin varyansı sıfıra eşittir". Şeklinde olan sıfır hipotezi, her bir model için sabit etkiler varsayımı için gerçekleştirilen F testine göre reddedilmiştir. Daha sonra, her bir model için genelleştirilmiş en küçük kareler kullanılarak rastgele etkiler için Breusch-Pagan(1980) testine göre sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu test sonuçlarına göre, birim etkinin varlığı söz konusudur. Birim etkisinin varlığı nedeniyle Havuzlanmış En Küçük Kareler (HEKK) yöntemi uygun değildir.

Böylece her bir regresyon modeli için sabit etkiler tahminleyicisi mi daha uygun yada rastgele etkiler tahminleyicisi mi daha uygun olduğunu görmek için Hausman(1978) testi yapılmıştır.

Hausman (1978) testi için kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir:

H0: “açıklayıcı değişkenler ve birim etki arasında korelasyon yoktur”

H1: “açıklayıcı değişkenler ile birim etki korelasyonludur”(Tatoğlu, 2012:180).

Hausman (1978) testi sonuçlarına göre prob. değeri > 0.05 ise H0 kabul yani rastgele etkiler tahmin edicisi birim etkileri içeren panel regresyon modeli için daha uygundur.

Tablo 3.22. Her Bir Regresyon Modeli İçin Hausman Testi Sonuçları

Model	χ^2	p-value	sabit/rastgele
Model 1 (İHRB)	0.46	0.9937	Rastgele Etkiler
Model 2 (İTAB)	0.35	0.9965	Rastgele Etkiler
Model 3 (İH/GSYİH)	29.22	0.0000	Sabit Etkiler
Model 4 (İT/GSYİH)	0.68	0.9536	Rastgele Etkiler
Model 5 (EKİ TİC)	39.59	0.0000	Sabit Etkiler
Model 6 (EKİ TEK)	2.65	0.7539	Rastgele Etkiler
Model 7 (EKİ ARŞ)	42.37	0.0000	Sabit Etkiler

Not: Model 4 için hem FE hem de RE analizi sonucu p değeri anlamsız çıktığı için çalışmadan çıkartılmıştır.

Belirlenen her bir modele göre değişen varyans (heteroskedacity), birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılığı) ve otokorelasyon testleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.23. Bütün Modeller İçin Varsayımların (Heteroskedasite, Otokorelasyon Ve Birimler Arası Korelasyon) Testi Sonuçları

Modeller	Heteroskedasite	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 1 (İHRB) se	W0 = 21.541948 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Durbin-Watson = .214777	Pesaran's test of cross sectional independence = 43.105, Pr = 0.0000
	W50 = 19.133021 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Baltagi-Wu LBI = .6539004	
	W10 = 21.222426 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000		
Model 2 (İTAB)re	W0 = 21.541948 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Durbin-Watson = .42580156	Pesaran's test of cross sectional independence = 41.219, Pr = 0.0000
	W50 = 19.133021 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Baltagi-Wu LBI = .88425377	
	W10 = 21.222426 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000		
Model 3 (İH/GSYİH) se	chi2 (39) = 12531.75 Prob>chi2 = 0.0000	Durbin-Watson = .46842213 Baltagi-Wu LBI = .68904253	Friedman's test of cross sectional independence = 55.210, Pr = 0.0351
	W0 = 10.4864522 df(38, 624) Pr > F = 0.00000000	Durbin-Watson = .38272985	Pesaran's test of cross sectional independence = 66.580, Pr = 0.0000
	W50 = 7.4386251 df(38, 624) Pr > F = 0.00000000	Baltagi-Wu LBI = .7599167	
Model 4 (İT/GSYİH) re	W10 = 9.8978379 df(38, 624) Pr > F = 0.00000000		
	chi2 (39) = 12712.04 Prob>chi2 = 0.0000	Durbin-Watson = .42833938 Baltagi-Wu LBI = .69568801	Breusch-Pagan LM test of independence: chi2(741) = 3049.812, Pr = 0.0000
	W0 = 21.541948 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Durbin-Watson = .70562139	Pesaran's test of cross sectional independence = -0.140, Pr =

Modeller	Heteroskedasite	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 6 (EKİ TEK)	W50 = 19.133021 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000 W10 = 21.222426 df(38, 546) Pr > F = 0.00000000	Baltagi-Wu LBI = 0.8887 .93058368	
Model 7 (EKİ ARŞ)	chi2 (39) = 1292.56 Prob>chi2 = 0.0000	Durbin-Watson = .64534408 Baltagi-Wu LBI = 46.215, Pr = 0.1692 1.0710332	Friedman's test of cross sectional independence =

Not: Model 4 için hem FE hem de RE analizi sonuçlarına göre P değeri anlamsız çıktığı için çalışmadan çıkartılmıştır.

Model 1 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testi sonuçlarına göre;

Değişen varyans testine göre $W0 = 21.541948$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W50 = 19.133021$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W10 = 21.222426$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$ değerleri < 0.05 olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir ve varyansların birimlere göre değiştiği anlaşılmaktadır. Yani değişen varyans tespit edilmiştir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bhavaga, Franzini ve Narendranathan (1982) Durbin Watson ve Baltagi-Wu (1999) yerel en iyi değişmezi testi sonucuna göre sırasıyla elde edilen değer 2 değerinden küçük olduğundan (Tatoğlu, 2012:214) Durbin-Watson = .214777 Baltagi-Wu LBI = .6539004 otokorelasyonun ciddi olduğu söylenebilir.

Birimler arası korelasyon için yapılan Pesaran (2004) testi sonucuna göre elde edilen değer 43.105'dir. $Pr = 0.0000 < 0.05$ olduğundan birimler arası korelasyonsuzluğu işaret eden H_0 hipotezi reddedilmektedir. Buna göre modelde birimler arası korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Model 2 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testlerine göre;

Değişen varyans tespiti için yapılan Levene (1960), Brown ve Forsythe (1974) testi sonucuna göre $W0 = 21.541948$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W50 = 19.133021$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W10 = 21.222426$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$ değerleri 0.05'den küçük olduğundan H_0 reddedilmektedir. Buna göre değişen varyans tespit edilmiştir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bhavaga, Franzini ve Narendranathan (1982) Durbin Watson ve Baltagi-Wu (1999) yerel en iyi değişmezi testi sonucuna göre Durbin-

Watson = .42580156 Baltagi–Wu LBI = .88425377 değerleri 2’den küçük olduğu için (Tatoğlu, 2012:226) otokorelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Birimler arası korelasyon için yapılan Pesaran (2004) testi sonucuna göre elde edilen değer 41.219’dur. $Pr = 0.0000 < 0.05$ olduğu için birimler arası korelasyonun olduğu tespit edilmiştir.

Model 3 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testlerine göre;

Değişen varyans kontrolü için yapılan Wald testi sonucuna göre Ki-kare istatistiği (39) =12531.75 $Prob>chi^2=0.0000 < 0.05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir ve varyansların birimlere göre değiştiği anlaşılmaktadır. Yani değişen varyansın olduğu tespit edilmiştir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bhavaga, Franzini ve Narendranathan (1982) Durbin Watson ve Baltagi-Wu (1999) yerel en iyi değişmezi testi sonucuna göre Durbin–Watson = .46842213 Baltagi–Wu LBI = .68904253 her iki test içinde değerler 2’den küçük olduğundan (Tatoğlu, 2012:214) otokorelasyonun ciddi olduğu söylenebilir.

Birimler arası korelasyon kontrolü için yapılan Breusch-Pagan Lagrange çarpanı testi sonucuna göre Breusch-Pagan LM test of independence: $chi^2(741) = 2615.067$, $Pr = 0.0000 < 0.05$ olduğundan birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Model 5 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testlerine göre;

Değişen varyans problemi için yapılan Wald testi sonucuna göre Ki-kare istatistiği (39)=11359.54 $Prob>chi^2=0.0000 < 0.05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir ve varyansların birimlere göre değiştiği anlaşılmaktadır. Yani değişen varyans olduğu görülmektedir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bhavaga, Franzini ve Narendranathan (1982) Durbin Watson ve Baltagi-Wu (1999) yerel en iyi değişmezi testi sonucuna göre Durbin–Watson = .56423807 Baltagi–Wu LBI = .84669896 her iki test içinde değerler 2’den küçük olduğundan (Tatoğlu, 2012:214) otokorelasyonun olduğu tespit edilmiştir.

Birimler arası korelasyon için Friedman (1937) testi sonucuna göre elde edilen değer 55.210’dur. $Pr=0.0351 < 0.05$ olduğundan birimler arası korelasyonsuzluğu işaret eden H_0 hipotezi rededilmektedir. Buna göre modelde birimler arası korelasyon olduğu görülmektedir.

Model 6 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testlerine göre;

Değişen varyans problemi için yapılan Levene (1960), Brown ve Forsythe (1974) testi sonucuna göre $W_0=21.541948$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W_{50} = 19.133021$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$, $W_{10} = 21.222426$ $df(38, 546)$ $Pr > F = 0.00000000$ değerleri 0.05'den küçük olduğundan H_0 rededilmektedir. Buna göre değişen varyans olduğu tespit edilmiştir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bharvaga, Franzini ve Narendranathan (1982) Durbin Watson ve Baltagi-Wu (1999) yerel en iyi değişmezi testine sonucuna göre Durbin-Watson = .70562139

Baltagi-Wu LBI = .93058368 değerleri 2'den küçük olduğu için (Tatoğlu, 2012:226) otokorelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Birimler arası korelasyon için yapılan Pesaran (2004) testi sonucuna göre elde edilen değer -0.140'dır. $Pr = 0.8887 > 0.05$ olduğundan birimler arası korelasyonun olmadığı tespit edilmiştir.

Model 7 için yapılan değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon testlerine göre;

Değişen varyans problemi için yapılan Wald testi sonucuna göre $\chi^2(39) = 1292.56$ $Prob > \chi^2 = 0.0000 < 0.05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir ve varyansların birimlere göre değiştiği anlaşılmaktadır. Yani değişen varyans olduğu görülmektedir.

Otokorelasyon tespiti için yapılan Bharvaga, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson ve Baltagi-Wu'nun yerel en iyi değişmezi testine sonucuna göre Durbin-Watson = .64534408 Baltagi-Wu LBI = 1.0710332 her iki test içinde değerler 2'den küçük olduğundan (Tatoğlu, 2012:214) otokorelasyonun ciddi olduğu söylenebilir.

Birimler arası korelasyon için yapılan Friedman (1937) testi sonucuna göre elde edilen değer 46.215'dir. $Pr = 0.1692 > 0.05$ olduğundan birimler arası korelasyonsuzluğu işaret eden H_0 hipotezi rededilmektedir. Buna göre modelde birimler arası korelasyon olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.24. Modellere Göre Varsayımların Testi Sonuçları Özeti

Model 1	Değişen Varyans	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 2	Değişen Varyans	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 3	Değişen Varyans	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 5	Değişen Varyans	Otokorelasyon	Birimler Arası Korelasyon
Model 6	Değişen Varyans	Otokorelasyon	-
Model 7	Değişen Varyans	Otokorelasyon	-

Bir model de değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon'un en az birinin varlığı durumunda büyük örnekler durumunda tutarsızlığa neden olmamakta ancak etkinliği etkilemektedir dolayısıyla standart hataların, t ve F istatistiklerinin R^2 'nin ve güven aralıkları geçerliliği etkilenmektedir. Bu nedenle bunlardan en az birinin varlığı durumunda ya parametre tahminlerine dokunmadan standart hatalar düzeltilir(dirençli standart hatalar elde edilmeli) yada varlıkları halinde uygun yöntemlerle tahminler yapılmalıdır (Tatoğlu, F, 2012, s:241-242).

Bu aşamadan sonra anlamlı çıkan modeller için (model1, model2, model3, model5, model6 ve model7) için tahminleyicilere bakılacaktır.

3.2.4. Modeller İçin Elde Edilen Tahmin Sonuçları ve Yorumlar

Tablo 3.16'da görüldüğü gibi yapılan varsayım testi sonuçlarına model1, model2, model3 ve model5'de (değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon) görüldüğü, model6 ve model7'de (değişen varyans ve otokorelasyon) görüldüğü tespit edilmiştir. Buna göre her model için ayrı ayrı tahminler yapılmıştır.

3.2.4.1. Model 1 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.25. Model 1 İHRB İçin Tahmin Çıktısı

Regression with Driscoll-Kraay standard errors				Number of obs	=	585
Method: Random effect GLS regresson				Number of groups	=	39
Group variable (i): ülke				F(16, 9)	=	271.77
maximum lag: 2				Prob > F	=	0.0000
İHRB	Katsayı	Drisc/Kraay Standart Hata	t	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	9290555	4.16e+08	0.00	0,982	-8.82e+08	9.01e+08
BİTT	-3463221	6.86e+07	-0.05	0.960	-1.51e+08	1.44e+08
BİTH	2.90e+08	1.09e+08	2.67	0.018	5.72e+07	5.23e+08
KİNT	8.38e+07	3.58e+07	2.34	0,035	.6965941	1.61e+08
KCEP	3.26e+07	2.56e+07	1.27	0.223	-2.23e+07	8.75e+07
_cons	-5.36e+09	2.21e+09	-2.43	0.029	-1.01e+10	-6.30e+08

G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin ihracatındaki yüzde büyümesine Endüstri 4.0'ın etkilerinin analiz edildiği Model 1.'de ihracattaki büyümeyi etkileyen değişkenler Tablo 3.25'de yer almaktadır. Tablodaki F testi olasılık değeri de 0,05'den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Yukarıdaki Driscoll-Kraay standart hatalı regresyon tahmin sonuçlarına göre internet kullanımı ve BİT ürün ihracatı, ihracattaki büyümeyi anlamlı bir şekilde pozitif yönde etkilediği görülmektedir.

3.2.4.2. Model 2 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.26. Model 2 İTAB İçin Tahmin Çıktısı

Regression with Driscoll-Kraay standard errors				Number of obs	=	585
Method: Random effect GLS regression				Number of groups	=	39
Group variable (i): ülke				F(16, 9)	=	87
maximum lag: 2				Prob > F	=	0.0000
İTAB	Katsayı	Drisc/Kraay Standart Hata	t	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	3.38e+07	3.67e+08	0.09	0,928	-7.53e+08	8.21e+08
BİTT	-8.83e+07	7.19e+07	-1.23	0.240	-2.43e+08	6.60e+07
BİTH	2.98e+08	1.03e+08	2.89	0.012	7.68e+07	5.19e+08
KİNT	6.55e+07	3.07e+07	2,13	0,051	-312716.3	1.31e+08
KCEP	3.07e+07	2.38e+07	1.29	0.218	-2.04e+07	8.19e+07
_cons	-3.43e+09	3.29e+09	-1.04	0.315	-1.05e+10	3.63e+09

G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin toplam ithalatlarındaki yüzde büyümesine Endüstri 4.0'ın etkilerinin analiz edildiği Model 2'de ithalattaki büyümeyi etkileyen değişkenler Tablo 3.26'da yer almaktadır. Tablodaki F testi olasılık değeri de 0,05'den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre yukarıdaki Driscoll-Kraay standart hatalı regresyon tahminleyici sonuçlarına göre BİT ürün ihracatı, ithalattaki büyümeyi anlamlı bir şekilde pozitif yönde etkilemektedir.

3.2.4.3. Model 3 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.27. Model 3 İH/GSYİH İçin Tahmin Çıktısı

Regression with Driscoll-Kraay standard errors				Number of obs	=	585
Method: Random effect GLS regression				Number of groups	=	39
Group variable (i): ülke				F(16, 9)	=	903.29
maximum lag: 2				Prob > F	=	0.0000
İH/GSYİH	Katsayı	Drisc/Kraay Standart Hata	t	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	-1.568997	.4044381	-3.88	0,002	-2.43643	-.7015635
BİTT	-.8490413	.2941954	-2.89	0.012	-1.480028	-.2180548
BİTH	.0274132	.1959734	0.14	0.891	-.392908	.4477345
KİNT	.0487709	.0272258	1.79	0,095	-.0096225	.1071644
KCEP	-.0706536	.0209479	-3.37	0.005	-.1155824	-.0257248
_cons	64.94141	9.815799	6.62	0.000	43.88861	85.9942

G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin toplam ihracatlarındaki yüzde büyümesine Endüstri 4.0'ın etkilerinin analiz edildiği Model 3'de ihracatın GSYİH içindeki

payını etkileyen değişkenler Tablo 3.27’de yer almaktadır. F testi olasılık değeri de 0,05’den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre yukarıdaki Driscoll-Kraay standart hatalı regresyon tahmin sonuçlarına göre BİT ürün ithalatı, karbondioksit salınımı ve cep telefonu kullanımı ihracatı anlamlı bir şekilde negatif yönde etkilediği görülmektedir.

3.2.4.4. Model 5 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.28. Model 5 EKİTİC Tahmin Çıktısı.

Regression with Driscoll-Kraay standard errors				Number of obs	=	585
Method: Fixed-effect GLS regression				Number of groups	=	39
Group variable (i): ülke				F(5, 14)	=	30.02
maximum lag: 2				Prob > F	=	0.0000
EKİTİC	Katsayı	Drisc/Kraay Standart Hata	t	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	.0430061	.0054479	7.89	0,000	.0313215	.0546906
BİTT	.0208762	.0066871	3.12	0.007	.0065337	.0352187
BİTH	-.0122824	.0022667	-5.42	0.000	-.0171441	-.0074207
KİNT	.0028495	.0004569	6.24	0,000	.0018696	.0038295
KCEP	-.0003399	.000283	-1.20	0.250	-.0009469	.0002672
_cons	.3725277	.0976728	3.81	0.002	.1630404	.582015

G20 ve OECD’den oluşan ülkelerin Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Ticaret indeksine Endüstri 4.0’ın etkilerinin analiz edildiği Model 5’de Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Ticaret indeksine etki eden değişkenler Tablo 3.28’de yer almaktadır. F testi olasılık değeri de 0,05’den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre yukarıdaki Driscoll-Kraay standart hatalı regresyon tahmin sonuçlarına göre karbondioksit salınımı, BİT ürün ithalatı ve internet kullanımı anlamlı bir şekilde pozitif yönde etkilerken, BİT ürün ihracatı Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Ticaret indeksini anlamlı bir şekilde negatif yönde etkilediği görülmektedir

3.2.4.5. Model 6 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.29. Model 6 EKİTEK Tahmin Çıktısı.

Random effect GLS regression				Number of obs	=	585
Group variable (i): ülke				Number of groups	=	39
				F(16, 9)	=	18.27
				Prob > F	=	0.0000
EKİTEK	Katsayı	Robust Standart Hata	z	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	.0414597	.0160839	2.58	0,010	.0099359	.0729835
BİTT	.0204892	.007203	2.84	0.004	.0063715	.0346068
BİTH	-.0098958	.0049074	-2.02	0.044	-.0195142	-.0002775
KİNT	.0075835	.0021858	3.47	0,001	.0032995	.0118675
KCEP	-.0010494	.0008451	-1.24	0.214	-.0027058	.0006069
_cons	.0262476	.2719949	0.10	0.923	-.5068525	.5593477

G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Teknoloji indeksine Endüstri 4.0'ın etkilerinin analiz edildiği Model 6'da Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Teknoloji indeksi bağımlı değişkenini etkileyen değişkenler Tablo 3.29'da yer almaktadır. F testi olasılık değeri de 0,05'den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre yukarıdaki Rastgele Etkiler GLS Regresyon tahmin sonuçlarına göre BİT ürün ithalatı, karbondioksit salınımı ve internet kullanımı, Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Teknoloji indeksini anlamlı bir şekilde pozitif yönde ve BİT ürün ihracatı ise anlamlı bir şekilde negatif yönde etkilediği görülmektedir.

3.2.4.6. Model 7 İçin Tahminler ve Yorumlar

Tablo 3.30. Model 7 EKİARŞ İçin Tahmin Çıktısı

Fixed effect (within) regression				Number of obs	=	585
Group variable (i): ülke				Number of groups	=	39
				F(5, 38)	=	2.67
				Prob > F	=	0.0365
EKİARŞ	Katsayı	Robust Standart Hata	t	Olasılık Değeri	[95% Güven Düzeyi]	
KCRB	-.0255617	.019257	-1.33	0,192	-.0645454	.013422
BİTT	-.0108918	.0133241	-0.82	0.419	-.0378649	.0160814
BİTH	.0086011	.0093521	0.92	0.364	-.0103313	.0275335
KİNT	.0006025	.0025526	0.24	0,815	-.004565	.0057701
KCEP	.0015827	.0010527	1.50	0.141	-.0005485	.0037138
_cons	1.029825	.2457812	4.19	0.00	.5322667	1.527383

G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin Ekonomik Komleksite Araştırma indeksine Endüstri 4.0'ın etkilerinin analiz edildiği Model 7'de Ekonomik Komleksite Araştırma indeksini etkileyen değişkenler Tablo 3.30'da yer almaktadır. F testi olasılık değeri de 0,05'den küçük olduğundan modelin anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre yukarıdaki Sabit Etkiler GLS Regresyon Tahmin sonuçlarına göre bağımsız değişkenlerin Ekonomik Komleksite/Karmaşıklık Araştırma indeksini anlamlı bir etkisi görülmemekte ancak sadece sabitin anlamlı bir etkisi görülmektedir.



SONUÇ

Endüstri 4.0, ülkelerin üretim yapıları ve dış ticaret aktivitelerinde önemli rol oynamaktadır. Uluslararası ticarete konu olan mal ve hizmetlerin çeşitliliğini artırmakta ve ekonomik kompleksite/karmaşıklıkı desteklemektedir. Böylece küresel rekabet yoğunlaşmakta ve sınır ötesi ticareti gelişmektedir. Endüstri 4.0 modelini iyi adapte edebilen ülkeler, robotizasyon ve otomasyon ile iş gücü maliyetlerini düşürerek rekabet üstünlüğünü korumakta veya artırmaktadırlar.

Çalışmada, endüstri dönemleri hakkında bilgi verilmiş ve Endüstri 4.0'ın ortaya çıkma amacı vurgulanmıştır. Endüstri 1.0'da buhar ve su gücünün kullanılmaya başlandığı, Endüstri 2.0'da elektriğin sanayide kullanılmasıyla kitlesel üretimin yapıldığı, Endüstri 3.0'da bilgisayar ve internetin katalizörlüğünde dijital devrimin gerçekleştiği belirtilmiştir. 2011 yılında Alman hükümetinin Hannover Fuarında bilgisayarlaşmanın en üst düzeye çıkarılması hedefiyle Endüstri 4.0 dönemi başlamış ve bulut bilişim, yapay zeka, makine öğrenimi ve IoT gibi dijital teknolojiler üretim süreçlerine entegre edilmiştir.

Ayrıca Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklıkı daha iyi anlayabilmek ve kompleks/karmaşık yapıdaki bir ekonominin bu yapıda olması ürettiği ve sattığı ürünlerle alakalı olduğundan birisinin ürün kompleksitesi/karmaşıklıkı düşük(genelde toprak altından ham halde çıkarılan ürünler yada tarım ürünleri), diğerinin ise kompleksitesi/karmaşıklıkı yüksek (genelde sofistike yani teknoloji yoğun) olan iki farklı ürününün ticari ağırları nasıl değişim gösterdiği ortaya koyulmuştur. Kompleksitesi/karmaşıklıkı düşük olan topraktan çıkarılan ürünün teknoloji yoğun ürünlerde girdi olarak kullanıldığından her iki ürünün ağırları bir birine paralel mi gelişim göstermiş bu ortaya konmuştur. Ayrıca bu ürünlerin ticaretini yapan ülkelerin istatistiki değerlerindeki değişimler tespit edilmiştir.

Nadir elementler ticaretinde ağ yoğunluklarının ve kompleks/karmaşık yapının giderek arttığı 1996 yılında 13 olan bağlantı kuramazken bu sayı 2000 yılında 9'a düştüğü, 2010 yılında ise 7'ye düştüğü görülmüştür. Bu düşüş devam etmiş ve 2013 yılında 5'e, 2018 yılında 4'e düştüğü görülmüştür. COVID dönemi olan 2019 ve 2020 yılında ise bağlantı kuramayan ülke sayısının 9'a çıktığı görülmüştür. 2021 yılında ise tekrar düşüşe geçmiş ve 2022 yılı itibarıyla 5 tane bağlantı kuramayan ülke tespit edilmiştir. Ayrıca 2010 yılına Çin ve Japonya'nın çok güçlü bağlantısı görülmüştür. Çok güçlü bağlantı 2013'de Çin ve Japonya, Japonya ve Vietnam ve Japonya ve Filipinler arasında görülmüştür. 2018 ve 2019 yıllarında Çin ve Japonya çok güçlü bağlantıya sahipken, 2020 yılında ise Çin ve Japonya, Japonya ve Tayland arasındaki bağlantıların çok güçlü olduğu görülmüştür. 2021 yılında Çin ve Japonya,

Japonya ve Güney Kore ve 2022 yılında ise Çin ve Japonya çok güçlü bağlantıya sahip ülkeler olarak öne çıkmıştır.

Endüstriyel robotlar ticaretinde ağ yapısı kompleks başlamış ve giderek daha kompleks hale gelmiştir. Gürcistan, Kazakistan ve Etiyopya dışında genelde tüm ülkeler bağlantı kurmuşlardır. 2019, 2020 ve 2022 yıllarında olumsuz ekonomik dönemlere rağmen tüm ülkelerin bağlantıya sahip olduğu öne çıkmıştır.

Tüm dönemlerde, dünya ticaretinde uluslararası ticari anlaşmalar ve oluşumlar önemli rol oynamıştır. Avrupa Birliği'nin kurulması, çok uluslu şirketlerin ortaya çıkışı, Çin'in dışa açılması, küreselleşmenin hızlanması, Serbest Ticaret Anlaşmaları, Küresel Değer zincirlerinin oluşumu ve Dünya Ticaret Örgütü'nün kurulması ticaretin gelişmesine katkı sağlamıştır. 2011'de Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkmasıyla ülkeler üretimlerini bu doğrultuda şekillendirmeye başlamış, bu durum endüstriyel robot ve nadir elementler ticaretine olumlu yansımıştır. Genel olarak G20 ve OECD ülkeleri en yüksek değerleri alırken, G20 ve OECD dışında bazı nadir element rezervlerine sahip ülkelerin yüksek değerler aldığı ve endüstriyel robotlarda ise bazı G20 ve OECD dışı ülkeler de yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. Kompleks Ağ Analizi Sonuçlarına Göre İstatistiki Kategorilerde En Fazla Öne Çıkan Ülkeler.

Yıllar	Ürünler	Hub Otorite	Ego Ağ	Yönlü Bağlantı Sayısı	Dış Ticaret Hacmi	Öz Vektör Merkezliği	Çekirdek Ülkeler	Öne Çıkan Ülkeler
1996	NTE	Japonya Çin	Çin	Çin ABD Almanya Fransa İngiltere	Almanya ABD Fransa Japonya İtalya	Çin, Japonya Almanya	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa
	ROB	Almanya Japonya	Almanya	ABD Almanya Fransa Japonya İtalya	Almanya ABD Fransa Japonya İtalya	Fransa Almanya Japonya ABD	Fransa Almanya ABD İtalya Japonya	
2000	NTE	Japonya Çin	ABD	Çin ABD Almanya Japonya İngiltere	ABD Çin Almanya İngiltere Fransa Japonya	Çin Japonya ABD Hollanda Almanya	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Kanada
	ROB	ABD Japonya	Almanya	ABD Almanya Fransa Japonya İtalya İsveç	Almanya ABD Fransa İtalya Japonya Avusturya	Almanya Japonya Kanada ABD İtalya	Japonya ABD	
	NTE	Japonya Çin	Almanya	Çin ABD Almanya İtalya Belçika	Almanya ABD İtalya Belçika Japonya	Çin Japonya ABD Hong Kong Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya

Yıllar	Ürünler	Hub Otorite	Ego Ağ	Yönlü Bağlantı Sayısı	Dış Ticaret Hacmi	Öz Vektör Merkeziliği	Çekirdek Ülkeler	Öne Çıkan Ülkeler
2010	ROB	Çin Japonya	Almanya	Çin ABD Almanya Fransa İtalya Japonya	Almanya ABD Çin İtalya İsveç Fransa Japonya	Almanya G. Kore Japonya ABD İtalya	Japonya ABD	ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, H. Kong, Tayland
2013	NTE	Japonya Vietnam	ABD	Çin ABD Almanya H. Kong Belçika	Almanya ABD İtalya Belçika Japonya İngiltere H.Kong	Çin Japonya Vietnam Filipinler	Vietnam Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, H. Kong, Tayland, Vietnam, Filipinler
	ROB	Çin Japonya	Almanya	Çin ABD Almanya Avusturya İtalya Japonya	Almanya ABD Çin İtalya İngiltere Avusturya Japonya	Almanya Japonya Çin ABD	Almanya Japonya ABD	
2018	NTE	Japonya Çin	Belçika	Çin ABD Almanya İsveç Belçika	Çin ABD İtalya Belçika Almanya İngiltere	Çin Japonya Vietnam Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Danimarka, Vietnam, Tayland, Belçika
	ROB	Çin Japonya	İtalya	İtalya ABD Almanya Danimarka İsveç	ABD Çin İtalya İsveç Avusturya Avustralya	Almanya Japonya ABD Çin	Çin Japonya	
2019	NTE	Japonya Çin	Çin	Çin ABD Almanya İsveç Belçika	Çin ABD İtalya Belçika Almanya İngiltere	Çin Japonya Vietnam Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Avustralya, Vietnam, Tayland, Belçika
	ROB	Japonya Çin	İtalya	İtalya ABD Almanya Danimarka İsveç	Almanya ABD Çin İtalya İsveç Avusturya Avustralya	Almanya Japonya ABD Çin	Çin Japonya	
2020	NTE	Japonya Çin	ABD	Çin ABD Almanya İngiltere Belçika	Çin ABD İtalya Belçika Almanya İngiltere	Çin Japonya Vietnam Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Danimarka, Vietnam, Tayland, Belçika
	ROB	Japonya Çin	İtalya	Çin Fransa İngiltere Avusturya İsveç ABD Almanya Danimarka İtalya	Almanya ABD Çin İtalya İsveç Avusturya Japonya	Almanya Japonya ABD Çin	Çin Japonya	

Yıllar	Ürünler	Hub Otorite	Ego Ağ	Yönlü Bağlantı Sayısı	Dış Ticaret Hacmi	Öz Vektör Merkeziliği	Çekirdek Ülkeler	Öne Çıkan Ülkeler
2021	NTE	Japonya Çin	ABD	Çin ABD Almanya İngiltere Belçika	Çin ABD İtalya Belçika Almanya İngiltere	Çin Japonya Vietnam Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya, Almanya ABD,
	ROB	Japonya Çin	İtalya	İsveç ABD Almanya İtalya Japonya G.Kore	Almanya ABD Çin İtalya İsveç Avusturya Japonya	Almanya Japonya ABD Çin G.Kore	Çin Japonya	İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Danimarka, Vietnam, Tayland, Belçika
2022	NTE	Tayland Japonya	Almanya	Çin ABD Almanya İngiltere Hollanda Belçika	Çin ABD İtalya Belçika Almanya İngiltere Hollanda Malezya	Çin Japonya Vietnam Tayland	Çin Japonya	Çin, Japonya ,Almanya, ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Avusturya, G.Kore, Fransa, Hollanda, Türkiye, Malezya, Belçika, Tayland, Vietnam, Tayland,, Endonezya
	ROB	Japonya Çin	İtalya	İsveç ABD Almanya İtalya Japonya Hollanda Türkiye	Almanya ABD Çin İtalya İsveç Belçika Hollanda Türkiye Japonya	Almanya Japonya ABD Çin Endonezya G.Kore	Çin Japonya	

Her dönem için öne çıkan ülkeler genellikle bir birine bezer oldukları bazı yıllarda yeni ülkelerinde öne çıkan ülkeler listesine girdikleri görülmüştür. 1996 döneminde öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore olmuştur. Bu dönemde nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırasıyla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise Almanya ve Japonya olmuştur. Nadir elementlerde Çin en yüksek ego rolünü üstlenirken, endüstriyel robotta Almanya bu rolü üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, Fransa ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise ABD, Almanya, Fransa, Japonya ve İtalya olmuştur. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Almanya, ABD, İtalya, Fransa ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa, İtalya ve Japonya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD ve Hollanda, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Fransa, Japonya, ABD ve İtalya olmuştur. Çekirdek ülkeler nadir elementlerde Çin ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve ABD'dir.

2000 yılında nadir elementler ve endüstriyel robotlar ticaret ağlarında yoğunluk artmıştır. Öne çıkan ülkeler her iki üründe de Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Bu dönemde nadir elementler ticaretinde hub ve otorite sırasıyla Japonya ve Çin, endüstriyel robotta ise ABD ve Japonya olmuştur. Ego rolünü nadir elementlerde ABD, endüstriyel robotta ise Almanya üstlenmiştir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, Japonya ve İngiltere; endüstriyel robotlarda ise ABD, Almanya, Fransa, Japonya, İtalya ve İsveç'tir. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler ABD, Çin, Almanya, İngiltere, Fransa ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa, İtalya, Avusturya ve Japonya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD, Almanya ve Hollanda, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Kanada, ABD, İtalya ve Japonya'dır. Çekirdek ülkeler nadir elementlerde Çin ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Japonya ve ABD'dir.

2010 yılı finansal kriz sonrası olması açısından önemlidir. Hem nadir elementler hem de endüstriyel robotlar ticaret ağlarında yoğunluk ve kompleks yapılar artmıştır. Krizden sonra ticaret hızlı toparlanmış ve devam etmiştir. Bu dönemin öne çıkan ülkeleri her iki ürün içinde Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore olmuştur. Bu ülkelerin Ekonomik Kompleksite Endeksleri de yüksektir. Nadir elementler ticaretinde hub ve otorite Çin ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Japonya ve Çin olmuştur. Ego ağ rolü nadir elementlerde Almanya, endüstriyel robotlarda ise Çin'dedir. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Belçika, ABD, Almanya ve İtalya, endüstriyel robotlarda ise Çin, Almanya, Fransa ve İtalya'dır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler ABD, Almanya, İtalya ve Japonya, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa ve Çin'dir. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, ABD, Almanya ve Hollanda; endüstriyel robotlarda ise Almanya, Kanada, ABD, İtalya ve Japonya'dır. Çekirdek ülkeler nadir elementlerde Çin ve Japonya, endüstriyel robotlarda Japonya ve ABD'dir.

2013 dönemi, Endüstri 4.0'ın literatüre girmesinden sonraki dönemdir. Ticaret yoğun şekilde devam etmiş, ağların yoğunluk ve kompleks yapısı korunmuştur. Her iki ürün içinde öne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Nadir elementler ticaretinde hub ve otorite Japonya ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Çin ve Japonya olmuştur. Ego ağ rolü nadir elementlerde ABD, endüstriyel robotlarda ise Almanya'dır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Hong Kong ve Belçika; endüstriyel robotlarda ise Çin, ABD, Almanya, Fransa, İngiltere, Avusturya, Japonya ve İtalya'dır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek

lkeler ABD, Almanya, İtalya, Hong Kong, Belçika, İngiltere ve Japonya; endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, Fransa, İngiltere, Avusturya ve Çin'dir. z vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Filipinler ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD ve Japonya'dır. Çekirdek lkeler nadir elementlerde Vietnam ve Japonya, endüstriyel robotlarda Almanya, Japonya ve ABD'dir.

2018 dönemi, COVID salgını öncesi durumu görme açısından önemlidir. Endüstri 4.0'ın etkisiyle ticaretin yoğun şekilde devam ettiği ve ağların kompleks yapısının korunduğu bir dönemdir. Bu dönemde nesnelerin interneti, bulut bilişim, siber güvenlik, yapay zeka gibi kavramlar üretime katkı sağlamıştır. ne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Nadir elementler ticaretinde hub ve otorite Japonya ve Çin, endüstriyel robotlarda ise Çin ve Japonya olmuştur. Ego ağ rolü nadir elementlerde Belçika, endüstriyel robotlarda ise İtalya'dır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İsveç, ABD, Almanya, Danimarka ve İtalya'dır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise Almanya, ABD, İtalya, İsveç, Avusturya ve Avustralya'dır. z vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Tayland ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD ve Japonya'dır. Çekirdek lkeler hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya'dır.

2019 yılı küresel salgının bu dönemin sonlarına doğru ortaya çıkmasıyla önem kazanmıştır. Ticaret yoğun şekilde devam etmiş, ağların yoğunluğu ve kompleks yapısı korunmuştur. Endüstri 4.0'ın etkisiyle nesnelerin interneti, bulut bilişim, siber güvenlik ve yapay zeka gibi kavramlar üretime katkı sağlamıştır. Topuz vd. 2022, bu dönemde ticaretin devam etmesini sağlayan faktörler arasında temassız üretim ve hijyen bazlı temassız lojistik sürecinin önemli bir rol oynadığını vurgulamışlardır. Endüstri 4.0 ile birlikte yapay zekaya sahip akıllı robotların ne çıktığını belirtmişlerdir. Ayrıca, temassız paketlemenin ve hijyenin kritik olduğunu ve bu dönemde insan faktörünün en aza indirilmesinin önemini ifade etmişlerdir. Temassız depolama ve dağıtım süreçlerinin ticarete çok kritik bir rol oynadığını ve evrak işlemlerinin elektronik ortamda yapılmasının olumlu katkılar sağladığını belirtmişlerdir (Topuz vd. 2022: 22-23). ne çıkan ülkeler Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Hem nadir elementler ticaretinde hem de endüstriyel robotlarda hub ve otorite Japonya ve Çin'dir. Ego ağ rolü nadir elementlerde Çin, endüstriyel robotlarda ise İtalya'dır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İsveç ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İtalya,

İsveç, ABD, Almanya ve Danimarka'dır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya, İsveç, Avusturya ve Avustralya, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, İtalya, İsveç, Avusturya ve Avustralya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Tayland ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD ve Japonya'dır. Çekirdek ülkeler hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya'dır.

2020 yılı, küresel salgının tam yaşandığı ve dünya genelinde kısıtlamaların olduğu bir dönemdir. Buna rağmen ticaret yoğun şekilde devam etmiş, ağların yoğunlukları ve kompleks yapısı pek etkilenmemiştir. Yapay zeka ve nesnelerin interneti destekli robotlar, tedarik zincirine ve üretime katkı sağlamış, devletlerin halklarına yaptıkları yardımlar ticareti olumlu etkilemiştir. Öne çıkan ülkeler her iki üründe de Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Nadir elementler ticaretinde ve endüstriyel robotlarda hub ve otorite Japonya ve Çin'dir. Ego ağ rolü nadir elementlerde ABD, endüstriyel robotlarda ise İtalya'dadır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise Çin, Fransa, İngiltere, İsveç, ABD, Almanya, Danimarka ve İtalya'dır. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, İtalya, İsveç, Avusturya ve Japonya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Tayland ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD ve Japonya'dır. Çekirdek ülkeler hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya'dır.

2021 yılı, küresel salgın sonrası karantinaların kalktığı ve ticaretin normalleştiği dönemdir. Ülkelerin ve uluslararası kurumların aldıkları aksiyonlar toparlanmayı hızlandırmıştır. Öne çıkan ülkeler yine Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Nadir elementler ticaretinde ve endüstriyel robotlarda hub ve otorite Japonya ve Çin'dir. Ego ağ rolü nadir elementlerde ABD, endüstriyel robotlarda ise İtalya'dadır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İsveç, ABD, Almanya, İtalya, Japonya ve Güney Kore'dir. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, İtalya, İsveç, Belçika ve Japonya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Tayland ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, Güney Kore ve Japonya'dır. Çekirdek ülkeler hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya'dır.

2022 yılı, Rusya-Ukrayna savaşının başlangıcı ve en güncel verilerin olması açısından önemlidir. Nadir elementler ticaretinde kompleks yapı değişmiş, endüstriyel robotlarda ise seyrelme görülmüştür. Nadir elementler ağında bazı ülkeler bağlantı kurmazken, endüstriyel robotlarda tüm ülkeler bağlantı kurmuştur. Öne çıkan ülkeler yine Çin, Japonya, ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, İsveç, Avusturya ve Güney Kore'dir. Nadir elementlerde hub Tayland, otorite Japonya, endüstriyel robotlarda hub Japonya, otorite Çin'dir. Ego ağ rolü nadir elementlerde Almanya, endüstriyel robotlarda ise İtalya'dadır. En fazla yönlü bağlantıya sahip ülkeler nadir elementlerde Çin, ABD, Almanya, İngiltere, Hollanda ve Belçika, endüstriyel robotlarda ise İsveç, ABD, Almanya, İtalya, Japonya, Danimarka, Avusturya ve Çin'dir. Nadir elementlerde dış ticaret hacmi en yüksek ülkeler Çin, ABD, İtalya, Belçika, Almanya, Hollanda, Malezya ve İngiltere, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, İtalya, İsveç, Belçika, Hollanda, Türkiye ve Japonya'dır. Öz vektör merkeziliği yüksek ülkeler nadir elementlerde Çin, Japonya, Tayland ve Vietnam, endüstriyel robotlarda ise Almanya, Çin, ABD, Güney Kore, Japonya ve Endonezya'dır. Çekirdek ülkeler hem nadir elementlerde hem de endüstriyel robotlarda Çin ve Japonya'dır.

Ardından Endüstri 4.0'ın uluslararası ticaret ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık üzerindeki etkisi G20 ve OECD ülkelerinden seçilen ülkeler bağlamında kapsamlı bir şekilde analiz edilmiş ve derin bir bakış açısı sunulmuştur. Dış ticaret performansı için İhracattaki % Büyeme, İthalattaki % Büyüme, İhracat/GYSİH ve İthalat/GSYİH bağımlı değişkenler, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık için Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma bağımlı değişkenler olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenler olarak CO2 Salınımı Kişibaşı Metrik Ton, BİT Ürün İhracatı (% Toplam Ürün İhracatı), BİT Ürün İthalatı(% Toplam Ürün İthalatı), Mobil Hücresel Abonelikler (Her 100 Kişide) ve Kişi Başı İnternet Kullanımı (% Toplam Nüfus) kullanılmıştır.

Buna göre Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin ihracatındaki büyümesine etkilerin incelendiği panel veri analizinde internet kullanımı ve BİT Ürün İhracatı, İhracattaki Büyüme'yi anlamlı bir şekilde pozitif etkilediği görülmüştür.

Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelere ilişkin toplam ithalatlarındaki büyümesine etkilerin incelendiği panel veri analizinde BİT ürün ihracatı, ithalattaki büyüme'yi anlamlı bir şekilde pozitif etkilediği görülmüştür.

Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den oluşan seçilmiş ülkelerin toplam ihracatlarının GSMH'daki oranına etkilerin incelendiği panel veri analizinde BİT ürün ithalatı,

karbondioksit salınımı ve cep telefonu kullanımı ihracatı anlamlı bir şekilde negatif etkilediği görülmüştür.

Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den seçilmiş ülkelerden oluşan ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret indeksine etkilerin incelendiği panel veri analizinde karbondioksit salınımı, BİT ürün ithalatı ve internet kullanımı anlamlı bir şekilde pozitif etkilerken, BİT ürün ihracatı Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret indeksini anlamlı bir şekilde negatif etkilediği görülmüştür.

Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den seçilmiş ülkelerden oluşan ülkelerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji indeksine etkilerin incelendiği panel veri analizinde BİT ürün ithalatı, karbondioksit salınımı ve internet kullanımı, Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji indeksini anlamlı bir şekilde pozitif ve BİT ürün ihracatı ise anlamlı bir şekilde negatif yönde etkilediği görülmüştür.

Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den seçilmiş ülkelerden oluşan ülkelerin Ekonomik Komleksite Araştırma indeksine etkilerin incelendiği panel veri analizinde bağımsız değişkenlerin Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma indeksini anlamlı bir etkisi görülmemiş ancak sadece sabitin anlamlı bir etkisi görülmüştür.

Tablo 2. Analiz Sonuçlarına Göre Her Model İçin Anlamlı Çıkan Değişkenler.

Modeller	Değişkenler				
	BİTH	BİTT	KİNT	KCEP	KCRB
Model 1 İhracatındaki Yüzde Büyümeye Etkisi	+		+		
Model 2 İthalatlarındaki Yüzde Büyümeye Etkisi	+				
Model 3 Toplam İhracatın GSYİH'daki Oranına Etkisi		-		-	-
Model 5 Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Ticaret İndeksine Etkisi	-	+	+		+
Model 6 Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Teknoloji İndeksine Etkisi	-	+	+		+
Model 7 Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık Araştırma İndeksine Etkisi					

Tartışma

Endüstriyel robotlar ve nadir elementler ticaretinde dünya ticareti için önem arz eden olumlu değişimler olumlu katkı yaparken, olumsuz değişimler kısmen de olsa olumsuz katkı yapmıştır. Bu katkılar gerek ağlardaki bağlantı kuran ülkelerde gerekse ağların yoğunluklarında öne çıkmıştır. Her ne olursa olsun ticaret bir şekilde devam etmiştir özellikle salgın döneminde birçok ürün için ticari faaliyetler durma noktasına gelse de ülkelerin ve DTÖ'nün aldıkları aksiyonlar, temassız ticaret anlayışı (lojistik sevkiyatlarda robotlardan faydalanma) ve Endüstri 4.0 üretim modelinin olumlu katkılarından dolayı bu iki ürünün ticaretinin devam ettiği görülmüştür. Ticareti yapılan iki ürün bazında da istatistiki değerleri yüksek olan öne çıkan ülkeler benzerlik göstermiştir. Çünkü nadir elementler endüstriyel robotlar gibi teknoloji yoğun ürünlerde girdi olarak kullanılmaktadır ve bu yüzden benzeşme yaşanmıştır. Her dönem için öne çıkan ülkeler birkaç ülke hariç genelde G20 ve OECD ülkelerinden ve Ekonomik Kompleksite/Karmaşıklık yüksek ülkelere oluştugu görülmüştür. Çekirdek ülkeler genel olarak nadir elementlerde iki ülkeli ve Çin ve Japonya olarak görülmüş, Endüstriyel robotlarda 1996 yılında beş ülkeli Fransa, Almanya, ABD, İtalya, Japonya olarak görülmüş, 2013 üç ülkeli Almanya, Japonya ve ABD olarak görülmüş diğer yıllarda ise iki ülkeli Çin ve Japonya olarak görülmüş ve iki ürün içinde bir birine paralel gitmiştir. Ayrıca teknoloji yoğun yani ürün kompleksite/karmaşıklık yüksek ürünün ticareti yoğun yapılırken diğer ürünün yani ürün kompleksite/karmaşıklık düşük olanın ticaretinin yoğun olmadığı görülmüştür.

Panel veri analizinin sonuçlarına göre endüstri 4.0'ın genel olarak dış ticaret performansına(ihracat ve ithalat) ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık ticaret indeksine ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık teknoloji indeksine anlamlı etkisi görülmüştür. Dolayısıyla ülkelerin üretim modellerinde Endüstri 4.0'a geçmeleri durumunda rekabet üstünlüğü olanların rekabet üstünlüğünü koruyacak, rekabet üstünlüğü olmayanlara rekabet üstünlüğü kazandıracak böylece ticari gelirlerinde ve kişi başı gelirlerinde artışlar yaşanacaktır. Kuo vd. 2019 Endüstri 4.0 'ın küresel ticaret dinamiklerinde de değişimlere yol açabileceğini, ileri teknolojilere sahip gelişmiş ülkeler rekabet avantajına sahip olabileceğini ancak ticaret maliyetleri azaldıkça ve fiziksel altyapıya olan ihtiyaç azaldıkça, gelişmekte olan ülkelerinde küresel ticaretteki paylarını artırma potansiyeli olabileceğini belirtmiştir (Kuo vd. 2019).

Ayrıca Tablo 1.8'de Forbes 2000'e göre dünyanın en büyük 100 firmasının ekonomik kompleksitesi/karmaşıklık yüksek ülkelerin firmaları olması ve ABD firmalarının ilk 100'ü domino etmesi İlk 100 de bulunan firmaların 37 tanesinin ABD menşeli firmalar olup ilk 20 içinde olan firmaların 10 tanesi teknoloji firmalarından oluşması ve ilk 5 içinde bulunan

firmalarının hepsi de ABD'nin olup hepsine teknolojisi firmasından oluşması gibi etmenler, bunun yanında Dünya'nın en büyük marka değerine sahip ilk 5 firması Apple, Google, Microsoft, Amazon ve Facebook'dan oluşması, ilk 100 içinde firmaya sahip ülkelerin Almanya, Fransa, Japonya, G.Kore, İngiltere, İsviçre, İspanya, İtalya, Avusturya, Hollanda, Belçika ve Çin'den oluşması ve bu ülkelerin G20 ve OECD üyesi ülkeler olması 100 firmanın 20 tanesi teknoloji, 16 tanesi finansal hizmet, 9 tanesi otomotiv, 8 tanesi içecek, 14 tanesi üretim, yiyecek, kozmetik üretim ve lüks üretim kategorisinde, 3 tanesi telekomünikasyon kategorisinde olması öne çıkması Endüstri 4.0'ı öne çıkarmıştır.

Ayrıca Tablo 1.9'a göre belli kategorilere göre belirlenmiş ve 100 bilim ve teknoloji kümelenmesi listesinden alınmış ilk 30 ülke görülmektedir. Burada burada bulunan önemli firmaların patent başvuruları ve önemli üniversitelerin bilimsel yayınları öne çıkmıştır. Ülkelerin, firmaların ve üniversitelerin buna önem verdikleri görülmektedir. Çin ve ABD'nin çok üstün olduğu Japonya'nın kümelenme sayısı az olsada en üst sırada yer aldığı öne çıkmıştır. Ayrıca AB ülkelerin çok fazla kümelenmeye sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanında büyük çoğunluğunun G20 ve OECD ülkelerinden oluşmaktadır. Bu oluşumlarda ismi geçen firmalardan ve yaptıkları patent başvuruları önemli bir üretim alanında farklı icatlar ortaya çıkarabilmektedir.

Bu firmaların büyük çoğunluğunun endüstri 4.0 üretim modeline geçme potansiyelinde olması yada endüstri 4.0'ın bileşenlerinden kullanma potansiyelleri olması açısından önemlidir. Örneğin üretim firmalarının otomasyonlu üretimde bulunmaları ve nesnelerin internetinden faydalanmaları yada teknoloji firmalarının siber güvenlik, yapay zeka, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklikten faydalanmaları örnek verilebilir. Yani bir ülkenin endüstri 4.0 potansiyellerinin önemli göstergeleri ve öncülleri sahip oldukları firmalarda vücut bulmaktadır. Nitekim Rymarczyk 2021, Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması, uluslararası ticaretin hacminde ve yapısında önemli değişikliklere yol açabileceğini özellikle dijital teknolojilerle ilgili olan hizmetlere doğru bir yönelmenin olabileceğini belirtmiştir (Rymarczyk, 2021). Ayrıca WEF, 2023'e göre küçük işletmeler dünya çapında işletmelerin yaklaşık %90'ını ve istihdamın %50'sinden fazlasını temsil ettiğini, küçük işletmelerin dijital olarak dönüşmesine yardımcı olmak, ekonomilerin hayati bir sütununu geleceğe hazır hale getirmeye yardımcı olabileceğini belirtmiştir (WEF, 2023: 20).

Dolayısıyla ticaret performansını arttırmak ve daha fazla gelir elde etmek için endüstri 4.0 üretim modelinin ve teknoloji yoğun üretimin daha önemli olduğu öne çıkmıştır. Bunu uygulayabilmek içinde ülkelerin sahip oldukları firmalar (büyük ve küçük) önem arz

etmektedir. Bir ürün doğası gereği bir coğrafyadaki ülkelerin topraklarında bulunabilir. Bunu çıkarıp işlemek için gerekli teknoloji de en az onun kadar önemlidir. Bu teknolojiyi üretebilmek ise nitelikli iş gücüne bağlıdır. Gelişmiş ülkeler buna sahip oldukları için sofistike ürünler üretilip satabiliyorlar. Böylece ekonomik kompleksite/karmaşıklık indekslerinde kişi başı gelirleri de yüksek olmaktadır. WEF, 2023 üretimin dünya çapında birçok ekonominin omurgası olduğunu yüksek performanslı bilgi işlem, endüstriyel robot teknolojisi, 3D baskı ve diğer teknolojilerin benimsenmesinin, sektörü canlandıracağını ve sürdürülebilir, kapsayıcı büyümeyi koruyacağını, ayrıca Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin, biyolojik çeşitliliğin korunması ve onarılmasında ve iklim değişikliğinin etkisinin azaltılmasında giderek daha önemli bir rol oynayacağını belirtmiştir (WEF, 2023: 14-21).

Politik Yapıcılara Öneriler

Bu çalışmada kompleks ağ analizi ve panel veri analizi yaklaşımıyla çoğunluğu G20 ve OECD'den seçilmiş ülkeler bağlamında iki farklı analiz yapılmıştır. Buna göre kompleks ağ analiziyle belirlenmiş araştırma soruları ve dönemler için iki farklı ürün (düşük ürün kompleksite/karmaşıklığa sahip ve yüksek ürün kompleksite/karmaşıklığa sahip) çerçevesinde ticari ağlar görselleştirilmiş, istatistiki değerler olumlu ve olumsuz önemli ekonomik gelişmelere göre yorumlanmıştır. Ayrıca öne çıkan ülkeler Endüstri 4.0 ve ekonomik kompleksite/karmaşıklık bağlamında değerlendirilmiş ve bir diğer analiz olan panel veri analizi sonuçlarıyla bağlantı kurulmuştur. Panel veri analizinde ise Endüstri 4.0'ın ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve dış ticaret performansına etkisi G20 ve OECD üyesi ülkelere ilişkin seçilmiş ülkeler bağlamında analiz edilmiş ve sonuçlar kompleks/karmaşık ağ analizi sonuçlarıyla birlikte yorumlanmıştır.

- ✓ Uygulanması gereken plan ya da program her ne olursa olsun üretimin her alanında sürdürülebilirliği önceliğe alarak iş dünyası liderleri, teknoloji sağlayıcıları ve politika yapımcıların hepsinin çabalarının birleştirilmesiyle yapılmalıdır.
- ✓ Gelişmiş ülkeler kendi aralarında rekabet ederken geliştirmekte olan ülkeler kendi yeteneklerine yakın gelişmiş bir ülkeyi bir rol model olarak rekabet üstünlüğü elde etmeyi deneyebilirler. Ürün uzayında firmaların kendine yakın özellikteki ürünleri üretebilmeleri gibi.
- ✓ Ülkeler Endüstri 4.0 üretim modeline sahip oldukları büyük ya da küçük firmaları teşvik ederek geçmeyi denemelidirler.
- ✓ OECD, Dünya Bankası, IMF gibi uluslararası kuruluşlar ülkelere Endüstri 4.0 üretim modeline geçmeleri konusunda rehberlik edip fonlar sağlayabilirler.

- ✓ Ülkeler eğitimin tüm kurumlarında Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenleriyle ilgili eğitim müfredatlarını revize edebilirler.
- ✓ Dünya'daki büyük firmalar endüstri 4.0 üretim modelini uygularken ülkeler buradaki aşamalardan bilgiler elde edebilirler ve gerektiğinde kendi KOBİ'lerine ya da büyük firmalarına yol gösteren bilgisel destekler sağlayabilirler.
- ✓ Daha iyi analizler ve çıkarımlar yapabilmek için ülkeler istatistik kurumları endüstri 4.0 ile ilgili her türlü ticari faaliyetler için veri tutmaya başlayabilirler.
- ✓ Endüstri 4.0 üretim modeline geçiş için toplumlar ve firmalar sosyal ve kültürel anlamda da hazırlanmalıdır.
- ✓ Ülkeler üretimin her alanında (üretim 4.0, eğitim 4.0, tarım 4.0, sağlık 4.0) bütünsel bir programla Endüstri 4.0'ı uygulamaya geçmelidirler. Örneğin tarımsal üretimde su kıtlığından tedarik zincirinin bozulmasına kadar gıda sistemlerinin önümüzdeki yıllarda birçok zorluğun üstesinden gelmesi gerekecek ve teknoloji, çiftçileri destekleyip ve insanların aç kalmamasını sağlayarak yardımcı olabilir. Sağlık alanında doktorların uzaktan ameliyat yapması imkanı doğdu bu alanda bir hizmet ihracatı planlaması yapılmalıdır.
- ✓ Çok hızla değişen ve gelişen teknolojik ilerlemeye ülkeler daha hızlı adapte olabilirler, böylece birçok olumsuzluğun önüne geçilebilirler.
- ✓ Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkelere bilgi ve teknoloji transferi konusunda daha cömert davranabilirler. Salgın döneminde bu yapılmıştı.
- ✓ Ülkeler ve firmalar veri gizliliği gibi konularda etkin koruma sağlamak için siber güvenlik yatırımlarına daha fazla kaynaklar ayırmalıdır.
- ✓ Özellikle gelişmekte olan ülkeler interneti daha etkin ve verimli kullanabilmek için internet alt yapılarında güçlendirme yapabilirler.
- ✓ Ülkelerin kompleks/karmaşık yapıya geçmeleri için hangi ürünlerin üretiminde teşvikler verileceği belirlenmeli ulusal stratejiler olarak uygulanmalıdır.
- ✓ Ülkeler kompleks ağ analizinde de görüldüğü gibi kriz dönemlerinde bile artık ticari faaliyetlerin devam ettiği bilinciyle atılacak adımlarda daha cesaretli davranabilirler.
- ✓ Endüstri 4.0 üretim modelinde asıl amaç aslında Çin gibi ucuz iş gücüne sahip ülkelerin üretimde ve ticarete yazılımların ve icatların kopyalanmaması yani Doğu'nun Batıyı geçmesini engellemek olsa da Çin'in teknolojik atılımları ve üretimde yaptığı gelişmeler Çin'nin halen güçlü şekilde durduğunu göstermektedir. Özellikle son yıllarda ortaya çıkan Çin teknoloji firmaları ve Çin'de bulunan bilgi ve

teknoloji kümelenmelerinin sayıları bunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler Çinle daha fazla işbirliğine yönelebilirler.

- ✓ Hem Endüstri 4.0 üretim modeli hem de daha kompleks/karmaşık bir ekonomik yapıya geçmek için ülkelerin firmaları ve şehirleri çok önemlidir stratejiler bu bağlamda oluşturulmalıdır. Örneğin akıllı şehir uygulamalarına geçişte stratejik konumda olan şehirler yani önemli üretim üslerinin olduğu Endüstri 4.0 üretim modelinin uygulanabileceği şehirler önceliğe alınmalıdır.
- ✓ Gelişmekte olan özellikle Türkiye gibi nüfusu ve üniversite sayısı fazla olan ülkeler bilim ve teknoloji kümelenme sayılarını arttırabilirler. Her bölgede kümelenmeler oluşturulup bölgelerdeki firma ve üniversitelerle entegre edilip bilimsel yayın ve patent başvurularında artışlar sağlanabilir. Böylece bölgesel firmalar ve üniversiteler arasında rekabet oluşturulabilir.
- ✓ Türkiye gibi ülkelerde teknoloji alanında verilen teşvikler hakkında genel olarak insanlar ve firmalar tarafından farkındalık yaratılabilmesi için bu teşviklerin tanıtımları artırılabilir.
- ✓ Daha kompleks/karmaşık ekonomiye geçiş daha fazla sofistike ürün üretip ihraç edebilmekle alakalı olduğu için teknoloji ve nitelikli iş gücü gereklidir. Nihayetinde Endüstri 4.0 üretim modelini gerektirmektedir. Bu nedenle teknolojik alt yapıya ve nitelikli iş gücüne daha fazla yatırımlar yapılabilir.
- ✓ Ürün uzayı açıklamasında da belirtildiği gibi bir ülkenin ileri teknolojik bir ürün üretimi yapabilmesi o ürüne benzeyen ürünler kategorisinde üretim yapılabiliyor olmalıdır. Böylece diğer bir dalda da uzmanlaşma sağlayabilir. Bu nedenle ülkeler üretilcek ürünlere karar vermeden önce sahip oldukları potansiyellerine göre kaynaklarını belirlemeli ve planlamalarını bu doğrultuda yapmalıdır. Böylece kaynakta etkinsizliğin önüne geçilebilir.
- ✓ Uluslararası ticaret açısından son dönemlerde çok önemli bir alan haline gelen yazılımsal ürün yada hizmetlerle ilgili olan start-up'lara teşvikler verilebilir.
- ✓ Bazı potansiyeli yüksek olan teknolojik start-up'lar küresel büyük teknoloji şirketleri tarafından daha olgunluğa erişmeden satın alınabilmektedir. Bu gibi girişimlerin ülke içinde kalması uzun vadede uluslararası ticaret ve ülke ekonomileri için daha fazla getiriler sağlayabilir.
- ✓ Yeni üretim modeli ve özellikle yapay zekanın yazılımsal ürün ya da hizmetlerin üretilmesinde olumlu katkı yapacağından bu ürünlerin ihracatı için potansiyel ülkeler

belirlenmeli ticari bağlantısı olmayan ülkelerle gerekli ticari anlaşmalar yapılabilir o ülkenin şartlarına uygun ürünler yada hizmetler üretilebilir.

- ✓ Dünya Ticaret Örgütü sürecin dinamik olmasından dolayı özellikle yazılımsal ürünlerin ticaretinde mevzuatını ülkelerin ticaretten maksimum fayda sağlayacak şekilde revize edebilirler.
- ✓ Uluslararası ticaret yapan ya da yapmak için girişimde bulunan firmalar için üretim öncesi, üretim süreci ve üretim sonrası aşamalarda vergi teşvikleri verilebilir. Bunlar;

Üretim öncesi teşvikler;

- ✓ Ar-Ge faaliyetleri için yapılan harcamaların belirli bir oranının vergiden düşürülmesi ve Ar-Ge projelerine yatırım yapan firmalara düşük faizli krediler ve bu kredilerde vergi indirimleri gibi teşvikler sağlanabilir. Endüstri 4.0 teknolojileri personel eğitimi için yapılan harcamaların vergiden düşürülmesi gibi uygulamalar geliştirilebilir. Prototip geliştirme ve pilot projeler için yapılan harcamaların vergiden muaf tutulabilir.

Üretim Aşamasındaki Teşvikler;

- ✓ Endüstri 4.0 ile ilgili makineler ve ekipmanlar için hızlandırılmış amortisman uygulamaları yapılabilir. Belirli Endüstri 4.0 ekipmanlar yada yazılımlar alımında vergi muafiyeti veya indirimler sağlanabilir. Enerji verimliliğini artıran teknolojilere yatırım yapan firmalar için vergi indirimleri yapılabilir. Endüstri 4.0 sürdürülebilir ve yeşil üretim teknolojilerine yapılan yatırımlar için vergi teşvikleri verilebilir. Bulut bilişim, IoT ve internet alanında yapılan yatırımlar için vergi teşvikleri sağlanabilir.

Üretim Sonrası Teşvikler;

- ✓ Endüstri 4.0 ile üretilen yeni ürünlerin pazarlama ve tanıtım harcamalarının vergiden muafiyeti sağlanabilir. Yeni dağıtım kanalları ve modernize edilmiş lojistik ağları için yapılan yatırımlar vergiden düşürülebilir. Endüstri 4.0 ile üretilen ürünlerin satışından elde edilen gelirler için belirli süreler için gelir vergisi indirimleri yada muafiyeti sağlanabilir. İleri teknoloji ürünlerinin servis ve destek hizmetleri için vergi indirimleri gibi teşvikler sağlanabilir.

Kısıtlılıklar ve Gelecekteki Çalışmalara Öneriler

Teze başlarken kompleks ağ analizi için tüm endüstri dönemlerine göre ağ haritaları çıkarmayı amaçlamıştık ancak ilk verinin 1995 yılında tutulmaya başlanmasından dolayı üçüncü endüstri döneminden itibaren ağ haritaları çıkartılmıştır. Panel veri analizinde bazı

bağımsız değişkenler için bazı ülkeler açısından eksik veri ya da hiç veri bulunmamasından dolayı çalışmaya eklenmemiştir.

Yapılan çalışma, Endüstri 4.0'ın G20 ve OECD'den seçilmiş ülkeler bağlamında ekonomik kompleksite/karmaşıklık ve uluslararası ticaret performanslarına olan etkileri incelemiştir. Fakat bu etkiler, çeşitli veri tabanlarından elde edilen verilerle sınırlıdır. Gelecekteki çalışmalarda, firma bazında nitel çalışmalar yapılarak endüstri 4.0'ın uluslararası ticarete etkileri hakkında daha detaylı ve derin bilgiler elde edilebilir. Ayrıca, panel veri analizi dışında farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak farklı sonuçlar araştırılabilir. Ayrıca uygun verilerin elde edilmesi durumunda yapısal eşitlik modellemesi yapılabilir. Bunun yanında kompleks ağ analiziyle iki farklı ürünün ağ haritaları istatistiki çıktıları incelenmiştir. Buradan elde edilen her istatistiki değer kategorisi için derinlemesine araştırmalar yapılabilir.



KAYNAKÇA

- Abdi, A. H. (2023). Toward a sustainable development in sub-Saharan Africa: do economic complexity and renewable energy improve environmental quality?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19), 55782-55798.
- Abdi, A. H., Zaidi, M. A. S., & Karim, Z. A. (2023). Economic complexity and bilateral trade flows in selected COMESA and East Asia countries. *Technological and Economic Development of Economy*, 29(3), 846-873.
- Adam, A., Garas, A., Katsaiti, M. S., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and jobs: an empirical analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 1-28.
- Alkan, G., & Kocabaş, C. (2020). ASEAN ülkeleri ihracatına ait sosyal ağ analizi. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, 41, 138–149.
- Alkan, G. (2021). Merkezi Asya ve Kafkas Geçiş Ekonomileri Sosyal Ağ Analizi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 20(2), 414-427.
- Ammar, J., & Craufurd Smith, R. (2015). When a Trade Mark Use is Not a Trade Mark Use? A 3D Perspective. *A 3D Perspective* (December 15, 2015).
- Angelidis, G., Bratsas, C., Makris, G., Ionnadis, E., Varsakelis, N., & Antoniou, I. E. (2021). Global value chains of COVID-19 materials: A weighted directed network. *Mathematics*, 9, 3202. <https://doi.org/10.3390/math9243202>
- Antonelli, C. (2016). Technological congruence and the economic complexity of technological change. *Structural Change and Economic Dynamics*, 38, 15-24.
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An overview of augmented reality. *Computers*, 11(2), 28.
- Arslan, A. (2020). *Dördüncü Sanayi Devriminin (Endüstri 4.0) Emek Piyasaları Üzerindeki Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı Endüstri İlişkileri Ve İnsan Kaynakları Bilim Dalı.
- Atik, H., & Ünlü, F. (2019). The measurement of industry 4.0 performance through industry 4.0 index: an empirical investigation for Turkey and European countries. *Procedia Computer Science*, 158, 852-860.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Comput. Netw.*, 54(15), 2787-2805.
- Avrupa Komisyonu. (2017). *Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe*. European Commission: Brussels, Belgium.

- Balland, P. A., Jara-Figueroa, C., Petralia, G., Steijn, M., Rigby, D. L., & Hidalgo, C. A. (2020). Complex economic activities concentrate in large cities. *Nature Human Behaviour*, 4(3), 248-254.
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data*. Sixth Edition. Springer Nature Switzerland AG, Cham.
- Barros Jr, F., Brotherhood, L., & Rodrigues, V. (2022). Economic complexity and corporate governance. *Applied Economics Letters*, 29(1), 68-71.
- Bilgin, O. (2018). *Dördüncü sanayi devrimi ve Türkiye ekonomisi: Ulusal yenilik sistemi çerçevesinde bir inceleme*, Master's thesis, Kırıkkale Üniversitesi.
- Bishop, A., & Mateos-Garcia, J. (2019). Exploring the link between economic complexity and emergent economic activities. *National Institute Economic Review*, 249, R47-R58.
- Boleti, E., Garas, A., Kyriakou, A., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and environmental performance: evidence from a world sample. *Environmental Modeling & Assessment*, 26(3), 251-270.
- Breitenbach, M. C., Chisadza, C., & Clance, M. (2022). The Economic Complexity Index (ECI) and output volatility: High vs. low income countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 31(4), 566-580.
- Bulut, E., & AKÇACI, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Calzada, B. C. O., & Spinola, D. (2022). *Complexity and Productive Structure in Latin America: A Network Analysis of Trade Patterns*. Birmingham City University Business School.
- Can, M., Balsalobre-Lorente, D., Adedoyin, F. F., & Mercan, M. (2023). The impact of trade openness, export concentration and economic complexity on energy demand among G7 countries. *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1177/0958305X231177740>
- Canh, N. P., & Thanh, D. (2022). The dynamics of export diversification, economic complexity and economic growth cycles: Global evidence. *Foreign Trade Review*, 57(3), 234-260.
- Cepeda Li, Y., Peng, Y., Luo, J., Cheng, Y., & Veglianti, E. (2019). Spatial-temporal variation characteristics and evolution of the global industrial robot trade: A complex network analysis. *PloS One*, 14(9), e0222785.
- Choi, Y. H., Kim, E., & Lee, K. H. (2021). Faux fur trade networks using macroscopic data: A social network approach. *Sustainability*, 13, 1427. <https://doi.org/10.3390/su13031427>

- Chu, L. K., & Hoang, D. P. (2020). How does economic complexity influence income inequality? New evidence from international data. *Economic Analysis and Policy*, 68, 44-57.
- Chu, L. K. (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity. *Applied Economics Letters*, 28(7), 612-616.
- Chu, T. H., Stocker, M. L., & Tan, B. J. (2021). Economic fitness: how equity market returns reflect the realization of economic growth potential. *International Journal of Finance & Economics*, 26(1), 1550-1562.
- Conti, M., Dargahi, T., & Dehghantanha, A. (2018). *Cyber threat intelligence: challenges and opportunities* (pp. 1-6). Springer International Publishing.
- Çetinkaya, G. (2020). *Dördüncü Sanayi Devriminin Kamu Harcamaları Üzerine Etkisi*, Master's Thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çeştepe, H., & Çağlar, O. (2017). Ürün sofistikasyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 992-1000.
- Coşkun, N., Lopcu, K., & Tuncer, İ. (2018). The economic complexity approach to development policy: where Turkey stands in comparison to OECD plus China. *Proceedings of Middle East Economic Association*, 20(1), 112-124.
- Cordes, F., & Stacey, N. (2017). Is UK Industry Ready for the Fourth Industrial Revolution. *The Boston Consulting Group*, Boston, MA, USA.
- Çubukçu, C., & Özbay, B. (2016). Ülkelerin İhracat İlişkilerine Göre İlişkisel Ağ Analizi. *International Conference on Computer Science and Engineering*, Tekirdağ, 12-19.
- Davenport, T. H., & Dyché, J. (2013). Big data in big companies. *International Institute for Analytics*, 3(1-31).
- Dávila-Fernández, M. J. (2020). Alternative approaches to technological change in a small open economy. *Journal of Evolutionary Economics*, 30(2), 279-317.
- Demir, Ç. (2021). *Orta Gelir Tuzağının Aşılmasında Dördüncü Sanayi Devrimi ve Etkin Bir Devlet Politikasının Önemi*, Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi.
- Dilmurodovna, M. N. (2022, April). Possibilities of cloud technologies. In *Conference Zone* (pp. 72-74).
- Dong, G., Qing, T., Tian, L., Du, R., & Li, J. (2021). Optimization of crude oil trade structure: A complex network analysis. *Complexity*, 2021, 3480546. <https://doi.org/10.1155/2021/3480546>.

- Dumor, K., Li, Y., Ampaw, E. M., Essel, E. O., & Mutiiria, O. M. (2021). Situating Africa in the exports patterns of China's Belt and Road Initiative: A network analysis. *African Development Review*, 33, 343–356. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12540>.
- Dupas, M. C., Halloy, J., & Chatzimpiros, P. (2022). Power law scaling and country-level centralization of global agricultural production and trade. *Environmental Research Letters*, 17(3), 034022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac54ca>
- Elmurzaevich, M. A. (2022, February). Use of cloud technologies in education. In *Conference Zone* (pp. 191-192).
- Emeka, E. T., Ogbuabor, J. E., & Nwosu, E. O. (2024). Effects of public infrastructural development and industrialization on economic complexity in Africa: Emerging insight from panel data analysis. *African Development Review*.
- Eren, E. (2013). Kompleksite İktisadi ve Ajan-Temelli Modelleme: Metodolojik Bir Yaklaşım. *Türkiye Ekonomi Kurumu, Tartışma Metni 2013/3*. <http://www.tek.org.tr>.
- Erkan, B., & Yildirimci, E. (2015). Economic complexity and export competitiveness: The case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 524-533.
- Erkekoğlu, H., & Yılmaz, B. (2020). OECD ülkelerinin grup içi ticari ilişkilerinin ağ analizi ile değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (1), 321-344.
- Evjemo, L. D., Gjerstad, T., Grøtli, E. I., & Sziebig, G. (2020). Trends in smart manufacturing: Role of humans and industrial robots in smart factories. *Current Robotics Reports*, 1, 35-41.
- Fajar, M. (2020). Fair competition: The concept of regulation in the sharing economy. *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business*, 7(11), 637-645.
- Felipe, J., Kumar, U., Abdon, A., & Bacate, M. (2012). Product complexity and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(1), 36-68.
- Ferraz, D. (2017). *Economic complexity and human development: a social efficiency indicator for nations*.
- Fernández-Macías, E., Hurley, J., & Bisello, M. (2016). What do Europeans do at work? A task-based analysis: *European Jobs Monitor 2016*.
- Fracasso, A., Hien, T., Nguyen, T., & Schiavo, S. (2018). The evolution of oil trade: A complex network approach. *Network Science*, 6, 1-26. Cambridge University Press.
- Fu, Y., Xue, L., Yan, Y., Pan, Y., Wu, X., & Shao, Y. (2021). Energy network embodied in trade along the Belt and Road: Spatiotemporal evolution and influencing factors. *Sustainability*, 13(19), 10530. <https://doi.org/10.3390/su131910530>.

- G'ayratovich, E. N. (2022). The Theory of the Use of Cloud Technologies in the Implementation of Hierarchical Preparation of Engineers. *Eurasian Research Bulletin*, 7, 18-21.
- Gao, J., & Zhou, T. (2018). Quantifying China's regional economic complexity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1591-1603.
- Gao, J., Jun, B., Pentland, A. S., Zhou, T., & Hidalgo, C. A. (2021). Spillovers across industries and regions in China's regional economic diversification. *Regional Studies*, 55(7), 1311-1326.
- Gencer, M. (2017). Sosyal Ağ Analizi Yöntemlerine Bir Bakış. *Yıldız Social Science Review*, 1-6.
- Gnangnon, K. (2021). Economic complexity and poverty in developing countries. *Economic Affairs*, 41(3), 416-429.
- Gnangnon, K. (2024). The quality of Aid for Trade flows and economic complexity. *International Economics and Economic Policy*, 1-43.
- Gorokhova, V. D., & Sekerin, A. E. (2019). New approach to an assessment of influence of the fourth industrial revolution technologies on economy. *The 13th International Days of Statistics and Economics*, Prague, September 5-7, 2019.
- Gozgor, G., Lau, C. K. M., & Lu, Z. (2018). Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries. *Energy*, 153, 27-34.
- Greasley, D., & Oxley, L. (1998). Causality and the first industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 7(1), 33-47.
- Güneri, B. (2019). *Economic complexity and economic performance*.
- Güneri, B., & Yalta, A. Y. (2021). Does economic complexity reduce output volatility in developing countries?. *Bulletin of Economic Research*, 73(3), 411-431.
- Güzeller, C. O., Eser, M. T., & Aksu, G. (2016). UCINET ile Sosyal Ağ Analizi. *Maya Akademi*, Ankara, 2-10.
- Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, 75-93.
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A., & Yıldırım, M. A. (2011). *The atlas of economic complexity*. Puritan Press, Cambridge, MA.
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., & Simoes, A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. MIT Press.

- Hicran, K. A. S. A. (2020). Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümeye etkisi: Yenilikçi ekonomilere yönelik ampirik bir analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 305-312.
- Hidalgo, C. A. (2009). The dynamics of economic complexity and the product space over a 42 year period. *CID Working Paper Series*.
- Hidalgo, C. A. (2021). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 92-113.
- Hidalgo, F., Quiñones-Ruiz, X. F., Birkenberg, A., Daum, T., Bosch, C., Hirsch, P., & Birner, R. (2023). Digitalization, sustainability, and coffee. Opportunities and challenges for agricultural development. *Agricultural Systems*, 208, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103660>
- Humphreys, D. (2020). Mining productivity and the fourth industrial revolution. *Mineral Economics*, 33(1), 115-125.
- Ivanova, I., Strand, Ø., Kushnir, D., & Leydesdorff, L. (2017). Economic and technological complexity: A model study of indicators of knowledge-based innovation systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 120, 77-89.
- İspir, A. (2020). *Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye ekonomisine etkileri*. Master's thesis, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Jankowska, A., Nagengast, A., & Perea, J. R. (2012). *The product space and the middle-income trap: Comparing Asian and Latin American experiences*.
- Jevons, H. S. (1931). The second industrial revolution. *The Economic Journal*, 41(161), 1-18.
- Jiang, X. R., Yang, Y. C., & Wang, L. (2019). Trade network dataset development in 227 countries and regions (1985–2015). *Journal of Global Change Data and Discovery*, 3(3), 227-233.
- Jun, B., Alshamsi, A., Gao, J., & Hidalgo, C. A. (2020). Bilateral relatedness: knowledge diffusion and the evolution of bilateral trade. *Journal of Evolutionary Economics*, 30(2), 247-277.
- Kahraman, F. (2017). *Çalışma ilişkileri bakımından dördüncü sanayi devrimi ve Sivas ilinde farkındalık üzerine alan araştırması*. Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (Eds.). (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: strategies for cooperating with international partners*. Herbert Utz Verlag.
- Kagermann, H., & Wahlster, W. (2022). Ten years of Industrie 4.0. *Sci*, 4(3), 26.

- Karaer, A., Türer, A., İncereis İnoğlu, A., Atlay, A., Bozkurt, İ., & Ergin, M. (2023). Endüstri 4.0: Kavramsal Çerçeve ve Ülke Uygulamaları. TBMM Araştırma Hizmetleri Başkanlığı Yayınları, Ankara.
<https://cdn.tbmm.gov.tr/TbmmWeb/Yayinlar/Dosya/4bc0f960-acbf-4abc-a366-2271f6cca948.pdf>
- Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., Shirazi, M., Koengkan, M., & Silva, N. (2023). Does economic complexity increase energy intensity?. *Energy Efficiency*, 16(4), 29.
- Kervankıran, İ., Eteman, F., & Çuhadar, M. (2018). Türkiye’de İç Turizm Hareketlerinin Sosyal Ağ Analizi ile İncelenmesi. *Turizm Akademik Dergisi*, 29-50.
- Kılıç, H., & Alkan, R. M. (2018). Dördüncü sanayi devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49.
- Koch, P. (2021). Economic Complexity and Growth: Can value-added exports better explain the link?. *Economics Letters*, 198, 109682.
- Koç, Ş. (2020). *Dördüncü Sanayi Devriminin (Endüstri 4.0) dünyaya ve Türkiye'ye ekonomik yansımaları*, Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kuo, C. C., Shyu, J. Z., & Ding, K. (2019). Industrial Revitalization via Industry 4.0 – A Comparative Policy Analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, 1, 3-14.
- Kuvancı, B. (2020). *Dördüncü Sanayi Devriminin İstihdama Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi Ve Geleceğin Olası İstihdam Fırsatları*, Master's thesis, Gazi Üniversitesi /Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Lane, D. A. (2011). Complexity and innovation dynamics. In *Handbook on the economic complexity of technological change*. Edward Elgar Publishing.
- Lapatinas, A. (2019). The effect of the Internet on economic sophistication: An empirical analysis. *Economics Letters*, 174, 35-38.
- Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., ... & Zhao, X. (2018). How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21.
- Lee, K. K., & Vu, T. V. (2020). Economic complexity, human capital and income inequality: a cross-country analysis. *The Japanese Economic Review*, 71(4), 695-718.

- Lee, K., & Lee, J. (2021). National innovation systems, economic complexity, and economic growth: country panel analysis using the US patent data. In *Innovation, Catch-up and Sustainable Development* (pp. 113-151). Springer, Cham.
- Leighton, D. S. (1970). The Internationalization of American Business—The Third Industrial Revolution. *Journal of Marketing*, 34(3), 3-6.
- Li, Y., Peng, Y., Luo, J., Cheng, Y., & Veglianti, E. (2019). Spatial-temporal variation characteristics and evolution of the global industrial robot trade: A complex network analysis. *PloS One*, 14(9), e0222785.
- Liu, H., Liang, S., & Cui, Q. (2021). The nexus between economic complexity and energy consumption under the context of sustainable environment: Evidence from the LMC countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 124.
- Lybbert, T. J., & Xu, M. (2022). Innovation-adjusted economic complexity and growth: Do patent flows reveal enhanced economic capabilities?. *Review of Development Economics*, 26(1), 442-483.
- Lyubimov, I., & Iakubovskii, I. (2020). Higher Education as a Driver of Regional Economy [Высшее Образование И Экономическое Развитие Регионов России]. *Economic Policy*, 15, 110-139.
- Marsden, P. V. (2005). Recent developments in network measurement. In P. J. Carrington, J. Scott, & S. Wasserman (Eds.), *Models and methods in social network analysis* (pp. 8–30). New York: Cambridge University Press.
- Marwasta, D., & Suprianto, F. (2019, August). Urban Poverty Alleviation Endeavor through E-Warong Program: Smart City (Smart People) Concept Initiative in Yogyakarta. In *International Conference on Public Organization (ICONPO)*.
- Massil, K. J., & Njoya, N. Y. (2021). Did colonisation matter for comparative economic complexity?. *Economics Letters*, 203, 109851.
- Myers, R. H. (1990). *Classical and modern regression with applications* (Vol. 2, p. 488). Belmont, CA: Duxbury Press.
- Mealy, P., & Coyle, D. (2022). To them that hath: economic complexity and local industrial strategy in the UK. *International Tax and Public Finance*, 29(2), 358-377.
- Natera, J. M., & Castellacci, F. (2021). Transformational complexity, systemic complexity and economic development. *Research Policy*, 50(7), 104275.
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: an introduction*. Oxford University Press, Oxford.

- Nguyen, C. P., Nguyen, B., Tung, B. D., & Su, T. D. (2021). Economic complexity and entrepreneurship density: A non-linear effect study. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121107.
- Nyagadza, B., Pashapa, R., Chare, A., Mazuruse, G., & Hove, P. K. (2022). Digital technologies, Fourth Industrial Revolution (4IR) & Global Value Chains (GVCs) nexus with emerging economies' future industrial innovation dynamics. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2014654.
- Oreiro, J. L., D'Agostini, L. L., & Gala, P. (2020). Deindustrialization, economic complexity and exchange rate overvaluation: the case of Brazil (1998-2017). *PSL Quarterly Review*, 73(295), 313-341.
- O'Rourke, K. H., & Williamson, J. G. (2005). From Malthus to Ohlin: Trade, industrialisation and distribution since 1500. *Journal of Economic Growth*, 10, 5-34.
- Öcal, K. (2021). *Girişimcilik ve İhracat Hacminin Ekonomik Kompleksite Üzerindeki Etkisi: Türkiye Analizi*, Master's thesis, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Muhasebe Finansman Yüksek Lisans Programı.
- Özekicioğlu, H., Yilmaz, B., Alkan, G., Oğuz, M., Kocabaş, C., & Boz, F. (2023). Exploring the impacts of Covid-19 on the electronic product trade of the G-7 countries: A complex network analysis approach and panel data analysis. *Plos One*, 18(9), e0259824.
- Öztok, A. Ç. (2020). *Dördüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 4.0) Sürecinde Kurgusal Bir Sanayi İşletmesinin Yönetim Ve Organizasyon Yapısındaki Değişimin Ekonomik Etki Analizi*, Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Pacini, H., Shi, G., Sanches-Pereira, A., & da Silva Filho, A. C. (2021). Network analysis of international trade in plastic scrap. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.027>
- Pietrewicz, L. (2018). The Role of Capital Markets in Stimulating the Fourth Industrial Revolution (Rola rynków kapitałowych w stymulowaniu czwartej rewolucji przemysłowej). *Problemy Zarządzania*, 16(72), 89-102.
- Pimenov, D. Y., Bustillo, A., Wojciechowski, K. W., Sharma, V. S., Gupta, M. K., & Kuntoğlu, M. (2023). Artificial intelligence systems for tool condition monitoring in machining: Analysis and critical review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(5), 2079-2121.

- Pugliese, E., Chiarotti, G. L., Zaccaria, A., & Pietronero, L. (2017). Economic Complexity as a Determinant of the Industrialization of Countries. *Sustaining High Growth in India*, 87.
- Rafique, M. Z., Doğan, B., Husain, S., Huang, Y., & Shahzad, U. (2021). Role of economic complexity to induce renewable energy: contextual evidence from G7 and E7 countries. *International Journal of Green Energy*, 18(7), 745-754.
- Ren, B., Li, H., Shi, J., Ma, N., & Qi, Y. (2022). Detecting the control and dependence relationships within the global embodied energy trade network. *Energy*, 238, 121678. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121678>
- Reynolds, C., Agrawal, M., Lee, I., Zhan, C., Li, J., Taylor, P., ... & Roos, G. (2018). A sub-national economic complexity analysis of Australia's states and territories. *Regional Studies*, 52(5), 715-726.
- Roberts, B. H. (2015). The third industrial revolution: Implications for planning cities and regions. *Work. Pap. Urban Front*, 1(1).
- Romero, J. P., & Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World Development*, 139, 105317.
- Roos, G. (2017). Knowledge management, intellectual capital, structural holes, economic complexity and national prosperity. *Journal of Intellectual Capital*.
- Rymarczyk, J. (2021). The impact of industrial revolution 4.0 on international trade. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(1), 105-117.
- Sakong, M. (2017). The Progress of the Fourth Industrial Revolution in Japan and Its Implications. *KIET Industrial Economic Review*, 22(2), Mart-Nisan 2017.
- Salles, F. C., Rocha, E. P., Porto, I. V. D. B., & Vasconcelos, F. L. V. (2022). The low complexity trap in Minas Gerais: the challenge of economic sophistication in a commodity exporter state. *Revista Brasileira de Inovação*, 17, 33-62.
- Santoso, W., Sitorus, P. M., Batunanggar, S., Krisanti, F. T., Anggadwita, G., & Alamsyah, A. (2021). Talent mapping: a strategic approach toward digitalization initiatives in the banking and financial technology (FinTech) industry in Indonesia. *Journal of Science and Technology Policy Management*.
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü sanayi devrimi*. (S. Talay, Dü., & Z. Dicleli, Çev.) İstanbul: Optimist Kitap.
- Seçmen, H. İ. (2020). *Dördüncü Sanayi Devrimde (Sanayi 4.0) Sürecinde Medya İşletmelerindeki Yapısal ve Ekonomik Dönüşüm*, Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi /Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü.

- Selvaduray, M., Suhrab, M. I. R., Somu, R., Jeevan, J., Mohd Salleh, N. H., & Zain, R. M. (2023). The fourth industrial revolution: a catalyst for regional development in Malaysian seaport sector. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 15(3), 284-295.
- Sepehrdoust, H., Tartar, M., & Gholizadeh, A. (2021). Economic complexity, scientific productivity and income inequality in developing economies. *Economics of Transition and Institutional Change*.
- Sestino, A., & De Mauro, A. (2022). Leveraging artificial intelligence in business: Implications, applications and methods. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(1), 16-29.
- Shahzad, U., Ferraz, D., Nguyen, H. H., & Cui, L. (2022). Investigating the spill overs and connectedness between financial globalization, high-tech industries and environmental footprints: fresh evidence in context of China. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121205.
- Simachev, Y., Fedyunina, A., & Kuzyk, M. (2020). Industrial Revolution 4.0 in the BRICS countries: What are the challenges for industrial policy?. *BRICS Journal of Economics*, 1(3), 4-22.
- Simoës, A. J. G., & Hidalgo, C. A. (2011). The economic complexity observatory: An analytical tool for understanding the dynamics of economic development. In *Workshops at the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- Sobotka, A., & Pacewicz, K. (2016). Building site organization with 3D technology in use. *Procedia Engineering*, 161, 407-413.
- Soyyigit, Y., & Yavuzaslan, K. (2018). Zeytin İhracatı ve Uluslararası Piyasada Türkiye'nin Rolünün Ağ Analizi Yaklaşımı İle İncelenmesi. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 38, 47-84.
- Soyyigit, Y. (2019). A comparative analysis of causality between institutional structure and economic performance for developed and developing countries. *Montenegrin Journal of Economics*, 15(3).
- Soyyigit, Y., Topuz, H., & Özekicioğlu, H. (2019). Ekonomik Kompleksite, İhracat ve Sabit Sermaye Yatırımlarının Kişi Başına Düşen Gelir Üzerindeki Etkisi: G-20 Ülkeleri Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 393-407.
- Sweet, C. M., & Maggio, D. S. E. (2015). Do stronger intellectual property rights increase innovation?. *World Development*, 66, 665-677.

- Sweet, C., & Eterovic, D. (2019). Do patent rights matter? 40 years of innovation, complexity and productivity. *World Development*, 115, 78-93.
- Şahin, D., & Durmuş, E. (2020). Yeni sanayileşen ülkelerde ekonomik kompleksite düzeyinin belirleyicileri. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*, 10(2), 334-351.
- Şeker, A., & Şimdi, H. (2019). The relationship between economic complexity index and export: the case of Turkey and central Asian and Turkic republics. *Экономика региона*, 15(3), 569-669.
- Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2013). Economic complexity: conceptual grounding of a new metrics for global competitiveness. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1683-1691.
- Tatoğlu, F. (2012). *Panel Veri Ekonometrisi* (1. Baskı 2012).
- Topuz, H., Akbulut, M., & Cetin, G. (2022). Effects of global pandemics on hygiene-based contactless logistics in COVID-19 process and the eighth right of logistics: “right hygiene”. *International Maritime Health*, 73(1), 20-31.
- Tunalı, V. (2016). *Sosyal Ağ Analizine Giriş*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Turan, K. (2018). *Dördüncü Sanayi Devriminin Uluslararası İlişkilere Sosyoekonomik Etkileri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Udaltsova, N. L. (2020). Digital Transformation of Economy. *Quality-access to success*, 21(175).
- Utrilla, C. R., Rodríguez, R. R., Narvaez, V., Díaz, B. V., Blanco, M., & Galeano, J. (2022). Growing inequality in the coffee global value chain: a complex network assessment. *Sustainability*, 14(2), 672. <https://doi.org/10.3390/su14020672>
- Wang, K., & Sun, D. (2015). An Empirical Evaluation of the Shanghai Cooperation Organization from Social Network Perspective. *Metallurgical & Mining Industry*, (6), 412–421.
- Wang, Y., & Turkina, E. (2020). Economic complexity, product space network and Quebec's global competitiveness. *Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, 37(3), 334-349.
- Wang, Z., Jebli, M. B., Madaleno, M., Doğan, B., & Shahzad, U. (2021). Does export product quality and renewable energy induce carbon dioxide emissions: evidence from leading complex and renewable energy economies. *Renewable Energy*, 171, 360-370.

- Wiktorsson, M., Do Noh, S., Bellgran, M., & Hanson, L. (2018). Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings. *Procedia Manufacturing*, 25, 471-478.
- Wübbeke, J., Meissner, M., Zenglein, M. J., Ives, J., & Conrad, B. (2016). Made in China 2025. *Mercator Institute for China Studies. Papers on China*, 2(74), 4. https://kritisches-netzwerk.de/sites/default/files/merics_-_made_in_china_2025_-_the_making_of_a_high-tech_superpower_and_consequences_for_industrial_countries_-_76_seiten_1.pdf
- Van Duijn, M. A., & Vermunt, J. K. (2006). What is special about social network analysis?. *Methodology*, 2(1), 2-6.
- Vidya, C. T., & Taghizadeh-Hesary, F. (2021). Does infrastructure facilitate trade connectivity? Evidence from the ASEAN. *Asia Europe Journal*, 19(Suppl 1), 51-75.
- Vujović, D. (2020). Serbia: Continued quest for sustainable growth. *Ekonomika preduzeća*, 68(1-2), 121-135.
- Yang, Y., Poon, J. P., Liu, Y., & Bangci-Sen, G. (2015). Small and flat worlds: A complex network analysis of international trade in crude oil. *Energy*, 93, 534–543. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.079>
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556.
- Yuan, G., Musibau, H. O., Genç, Y., Shaheen, R., Ameen, A., & Tan, Z. (2021). Digitalization of economy is the key factor behind fourth industrial revolution: How G7 countries are overcoming with the financing issues?. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120533.
- Zaccaria, A., Cristelli, M., Kupers, R., Tacchella, A., & Pietronero, L. (2016). A case study for a new metrics for economic complexity: The Netherlands. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 11(1), 151-169.
- Zhang, O., & Batinge, B. (2021). A social network analysis of the structure and evolution of intra-African trade. *African Development Review*, 33, 204–217. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12506>
- Zhu, X., & Liu, X. (2023). Research on the evolution of global electronics trade network structure since the 21st century from the Chinese perspective. *Sustainability*, 15(6), 5437.

Zubair, W., Abbasi, F. A., & Jamil, M. (2023). Adapting to the Digital Revolution: The Transformative Impact of the Fourth Industrial Revolution on Debt Payment. *Forman Journal of Economic Studies*, 19(02), 109-128.

İnternet Kaynakları

Avrupa Komisyonu. (2023a). European Digital Twin of the Ocean (European DTO). https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/restore-our-ocean-and-waters/european-digital-twin-ocean-european-dto_en.

Avrupa Komisyonu. (2023b). Glossary. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/elise-european-location-interopability-solutions-e-government/glossary/term/digital-twin>.

Bio.org. (2023). What is Biotechnology? <https://www.bio.org/what-biotechnology>. (erişim tarihi: 05.06.2022).

Britannica. (2023a). The first Industrial Revolution.

<https://www.britannica.com/money/topic/Industrial-Revolution/The-first-Industrial-Revolution>. (erişim tarihi: 05.07.2022).

Britannica. (2023c). 3D-printing. <https://www.britannica.com/technology/3D-printing>. (erişim tarihi: 15.09.2023).

Britannica. (2023d). Artificial intelligence. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>. (erişim tarihi: 17.09.2023).

Britannica. (2023e). Biotechnology. <https://www.britannica.com/technology/biotechnology>. (erişim tarihi: 15.10.2023).

Davies, R. (2015). Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

Dünya Bankası. (2021). Dünya Para Arzı.

<https://data.worldbank.org/indicator/FM.LBL.BMNY.GD.ZS>. (erişim tarihi: 10.12.2022).

Dünya Bankası. (2023). ARGE Harcamaları %GSYİH.

https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?name_desc=false. (erişim tarihi: 10.11.2022).

Dünya Bankası. (2024). İhracat ve İthalat İstatistikleri.

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>. (erişim tarihi: 07.07.2024).

Eba. (2023). Sanayi devrimleri kısa tarihçesi.

<https://etwinningonline.eba.gov.tr/lesson/modul-1sanayi-devrimlerini-kisa-tarihcesi/>.
(erişim tarihi: 21.12.2022).

Ege Bölgesi Sanayi Odası. (2015). Sanayi 4.0.

http://www.ebso.org.tr/Ebsomedia/Documents/Sanayi-40_88510761.Pdf. (erişim tarihi: 21.12.2023).

Eğilmez, M. (2017). Endüstri 4.0. *Kendime Yazılar*, Mayıs 2017.

<https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html>. (erişim tarihi: 30.12.2023).

Ersoy, A. R. (2016). On the Way to The Industry 4.0. <https://docplayer.net/51054101-On-the-way-to-industry-4-0-digital-enterprise-ali-riza-ersoy-march-2016-v2-0.html>.

European Parliament. (2016). Industry 4.0.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf).

Eurostat. (2023). Big Data. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/big-data>. (erişim tarihi: 10.09.2023).

Forbes. (2024). World most valuable brands. <https://www.forbes.com/the-worlds-most-valuable-brands/#6c3eae8a119c>. (erişim tarihi: 01.20.2024).

Google Trend. (2023a). Yapay zeka.

<https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=yapay%20zeka,makine%20%C3%B6%20%20Frenme,b%C3%BCy%C3%BCk%20veri&hl=tr>. (erişim tarihi: 30.11.2023).

Google Trend. (2023b). Big data.

<https://trends.google.com.tr/trends/explore?date=all&q=big%20data&hl=tr>. (erişim tarihi: 30.11.2023).

Gordon, R. J. (2016). Off Its Pinnacle. Growth's Ups and Downs, 33. IMF. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2016/06/gordon.htm>.

GOV.UK. (2019). Regulation for the Fourth Industrial Revolution. <https://www.gov.uk/government/publications/regulation-for-the-fourth-industrial-revolution/regulation-for-the-fourth-industrial-revolution>. (erişim tarihi: 20.03.2024).

Harvard University. (2023a). Economic Complexity. <https://atlas.cid.harvard.edu/glossary>. (erişim tarihi: 15.10.2023).

Harvard Growth Lab. (2024a). Product Complexity.

<https://atlas.cid.harvard.edu/rankings/product#:~:text=The%20Product%20Complexit>

- y%20Index%20(PCI,produce)%20include%20electronics%20and%20chemicals.
(erişim tarihi: 15.10.2023).
- IBM. (2024a). How Industry 4.0 technologies are changing manufacturing. <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0#:~:text=Industry%204.0%20is%20revolutionizing%20the,facilities%20and%20throughout%20their%20operations>. (erişim tarihi: 20.11.2023).
- IDS. (2024). China and the fourth industrial revolution: a call for collaborative research. <https://www.ids.ac.uk/opinions/china-and-the-fourth-industrial-revolution-a-call-for-collaborative-research/>. (erişim tarihi: 20.12.2023).
- IFR. (2023a). World Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>. (erişim tarihi: 01.05.2023).
- IFR. (2023b). Global robot statistics. https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf. (erişim tarihi: 20.12.2023).
- IFR. (2024). World Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>. (erişim tarihi: 01.01.2024).
- IMD. (2023a). Global Competitive Index. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/>. (erişim tarihi: 20.05.2023).
- IMD. (2023b). Global Competitive Digital Index. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>. (erişim tarihi: 20.12.2023).
- IMD. (2024a). Smart City Index. <https://imd.cld.bz/IMD-Smart-City-Index-Report-20231/14/>. (erişim tarihi: 20.03.2024).
- ISO. (2021). Robotic. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en>. (erişim tarihi: 20.03.2023).
- ITU. (2005). Peña-López, I. (2005). ITU Internet report 2005: the internet of things. <https://www.itu.int/pub/S-POL-IR.IT-2005>. (erişim tarihi: 20.02.2024).
- ITU. (2023a). International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Pages/global-cybersecurity-index.aspx>. (erişim tarihi: 27.12.2023).
- Jackson, M. O. (2010). An Overview of Social Networks and Economic Applications. <https://web.stanford.edu/~jacksonm/socialnetecon-chapter.pdf>.

- McKinsey. (2023). What is digital twin technology. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>. (erişim tarihi: 01.03.2024).
- McKinsey. (2024a). Coca-Cola: The people-first story of a digital transformation. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/coca-cola-the-people-first-story-of-a-digital-transformation>. (erişim tarihi: 01.03.2024).
- McKinsey. (2024b). Facing the future: Britain's new industrial revolution. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/facing-the-future-britains-new-industrial-revolution>. (erişim tarihi: 02.03.2024).
- Mercedes. (2023). Interactive Intelligence. <https://www.mercedes-benz.com/en/art-and-culture/events-and-exhibitions/studio-odeonsplatz/campaigns/interactive-intelligence/>. (erişim tarihi: 02.03.2024).
- Microsoft. (2024). What is Industry 4.0? <https://www.microsoft.com/en-us/industry/manufacturing/resources/industry-4-0-technologies>. (erişim tarihi: 02.03.2024).
- Naten.tenmak. (2024). Nadir Toprak Elementleri. <https://naten.tenmak.gov.tr/tr/nte-hakkinda/kullanim-alanlari.html>. (erişim tarihi: 09.09.2023).
- Next Move Strategy Consulting. (2023). Cyber security market. <https://www.nextmsc.com/report/cyber-security-market>. (erişim tarihi: 11.11.2023).
- Ntnu. (2023). What is biotechnology. <https://www.ntnu.edu/ibt/about-us/what-is-biotechnology>. (erişim tarihi: 17.11.2023).
- OECD. (2014). Industry and technology policies in Korea. *OECD Publishing*. https://read.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/industry-and-technology-policies-in-korea_9789264213227-en#page15.
- OECD. (2023a). Economic complexity and inclusive green growth. <https://oec.world/en/blog/post/multidimensional-economic-complexity-and-inclusive-green-growth>. (erişim tarihi: 19.02.2024).
- OECD. (2023b). Methods. <https://oec.world/en/resources/methods#eci-intuitively>. (erişim tarihi: 19.02.2024).
- OECD. (2024a). Multidimensional Economic Complexity Rankings. <https://oec.world/en>.
- OECD. (2024b). Countries (ECI) Rankings. <https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96?tab=ranking>. (erişim tarihi: 21.02.2024).
- OECD. (2024e). Products (PCI) Rankings. <https://oec.world/en/rankings/pci/hs4/hs92?tab=ranking>. (erişim tarihi: 18.02.2024).

- OECD. (2024f). What is Economic Complexity?. <https://oec.world/en/resources/methods>. (erişim tarihi: 20.02.2024).
- Public Administration. (2023). E-Devlet İndeksi. <https://publicadministration.un.org/egovkb/Data-Center>. (erişim tarihi: 20.03.2024).
- SCIMAGOR. (2023). Bilimsel yayın Sayısı. <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?order=itp&ord=desc&year=2022> (erişim tarihi: 20.03.2024).
- Statista. (2023a). Cloud computing. <https://www.statista.com/topics/1695/cloud-computing/#topicOverview>. (erişim tarihi: 13.03.2024).
- Statista. (2023b). Software as a service. <https://www.statista.com/statistics/505243/worldwide-software-as-a-service-revenue/>. (erişim tarihi: 01.03.2024).
- Statista. (2023c). Top SaaS country list. <https://www.statista.com/statistics/1239046/top-saas-countries-list/>. (erişim tarihi: 28.03.2024).
- Statista. (2023e). 3D technology. <https://www.statista.com/topics/6785/3d-technology/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.01.2024).
- Statista. (2023f). Additive manufacturing. <https://www.statista.com/topics/1969/additive-manufacturing-and-3d-printing/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.02.2024).
- Statista. (2023h). Artificial intelligence. <https://www.statista.com/study/50485/in-depth-report-artificial-intelligence/>. (erişim tarihi: 20.04.2024).
- Statista. (2023i). Big data. <https://www.statista.com/topics/1464/big-data/#editorsPicks>. (erişim tarihi: 20.04.2024).
- Statista. (2023j). Cyber Solutions: market data & analysis. <https://www.statista.com/study/124932/cyber-solutions-report/>. (erişim tarihi: 04.04.2024).
- Statista. (2023k). Internet of Things (IoT) - statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/2637/internet-of-things/#topicOverview>. (erişim tarihi: 29.04.2024).
- Statista. (2023l). Global industrial internet of things market size. <https://www.statista.com/statistics/611004/global-industrial-internet-of-things-market-size/>. (erişim tarihi: 27.03.2024).
- Statista. (2023m). Connected devices worldwide. <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>. (erişim tarihi: 22.04.2024).

Statista. (2023n). IoT connected devices worldwide.

<https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>. (erişim tarihi: 14.04.2024).

Statista. (2023o). Augmented reality (AR) - statistics & facts.

<https://www.statista.com/topics/3286/augmented-reality-ar/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2023ö). Global mobile augmented reality AR users.

<https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users/>. (erişim tarihi: 23.04.2024).

Statista. (2023p). Industrial robots - statistics & facts.

<https://www.statista.com/topics/1476/industrial-robots/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2023r). Industrial robots worldwide - statistics & facts.

<https://www.statista.com/topics/1476/industrial-robots/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2023s). Biotechnology in Europe.

<https://www.statista.com/topics/3399/biotechnology-in-europe/>. (erişim tarihi: 21.04.2024).

Statista. (2023t). Digital twin - statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/9847/digital-twin/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2024a). Smart city overview. <https://www.statista.com/topics/4448/smart-city/#topicOverview>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2024b). Manufacturing - South Korea.

<https://www.statista.com/outlook/io/manufacturing/south-korea#key-players>. (erişim tarihi: 20.04.2024).

Statista. (2024c). Manufacturing – Germany.

<https://www.statista.com/outlook/io/manufacturing/germany#value-added>. (erişim tarihi: 30.04.2024).

Statista. (2024d). Industry 4.0: in-depth market analysis.

<https://www.statista.com/study/66974/in-depth-report-industry-40/>. (erişim tarihi: 22.04.2024).

Statista. (2024h). Industry 4.0: in-depth market analysis.

<https://www.statista.com/study/66974/in-depth-report-industry->

40/#::~text=In%20fact%2C%20the%20automotive%20industry,complexity%20of%20its%20value%20chain. (erişim tarihi: 02.04.2024).

Statista. (2024i). Manufacturing - South Korea.

<https://www.statista.com/outlook/io/manufacturing/south-korea#output>. (erişim tarihi: 11.04.2024).

TÜBİTAK. (2017). Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası.

https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf. (erisim tarihi: 27.10.2023).

UNCTAD. (2017). Strengthening The Creative Industries for Development in the Republic of Korea, 2017. https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2017d4_en.pdf.

UNCTAD. (2023). What IS Industry 4.0 and What Will It Mean Developing Countries.
<https://unctad.org/news/blog-what-industry-40-and-what-will-it-mean-developing-countries>. (erişim tarihi: 11.05.2024).

WEF. (2016). The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond.
<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

WEF. (2018). Kearney, A. (2018). Readiness for the future of production report 2018. In *World Economic Forum: Cologny, Switzerland*.
https://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf

WEF. (2023). Centre for the Fourth Industrial Revolution Network 2022-2023.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_C4IR_Network_Impact_Report_2022-2023.pdf

WEF. (2024a). Our Alliance is creating smart city governance.
<https://www.weforum.org/impact/smart-cities-governance-alliance/>. (erişim tarihi: 02.05.2024).

WEF. (2024b). Advanced Manufacturing.
<https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb00000038nzfEAA>. (erişim tarihi: 02.05.2024).

WEF. (2024c). Digital Communications.
<https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000000pTDIEAM>. (erişim tarihi: 07.05.2024).

WIPO. (2023a). Küresel İnavasyon İndeksi. Dutta, S., Lanvin, B., Leon, L., Vincent, N. (2023). Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty. 16th Edition. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/

WIPO. (2023b). Science and Technology Cluster Ranking 2023.

https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/science-technology-clusters.html (erişim tarihi: 22.06.2024).



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve SOYADI	Fatih BOZ
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	A. Fevzi Alaettinoğlu Anadolu Lisesi
Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi Turizm İşletmeciliği Bölümü Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü
Yüksek Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı
Tez Konusu	Türkiye’de Muz Üretimi ve Dış Ticaretinin Diğer Ülkelerle Karşılaştırılması: Türkiye’nin Muz İthalatına Yönelik Korelasyon ve Regresyon Analizi
Doktora Diploması	Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Doktora Tez Konusu	Endüstri 4.0’ın Ekonomik Kompleksite ve Dış Ticaret Performansına Etkileri: G20 ve OECD’den Seçilmiş Ülkeler
Yabancı Dil / Diller	İngilizce
BİLİMSEL FAALİYETLER	
SCI, SSCI ve AHCI İndekslerine Giren Dergilerde Yayınlanan Makaleler Özekicioğlu, H., Yılmaz, B., Alkan, G., Oğuz, S., Kocabaş, C. ve Boz, F. (2023). “Exploring the impacts of Covid-19 on the electronic product trade of the G-7 countries: A complex network analysis approach and panel data analysis”. <i>Plos one</i>, 18(9): e0286694.	
TR Dizin Kapsamına Giren Dergilerde Yayınlanan Makaleler Boz, F., Özekicioğlu, H., & Topuz, H. (2024). Dünya Yeşil Kahve İhracatının Ağ Analizi Yöntemiyle İncelenmesi. <i>Erciyes Akademi</i>, 38(1), 268-309.	
Diğer Dergilerde Yayınlanan Makaleler Boz, F., & Hüseyinli, N. (2019). Türkiye’de Muz Üretimi Ve İthalatına Yönelik Bir Tahmin Modellemesi. <i>Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi</i>, 1(1-2), 63-82.	
Hakemli Kongre / Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar Boz, F. (2016). Türkiye’de muz üretimi ve dış ticaretinin diğer ülkelerle karşılaştırılması: Türkiye’nin muz ithalatına yönelik korelasyon ve regresyon analizi. <i>International Conference On Economic Research</i> 19-20th October 2018 Alanya, TURKEY	
Kitap & Kitap Bölümleri Erturgut, R., Hava, H.T. Boz, F., (2023). <i>Uygarlık ve Lojistik 5</i> Dorlion Yayınları, Çankaya/Ankara.	