T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAYISAL YÖNTEMLER ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİ 4.0 VE BİR KÜMELEME ANALİZİ UYGULAMASI

Cem GÜRLER

2502160457

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Umman Tuğba GÜRSOY

İSTANBUL – 2020

ÖZ

ENDÜSTRİ 4.0 VE BİR KÜMELEME ANALİZİ UYGULAMASI

CEM GÜRLER

Mevcut tez çalışmasında, Endüstri 4.0 çağında, benzer ülkelerin kümelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda Dünya Ekonomik Forumu tarafından yayınlanan Küresel Rekabetçilik Endeksi ile Huawei tarafından yayınlanan Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde yer alan toplam 15 değişken analizde kullanılmıştır. Küme sayısının belirlenmesi için dirsek yöntemi, benzer ülkelerin kümelenmesi için k-ortalamalar yöntemi kullanılmıştır. K-ortalamalar yöntemi veriye uygulandıktan sonra, her kümenin endeks değerleri hesaplanmıştır. Sonrasında ise kümeler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, Kümeleme Analizi, K-Ortalamalar

ABSTRACT

INDUSTRY 4.0: A CLUSTER ANALYSIS APPLICATION

CEM GÜRLER

In the current study, it is aimed to cluster similar countries in the Industry 4.0 era. In this context, 15 variables in the Global Competitiveness Index published by the World Economic Forum and the Global Connectivity Index published by Huawei were used in the analysis. The elbow method was used to determine the number of clusters, and the k-means method for clustering the countries. After applying the K-means method to the data, the index values of each cluster are calculated then clusters were compared.

Keywords: Industry 4.0, Cluster Analysis, K-Means

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında ve yürütülmesine yardımcı olan, bana her zaman güvenen ve bilgi birikimini benimle paylaşan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Umman Tuğba GÜRSOY'a ve tez çalışmam süresince manevi desteğini her zaman hissettiren, hep yanımda olan sevgili eşim Ecem Sultan GÜRLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

CEM GÜRLER

İSTANBUL, 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ..... **iv**
GRAFİKLER LİSTESİ ..... **vii**
ŞEKİLER LİSTESİ ..... **viii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **x**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xi**
GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

SANAYİ DEVRİMLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0

1.1. SANAYİ DEVRİMLERİ **3**
1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi 6
1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi 9
1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi 12
1.2. ENDÜSTRİ 4.0 ..... **14**
1.2.1. Endüstri 4.0 ve İstihdam 20
1.2.2. Endüstri 4.0 ve Ekonomi 24
1.2.3. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri 27

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. KÜMELEME **48**
2.2. BENZERLİK VE UZAKLIK ÖLÇÜLERİ **49**
2.3. KÜMELEME YÖNTEMLERİ **52**
2.3.1. Hiyerarşik Kümeleme 52
2.3.2. Hiyerarşik Olmayan Yöntemler 54

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

3.1. VERİ VE YÖNTEM **60**
3.1.1. Küresel Rekabetçilik Endeksi 60
3.1.2. Küresel Bağlanabilirlik Endeksi 62

3.2. ANALİZ 64
3.2.1. Küme Sayısının Belirlenmesi 66
3.2.2. Küme 1 76
3.2.3. Küme 2 81
3.2.4. Küme 3 86
3.2.5. Küme 4 91
3.2.6. Küme 5 95
3.2.7. Küme 6 99
3.2.8. Küme 7 103
SONUÇ 105
KAYNAKÇA 114
ÖZGEÇMİŞ 129

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1.: 1820-2010, Batı Avrupa ve Western Offshoots ülkelerinde GSYİH…..6

Grafik 1.2.: 1801-1891 İngiltere ve Galler'deki nüfusun değişen yoğunluğu……9

Grafik 1.3.: 1960–2016 yıllarında fosil ve yenilenebilir enerjinin oranları……...13

Grafik 1.4.: Endüstri 4.0'da karşılaşılabilecek en önemli ekonomik riskler…….....19

Grafik 1.5.: Meslek gruplarının işlerini otomasyona kaptırma olasılığı……...….21

Grafik 1.6.: Endüstri 4.0 kapsamında belirlenen stratejilerin uygulanmasına yönelik anket sonuçları……...… 23

Grafik 1.7.: Sektörel bazlı büyüme oranlarının, gelirlerde yaşanacak artışların tahminleri ve dijitalleşme düzeylerine göre şirketlerin büyüme oranları……..…… 25

Grafik 1.8.: Endüstri 4.0 çözümlerinin potansiyel kullanım oranları……...…….28

Grafik 1.9.: IIoT'nin işletmeye sağlayacağı potansiyel faydaların önem derecesi...33

Grafik 1.10.: IIoT'nin adaptasyonunda karşılaşılacak potansiyel sorunlar……...35

Grafik 3.1.: Dirsek yöntemi grafiği……...…...67

Grafik 3.2.: Kümelerin endeks skorları ortalaması……...……69

Grafik 3.3.: Küme 1'de yer alan ülkelerin performansları……...….78

Grafik 3.4.: Küme 2'de yer alan ülkelerin performansları……..……..… 84

Grafik 3.5.: Küme 3'te yer alan ülkelerin performansları……..... 88

Grafik 3.6.: Küme 4'de yer alan ülkelerin performansları……..……. 93

Grafik 3.7.: Küme 5'te yer alan ülkelerin performansları……...……. 97

Grafik 3.8.: Küme 6'da yer alan ülkelerin performansları……..……101

Grafik 3.9.: Venezüela'nın performansı…...……...104

Grafik 4.1.: İki farklı endeks ve küme iyelikleriyle oluşturulan serpilme grafiği...106

Grafik 4.2.: Kümelerin kişi başına düşen GSYİH ortalamaları……...……....111

Grafik 4.3.: Kümelerde yer alan ülkelerin gelir gruplarının dağılımı…….112

ŞEKİLER LİSTESİ

Şekil 1.1.: Sanayi devrimlerinin gelişimi……...……17

Şekil 1.2.: Sensör, veri, bilgi ve işlem arasındaki süreç…….18

Şekil 1.3.: Endüstri 4.0 bileşenleri……...……...27

Şekil 1.4.: Simülasyonun tarihçesi……...……..29

Şekil 1.5.: Katmanlı imalatta kullanılabilecek spesifik materyaller……...……41

Şekil 2.1.: Kümeleme……...……..49

Şekil 2.2.: Hiyerarşik yöntemlerin bağlantı şekilleri…….....54

Şekil 2.3.: Küme sayısının farklılaşmasıyla oluşan kümeler……...…...55

Şekil 2.4.: K-ortalamalar süreci……..58

Şekil 3.1.: Türkiye'nin Küresel Rekabetçilik Endeksinde aldığı değerler ve sıralaması……...…… 62

Şekil 3.2.: K-ortalamalar sonucu oluşan kümeler……..……68

Şekil 3.3.: Küme 1'de yer alan ülkeler……...……76

Şekil 3.4.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……....77

Şekil 3.5.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……...……..81

Şekil 3.6.: Küme 2'de yer alan ülkeler……...……82

Şekil 3.7: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi...……..83

Şekil 3.8.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi…….……...86

Şekil 3.9.: Küme 3'te yer alan ülkeler……...…….86

Şekil 3.10: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……...87

Şekil 3.11.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi…….……90

Şekil 3.12.: Küme 4'te yer alan ülkeler……...……...91

Şekil 3.13: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……...92

Şekil 3.14.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……..…….95

Şekil 3.15.: Küme 5'te yer alan ülkeler……...……...95

Şekil 3.16.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……..96

Şekil 3.17.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……..…….99

Şekil 3.18.: Küme 6'da yer alan ülkeler……...……..99

Şekil 3.19.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi…....100

Şekil 3.20.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi……..……...103

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.: Endüstri 4.0'a kadar gerçekleşen devrimlerin bazı özellikleri……..……4

Tablo 1.2.: 1840-1900 yılları arasında ülkelere göre demiryolları uzunlukları…....10

Tablo 1.3.: Bulut bilişim dağıtım modelleri……...……38

Tablo 2.1.: Uzaklık ölçüleri formülleri ve gösterimi……..……...50

Tablo 3.1.: Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde yer alan değişkenler ve açıklamalar…….……63

Tablo 3.2.: Analizde kullanılan değişkenler……....……...……...64

Tablo 3.3.: Analizde yer alan ülkeler ve endekslerdeki sıralamaları……..……...65

Tablo 3.4.: Kümelerde yer alan ülkeler……...……...69

Tablo 3.5.: Değişkenlerle ilgili tanımsal istatistikler……...……..70

Tablo 3.6.: ANOVA sonuçları……...……74

Tablo 3.7.: Post-Hoc sonuçları……...75

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

IIoT : Endüstriyel Nesnelerin İnterneti

IoT **:** Nesnelerin İnterneti

GİRİŞ

Endüstri 4.0, ilk olarak 2011 yılında ortaya çıkmış ve gerek iş dünyasını gerekse devletleri yakından ilgilendiren ve ilk ifade edildiği andan itibaren çok ilgi uyandıran bir kavramdır. Dünya'da pek çok devlet, Endüstri 4.0 kapsamında ülke politikalarını paylaşmıştır. Endüstri 4.0 politikasını, 2011 yılında açıklayan Almanya bu alanda öncü ülkelerin başında gelmektedir. İtalya ve Birleşik Krallık 2012, Hollanda 2014, Fransa 2015 ve İspanya ise 2016 yılında Endüstri 4.0 politikasını açıklamıştır (Klitou ve Conrads, 2017).

Endüstri 4.0, yeni üretim yapılarını, akıllı makineleri, otomasyonları, veriyi ifade eden kolektif bir kavramdır. Genel anlamda dokuz bileşenden oluşmaktadır: otonom robotlar, simülasyon, sistem entegrasyonu, IIoT, siber güvenlik, bulut, katmanlı üretim, arttırılmış gerçeklik ve büyük veri. Bu bileşenlerin iş süreçlerine dahil olmasıyla birlikte, Dünya genelinde iş yapış şekilleri değişecek ve ülkelerin refah seviyelerinin artacağı öngörülmektedir. Ülkemizde, Endüstri 4.0 ile ilgili, resmi bir makam olarak ilk açıklamalardan birini, 2016 yılında TÜBİTAK yapmıştır. TÜBİTAK'ın 2016 yılında yayınladığı raporda yer alan öngörüler şunlardır:

- 2018 yılında, sanayide kullanılacak robot sayısı yaklaşık 3 milyon olacaktır.
- 2020 yılında, birbirine bağlı cihaz sayısı 13 milyardan 29 milyara çıkacak. IoT pazarının büyüklüğü 656 Milyar Amerikan Dolarından 1.7 Trilyon Amerikan Dolarına çıkacaktır.
- 2025 yılında, endüstriyel robotların yaratacağı ekonomik etki yıllık 0.6-1.2 Trilyon $ olacaktır.
- Gelişmiş ülkelerdeki imalat süreçlerinin %15-25 oranında otomasyona dayalı olacaktır.
- 2030 yılında, OECD ekonomilerindeki yenilik aracılığıyla, GHYİH artışı verimlilik artışına bağlı hale gelecek. Dijital teknolojilerin verimlilik, gelir dağılımı ve çevre üzerine güçlü etkileri olacak.

> Küresel ticaret hacminin yarısı akıllı nesnelerin etkileşimini kullanacaktır.

Mevcut çalışmada, Endüstri 4.0 çağında, benzer ülkelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda Küresel Rekabetçilik Endeksi (Dünya Ekonomik Forumu) ve Küresel Bağlanabilirlik Endekslerinde (Huawei) yer alan toplamda 15 değişken analize dahil edilmiştir. Bu değişkenler şunlardır: kurumsal yapılanma, altyapı, makroekonomik ortam, sağlık, beceriler, mal piyasası, işgücü piyasası, mali sistem, pazar büyüklüğü, iş dünyasının dinamizmi, inovasyon kabiliyeti, geniş bant, bulut, yapay zeka, IoT. Her iki değişkende de yer alan toplamda 78 ülke analiz edilmiştir. Benzeyen ülkelerin belirlenmesi amacıyla, kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Kümeleme yöntemleri hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Bu iki başlık arasında en temel fark ise hiyerarşik olmayan yöntemlerde küme sayısının analize başlamadan önce belirlenmesidir. Mevcut çalışmada hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden k-ortalamalar yöntemi, küme sayısının belirlenmesi için ise dirsek yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde sırasıyla günümüze kadar yaşanmış sanayi devrimleri, Endüstri 4.0, Endüstri 4.0'ın istihdama ve ekonomiye etkileri, büyük veri, IoT, siber güvenlik gibi Endüstri 4.0 bileşenlerinden bahsedilecektir. İkinci bölümde ise çalışmada kullanılacak yöntem anlatılacaktır. Üçüncü bölümde analizler yapılacak ve bulgular detaylı bir şekilde yorumlanacak, son bölümde ise sonuç kısmı yer alacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM
SANAYİ DEVRİMLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0

1.1. SANAYİ DEVRİMLERİ

Sanayi, yüksek derecede mekanize edilmiş ve otomatikleştirilmiş ürünler üreten ekonominin bir parçasıdır. Sanayileşmenin başlangıcından günümüze, teknolojik gelişmeler "Sanayi Devrimi" olarak adlandırılan değişimlere yol açmıştır: mekanizasyon (1.Sanayi Devrimi), elektrik enerjisinin yoğun kullanımı (2. Sanayi Devrimi) ve dijitalizasyonun yaygınlaşması (3. Sanayi Devrimi) (Lasi vd., 2014: 239). Günümüzde 4. Sanayi Devrimi olarak da adlandırılan Endüstri 4.0'ın, geçmiş devrimlerden ayırt edici en önemli özelliği ise, üretim süreçlerinde yer alan fiziki faktörlerin birbirleriyle etkileşim içinde olmasıdır (Alçın, 2016). Endüstri 4.0 konsepti, 2020 yılı ileri teknoloji stratejisi olarak, ilk defa Alman Hükümeti tarafından yayınlanan Kasım 2011 tarihli bir makalede ortaya çıkmıştır. Nisan 2013'te, Hannover Endüstri Fuarı'nda "Endüstri 4.0" terimi yeniden kullanılmış ve Endüstri 4.0 Alman ulusal stratejisi olarak hızla önem kazanmıştır (Zhou, Liu ve Zhou, 2015).

Sanayi Devrimi kavramı ilk olarak 1979 yılında, Fransız diplomat Louis Guillaume Otto tarafından kullanılmıştır (Teich, Porter ve Gustafsson, 1996:45). Sanayi devrimleri yaklaşık 250 yıl önce başlamış ve Dünya'yı değiştirmiştir. Mal üretmek için yeni yöntemler ve organizasyonlar üzerinde odaklanılmış, sanayileşme insanların nerede yaşadıklarını, politik meseleleri nasıl tanımladıklarını değiştirmiştir (Stearns, 2018:1). Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA), sanayi devrimi kavramını şu şekilde açıklamıştır:

"18. yüzyılın ikinci ve 19. yüzyılın ilk yarısında İngiltere'de buharlı makinenin ve kömür kullanılarak demir cevherini eritme yönteminin bulunmasıyla sanayi alanında başlayarak Avrupa'ya yayılan, kırsal, tarımcı bir toplumdan ve küçük ölçekli üretim yöntemlerinden, teknolojiye dayalı üretim ve sanayiye dayalı kentsel topluma geçiş ile bağlantılı hızlı toplumsal-ekonomik değişikliklerdir".

4. Sanayi Devrimi'ne kadar kabul gören sanayi devrimleri şu şekilde özetlenebilir:

- 1. Sanayi Devrimi: 1750-1830 yılları arasındadır ve başlıca icatları buhar makinesi, pamuk eğitme makinesi ve demiryollarıdır (Gordon, 2012:1).
- 2. Sanayi Devrimi: Genellikle 1870-1914 yılları arasında tarihlendirilse de bazı karakteristik olaylardan dolayı 1850'li yıllara da tarihlenebilir. Pek çok yönden 1. Sanayi Devrimi'nin bir devamı olan 2. Sanayi devrimi, özellikle ücretlerde ve yaşam standartlarında meydana gelen değişmelerden dolayı 1. Sanayi Devrimi'nden farklılaşmaktadır (Mokyr, 1998:1-14).
- 3. Sanayi Devrimi: 1970'lerde, bilgisayarın üretime dahil edilmesiyle başlayan akıllı mekatronik bir devrimdir (Kabaklarlı, 2016: 38; Kunii, 1997: 1).

Jänicke ve Jacob (2009) gerçekleşen 3 sanayi devrimini karşılaştırmışlar ve elde ettikleri sonuçlar Tablo 1.1'de gösterilmiştir:

Tablo 1.1.: Endüstri 4.0'a kadar gerçekleşen devrimlerin bazı özellikleri

	1. Sanayi Devrimi	2. Sanayi Devrimi	3. Sanayi Devrimi
Baskın teknoloji ve hammadde	buhar makinesi, mekanik dokuma tezgahı	elektrik, kimya, yanmalı motor, seri üretim hattı, sentetik madde	BİT, mikro elektronik, yenilenebilir hammadde, daha temiz teknoloji, biyoteknoloji, geri dönüşüm
Enerji Kaynağı	kömür	kömür, petrol, nükleer enerji	yenilenebilir enerji, enerji verimliliği
Taşıma/İletişim	demiryolu, telgraf	araba, uçak, radyo, televizyon	yüksek hızlı tren sistemleri, internet, mobil telekomünikasyon
Toplum/Devlet	burjuva, ticaret	seri üretim, kitle	sivil toplum,

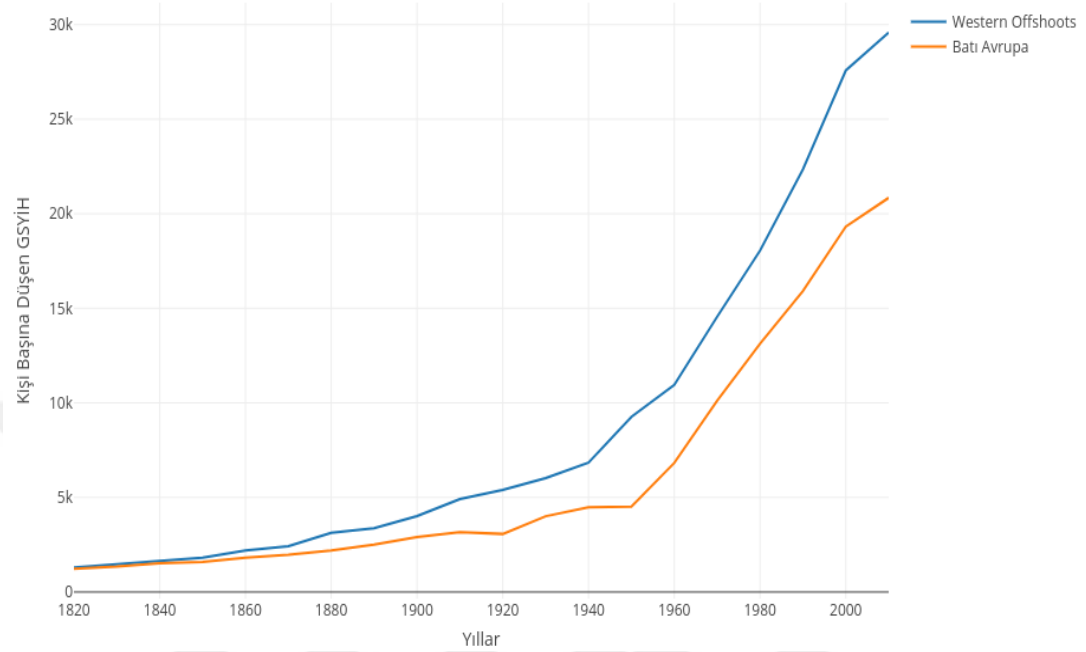
	serbestisi, hukuk devleti	toplumu, parlementer demokrasi, refah devleti	küreselleşme, küresel yönetişim
Temel Ülkeler	Birleşik Krallık, Belçika, Almanya, Fransa	ABD, Japonya, Almanya	AB, ABD, Çin, Japonya

Birinci Sanayi Devrimi'nde temel kaynak emek olarak kalmıştır. İşgücü artık buharla çalışan makinelerle donatılmış, emek artık makine destekli emeğe dönüşmüştür. İkinci Sanayi Devrimi'nde temel özellik sermaye süreci haline gelmiştir. Çünkü mekanizasyon ve otomasyonun bu aşamasında, makine destekli emek yerine emek destekli makineler ortaya çıkmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde ise, otomasyonla bağlantılı bilgi süreçleri, sermayenin yerini almıştır (Von Tunzelmann, 2002: 372).

Sanayi devrimlerinin bir sonucu olarak, kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla değerleri büyüme eğilimi göstermiştir. ABD'de kişi başına düşen GSYİH, 125 yıl öncesiyle kıyaslanırsa, on kat daha fazladır (Jones, 2001:1). Crafts (1996), büyümenin 19.yüzyılın ortalarına kadar azar azar yükseldiğini belirtmiştir. Grafik 1, 1820-2010 yılları arasında, Batı Avrupa ve Western Offshoots[1] ülkelerinde, kişi başına düşen GSYİH'yi göstermektedir (Joerg, Marco ve Auke, 2014).

[1] Angus Maddison tarafından, Western Offshoots kavramı, ABD, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda ülkelerini gruplandırmak için geliştirilen bir kavramdır. Kaynak: Maddison, Angus. *The world economy volume 1: A millennial perspective volume 2: Historical statistics*. Academic Foundation, 2007.

Grafik 1.1.: 1820-2010 Batı Avrupa ve Western Offshoots ülkelerinde GSYİH



1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

1.Sanayi Devrimi, Neolitik Çağ'da yaşanan gelişmelere benzer sonuçlar doğurmuştur. Neolitik Çağ'da insanlar yerleşik hayata geçmişler, tarımsal toplulukları oluşturmuşlar ve Neolitik Devrim'i yapmışlardır. 1. Sanayi Devrimi ise teknolojik gelişmeler, yeni girişimler, bunlarla ilgili iş örgütleri ve iş gücünün yeniden yapılandırılması ile tarımsal olmayan, sanayi üretimine dayanan temeli ile modern bir kent toplumu yaratan büyük demografik değişimlerle birlikte binlerce yıldır süregelen yaşam tarzını değiştirmiştir (Wyatt, 2009: 1).

Devrim, birkaç yıl süren Amerikan ve Fransız devrimlerinde olduğu gibi, aniden gelişen bir eylemdir (More, 2002: 1). Fakat sanayi devrimlerinde bu durum biraz farklılaşmaktadır. Sanayi Devrimi'nin tam olarak ne zaman başladığı konusunda tarihçilerin farklı görüşleri vardır (Deane, 1979: 2). Fransız Devrimi spesifik bir tarih aralığında belirtilebilirken, 1.Sanayi Devrimi için bunu söylemek kolay değildir. Bazı tarihçiler 1750'lerden öncesini adres gösterirken, çoğu tarihçi ise önemli icatların ortaya çıkmasından dolayı 1760'lı yılları 1.Sanayi Devrimi'nin

başlangıç tarihi olarak tercih etmektedirler. 1780'li yılları referans olarak alan tarihçiler de varken, bazıları da endüstriyelleşmenin yayılmasının 19.yüzyıl olduğunu söylemektedir (More, 2002: 2). 1. Sanayi Devrimi, yüzyıllar boyunca Batı Avrupa'da devam eden şiddetli rekabetin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bunun nedenlerinden belki de en önemlisi, Avrupa ülkelerinin, askeri gücünü destekleyebilmek için, daha büyük bir değer geliştirmenin yeni yollarını aramalarıdır (Snooks, 1994, 1). Kavram ilk olarak bir Fransız tarafından kullanılmış olsa da 1. Sanayi Devrimi'nin öncüsü olan ülke, yeni teknolojilerin de getirdiği ivme ile Birleşik Krallık olmuştur (Özdoğan, 2017: 2). Endüstriyel üretim için gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla, harcanabilecek bol miktarda kömür ve demir rezervleri, uzun süre ulaşım aracı olarak kullanılan nehir gibi doğal kaynakların bol miktarda olması, ayrıca köle ticaretini de içeren ticaret ağından oldukça faydalanması ve güçlü, etkili bir bankacılık, kredi ve sigorta sistemini geliştirmesi de sanayileşmede İngilizlerin öncü olmasında önemli etkenlerdir (Frader, 2005, 12-13).

Sanayi Devrimi'nin teknolojik sembollerinden olan buhar makinesinin ulaştırmada kullanılması, çok çeşitli ve bol miktarda üretim yapılmasıyla birlikte, üretilen malların uzak ülkelere daha ucuz ve daha hızlı bir şekilde satılmasına olanak sunmuştur. Tüm bu gelişmeler ışığında, küreselleşme büyük bir ivme kazanmıştır. O zamanlar kavram olarak küreselleşme kavramı kullanılmasa da Birinci Sanayi Devrimi, büyük bir değişim/dönüşüm süreci oluşturmuştur (Mahiroğlulları, 2005, 1276). Birinci Sanayi Devrimindeki icatlar, çalışanlar ile işverenler arasındaki ilişkiyi değiştirmiş ve sermaye kapitalizmine girilmesine yol açmıştır. Bu icatlar (Küçükkalay, 1997, 60);

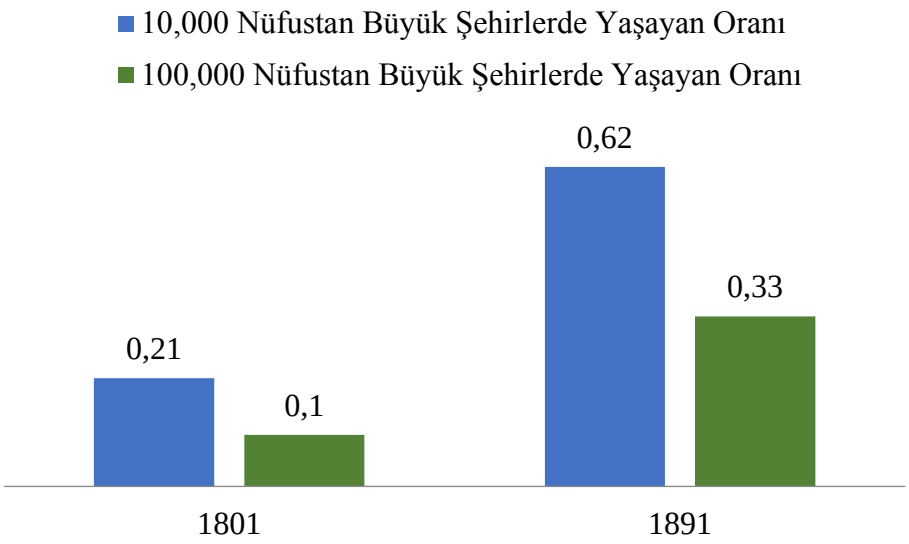
- İpek bükmek için çıkrığın bulunması (1716)
- Dokuyan mekiğin bulunması (1733)
- Demirin dökümünün bulunması (1735)
- Hafifletilmiş çeliğin bulunması ve ilk çelik fabrikasının açılması (1750)
- Buhar makinesinin bulunması (1764)

- İplik eğiren tezgahın bulunması (1767)
- Dokuma tezgahının bulunması (1785)
- Demir ve çeliğin ocakta işlenmesidir (1789).

Tarihlerden, icatların birbirleriyle bütünleştiği görülebilir ve 1755'lerde Birinci Sanayi Devrimi'nin gerçekleştiği söylenebilir (Küçükkalay, 1997).

1.Sanayi Devrimi'nde yaşanan en önemli gelişmeler, 1763 yılında James Watt tarafından icat edilen buharla çalışan makine ve 1784 yılında Edmund Cartwright tarafından icat edilen mekanik dokuma tezgâhıdır. Gerçekleşen ilk sanayi devrimi ile birlikte üretim makineleşmiş, maden ve mekan kullanımı artmış ve ulaştırma alanında gelişmeler yaşanmıştır (Çeliktaş ve Koçar, 2015, 25). İlk Sanayi Devrimi'nden bir süre sonra, İngiltere'de başlayan makineleşme Dünya'ya açılmış ve giderek artan ticaret akışını desteklemek için yol, köprü, liman ve kanal ağları hızla gelişmiştir (Perez, 2003, 3). 1. Sanayi Devrimi'nin bir sonucu olarak üretim daha önce görülmeyen düzeylere ulaşmış, ikili sınıfsal yapıyı ortaya cıkmış ve büyümeyi mümkün hale getirmiştir (Alçın, 2016, 20). Ayrıca 1. Sanayi Devrimi'nin sonucunda, kırsaldan kente büyük bir göç yaşanmıştır. Sanayi Devrimi'ne kadar Dünya nüfusunun büyük çoğunluğunu kırsalda yaşayan insanlar oluşturmaktadır. Sanayi Devrimi kırsal yaşamdan kent yaşamına doğru dramatik bir değişime neden olmuştur. İnsanlar iş bulmak, eğlenmek, eğitim gibi nedenlerle kentleşmeye başlamıştır (Labor, 1990). Grafik 1.2'de 1801-1891 yıllarına ait İngiltere ve Galler'deki nüfusun değişen yoğunluğu gösterilmektedir (Blumin, 2006: 48).

Grafik 1.2.: 1801-1891 İngiltere ve Galler'deki nüfusun değişen yoğunluğu



1. Sanayi Devrimi, ABD'de tarımın sona ermesi ya da gıda üretiminin durması anlamına gelmemiştir. Bir sonuç olarak, nüfusun talebini karşılamak için çok daha az sayıda insan çiftlikte çalışmak durumunda kalmıştır. Çiftliklerde çalışan emekçilerin kitlesel hareketi (kentlere göç), beklentilerin tersine, kitlesel işsizliğe yol açmamış, aksine, işgücünün yeniden tahsis edilmesine yol açmıştır (Blinder, 2006:117).

1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Karakteristik özellikleri 1850'li yıllara da dayandırılabilen 2. Sanayi Devriminin, genel olarak 1870 ile 1914 yılları arasında gerçekleştiği kabul görmüştür (Mokyr, 1998, 1). 2. Sanayi Devrimi'nin getirmiş olduğu en önemli yeniliklerden biri elektrik enerjisinin üretimde kullanılmasıdır. Elektrik kullanımının bu kadar önemli olmasının nedeni, elektrik üretimi ve dağıtımının, bütün alanları kendi uygulamalarını genişletebilecek, birbirine bağlayabilecek olmasıydı (Castells, 2005, 6). İkinci Sanayi Devriminin en önemli özelliklerinden birisi, elektriğin, aydınlatma ve endüstriyel güç için, üretiminin ve dağıtımının yapılmasıdır (Chandler, 1992, 81). Elektriğin üretimde kullanılmasının yanında elektrik motoru, içten yanmalı motor, elektrik ampulü, telefon, telsiz, telgraf gibi icatlar, Dünya ekonomik sistemini

değiştirmiştir (Günay, 2002, 6). 1.Sanayi Devrimi'nde kas gücünün yerini makine almışken, 2.Sanayi Devrimi'nde bu makinelere beynin bazı faaliyetlerinin aktarıldığı ifade edilebilir (Gülsever, 1989, 165).

İkinci Sanayi Devrimi'nin yeni sermaye yoğun endüstrilerinde ölçek ve kapsam ekonomilerinin maliyet avantajları örnekleri çok çarpıcıdır. 1880 yılında 1 galon kerosenin işçilik maliyeti 2,5 sent iken, 1885 yılında bu maliyet 0.45 sent olmuştur. Hala günümüzün üç büyük kimya firması olan Bayer, BASF ve Hoechst, 1870'lerde 200 Mark'a yakın olan boya ve kökboyasının kilogram fiyatını, 1878'de 23 Mark'a, 1886'da ise 9 Mark'a kadar düşürmüşlerdir. 1880'lerde icat edilen elektrolitik rafineri süreci, bir kilo alüminyumun fiyatını 1888 ve 1895 yılları arasında yüzde 96 azaltmıştır. Bessemer süreci[2] ise, çelik rayların maliyetini 1870'lerin başından 1890'ların sonlarına kadar yüzde 88 oranında düşürmüştür (Chandler, 1992). Çeliğin dayanıklı hale gelmesi ve geliştirilmesiyle birlikte demir yollarında maliyet azalmış ve daha uzun yollar ortaya çıkmıştır (Arslan ve Demirağ, 2017: 6). Ayrıca demiryolları İkinci Sanayi Devrimi sırasında daha hızlı, daha güvenli hale gelmiştir (Mokyr, 1998, 7). Tablo 1.2'de, 1840-1900 yılları arasında ülkelere göre demiryolları uzunlukları, kilometre olarak verilmiştir.

Tablo 1.2.: 1840-1900 yılları arasında ülkelere göre demiryolları uzunlukları

	1840	1860	1880	1900
Avusturya-Macaristan	144	4,543	18,507	36,330
Belçika	334	1,730	4,112	4,591
Fransa	496	9,167	23,089	38,109
Almanya	469	11,089	33,838	51,678
Büyük Britanya	2,390	14,603	25,060	30,079
İtalya	20	2,404	9,290	16,429
Hollanda	17	335	1,846	2,776
Rusya	27	1,626	22,865	53,234
İspanya	-	1,917	7,490	13,214
İsveç	-	527	5,876	11,303

[2] Henry Bessemer, kendi dönüştürücüsünü icat ederek geniş çaplı çelik üretiminin önünü açmıştır. Yöntem temel olarak ham demirin içerisindeki karbon yüzdesinin azaltılmasına dayanmaktadır. Kaynak: Çizmecioğlu, Zeki. "Kur'an-ı Kerim'in Demir Mucizesi."

Kaynak: http://sourcebooks.fordham.edu/halsall/mod/indrevtabs1.asp (E.T. 06/07/2018)

Birinci Sanayi Devrimi'ne benzer şekilde, İkinci Sanayi Devrimi de üretimin, üretimde çalışan işçilerin sonu anlamına gelmemektedir. ABD'de üretimde çalışan işgücünün oranı 1960'lardan itibaren, toplam işgücü içerisinde, ciddi bir düşüş yaşarken, üretimde çalışan işçi sayısında önemli bir azalma olmamıştır. Bu durumun üç temel sebebi vardır. İlk olarak, üretim sektöründe artan verimlilik, daha az emekle daha fazla mal üretimini mümkün kılmıştır. İkincisi, dünyanın genelinde insanların zenginleşmesiyle birlikte tüketici zevkleri değişmiştir. Bununla beraber tüketiciler hizmet sektörüne (restoran, tatil gibi), nihai tüketim ürünlerine kıyasla (buzdolabı, giyim gibi) daha fazla harcama yapmaya başlamışlardır. Son olarak, ABD, 50 yıl önce ile karşılaştırıldığında, günümüzde tükettiği malların çok daha büyük bir kısmını ithal etmektedir. Özetlemek gerekirse, ABD GSYH'sindeki üretim payı, 1953'te yüzde 30'dan 2004'te yüzde 13'e düşmüştür. Ancak, Birinci Sanayi Devrimi'nde olduğu gibi, bu durum İkinci Sanayi Devrimi'nde de büyük bir işsizliğe neden olmamıştır (Blinder, 2006, 117).

İkinci Sanayi Devrimi pek çok yönden Birinci Sanayi Devrimi'nin devamı niteliğindedir. Birçok sektörde, Birinci Sanayi Devrimi'nin devamı niteliğinde bir süreklilik mevcuttu fakat yine de çok önemli yönlerden bu iki devrim birbirlerinden farklıydı. İlk olarak ücretler ve yaşam standartları önemli ölçüde farklılaşmıştır. İkinci olarak, teknolojik liderlik batı dünyasında kalmasına rağmen, teknolojik liderlik Britanya'dan çıkıp daha dağınık bir coğrafyaya kaymıştır. Son olarak, İkinci Sanayi Devrimi, doğa bilgisi ile teknolojik uygulamalar arasındaki ilişkiyi değiştirerek, teknolojinin kendisini değiştirmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca, İkinci Sanayi Devrimi yıllarında öğrenilenler, yeni sanayi devrimlerinin yolunu hazırlamıştır (Mokyr, 1998, 14).

1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü Sanayi Devrimi'nin başlangıcı olarak 1960'lı yıllar gösterilmektedir. Yarı iletkenlerin, ana bilgisayarların, kişisel bilgisayarların ve internetin öncülüğünde geliştiği için bilgisayar devrimi ya da dijital devrim adını da almıştır (Schwab, 2016, 16). İnternet, Üçüncü Sanayi Devrimi'nin temelini oluşturmaktadır. Bilgisayar donanımı, yazılımı ve telekomünikasyon alanındaki gelişmelerle birlikte internet, işletmelerin kendilerini ve iş yapma şekillerini yeniden dönüştürmeye zorlamıştır. İş dünyasındaki bu dönüşümler, verimliliğin artması ve yeni pazarların da ortaya çıkmasıyla birlikte, üretkenlikte daha önce görülmemiş kazançlar sağlamıştır. Ayrıca internet, insanların kendilerini ifade ediş biçimlerini ve bireyler arası iletişimi de derinden değiştirmiştir (Smith, 2001, 2-3).

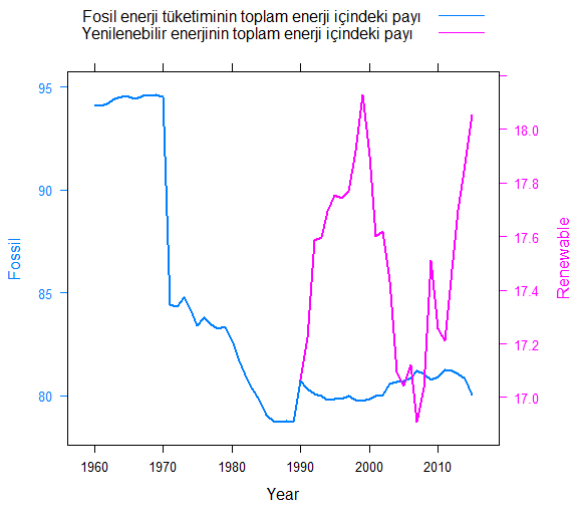
Birinci Sanayi Devriminin 19.yüzyılda ve İkinci Sanayi Devriminin 20.yüzyılda oluşturduğu etkiye benzer şekilde Üçüncü Sanayi Devrimi de 21.yüzyıla etki yapmıştır. Yine ilk iki devrimde olduğu gibi, Üçüncü Sanayi Devrimi de insanların hayatlarını ve çalışma biçimlerini değiştirmiştir. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin, birbiriyle etkileşim içinde olduğu 5 boyutu olduğu söylenebilir (Rifkin, 2011):

1. Yenilenebilir enerjiye geçiş,
2. Yenilenebilir enerjinin toplanabilmesi için her kıtadaki bina stoklarının mikro enerji santrallerine dönüştürülmesi,
3. Hidrojen ve diğer depolama teknikleriyle kesintili enerjiyi depolayabilmek, her binada gerekli altyapının oluşturulması,
4. İnternet teknolojisine benzer şekilde, kıtalar arası enerji paylaşımının sağlanabilmesi,
5. Ulaşım araçlarının etkileşimli bir elektrik şebekesinden satın alınabilen elektrikle ve yakıt hücreli araçlarla değişmesidir.

Sürdürülebilir, enerji bağımsız topluklar Avrupa ve Asya'da son 20 yılda gelişim gösterirken, henüz aksiyon almayan ABD ve diğer ülkeler bir an önce

harekete geçmelidir. Üçüncü Sanayi Devrimi'ni başlatmış ülkeler artık İkinci Sanayi Devrimi'nin enerji kaynakları olan fosil yakıtlar ve nükleer enerjiye bağımlı değillerdir. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde gerekli olan yakıt yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (Clark ve Cooke, 2010, 9). Güneş, rüzgar, su, jeotermal, okyanus dalgaları ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji türleri Üçüncü Sanayi Devrimi'nin temel taşlarıdır. Bu enerji türleri hala küresel enerji piyasasının küçük bir yüzdesini oluştururken, hükümetlerin piyasa aktörlerini yenilenebilir enerjiye zorlaması ve bu enerjilerin fiyatlarının giderek düşmesi, yenilenebilir enerji türlerini gittikçe rekabetçi hale getirmektedir. Kamu ve özel sermaye milyarlarca Euroluk sermayeyi yenilenebilir enerji konusunda Ar-Ge harcamalarına ayırmaktadır çünkü işletmeler ve ev sahipleri karbon ayak izlerini azaltmaya, verimli ve bağımsız enerji kullanmaya çalışmaktadır (Rifkin, 2008). Grafik 1.3'te, 1960–2016 yılları arasındaki fosil enerjinin ve yenilenebilir enerjinin kullanım oranları görünmektedir [3]

Grafik 1.3.: 1960–2016 yılları arasındaki fosil enerjinin ve yenilenebilir enerjinin kullanım oranları



[3] https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS, https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS

Dönemin Avrupa Komisyon Başkanı José Manuel Barroso, 2007 yılında Loyola de Palacio Enerji Konferansı'nda yapmış olduğu konuşmasında Avrupa'nın enerji dönüşümü için 5 boyut açıklamıştır (Barroso, 2007):

1. Enerjiden %20 tasarruf ederek enerji verimliliği arttırılmalıdır.
2. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı 2020 yılına kadar %20'ye çıkmalıdır.
3. Tüketilen temiz hidrokarbonların miktarı önemli ölçüde arttırılmalıdır. Hidrokarbonlardan kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmak için, örneğin karbondioksitin tutulması ve depolanması yoluyla, büyük teknolojik ilerlemeler kaydedilmektedir. Avrupa için uygun ve nispeten ucuz fiyatlı olan kömür önemli bir enerji kaynağı olmasının yanında yüksek bir kirliliğe sahiptir. Bu yüzden temiz kömür teknolojilerinin ilerlemesini hızlandırmak önemlidir.
4. Tek bir enerji piyasası geliştirilmelidir.

Üçüncü Sanayi Devrimi'nde iletişimin, enerjinin ve ulaşımın dijitalleşmesiyle birlikte, ağın tarafsızlığını garanti altına almak, yeni tekellerin ortaya çıkmasını engellemek, kişisel güvenliği korumak, veri güvenliğini sağlamak, siber suçları ve siber terörizmi engellemek gibi yeni zorluklar ve riskler ortaya çıkmıştır. Avrupa Komisyonu, "gizlilik, veri koruma ve bilgi güvenliği, IoT hizmetlerinin tamamlayıcı koşulları olduğunu" ilke edinerek bu konular üzerine çalışmaya başlamıştır (Rifkin, 2016, 9).

1.2. ENDÜSTRİ 4.0

Son yıllarda Avrupa ülkelerinin endüstrileri yaşlanan nüfus ve gelişmekte olan ülkelerle yaşanan rekabet gibi birçok sorunla karşı karşıyadır. 1990 yılında gelişmekte olan ülkelerin (Çin, Hindistan ve Brezilya gibi) sanayi değeri payı %22 civarındayken, 2011 yılına gelindiğinde bu ülkelerin toplam payı %40'lara çıkmıştır. Buna karşılık, Batı Avrupa Ülkelerinin sanayi değeri payı %36'dan %25 oranına düşmüştür. Bu sorunlar, işgücünü azaltmak, ürünü geliştirme zamanını kısaltmak,

kaynakları verimli bir şekilde kullanmak için endüstriyel teknolojilerin gelişmesini sağlamışlardır (Qin vd., 2016, 173).

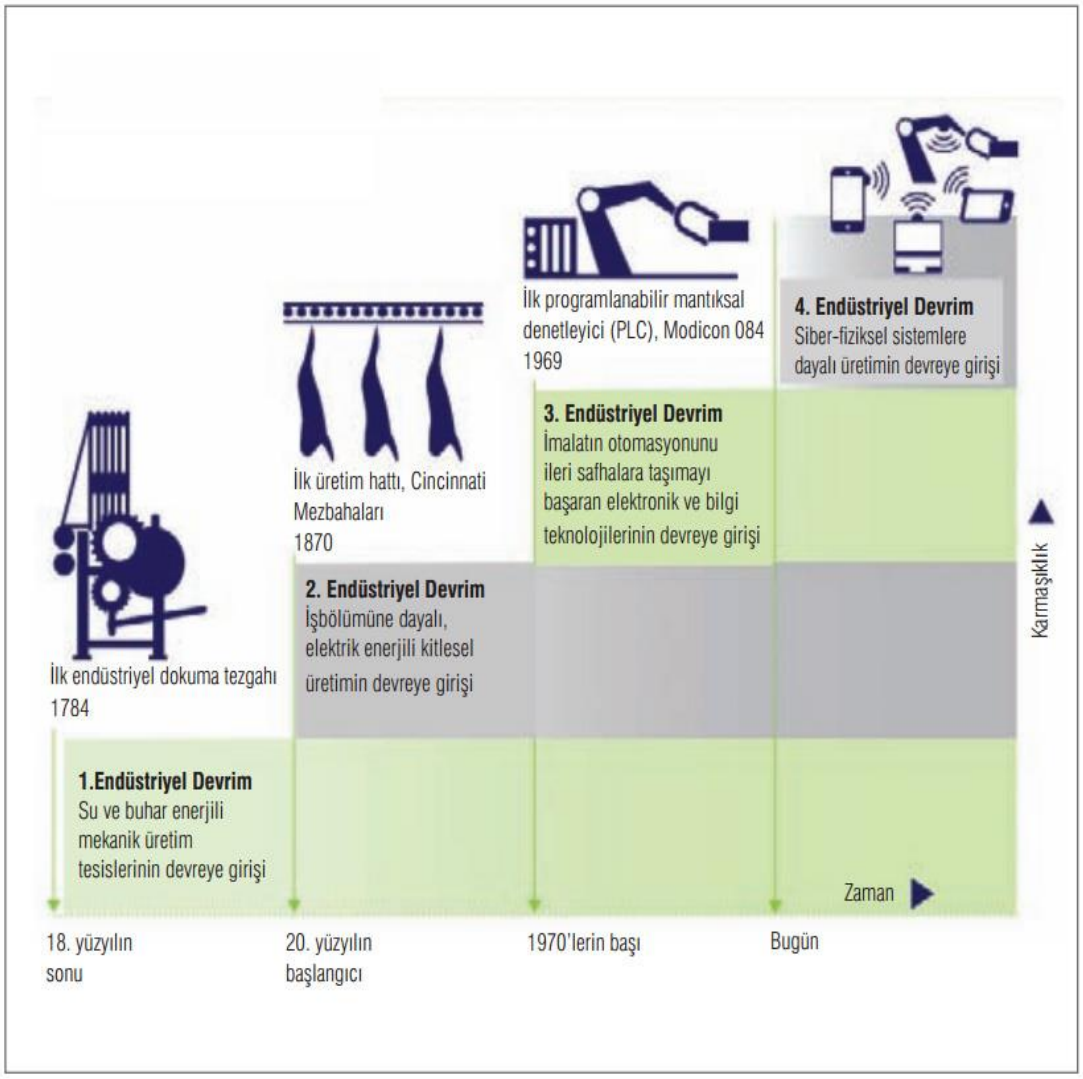
"Endüstriyel 4.0" kavramı, Alman hükümeti tarafından Kasım 2011'de yayınlanan bir makalede, 2020 için yüksek teknoloji stratejisi olarak ortaya çıkmıştır. Nisan 2013'te, "Endüstri 4.0" terimi, Hannover'deki bir sanayi fuarında yeniden ortaya çıkmış ve Alman ulusal stratejisi olarak hızla yükselmiştir (Zhou, Liu ve Zhou, 2015). PWC (2014), Endüstri 4.0 kavramını şu şekilde tanımlamıştır:

"Endüstri 4.0 terimi dördüncü sanayi devrimi anlamına gelmektedir. Ürünlerin yaşam döngülerine ait tüm değer zinciri üzerindeki yeni örgütlenme seviyesi ve kontrol olarak en iyi şekilde anlaşılabilecek bu husus, gittikçe bireyselleşen müşteri talepleri doğrultusunda tasarlanmaktadır. Bu döngü bir ürün fikri ile başlar, siparişin verilmesi aşamasını kapsar ve ürün geliştirme ve üretimden başlayıp ürünün müşteriye teslimatı ile devam ederek ürünün geri dönüşümü ve sonlandırıcı tüm hizmetleri kapsar. Dördüncü endüstri devriminin esası, değer zincirindeki tüm olayların bilgisinin gerçek zamanlı biçimde erişilebilir olmasıdır. Aynı zamanda veriden optimum katma değer türetme yeteneği de oldukça önemlidir. İnsanların, nesnelerin ve sistemlerin bağlantı halinde olması şirketlerin kendi içinde ve birbiri arasında dinamik, kendini örgütleyen ve gerçek zamanlı iyileştirmeler yapan katma değerli bağlar yaratmasını sağlar. Bu bağlar maliyet, erişilebilirlik ve kaynakların harcanması gibi ölçütlere göre optimize edilebilir."

Endüstri 4.0, dokuz temel teknoloji ile desteklenen bir dönüşümdür. Bu temel teknolojiler şunlardır: otonom robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, IIoT, siber güvenlik, bulut, katkılı üretim, arttırılmış gerçeklik, büyük veri ve analitiğidir. Endüstri 4.0 dönüşümünde sensörler, makineler, iş parçaları ve bilişim teknolojileri sistemleri, değer zinciri boyunca tek bir kuruluşta bulunacaklardır. Siber fiziksel sistemler olarak da adlandırılan bu bağlı cihazlar standart internet tabanlı protokolleri kullanarak birbirleriyle etkileşime girebilmekte ve hataları tahmin etmek, kendilerini yapılandırmak ve değişikliklere uyum sağlamak

için verileri analiz edebilmektedir. Endüstri 4.0, makineler arasında veri toplama ve analiz etmeyi mümkün kılarak, daha düşük maliyetlerle daha yüksek kaliteli mallar üretmek için daha hızlı, daha esnek ve daha verimli süreçleri mümkün kılmaktadır. Bu da üretim verimliliğini, vardiya ekonomisini, sanayinin büyümesini destekleyecek, işgücünün profilini değiştirerek, şirketlerin ve bölgelerin rekabet gücünü değiştirecektir (Rüßmann vd., 2015, 1). Endüstri 4.0, özerkliğe sahip, kendi kendini izleyebilen ve iyileştirme yapabilen akıllı sistemler tarafından yönlendirilen üretim ekosistemlerini mümkün kılacaktır. Ayrıca daha önce görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik ve büyümeye ulaşmamızı sağlayacaktır. Endüstri 4.0 makineden insana iş birliği ve simbiyotik ürün gerçekleştirme etrafında dönen yeni tip gelişmiş üretim ve endüstriyel süreçler ortaya çıkacaktır (Thames ve Schaefer, 2017, 2). İlk üç sanayi devriminde buhar, elektrik ve bilgisayar, üretim süreçlerine dahil olmuşlardır. 2000'li yıllarda ortaya çıkan IoT, siber fiziksel sistemler gibi teknolojiler Endüstri 4.0'ın temellerini oluşturan teknolojilerdir (Kabaklarlı, 2016: 40). Endüstri 4.0, aslında yeni bir kavram değildir. Endüstri 4.0 yeni bir kavramdan ziyade, yeni geliştirilen teknolojiyi kullanan eski bir konseptin yeniden doğuşu olarak tanımlanabilir. Endüstri 4.0, en güncel teknolojik buluşları ve yenilikleri, özellikle operasyonel bilgi ve iletişim teknolojilerini birleştirerek kullanan, revize edilmiş bir üretim yaklaşımıdır (Gilchrist, 2016, 198). Şekil 1.1'de sanayi devrimlerinin gelişimleri gösterilmiştir (Selek, t.y.).

Şekil 1.1.: Sanayi devrimlerinin gelişimi



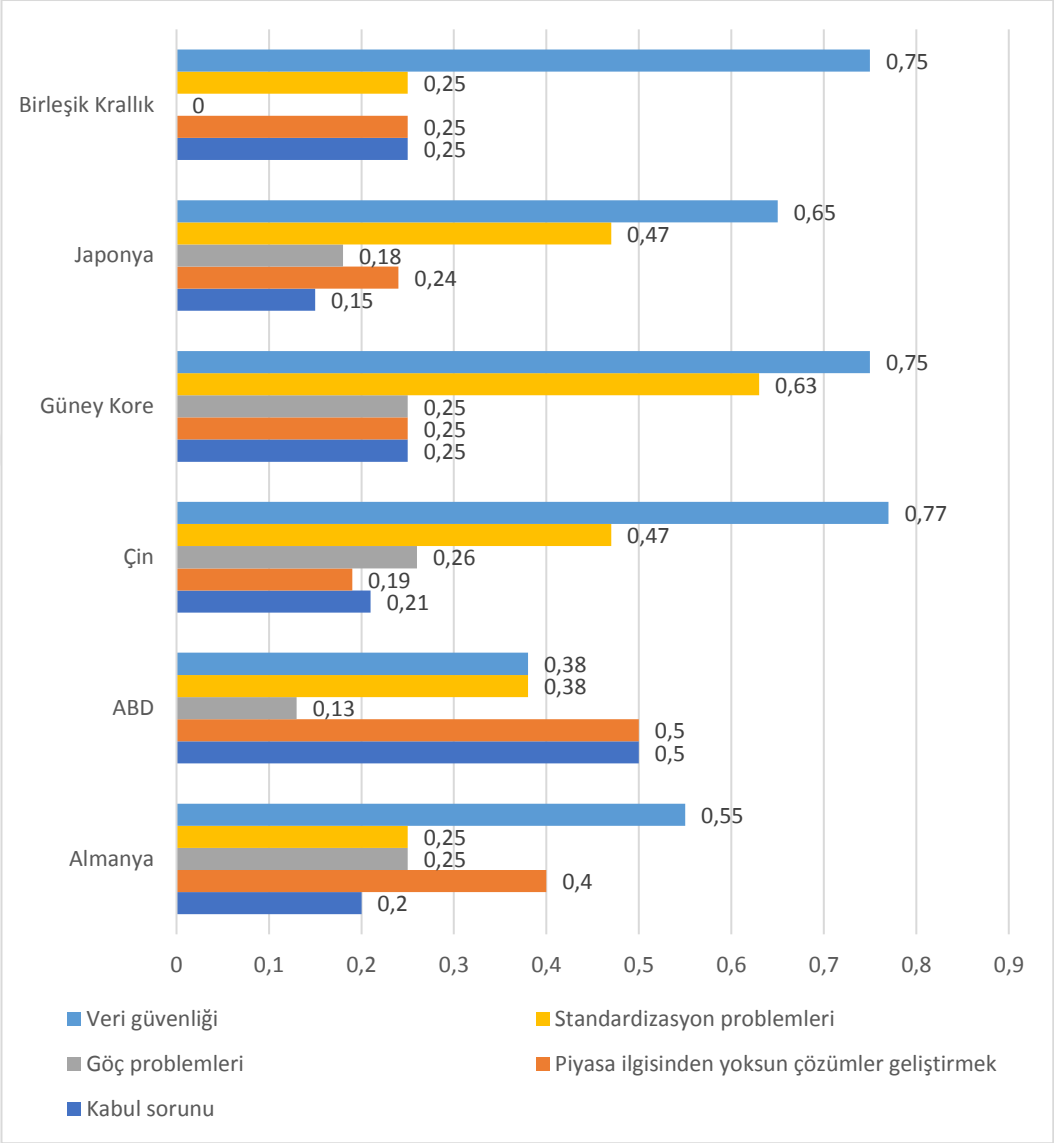
Endüstri 4.0'ı, ilk üç sanayi devriminden ayıran unsurlar; sensör, veri, bilgi, enformasyon ve işlemdir. Bu unsurların bir araya gelmesiyle, vasıfsız işgünün ortadan kalktığı söylenebilir. Çünkü bu unsurların birleşmesiyle hata yapmayan, sadece verilen göreve odaklanan ve istikrar sağlayan işlemler elde edilmektedir. Şekil 1.2'de sensör, veri, bilgi, enformasyon ve işlem arasındaki süreç gösterilmektedir (Gülseçen, 2014, 63; Sener ve Elevli, 2017, 26-27).

Şekil 1.2.: Sensör, veri, bilgi ve işlem arasındaki süreç



Endüstri 4.0, fırsatların yanı sıra riskleri de beraberinde getirmektedir. Almanya ve ABD'de Endüstri 4.0 çözümlerinin önde gelen iki tedarikçisinin uzmanları, piyasaya uygun olmayan çözümler geliştirme riski olduğunu düşünmektedirler. 136 uzmanın katıldığı bir çalışmada Endüstri 4.0'da karşılaşılabilecek en önemli ekonomik riskler olarak belirlenen başlıklar Grafik 1.4'te gösterilmiştir (Kagermann vd., 2016, 20).

Grafik 1.4.: Endüstri 4.0'da karşılaşılabilecek en önemli ekonomik riskler



Grafik 1.4'e bakılarak araştırmaya katılan uzmanların veri güvenliğini, en önemli sorun olarak gördüğü söylenebilir. ABD haricinde tüm ülkelerde en önemli sorun olarak veri güvenliği gelmektedir. ABD'de ise en önemli problem piyasa ilgisinden yoksun çözümler geliştirmek ve kabul sorunu olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra Birleşik Krallıkta, göç problemleri bir ekonomik risk olarak değerlendirilmemektedir. Uzman görüşlerinden yola çıkılarak yapılan bir başka

çalışmada, Endüstri 4.0'ın uygulamasında karşılaşılabilecek sorunlar aşağıda özetlenmiştir (Wan vd., 2016, 7373; Schumacher, Erol ve Sihn, 2016, 163)

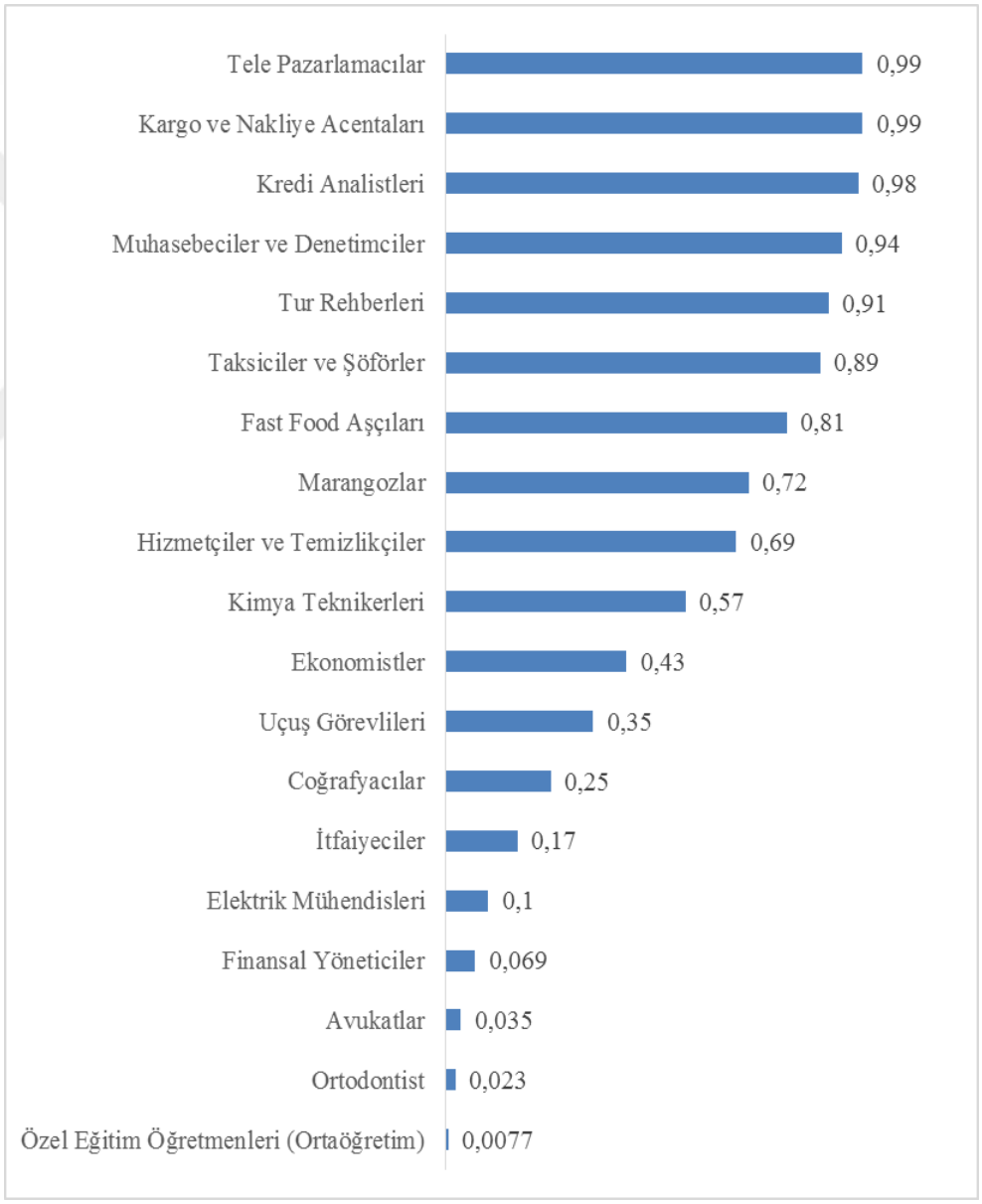
- Endüstri 4.0 kapsamında, her türlü donanım veya cihaz, atanan görevleri yerine getirirken iş birliği yapmak için etkili bir şekilde etkileşime girmelidir. Geleneksel ağlar için, yeni bir iş birliği mekanizması sağlanması gerekirse, ilgili tüm cihazların iletişim protokolleri tek tek güncellenmelidir. Bu nedenle, her türlü ağ kaynağını hızla yönetmek ve yapılandırmak için yeni yöntemler aranmalıdır.
- Yazılım tanımlı IIoT mimarileri, toplama protokolleri, standartlaştırılmış API'lar ve değerlendirme test kitaplarının eksikliğinden dolayı, her türlü bilgiyi, heterojen ve algılayıcı aygıtlardan tutarlı bir şekilde yakalamak, analiz etmek ve kullanmak hala çok zordur.
- Şirketler, Endüstri 4.0 kavramını, stratejik bir rehberlik olmadığında oldukça karmaşık bir şekilde algılamaktadırlar.
- Şirketlerin, Endüstri 4.0'ın sağlayacağı yararlar ve sonuçlar hakkında net fikirleri yoktur.
- Şirketler, kendi yeteneklerini değerlendirmekte zorluk çekmektedir ve bu zorluklardan dolayı koordineli bir şekilde önlem alamamaktadırlar.

1.2.1. Endüstri 4.0 ve İstihdam

Yeni teknolojilerin istihdam üzerindeki etkilerine yönelik iki farklı görüş mevcuttur. Bir grup, teknolojiden dolayı işsiz kalanların ortaya çıkacağını söylemektedir. Bir diğer grup ise yine teknolojiyle birlikte oluşan yeni ürün ve hizmetlerin yeni meslekler, sektörler oluşturarak yeni istihdam olanağı sunacağını savunmaktadır (Schwab, 2016: 44-45). Birinci Sanayi Devriminde, en önemli icatlardan olan buhar makineleri kullanabilen işçiler yeni bir meslek grubunu oluşturmuştur. Günümüzde de siber fiziksel sistemlerin adaptasyonunu ve iletişimini sağlayan meslek grupları ortaya çıkacaktır. Gelişen teknolojiyle birlikte, işçilerin yetkinliklerinin ve kabiliyetlerinin yüksek olması gerekmektedir (Özdoğan, 2017:

60). Frey ve Osborne (2017) yaptıkları çalışmalarında, otomasyon (bilgisayarlaşma) tehdidi altında bulunan meslekleri değerlendirmişlerdir. Grafik 1.5'te bazı meslek grupları ve meslek gruplarının otomasyon olasılıkları görülmektedir. Grafik 1.5 incelendiğinde tele pazarlamacıların, kargo ve nakliye acentalarının %99, taksiciler ve şöförlerin %89, marangozların %72, ekonomistlerin %43, itfaiyecilerin %17, avukatların %0,035 olasılıkla otomasyondan etkileneceği görülmektedir.

Grafik 1.5.: Meslek gruplarının işlerini otomasyona kaptırma olasılığı



Institute for Spatial Economic Analysis tarafından yapılan bir araştırmanın sonucunda yayınlanan rapora göre, kadınların işlerini otomasyona kaybetme ihtimali erkeklere kıyasla iki kat daha fazladır. Bunun nedeni ise kadınların çalıştığı işlerin, erkeklere kıyasla otomasyona daha yatkın olmasıdır. Örnek vermek gerekirse kasiyerlerin %97'sinin işini kaybedeceği tahmin edilmektedir (2016 yılında kasiyer çalışanlarının %73'ü kadındır). Ayrıca beyaz işçilerle kıyaslanacak olursa İspanyol ve Afrikalı Amerikalı işçilerin, işlerini kaybetme olasılığı sırasıyla %25 ve %13 daha fazladır. Asyalı işçilerin ise Beyaz işçilere kıyasla işlerini kaybetme olasılığı %11 daha azdır (Taylor, 2017).

World Economic Forum (2018), yayınlanmış olduğu İşlerin Geleceği (The Future of Jobs) adlı raporda değişen beceri ihtiyaçlarının giderilmesi için öngörülen stratejilerle ilgili bir istatistik paylaşmıştır. Bu istatistiğe göre, şirketlerin, hızla değişen işgücü becerileri gereksinimleri karşısında rekabetçi kalmak için bir dizi örgütsel stratejiyi takip etmeleri gerekecektir. Bunu yapmak için, yönetici, liderlik ve insan kaynakları becerilerinin de dönüşümünü başarılı bir şekilde yönlendirerek evrim geçirmelidir. Değişen beceri talebiyle karşı karşıya olan işçilere yönelik olası yaklaşımlar açısından, araştırılan şirketler, gelecekte özellikle şu üç stratejiyi vurgulamaktadır; yeni teknolojilerle ilgili becerilerini tamamıyla yitiren personelin yerine yeni personelin işe alınması, ilgili iş görevlerini tamamen otomasyonla çözme ve mevcut çalışanları yeniden eğitmek. Araştırmaya katılan şirketlerin yaklaşık dörtte biri, mevcut çalışanların yeniden eğitilmesi konusunda kararsızdır ya da olumsuz düşünmektedir. Şirketlerin üçte ikisi, işçilerin değişen işlerinde yeteneklerini adapte etmelerini beklemektedir. Grafik 1.6'da, araştırmada yer alan şirketlerin, belirlenen stratejilere yönelik cevaplarının oranı yer almaktadır.

Grafik 1.6.: Endüstri 4.0 kapsamında belirlenen stratejilerin uygulanmasına yönelik anket sonuçları



Endüstri 4.0'ın Alman üretim sektörü üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan bir çalışmada, Endüstri 4.0'ın oluşturacağı büyümenin, istihdamda %6'lık bir artışa yol açacağı tespit edilmiştir. Kısa vadede otomasyona doğru olan eğilimin, düşük vasıflı işçilerin bazılarını ortadan kaldıracağı öngörülmüştür. Aynı zamanda, yazılımların, bağlanabilirliğin ve analitiğin gittikçe artan kullanımı, yazılım geliştirme becerilerine sahip uzmanlara ve bilişim teknolojilerindeki yetkinliklere sahip çalışanlara olan

talebi arttıracaktır. Bu yetkinlik dönüşümü, ilerideki önemli zorluklardan biridir (Rüßmann vd., 2015: 6).

Ekonomik faktörler, şirketlerin kalkınma stratejilerini belirlerken çok önemli bir rol oynamaktadır. İlk olarak, enflasyon, satın alma gücünü düşürerek pazarın gerilemesine neden olmakta ve bunun sonucunda da üretim hacmi olumsuz etkilenmektedir. Enflasyonun yanı sıra, işgücü maliyeti de son yıllarda artmıştır, bu nedenle şirketlerin iş gücü maliyetleri artmıştır. Üretim maliyetlerinin artması, şirketlerin, işçilerin yerine makineleri tercih etmesine neden olmaktadır. İşçilik maliyetlerine ek olarak hammadde fiyatları da yükseldiği için, malzeme maliyetinde de bir artış söz konusudur. Makinelerin eğitiminin, işçilerin eğitiminden daha kolay olması, makinelerin farklı üretim yöntemlerine daha kolay uyum sağlaması gibi nedenler de şirketlerin makine tercih etmesinde önemli etkenlerdir. Tüm bu durumlar göz önünde alındığında, şirketler maliyetlerden tasarruf etmek ve üretim verimliliğini arttırmak için otomasyon derecesini geliştirme eğilimindedirler (Zhang vd., 2017, 133).

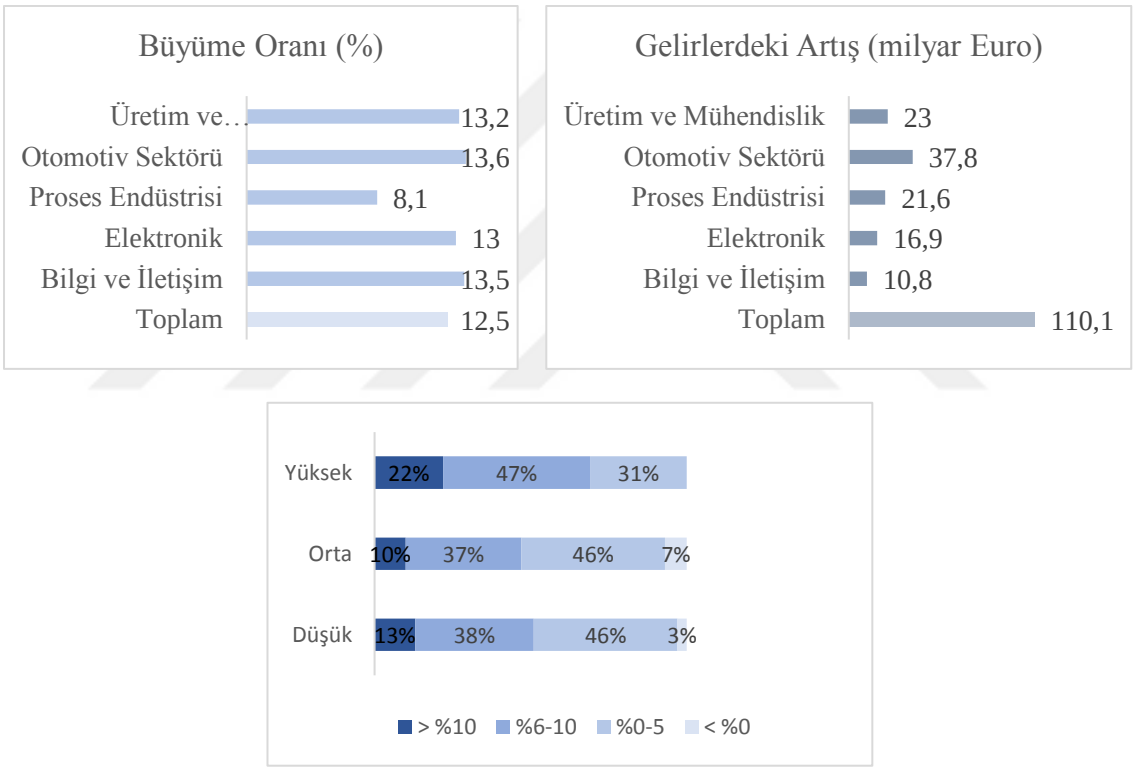
1.2.2. Endüstri 4.0 ve Ekonomi

Endüstri 4.0'la birlikte, üretimde esneklik artacak, yüksek üretkenliğe ulaşılacak ve %50 oranında kaynak verimliliği sağlanacaktır. Toplu üretimdeki maliyetlerle, özelleştirilmiş ürünler yapmak mümkün olacaktır. Ekonomik krizlerin veya altyapı arızalarının yol açtığı bozulmalara karşı direnç ve iyileşme yeteneği olarak tanımlanabilecek esneklik artacaktır çünkü daha doğru verilerle birlikte daha doğru tahminler yapılacaktır. Gerçek zamanlı bilgi, önemli sorunlara anında çözüm bulunmasını kolaylaştıracaktır. Bu esneklik, ekonominin, olası zararları hafifletmek için daha etkili ve hızlı önlemler almasını sağlayacaktır (Kagermann, 2015, 34).

Koch vd (2014) tarafından yapılan ve PwC tarafından yayımlanan bir araştırmada, araştırmaya katılan şirketler, tüm sektörlerde ciddi bir büyüme beklemektedirler. Farklı sektörlerin gelirlerinde yaklaşık %12,5'lik bir büyüme beklenmektedir. Ayrıca bu beklenen büyüme oranlarıyla birlikte gelirlerde de

anlamlı bir artış öngörülmektedir. Gelecek dönemlerde, Endüstri 4.0 çözümleriyle birlikte, Avrupa'da 110 Milyar Euro'luk yıllık gelir artışı tahmin edilmektedir. Yine aynı araştırmada, şirketlerin dijitalleşme düzeylerine göre, gelirlerinde yaşanan büyümeye yönelik bir istatistik sunulmuştur. Grafik 1.7'de, sektörel bazlı büyüme oranlarının, gelirlerde yaşanacak artışların tahminleri ve dijitalleşme düzeylerine göre şirketlerin büyüme oranları gösterilmektedir.

Grafik 1.7.: Sektörel bazlı büyüme oranlarının, gelirlerde yaşanacak artışların tahminleri ve dijitalleşme düzeylerine göre şirketlerin büyüme oranları



Önümüzdeki beş ila on yıl boyunca, Endüstri 4.0, tüm Alman imalat sektörlerinde daha fazla şirket tarafından benimsenecek ve verimlilik artacaktır. Malzemelerin maliyetini içermeyen dönüşüm maliyetlerinde verimlilik artışı, yüzde 15 ila 25 arasında değişecektir. Malzeme maliyetleri hesaba katıldığında, yüzde 5 ila 8'lik verimlilik artışları sağlanacaktır. Bu gelişmeler endüstriye göre değişecektir. Endüstri 4.0 gelirde yaşanan büyümeyi de artıracaktır. Üreticilerin artan ekipman,

yeni veri uygulamaları talepleri ve daha geniş çeşitlilikte giderek daha fazla özelleştirilmiş ürünlere yönelik tüketici talebi, yılda yaklaşık 30 milyar Euro veya Almanya'nın GSYİH'sinin yaklaşık yüzde 1'i kadar ek gelir artışı sağlayacaktır (Rüßmann vd., 2015, 5). Endüstri 4.0 teknolojileriyle birlikte tahmini bakım programlarında gelişmiş analitik teknikler kullanarak, imalat şirketleri fabrikadaki makine arızalarını önleyebilir ve kesinti süresini yaklaşık %50 oranında azaltarak, üretimi %20 oranında arttırabilir. Bu durum verimliliğin de artmasını sağlamaktadır (Davies, 2015).

Klaus Schwabb[4], Davos'ta yapılan Dünya Ekonomik Forumunun yıllık buluşmasında Endüstri 4.0 ve ekonomi hakkında şu sözleri sarfetmiştir (Borg, 2016):

"Maliye politikaları açısından, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin etkileri karmaşıktır. Robotik ve dijitalleşmenin iş yapış şekillerini değiştirmesi, vergi gelirlerini etkileyecektir. Giderek daha fazla iş bilgisayar ve makinelerle değiştirilebiliyorsa, uzun vadede iş gücü gelirinden elde edilen vergiler azalacaktır. Aynı zamanda, daha düşük GSYİH ve kaybedilen istihdam açısından, vergilerdeki sosyal maliyetler de artacaktır. Bu nedenlerle vergilerin daha düşük gelir getirmesi ve daha maliyetli olması muhtemeldir.

Orta vadeli perspektiften bakacak olursak, katma değer vergisinden elde edilen gelirlerin etkilenmesi riski de mevcuttur. Mallar serbestçe hareket ediyor ve birçok çevrimiçi hizmet dijital bir ürünü kullanma hakkını elinde bulunduruyor. Küreselleşen dünyada, uzun vadede vergi göçü yaşanması riski apaçık ortadadır.

Çevrimiçi perakendecilerin katlandığı operasyonel maliyetler, geleneksel işletmelere kıyasla çok daha düşüktür ve düşük maliyetli alternatiflerden kaynaklı, artan rekabet, firmaların fiyatlama gücünü zayıflatmaktadır.

Sonuç olarak bence, Merkez Bankalarının enflasyon eğilimi üzerindeki etkileri büyük ihtimalle önemli ölçüde azalacaktır. Kaynak kullanımının tüketici

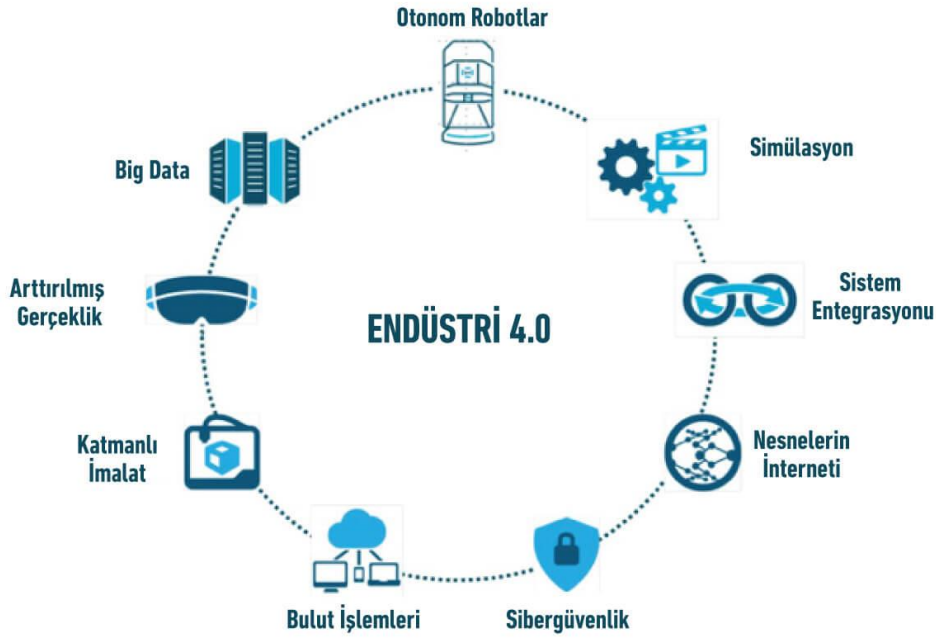
[4] Dünya Ekonomik Forumu'nun kurucusu ve başkanı

fiyatlarına yansıtılması daha uzun zaman alacaktır. Düşük işsizlik ve ücretlerde yaşanacak artış fiyatlar üzerindeki etkisini arttırdığında, tüketiciler çevrimiçi alışverişe hızlı bir şekilde kayacaktır."

1.2.3. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın yapısını oluşturan dokuz temel teknoloji mevcuttur ve bu teknolojiler günümüzde üretim sektöründe kullanılmaktadır. Fakat Endüstri 4.0 ile birlikte bu teknolojiler bir üretim akışında bir araya gelerek üretimin şeklini değiştireceklerdir (Rüßmann vd., 2015). Şekil 1.3'te dokuz temel teknoloji görülmektedir[5].

Şekil 1.3.: Endüstri 4.0 bileşenleri



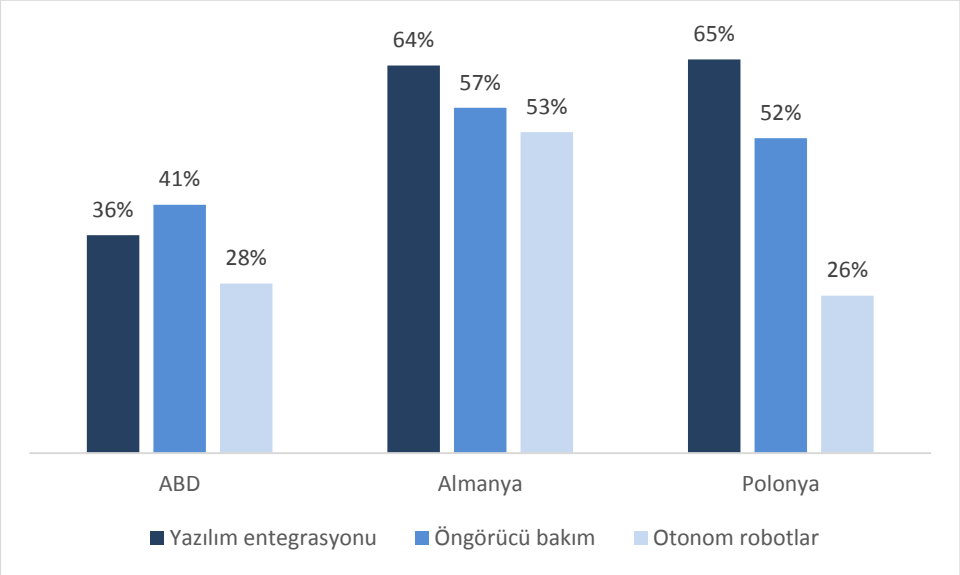
Otonom Robotlar

Endüstri 4.0'daki en önemli itici güçlerden biri olan endüstriyel robotlar, 20. yüzyılın son yıllarından bu yana önemli ölçüde gelişmişlerdir. Daha üretken, esnek, çok yönlü, daha güvenli ve işbirlikçi hale gelen robotlar, üretim ekosisteminde daha

[5] http://www.four.one/tr/endustri-4-0/

önce görülmemiş bir değer seviyesi yaratmaktadırlar. Otonom robotlar, çok daha üstün maliyet verimliliği ve daha kaliteli mal veya hizmet sunmak için karmaşık görevleri tamamlamak üzere kendi kendini iyileştirebilen, kendi kendini yapılandırabilen ve hatta yapay zeka kullanabilen makineler anlamına gelmektedir (Bahrin vd., 2016, 138). Bilgi elde edildikten, analiz edildikten ve kararlar alındıktan sonraki adım bu kararların fiili olarak uygulanmasıdır. Endüstri 4.0 bağlamında, öz öğrenme ve öz yapılandırmaya sahip robotlar, insan gücüyle iş birliği içerisinde bu eylemleri gerçekleştirirler (Dopico vd., 2016, 410). Üretim sürecinde robotların kullanımı yeni değildir ve robotlar da gelişime ve evrime tabidir. Otonom robotları oluşturanlar, bu robotları kendi kendine yeterli, özerk ve etkileşimli olacak şekilde tasarlamışlardır. Böylelikle artık robotlar insanlar tarafından kullanılan araçlar olmaktan çıkmışlar ve insanlarla birlikte çalışan iş birimleri haline gelmişlerdir (Gilchrist, 2016, 209). Dmowski ve arkadaşları (2016) yaptıkları bir çalışmada, ABD, Almanya ve Polonya'da, Endüstri 4.0 teknolojik çözümlerinin günümüzde veya 1-2 yıl içerisinde kullanılma oranları hesaplanmıştır (Grafik 1.8). Her üç ülkede de en az benimsenen çözüm otonom robotlardır.

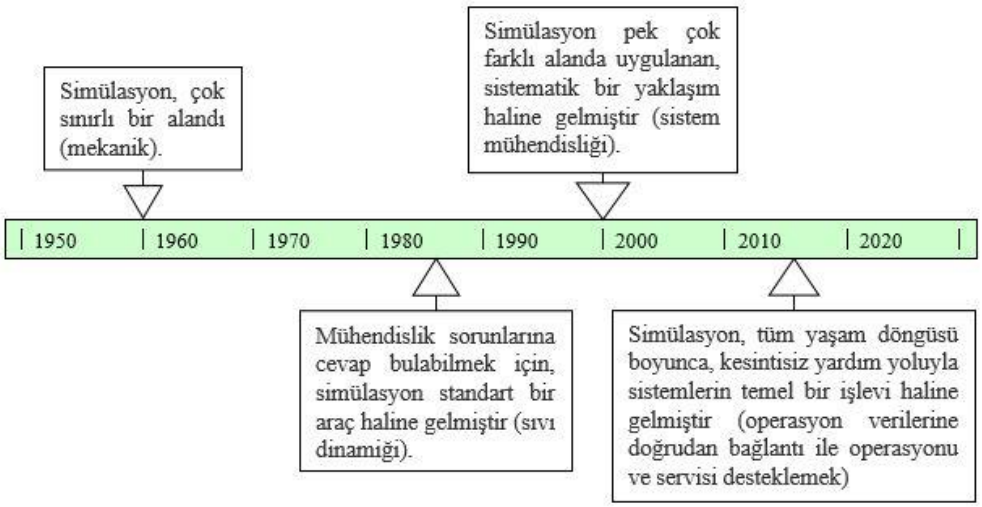
Grafik 1.8.: Endüstri 4.0 çözümlerinin potansiyel kullanım oranları



Simülasyon

Simülasyon, bir sistemin işleyişinin, model üzerinde yapılan denemeleri olarak tanımlanabilir (Timor, 2010: 507). Bilgisayar öncesi simülasyon, matematiksel varsayımları desteklemek veya onaylamakla sınırlıydı. Los Alamos'taki nükleer araştırmalarının önemi ve ivediliği, 1940'lı yıllarda yeni geliştirilen bilgisayarların, 1940'ların Monte Carlo tekniklerini hızlı bir şekilde uygulamasını sağladı. 1950'lerin sonlarında ve 1960'ların başlarında daha kullanıcı dostu dillerin gelişimiyle birlikte, simülasyon (hem Monte Carlo hem ayrık olay) problem çözme tekniği olarak da kullanılmaya başlamıştır. 1980'li yılların başından itibaren simülasyon uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır (Goldsman, Nance ve Wilson, 2010: 571-572). 2000'li yıllarda simülasyon, bilgisayar ve sayısal uzmanlarla sınırlı bir teknolojiden, mühendisler tarafından belirli tasarım ve mühendislik sorularını yanıtlamak için kullanılan bir standarda evirilmiştir. Günümüzde simülasyon sistemlerin test edilmesinde, doğrulanmasında ve tasarım kararlarının verilmesinin temeli haline gelmiştir (Rosen vd., 2015: 568). Simülasyonun tarihçesi kısaca Şekil 1.4'teki gibi özetlenebilir.

Şekil 1.4.: Simülasyonun tarihçesi



Simülasyon modellemesinin ürün yaşam döngüsü yönetimine artan entegrasyonu ile kullanıcı gereksinimleri önemli ölçüde değişmiştir. Ürün çeşitlerini ve özelleştirilebilir ürünleri arttırabilmek için, firmalar daha esnek üretim sistemlerine gereksinim duymaktadırlar. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışı ile birlikte, simülasyon modellemelerinde de değişiklikler meydana gelmiştir. Endüstri 4.0, üretim ve diğer sistemlerin sanal fabrika konsepti ile modellenmesini ve işlemlerin özerk olmasını içeren proses kontrolü için gelişmiş yapay zekanın kullanılmasını gerektirir (Rodic, 2017: 196). Gerçek zamanlı verilerle birlikte fabrikaların modelleri oluşturularak, model üzerinde denemeler yapılabilecektir. Siemens ve bir Alman firması, makinelerden elde edilen verilerden faydalanarak, sanal bir makine geliştirip, süreç içerisinde %80'lik süre avantajı sağlamışlardır (TÜSİAD-BCG, 2016: 26). Simülasyon ve sanal tasarım sayesinde, optimizasyon ve kontrol araçları kullanılarak üretim sitemleri geliştirilebilir (Saldivar vd., 2015: 5). Geçmiş yıllarda, bir sürecin verimli çalışıp çalışmadığını kontrol edebilmek için deneme yanılma yöntemine başvuruluyordu. Endüstri 4.0 ile birlikte modelleme ve testler için sanallaştırma kullanılarak üretim ve ürün kalitesinde, simülasyon daha önemli hale gelecektir (Gilchrist, 2016: 209).

Sistem Entegrasyonu

Mevcut ekonomik durum, Avrupa endüstrilerini üretim sistemlerinin esnekliği konusunda rekabet edilebilirliklerini arttırmaya zorlamıştır. Bu araştırma, esnekliği arttırmayı ve dikey ve yatay entegrasyonu geliştirmeyi amaçlayan Endüstri 4.0 kavramını ortaya çıkarmıştır (Rosendahl vd., 2015: 1). Ticaret akışlarının giderek uluslararasılaşmasıyla birlikte, otomasyon, süreçlerin esnekleştirilmesi, yatay ve dikey entegrasyon, modern, rekabetçi bir üretim yapısında daha önemli hale gelmektedir (Heng, 2014). Dikey ve yatay entegrasyon aşağıdaki şekilde tanımlanabilir (Chen, 2017: 590):

Dikey Entegrasyon: Bir organizasyon içerisindeki ürün yaşam döngüsüne dahil olan tüm unsurlar arasında kesintisiz bağlantı sorununu ele almaktadır.

Pazarlama, tasarım, mühendislik, üretim ve satış gibi faaliyetlerin tümünün bütünleştirilmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle, şirket içindeki kaynaklar daha etkin ve verimli bir şekilde hedeflenmektedir.

Yatay Entegrasyon: Bir şirketin, tedarikçileri ve ortaklarıyla yakın bir şekilde bütünleşmesi durumudur. Günümüzde, tedarik zinciri yönetiminin benimseyen şirketler arasında yatay bir değer ağı kurulmuş durumdadır. Bununla birlikte, verimlilik, fikri mülkiyetin korunması, bilgi paylaşımı, ortak bir standardın oluşturulması gibi zorluklar mevcuttur. Gelişmiş bir bilgi tabanı ve endüstriyel internet uygulamalarıyla birlikte bu zorlukların aşılması da mümkündür.

Şirketler arası entegrasyon olarak da tanımlanabilen yatay entegrasyon, çeşitli şirketler ve paydaşları arasında güçlü bir iş birliğinin temelini oluşturmaktadır. Yatay entegrasyonla şirketler birbirleriyle etkileşime girebilecek ve kesintisiz, birbirine bağlı bir ekosistem ortaya çıkacaktır. Bu ekosistemin sorunsuz çalışabilmesi için, endüstriyel standartlara dayalı, platformdan bağımsız bir şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle, verilerin veya bilgilerin değiştirilmesini engellenmektedir. Aynı şekilde, dikey entegrasyonun (şirket içi entegrasyon) da standartlara dayalı olmalıdır (Suri vd., 2017: 487-488).

Günümüzün BT sistemlerinin çoğu tam olarak entegre değildir ve şirketlerin, tedarikçilerin ve müşterilerin birbirleriyle ortak iletişimleri yoktur. Benzer şekilde mühendislik, üretim ve servis gibi şirket birimleri de birbirlerine bağlı değillerdir. İşletmeden atölye seviyesine kadar olan fonksiyonlar tam olarak entegre edilmemiştir. Ancak, Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, fonksiyonlar ve yetenekler, şirketler arası, evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe ve gerçekten otomatik değer zincirleri sağladıkça çok daha tutarlı hale geleceklerdir (Rüßmann, 2015: 3).

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti

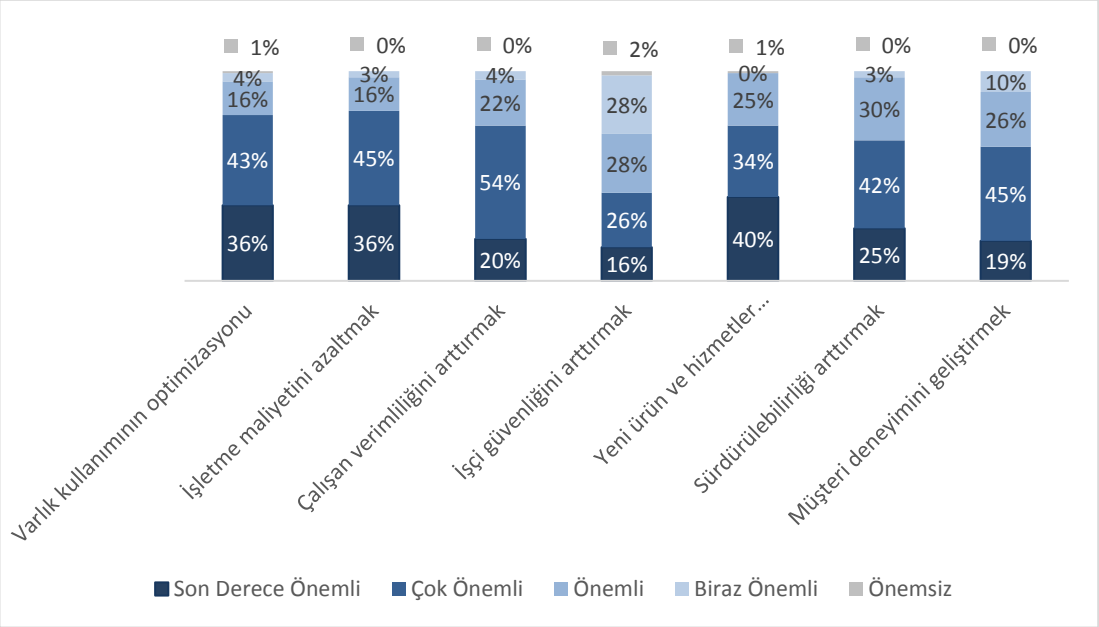
IoT kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır (Ashton, 2009). Kavram olarak 1999 yılında kullanılmış olmasına rağmen, IoT son

yıllarda trend olmuştur. IoT'nin ilk uygulaması olarak 1989 yılında yapılan "Trojan Room Coffee Pot" uygulamasıdır (Näres, 2016; 3). IoT için genel olarak kabul edilmiş bir tanım mevcut değildir. Aslında bilgisayarların birbirlerine bağlanmaları fikri yeni değildir fakat IoT ile birlikte bilgisayarların ve ağ oluşturma yeteneklerinin minyatürleştirilmesi, yakın zamana kadar zor olarak görülen kullanımları kolaylaştırmaktadır. IoT ile birlikte nesneler sadece birbirlerine bağlanmayacaklar, aynı zamanda bu nesneler birbirleri ile iletişim kurabilecek ve etkileşime de geçebileceklerdir (Abou-Zahra, Brewer ve Cooper, 2017). IoT terimi genellikle, bilgisayar olarak tanımlanamayacak olan nesnelerin, sensörlerin hatta günlük eşyaların ağ bağlantısı ve bilgi işlem kabiliyetini belirtmektedir. IoT ile birlikte cihazların minimum insan müdahalesi ile veri üretmesine, değiştirmesine ve tüketmesine izin verilmektedir (Rose, Eldridge ve Chapin, 2015; 1).

IIoT, olası analiz için veri toplamak, kaydetmek, iletmek ve paylaşmak için bir dizi sensör ve cihaza doğrudan bağlanan yenilikçi bir teknolojidir (Hossain ve Muhammad, 2016: 193). IIoT, akıllı elektroniği bilgi ağı aracılığıyla üretim sistemlerine dahil ederek oluşturulmaktadır ve modern endüstriyel üretim ve uygulamaların etkinliğini ve verimliliğini arttırmaktadır. Örnek vermek gerekirse IIoT, durum izleme, uzaktan teşhis ve üretim sistemlerinin gerçek zamanlı olarak uzaktan kontrolünü sağlamaktadır (Zhang vd., 2017: 1193). Üretimde IoT'nin adaptasyonu, geleneksel üretim sistemlerinin modern dijital sistemlere geçişini mümkün kılarak, endüstrileri yeniden şekillendirmekte ve önemli ekonomik fırsatlar yaratmaktadır. IIoT, modern şirketlerin, veri odaklı stratejiler benimsemelerine ve küresel rekabet baskısıyla daha kolay başa çıkmalarına olanak sağlamaktadır (Mourtzis, Vlachou ve Milas, 2016: 290). O'Halloran ve Kvochko (2015) yaptığı bir araştırmada, bir işletmenin IIoT'yi adapte etmesinin, işletmeye sağlayacağı faydaların ne derece önemli olduğunu belirlemek için bir anket uygulamıştır (Grafik 1.9). Yapılan anket neticesinde, son derece önemli oranı en yüksek çıkan IIoT getirisi, "yeni ürün ve hizmetler aracılığıyla gelir akışları oluşturmak" olarak

belirlenmiştir. Katılımcılara göre biraz önemli ve önemsiz oranları en yüksek olan IIoT getirisi ise "işçi güvenliğini arttırmak"tır.

Grafik 1.9.: IIoT'nin işletmeye sağlayacağı potansiyel faydaların önem derecesi



IIoT, güvenlik, mahremiyet, standardizasyon, yasal ve sosyal konular dahil olmak üzere farklı konularda birçok yeni zorluklar getirmektedir. Özellikle IoT sistemlerinde yaşanan çeşitlilik artışı ve cihaz sayısının artmasıyla birlikte, veri iletişimi, bilgi yönetimi, adlandırma ve adresleme için yeni çözümler gerektirmektedir (Sadeghi, Wachsmann ve Waidner, 2015). Ayrıca IIoT ölçeksiz büyümeyle daha karmaşık bir hale gelmektedir ve bu durum, dikkate alınması gereken bir zorluk olarak, enerji tüketimini arttırmıştır (Wang vd., 2016: 48). IIoT'yi mevcut endüstriyel sistemlerde uygulamada bilgi temelli etkileşim açısından sorun ve zorluklar vardır ve bunlar şöyle özetlenebilir (Wan vd., 2016):

1. Endüstri 4.0 bağlamında, her türlü donanım veya cihaz, verilen görevlerin yerine getirilmesinde iş birliği yapmak için etkili bir şekilde etkileşime girmelidir. Geleneksel ağlar için, yeni bir iş birliği mekanizması sağlanması gerekmekte ve ilgili tüm cihazların iletişim

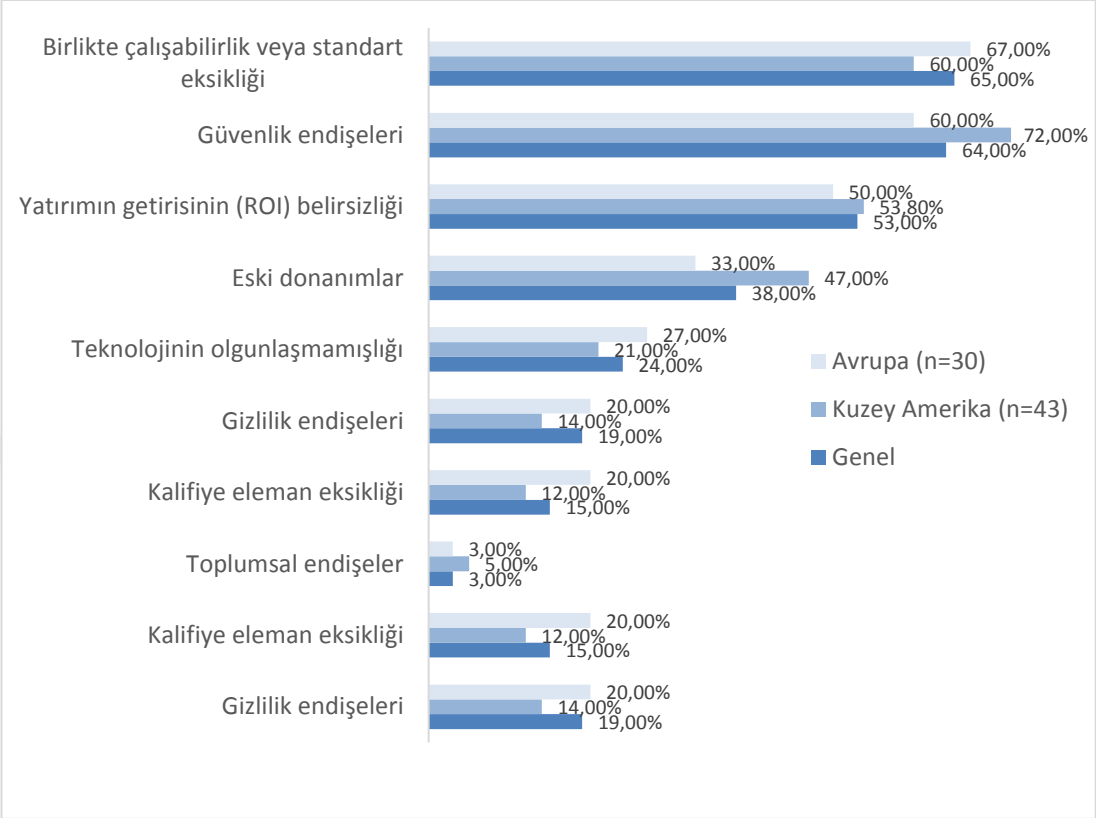
protokolleri tek tek güncellenmelidir. Bu nedenle, her tür ağ kaynağını hızla yönetmek ve yapılandırmak için yeni yöntemler aranmalıdır.

2. Ortaya çıkan yazılım tanımlı ağlar teknolojisi, etkili bilgi kullanımını uygulamak için uygun hale gelmektedir. Ancak, sensör özellikli cihazlardan her türlü bilgiyi tutarlı bir şekilde yakalamak, analiz etmek ve kullanmak hala çok zordur.

WEP (2015), IIoT'nin adaptasyonunda karşılaşılacak sorunlar üzerine yapmış olduğu araştırmada Avrupa ve Amerika'dan katılımcılara soruları yöneltmiştir (Grafik 1.10). Ankette yer alan cevapların yanında, IIoT'nin adaptasyonunda karşılaşılabilecek sorunlara ek olarak şu sorunlar tespit edilmiştir:

- Vizyon ve liderlik eksikliği,
- Yönetim veya müdür düzeyindeki yöneticiler arasında oluşacak değerlerin anlaşılmaması,
- Kanıtlanmış iş modelleri eksikliği,
- Şirketlerin büyük yatırımları geciktirmelerine neden olan teknolojinin hızlı evrimi
- Gelişmiş sermaye yatırımlarının gerekliliği,
- İşletme sürecinde değişiklik yapılmasının gerekliliği.

Grafik 1.10.: IIoT'nin adaptasyonunda karşılaşılacak potansiyel sorunlar



Siber Güvenlik

Bulut tabanlı hizmetlerin çalışmasının özü, yazılım verilerini yerel bir veri depolama yerine "bulut" olarak adlandırılan uzak bir cihaza depolamaktır. Bu saklanan bilgilere, herhangi bir yer ve internet bağlantısı olan cihazlardan erişilebilir. Bu, erişim izninin incelenmesi, uzaktan saklanan verilerin güvenliği veya bir başka deyişle "siber güvenlik" ile ilgili sorular ortaya çıkarmaktadır (Gubán ve Kovács, 2017: 113). Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, siber güvenliği şöyle tanımlamaktadır (ITU, 2008: 3-4):

"Siber güvenlik, siber çevreyi, organizasyonu ve kullanıcı varlıklarını korumak için kullanılabilecek araçlar, politikalar, güvenlik kavramları, güvenlik önlemleri, kılavuzlar, risk yönetimi yaklaşımları, eylemler, eğitim, uygulamalar, güvence ve teknolojilerin toplamıdır. Organizasyon ve kullanıcı varlıkları arasında

bağlı cihazlar, personel, altyapı, uygulamalar, hizmetler, telekomünikasyon sistemleri ve siber ortamdaki iletilen veya depolanan bilgilerin toplamı bulunur. Siber güvenlik, organizasyon ve kullanıcı varlıklarının siber ortamda bulunan güvenlik risklerine karşı gerekli güvenlik özelliklerinin elde edilmesini ve korunmasını sağlamaya çalışır. Genel güvenlik hedefleri ise şunlardır; elverişlilik, bütünlük, gizlilik."

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü siber güvenlik aktivitelerini beş kategoriye ayırmaktadır (Sedgewick, 2014: 7-8):

1. Tanımlamak: Sistemler, varlıklar, veriler ve yeteneklerle ilgili siber güvenlik riskinin yönetilebilmesi için kurumsal bir anlayış geliştirilmelidir.
2. Korumak: Altyapı hizmetlerinin sunulabilmesi için gerekli önlemler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
3. Tespit etmek: Bir siber güvenlik olayının meydana gelişinin tanımlaması için uygun faaliyetler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
4. Karşılık vermek: Bir siber güvenlik olayıyla karşılaşıldığında uygulanacak faaliyetler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
5. Kurtarmak: Gerçekleşen bir siber güvenlik olayı nedeniyle hasar görmüş olan tüm yetenekleri veya hizmetleri geri yüklemek için uygun aktiviteler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

Günümüzün üretim sistemleri, henüz, geleneksel sistemler kadar güvenli değillerdir. Siber güvenlik, IoT destekli CPS'nin çok çeşitli siber saldırılarla tehdit edilebileceğinden, kritik bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle, siber güvenlik, akıllı üretimin başarısı için çok kritik öneme sahiptir (He vd., 2016: 1015). Mevcut ağ güvenliği teknolojileri, IoT ağlarında ve ayrıca Endüstri 4.0 sisteminde gizlilik ve güvenlik için bir temel oluştursa da Endüstri 4.0 ihtiyaçları için güvenilir güvenlik koruma mekanizması konusunda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir (Xu, Xu ve Li, 2018: 2954).

Bulut Bilişim

Bulut bilişim hem internet üzerinden servis olarak sunulan uygulamaları, hem de bu hizmetleri sağlayan veri merkezlerinde bulunan donanım ve sistem yazılımlarını ifade etmektedir (Armbrust vd., 2010: 50). Bulut bilişim sayesinde, organizasyonlar uygulamalarını, verilerini bir bulut servis sağlayıcısında barındırabilir, herhangi bir yerden, herhangi bir zamanda bu verilere erişebilirler (Ogunde ve Mehnen, 2013: 80). Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'ne göre bulut bilişim, minimum yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimi ile paylaşılmış ve yapılandırılabilir bir bilgi işlem kaynağına, herhangi bir yerde isteğe bağlı ağ erişimini sağlamak için ortaya çıkmış bir modeldir. Bulut bilişim beş temel özellik, üç sistem ve dört dağıtım modelinden oluşmaktadır. Bu beş temel özellik aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Mell ve Grance, 2011).

1. İsteğe bağlı servis: Bulut bilişim kullanıcıları, insan etkileşimi olmaksızın, sunucu saati ve ağ depolama gibi gerekli işlemleri sağlayabilirler.
2. Geniş ağ erişimi: Bulut bilişimle yapılabilecek işlemlere/yeteneklere ağ üzerinden ve standart cihazlarla (telefon, tablet, bilgisayar, iş istasyonu gibi) erişilebilir.
3. Kaynak havuzu: Servis sağlayıcının kaynaklarını, birden fazla kullanıcı, kendi ihtiyaçlarına göre ayarlanmış şekilde kullanmaktadır. Ayrıca kullanıcıların, kaynakların üzerinde hiçbir kontrolleri yoktur ve kaynaklar hakkında herhangi bir bilgiye sahip değillerdir.
4. Hızlı esneklik: Kaynaklar, dışa veya içe doğru, talebe orantılı olarak esnek bir şekilde ölçeklendirilebilir.
5. Ölçülebilir hizmet: Bulut bilişim sistemleri kaynak kullanımını otomatik olarak kontrol ve optimize eder. Kaynak kullanımını hem sağlayıcı hem de tüketici izleyebilir, kontrol edebilir ve raporlayabilir.

Günümüzde bulut bilişimle ilgili üç ana sistem mevcuttur; yazılım olarak servis (software as a service, SaaS), platform olarak servis (platform as a service, PaaS), altyapı olarak servis (infrastructure as a service, IaaS). Bu sistemlerin tanımları şöyledir: (Viega, 2009: 106).

1. Yazılım olarak servis: Bu modelde kullanıcı, bir yazılıma abone olmaktadır fakat verilerin ve kodun bir kısmı veya tamamı bulutta bulunur. Örneğin, Google Dokümanlar, Google'ın sunucusunda dokümanları saklayarak Microsoft Office'e bir alternatif sunmaktadır ve web tarayıcısı üzerinden çalışmaktadır. Bu modelde, uygulamalar tamamen ağ üzerinde çalışabilmektedirler.
2. Platform olarak servis: Servis olarak yazılıma benzer bir sistemdir. Fakat bu sistemde yazılım geliştiricilere, projelerini çalıştırabilecekleri altyapılar sunulmaktadır. Örneğin Google, yazılım geliştirme kuruluşlarına, programlarını özellikle Google altyapısında çalıştırılması için Google App Engine ürününü pazarlamaktadır.
3. Altyapı olarak servis: Kuruluşlara, kendi yazılım ortamının sunulduğu sistemdir. Servis sağlayıcılar, kuruluşlara sanal makineler sağlayarak bulut hizmeti sunmaktadırlar. Kuruluşlar, ihtiyaçlarına göre makineleri ölçeklendirebildiği için, bu durum maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

Bulut bilişim dağıtım modelleri ise dört modelden oluşmaktadır ve bu modeller Tablo 1.3'te tanımlanmışlardır (Tutino ve Mehnen, 2013: 248):

Tablo 1.3.: Bulut bilişim dağıtım modelleri

Dağıtım modeli	**Tanım**	**Üzerinde durulması gereken husus**
Özel Bulut	• Sadece bir kuruluş içindir. • Bir organizasyon veya üçüncü parti yazılımla yönetilebilir. • Kurum içi ya da kurum dışı olabilir.	• Riski düşüktür, • Ölçeklenebilirliği ve esnekliği sağlayamayabilir.

Topluluk Bulutu	• Birkaç kuruluş tarafından paylaşılır. • Ortak bir misyonu veya ilgisi olan gruplar için tavsiye edilebilir. • Bir organizasyon veya üçüncü parti yazılımla yönetilebilir. • Kurum içi ya da kurum dışı olabilir.	• Özel buluta ek olarak; veriler, rakiplerin verileriyle saklanabilir.
Herkese açık/Kamu Bulutu	• Kamu veya geniş bir endüstri grubu için sunulmuştur. • Bulut hizmeti sunan bir kuruluşa aittir. • İnternet üzerinden erişilebilir.	• Topluluk bulutuna ek olarak; • Veriler bilinmeyen bir yerde saklanabilir ve kolayca geri alınamayabilir, • Bağlantı bant genişliği kullanılabilirliği/kapasitesi
Karma Bulut	• İki veya daha fazla modelin birleşimidir.	• Farklı dağıtım modellerini birleştirme riski • Verilerin sınıflandırılması ve etiketlenmesi, verilerin doğru bulut türüne atanmasını sağlamak için güvenlik yöneticisine fayda sağlar.

Bulut bilişim, endüstrilerin ve işletmelerin iş yapış şeklini değiştirmektedir. Bulut bilişim imalat sektörü için, geleneksel üretim iş modelinin dönüştürülmesi, ürün inovasyonunun iş stratejisiyle uyumlu hale getirilmesi, akıllı fabrika ağlarının oluşturulması gibi yeniliklere imkan veren teknolojilerden biri olarak ortaya çıkmaktadır (Xu, 2012: 75). Bulut bilişimin Endüstri 4.0 için önemi, internet üzerinden küresel olarak erişilebilen hizmetlerin sağlanmasında yatmaktadır. Bulut bilişimle birlikte bazı hizmetler kolaylıkla entegre edilebilir ve kullanılabilir hale gelmektedir. Ayrıca bulut bilişim ile entegrasyonuyla, öngörücü bir bakım sağlayan

ve üretimdeki optimizasyon olanakları hakkında bilgi sağlayan veriler elde edinilebilmektedir (Roblek, Meško ve Krapež, 2016). Günümüz endüstrilerinin amacı, mevcut yapılarını akıllı üretim sistemlerine dönüştürmektir. Bunun gerçekleşmesi için kullanılan makinelerin akıllı hale getirilmesi gerekmektedir ve bu dönüşümün gerçekleşebilmesi bulut bilişimle mümkündür (Wan, Cai ve Zhou, 2015: 138).

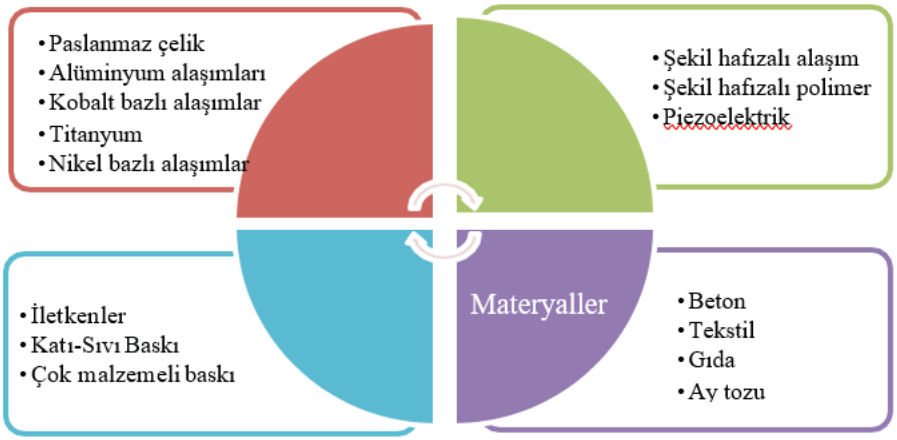
Katmanlı İmalat

1990'ların başından beri pek çok farklı üretim tekniği, süreci ve sistemi gelişmiştir. Bu gelişmelerle birlikte, katmanlı üretim uygulamaları havacılık, otomotiv, biyomedikal gibi alanlarda uygulanmıştır (Guo ve Leu, 2013: 237). Katmanlı üretim, günlük hayata ve üretime entegre olmuş bir teknolojidir. 3 boyutlu yazıcı, hızlı prototipleme, katı bağımsız form üretimi gibi farklı isimlerle de anılabilen katmanlı imalat, 3 boyutlu tasarımların herhangi bir parça, özel alet ya da kalıp olmadan doğrudan bilgisayar destekli bir tasarım dosyasından üretilebildiği bir sistemdir (Bandyopadhyay, Gualtieri ve Bosa, 2015: 1,2).

Katmanlı imalat yöntemleri, Endüstri 4.0 kapsamında küçük miktarlarda, özelleştirilmiş ürün üretmek için yaygın olarak kullanılacaktır. Yüksek performansa sahip ve merkezi olmayan katmanlı üretim sistemleri, firmaların katlandıkları nakliye ve stok maliyetlerini de azaltacaktır (Bahrin vd., 2016: 139).

Endüstri 4.0 teknolojileri arasında, katmanlı imalat kilit teknolojilerden birisi olarak ifade edilmektedir. 3 boyutlu modelleme, hızlı prototipleme gibi yöntemlerle birlikte tasarımdan üretime tamamen dijital bir süreç oluşturulabilmekte ve fikirden ürüne geçiş süresi kısaltılabilmektedir. Fakat katmanlı üretim sistemleri, geleneksel üretim sistemlerinin sunduğu kaliteye henüz ulaşamamıştır ve katmanlı üretim sistemleri için bazı yeni malzemelerin geliştirilmesi gerekmektedir (Rojko, 2017: 82). Pek çok farklı plastik/polimer bileşenin katmanlı imalat için mevcut olmasına rağmen, bazı spesifik materyaller (Şekil 1.5), sektörün, endüstrinin daha fazla dikkatini çekmektedir (Dilberoglu vd., 2017: 547).

Şekil 1.5.: Katmanlı imalatta kullanılabilecek spesifik materyaller



1. *Metal katmanlı imalat:* Mekanik yapıların sayesinde metaller, mühendislikte kullanılan en yaygın malzemelerden biridir. Fakat, 3 boyutlu baskı endüstrisi, geleneksel materyallerin yerini alabilecek yeni çözümler aramaktadır. 3 boyutlu baskı teknolojisinde yaşanan gelişmeler, yeni girişimlere, arayışlara yol açmaktadır (Dilberoglu vd., 2017: 547). Metal katmanlı imalat, 3 boyutlu bilgisayar destekli tasarım verilerini ve lazer ışını enerjisini kullanıp, metal tozlarını katman üzerinde bir araya getirerek 3 boyutlu metal parçaları oluşturmak için yapılan işlemleri ifade etmektedir (Hussein vd., 2013: 1019). Metal katmanlı imalat bazı zorluklar barındırmakla beraber yüksek potansiyele sahip olması üreticileri teşvik etmektedir (Townsend vd., 2016: 45).

2. *Akıllı materyaller:* Dış uyaranların etkisi altında şeklini veya özelliklerini değiştirme kabiliyetine sahip olan malzemelerdir (Khoo vd., 2015: 103). Akıllı materyaller, zamanla değişen özellikleri nedeniyle 4 boyutlu baskı malzemesi olarak da tanımlanmaktadır. Akıllı materyaller, katmanlı imalat sürecine dahil olarak, basılmış yapıların yeniden yapılandırılması ve zamanla istenen malzeme özelliğinin elde edilmesi gibi avantajlar sunmaktadır (Dilberoglu vd., 2017: 548).

3. *Basılabilir hidrolik ve elektronikler:* Robotik kıskaçlar gibi hidrolik sistemle çalışan mekanizmalar tek bir aşamada üretilmektedir. Bu nedenle, katmanlı imalat, robotik üretim yöntemi ve kullanıma hazır fonksiyonel sistemler sunabilir.

Ayrıca elektronik sistemlerle beraber, Endüstri 4.0 sürecinde paketleme verimliliği de arttırılabilir. (Dilberoglu vd., 2017: 548).

4. *Özel materyaller:* Katmanlı imalat, inşaat, gıda, giysi gibi materyaller için önümüzdeki dönemde keşfedilmeyi bekleyen ve çok çeşitli sektörlerde rekabet gücünü arttıran büyük potansiyeller sunmaktadır (Dilberoglu vd., 2017: 548).

Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik, daha çok sanal gerçeklik olarak kullanılan sanal ortamların bir varyasyonudur. Sanal ortam teknolojilerinde, kullanıcılar, gerçek dünyayı göremez, yapay bir ortamın içinde bulunurlar. Arttırılmış gerçeklik teknolojisinde ise kullanıcılar, gerçek dünyayı, gerçek dünyaya koyulan veya birleştirilen sanal nesnelerle birlikte görmektedirler. Arttırılmış gerçeklik yapay bir dünya oluşturmak yerine, gerçek olanı tamamlamaktadır (Azuma, 1997: 355-356). Arttırılmış gerçeklik sistemi, gerçek dünyaya, gerçek dünyayla aynı alanda bir arada bulunan sanal nesnelerle destek verir. Arttırılmış gerçeklik sistemi aşağıdaki özelliklere sahiptir (Azuma vd., 2001: 34):

- Gerçek ve sanal nesneleri gerçek bir ortamda birleştirir.
- Etkileşimi ve gerçek zamanlı olarak çalışır.
- Gerçek ve sanal nesneleri birbirleriyle hizalar.

Bu özelliklerden yola çıkacak olursak, arttırılmış gerçeklik teknolojisi, başa takılan ekran (sanal gerçeklik gözlüğü vb.) gibi belirli ekran teknolojileri ile sınırlı değildir. Arttırılmış gerçeklik sadece görme duyusuyla sınırlı değildir, aynı zamanda duyma, dokunma ve koku alma dahil olmak üzere tüm duyular için geçerli olabilir ve potansiyel olarak uygulanabilirdir. Son olarak gerçek nesnelerin sanal objelerle ikame edilmesi arttırılmış gerçeklik olarak ifade edilmektedir (Van Krevelen ve Poelman, 2007: 2).

Endüstri 4.0 vizyonunda insanın rolü hala yeri doldurulamaz olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, üretim otomasyonunda yer alan siber fiziksel sistemlerin

kullanıcı ara yüzlerinin iyi tasarlanması ve endüstriyel uygulama gereklilikleri dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Arttırılmış gerçeklik teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, arttırılmış gerçekliğin endüstriye entegrasyonu için uygun olduğunu göstermektedir (Malý, Sedláček ve Leitao, 2016: 176). Sanal gerçeklik ve mobil teknolojilerin endüstrilerde kullanımının yaygınlaşmasıyla, genellikle tasarım ve görevlendirmelerde kullanılan 3 boyutlu veriler tesis yönetimi, izleme ve bakım prosedürlerine de entegre edilebilmektedir (Navab, 2003). Başarılı bir arttırılmış gerçeklik sistemi için şu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır (Fraga-Lamas vd., 2018: 13362):

- Seçilen kullanım durumları ve uygulamaları katma değerli servisler sağlamalıdır.
- İşlevselliği etkileyebilecek süreksizliklerden veya boşluklardan kaçınılmalıdır.
- Eski ve yeni iş uygulamaları arasındaki farklılıklar azaltılmalıdır. Yeni prosedürleri öğrenmek, teknolojinin benimsenmesini engelleyebilir.
- Kullanıcıların maruz kaldığı, cihaz kaynaklı fiziksel yan etkiler (örneğin baş ağrısı, bulantı veya görme keskinliği kaybı) azaltılmalıdır.
- Cihazların, teknolojiye aşina olmayan kullanıcılar üzerinde yapacağı dikkat çekici, sürpriz veya şok gibi etkilerden kaçınılmalıdır.
- Ergonomik ve estetik konularda kullanıcı algıları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Kullanıcı etkileşimi olabildiğince doğal ve kullanıcı dostu olmalıdır.

Büyük Veri

Sosyal medyanın yükselişi, IoT ve multimedya gibi kuruluşlar tarafından toplanan verilerin hacmindeki ve detaylarındaki sürekli artış, yapılandırılmış veya yapılandırılmamış formatta çok büyük bir veri akışı oluşturmuştur (Hashem vd., 2015: 99). Bu bağlamda büyük veri terimi, esas olarak büyük veri kümelerini

tanımlamak için kullanılır. Geleneksel veri setleriyle karşılaştırıldığında büyük veriler daha gerçek zamanlı analiz gerektiren yapılandırılmamış veri yığınlarını içermektedir (Chen, Mao, Liu, 2014: 171). Büyük veri, geleneksel veri tabanı teknolojileriyle saklanması, işlenmesi ve analiz edilmesi zor olan veri hacmindeki artışı ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Büyük verilerin niteliği belirsizdir ve verileri tanımlamak, anlamlı bilgiye dönüştürmek için kayda değer süreçler içermektedir (Hashem vd., 2015: 99-100). Büyük veri, verilerin geleneksel yöntemlere kıyasla daha ileri düzeyde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji ile birbiriyle uyuşmayan çeşitli sistemlerde, veri tabanlarında, web sitelerinde toplanmış olan veriler, birleştirilebilmekte ve işlenebilmektedir (Witkowski, 2017: 768). 2012 yılında Dr. Yan Mo, edebiyat alanında, muhtemelen bu kategorideki en tartışmalı Nobel ödülünü almaya hak kazandı. 3 Ocak 2013 tarihinde yapılan "Yan Mo Nobel Prize" Google aramasında 1.050.000 arama sonucu bulunmuştur. Mo, yakın zamanda yaptığı açıklamada tüm övgüler ve eleştiriler için minnettarım diyordu. Peki Mo, 31 yıllık yazarlık kariyerinde ne tür övgü ve eleştiri almıştır? Yorumlar internette yer almaya devam ettikçe, farklı mecralardaki her türlü görüşü gerçek zamanlı olarak özetlenebilir mi? Bu tür bir özetleme programı, büyük veri işleme için mükemmel bir örnek teşkil etmektedir, çünkü bilgi karmaşık ve gelişen ilişkilere sahip birden fazla, heterojen, özerk kaynaklardan gelir ve büyümeye devam eder (Wu vd., 2013: 97). Çoğu büyük veri tanımlaması, depodaki verilerin hacmine odaklanmaktadır. Verinin boyutu elbette önemlidir fakat hacmi yanında farklı özellikler de vardır; çeşitlilik, hız, gerçeklik, değişkenlik, görselleştirme ve değer (Russom, 2011: 6; Khan, Uddin ve Gupta, 2014; Seddon ve Currie, 2017: 302). Büyük verinin 7 V'si (volume- hacim, variety-çeşitlilik, velocity-hız, veracity-gerçeklik, variability-değişkenlik, visualization-görselleştirme, value-değer) olarak da tanımlanan bu özellikler şu şekilde tanımlanabilir:

- Hacim: Üretilen veriler, sadece geleneksel verileri değil, aynı zamanda web sayfaları, web günlük dosyaları, sosyal medya siteleri, e-posta, belgeler, sensör cihazları gibi çeşitli kaynaklardan gelen yarı

yapılandırılmış verileri kapsamaktadır. Tüm bu veriler, mevcut geleneksel analitik sistemler tarafından işlenmesi zor olan ham, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve hatta yapılandırılmamış verilerden oluşmaktadır (Katal, Wazid ve Goudar, 2013: 404).

- Çeşitlilik: Büyük veri bazen sosyal medyadaki mesajlar, güncellemeler, fotoğraflar olarak, bazen GPS'ten gelen sinyaller, bazen çok farklı formlarda karşımıza çıkmaktadır ve bu veri kaynaklarının çoğu yeni platformlar veya yeni teknolojilerdir. Örneğin sosyal medyadan gelen çok miktarda veri sadece 15 yıllık bir geçmişe sahiptir. Benzer durum akıllı telefonlar ve diğer mobil cihazlar için de geçerlidir (McAfee vd., 2012: 5).
- Hız: Hız, verilerin üretilme hızını, analiz edilmesi gereken hızı göstermektedir. Akıllı telefonlar, sensörler gibi dijital cihazların çoğalması, benzeri görülmemiş bir veri oluşumunu sağlamıştır. Bu durum da gerçek zamanlı analitik kanıta dayalı bir planlama gereksinimini arttırmaktadır (Gandomi ve Haider, 20015: 138).
- Gerçeklik: Verilerin doğruluğu ifade etmektedir. Günümüzde pek çok veri kaynağı vardır. Bu veri kaynaklarından elde edilen verilerin, kullanılmadan önce güvenilirliğinden emin olunmalıdır (Khan, Uddin ve Gupta, 2014).
- Değişkenlik: Yapılandırılmamış verileri yorumlayarak mevcut olan dinamik fırsatları temsil etmektedir (Seddon ve Currie, 2017: 302).
- Görselleştirme: Görselleştirme kullanılarak model oluşturulmakta veya büyük veriler özet halinde sunulmaktadır (Saggi ve Jain, 2018: 775).
- Değer: Değer, büyük verinin en önemli özelliği olarak söylenebilir. Çünkü değer, büyük veriden ortaya çıkacak olan faydayı ifade etmektedir. Büyük veride genel olarak amaç, büyük veriden elde

edilecek olan değeri maksimize etmektir (Khan, Uddin ve Gupta, 2014).

IoT ve sensör teknolojilerinde yaşanan gelişmeler sanayide büyük veri kavramını yerleştirmiştir (Lee, Kao ve Yang, 2014: 5). Sensör kullanımının artması, kablosuz ağların ve iletişimin yaygınlaşması, akıllı makinelerin ve robotların üretimde yer alması, büyük veri analizlerinin geliştirilmesiyle birlikte, Avrupa'da üretilen ürünlerin, Endüstri 4.0 kapsamında dönüşümü mümkündür (Davies, 2015). Büyük verinin analiz edilmesiyle yeni iyileştirmeler ve değerler sağlanabilmektedir. Örneğin, makinelerin davranışları incelenerek, doğru zamanda bakım hizmetleri sağlanabilir, makinenin verimliliği arttırılabilir (Shrouf, Ordieres ve Miragliotta, 2014: 699).

Üretimde, üretim verilerini toplamak için birden fazla makineye bir veya daha fazla mikroişlemci takılabilmektedir. Sensörler ve mikro işlemciler, geleneksel ölçeklerin ötesinde, çok büyük bir veri kaynağı oluşturmaktadırlar. Geleneksel veri tabanı teknolojisi, büyük veri toplanmasında, depolanmasında, yönetiminde ve analizinde zorluk yaşamaktadır. Büyük veri teknolojisi, çeşitli veri türlerinden hızlı bir şekilde bilgi üretebilmek için yeni süreçler kullanmaktadır. Gelecek endüstrilerinde siber fiziksel sistemlerde yer alan ekipmanlar, sensör verilerini ve kurumsal bilgi sistemlerini entegre hale getirecektir. Bu süreç sırasında çok büyük miktarda veri, saklamak, analiz etmek ve karar vermek amacıyla buluta yüklenecektir. Büyük veri ve büyük veri analizi, şirketlere süreçleri optimize etme, maliyetleri düşürme ve operasyonel verimliliği artırma gibi çeşitli avantajlar sağlayacaktır (Zhou, Liu ve Zhou, 2015: 2150). Bulut bilişime dayalı büyük veri analizi sayesinde, üretim firmaları üretim süreçlerinde yaşadıkları sorunların nedenlerini anlayabilecek ve gerekli önlemleri alabilecektir. Böylelikle üretim süreçleri iyileştirilerek daha verimli, daha yalın ve rekabetçi süreçler geliştirilecektir. Üretimde, büyük veriden elde edilen bilgiler sayesinde ürün tasarımı, bakım, onarım gibi geri bildirimleri içermektedir. Özetlemek gerekirse, büyük veri, imalatın akıllı imalata evrilmesine yardımcı olacak teknolojilerden biridir (Qi ve Tao, 2018: 3585).

Büyük verinin yönetimi ve dağıtımı, kendini tanıyan ve kendi kendine öğrenen makineler için çok önemlidir. Bulut bilişimin sağladığı esneklikler önemlidir fakat veri yönetimi teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılması için daha fazla araştırma ve geliştirme faaliyeti gerekmektedir (Lee, Kao ve Yang, 2014: 4).

Akıllı fabrikaların gerçek olabilmesi için, akıllı objelerle büyük veri analizlerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Akıllı nesneler yüksek esneklik elde etmek için dinamik olarak yeniden yapılandırılabilirken, büyük veri analizleri yüksek verimlilik elde etmek için geri bildirim ve koordinasyon sağlayabilmektedir. Böylelikle akıllı fabrikalar, verimli ve karlı bir şekilde özelleştirilmiş ve çok partili ürünler üretebilmektedir (Wang vd., 2016: 159). Ayrıca büyük verinin faydalı bilgilere dönüştürülmesi, Endüstri 4.0 fabrikasında sürdürülebilir inovasyonun kilit noktalarındandır (Lee, Kao ve Yang, 2014: 5).

Endüstri 4.0, otomatik sistemlerin çalışmasında, geliştirilmesinde, bakımında ve tanılanmasında yüksek esneklik sağlamaktadır. Bu esnekliğin sağlanabilmesi için, büyük veri önemli bir yer tutmaktadır (Jazdi, 2014: 2). Lu (2017) çalışmasında, büyük verinin önemini vurgulayarak, Endüstri 4.0'ı, algoritmalar, büyük veriler ve yüksek teknolojilerle ilişkili olan entegre, uyarlanmış, optimize edilmiş, hizmet odaklı ve birlikte çalışabilir bir üretim süreci olarak özetlemiştir.

Büyük veri kavramıyla birlikte, rutin olmayan pek çok iş bilgisayarlaşabilir hale gelmektedir. Bir başka ifadeyle, büyük veri sayesinde yaşanan genel iyileşmenin yanı sıra, büyük veri algoritmaları bilgiyi depolamaya, bilgiye erişmeye başlamışlardır. Günümüzde bilgisayarlar, büyük veri setlerini kullanırken gereken hesaplamaları daha iyi yönetmektedirler. Sonuç olarak, makine öğrenmesi algoritmaları, büyük verilerdeki kalıpları insanlardan daha iyi tespit edebilmektedirler (Frey ve Osborne, 2013: 16).

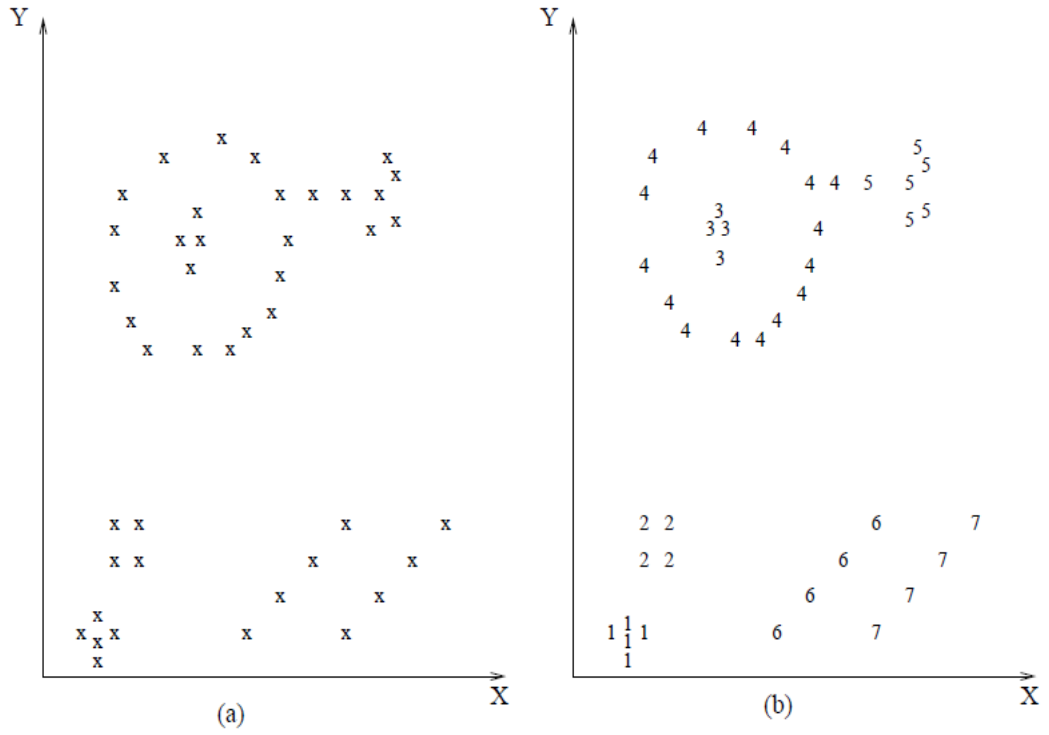
İKİNCİ BÖLÜM
YÖNTEM

2.1. KÜMELEME

Kümeleme analizi, kullanılan değişkenlere göre birbirlerine benzeyen gözlemleri, bireyleri ya da nesneleri aynı grupta toplamayı amaçlayan, faktör analizine benzer, çok değişkenli bir istatistik tekniğidir (İslamoğlu ve Alnıaçık, 2013: 381). Faktör analizine benzer şekilde, kümeleme analizinde de değişkenler bağımlı ve bağımsız değişken olarak ayrılmamaktadır (Kalaycı, 2016: 349). Faktör analizinde, değişkenlerin gruplanması amaçlanırken, kümeleme analizinde gözlemlerin, aralarındaki benzerlikler itibariyle gruplanması temel amaçtır. Birbirlerine benzeyen gözlemlerin kümelenmesiyle, küme içi homojenlik ve kümeler arası heterojenlik maksimize edilmektedir. Bir başka ifadeyle aynı kümede yer alan gözlemler birbirleriyle benzeşirken, diğer kümede yer alan gözlemlerle benzeşmeyeceklerdir (Nakip, 2006: 437-438). Kümeleme analizi, faktör analizinin yanı sıra, benzer bireyleri gruplandırmak için kullanıldığından, diskriminant analizi ile de benzerlikler taşımaktadır. Diskriminant analizinde gruplar analiz öncesinde belirlenirken, kümeleme analizinde, analiz sonucunda gruplar ortaya çıkmaktadır (Kalaycı, 2016: 349). Ayrıca, yapısı itibariyle diskriminant analizi sonucu oluşan fonksiyonlar gelecek tahmininde kullanılırken, kümeleme analizinde sadece mevcut veri seti için sonuçlar elde edildiğinden kümeleme analizi gelecek tahmininde kullanılamamaktadır (Çakmak, 1999: 188).

Kümeleme analizi, genellikle 3 adımdan oluşmaktadır. İlk adımda veri setinde kaç grup olduğu tespit edilmektedir. İkinci adımda, kümeleme analizi yapılmaktadır. Son olarak ise oluşan kümelerin profilleri çıkarılmaktadır. Bu profiller, diskriminant analizinde grupların tanımlanması için de kullanılabilmektedir (Hair vd, 2014: 18). Örnek olarak, Şekil 2.1 (a)'da veriler yer almaktayken, Şekil 2.1 (b)'de oluşan kümeler görülmektedir (Jain, Murty ve Flynn, 1999: 266).

Şekil 2.1.: Kümeleme



Kümeleme analizi, bir örneklemin popülasyonu temsil ettiği bir istatistik tekniği değildir. Bu nedenle de kümeleme analizinde, diğer istatistiksel tekniklerde önemli olan, normallik, doğrusallık ve eş varyanslılık gibi varsayımlar göz ardı edilebilmektedir. Araştırmacılar, örneklemin, popülasyonu iyi temsil ettiğinden emin olmalıdırlar. Bunun nedeni ise oluşan kümelerin, popülasyonu temsil etmesidir. Örneklemin temsil gücünün yanı sıra, çoklu doğrusal bağlantı da göz ardı edilmemelidir (Grimm ve Yarnold, 2000: 173).

2.2. BENZERLİK VE UZAKLIK ÖLÇÜLERİ

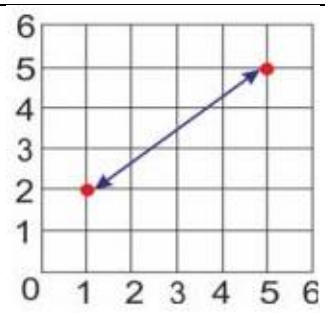
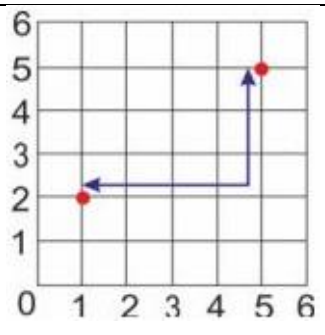
Kümeleme yöntemleri, gözlemleri gruplandırırken, çoğunlukla iki gözlem arasındaki uzaklıkları kullanmaktadır. Bu bağlamda, iki gözlem arasındaki uzaklığı hesaplayan farklı uzaklık ölçüleri mevcuttur (Özkan, 2008: 133). Halim (t.y.) uzaklık

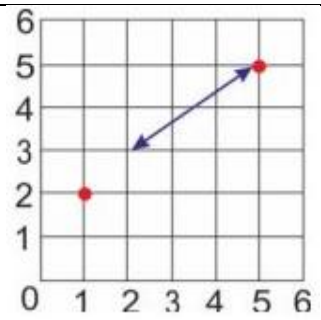
fonksiyonlarının özelliklerini şu şekilde özetlemiştir (aktaran Akın ve Eren, 2012: 176):

1. $d(i,j) \geq 0$; uzaklık negatif değildir,
2. $d(i,i) = 0$; her birim kendisine olan uzaklığı sıfırlar,
3. $d(i,j) = d(j,i)$; uzaklık fonksiyonu simetriktir.
4. $d(i,j) \leq d(i,h) + d(h,j)$; iki birimin arasındaki uzaklık, bu iki birimin üçüncü bir birime olan uzaklıkları toplamından küçük olamaz (üçgen eşitsizliği).

Öklid, Minkowski ve Manhattan uzaklıkları sıklıkla kullanılan uzaklık ölçüleri olarak sayılabilirler. Bu uzaklık ölçülerinin formülleri ve iki boyutlu düzlemde nasıl uzaklık ölçtüklerini gösteren görseller Tablo 2.1'de yer almaktadır (Çakır Zeytinoğlu, 2014: 303; Turan, Özarı ve Demir, 2016: 151; Trebuňa ve Halčinová, 2012).

Tablo 2.1.: Uzaklık ölçüleri formülleri ve gösterimi

Öklid uzaklığı	$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{p} (x_{ik} - x_{jk})^2}$	
Manhattan uzaklığı	$d_{ij} = \sum_{k=1}^{p} \lvert x_{ik} - x_{jk} \rvert$	

Minkowski uzaklığı	$d_{ij} = \sqrt[q]{\sum_{k=1}^{p} \lvert x_{ik} - x_{jk} \rvert^{q}}$	

Formüllerde d_{ij}, i. ve j. birimler arasındaki uzaklığı, x_{ik} i. biriminin k. değişkeninin değerini, x_{jk} ise j.birimin k.değişkeninin değerini belirtmektedir. Öklid uzaklığı literatürde en sık kullanılan uzaklık ölçülerinden biridir (Çakır Zeytinoğlu, 2014: 303) ve kısaca iki nokta arasındaki doğrusal uzaklıktır. Koordinat sistemi üzerinde bulunan 2 nokta arasındaki uzaklığı, bu noktalardan geçen ve dik kesişen doğru parçalarının uzaklığını kullanarak hesaplayan uzaklık ölçüsü ise Manhattan uzaklığıdır (Kabak, Sağlam ve Aktas, 2017: 38). Kümeleme analizinde kullanılan bir başka uzaklık ölçüsü ise, Öklid uzaklığının özel bir hali olan Minkowski ölçüsüdür. Tablo 2.1'de yer alan Minkowski formülünde q değeri 2 olduğu durumda Minkowski uzaklığı ile öklid uzaklıkları birbirlerine eşittir (Turan, Özarı ve Demir, 2016: 151).

Kümeleme analizinde uzaklık ölçülerinin dışında benzerlik ölçüleri de kullanılmaktadır. Benzerlik, iki gözlemin birbirleri arasındaki yakınlığı ifade etmektedir. Uzaklık ölçülerinde yüksek uzaklık değeri iki gözlemin birbirlerinden farklı olduğunu, yüksek benzerlik değeri iki gözlemin birbirlerine yakın olduğunu göstermektedir (Ergüt, 2011). Korelasyon katsayısı, literatürde kullanılan benzerlik katsayılarından birisidir ve ±1 arasında değer almaktadır. Katsayının 1 olması değişkenler arasında çok güçlü pozitif bir ilişki, -1 olması değişkenler arasında çok güçlü negatif bir ilişki olduğunu gösterirken, bu katsayının 0 olması değişkenler arasında hiçbir ilişki olmadığı anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının formülü aşağıda gösterilmiştir (Orhunbilge, 2002).

$$r_{ij} = \frac{\sum(x - \overline{x})(y - \overline{y})}{\sqrt{\sum(x - \overline{x})^2 \sum(y - \overline{y})^2}}$$

Korelasyon katsayısı kullanılarak, $[0, 1]$ arasında değer alan uzaklık ölçüsü aşağıdaki formülle bulunmaktadır (Kangallı, Uyar ve Buyrukoğlu, 2014: 103):

$$d(x_i, x_j) = \frac{(1 - r_{ij})}{2}$$

Bir başka benzerlik ölçüsü ise Cosine benzerlik ölçüsüdür. Bu benzerlik ölçüsü iki vektör arasındaki açının kosinüsüdür ve ±1 arasında değer almaktadır (Ergüt, 2011).

Buraya kadar anlatılan uzaklık ve benzerlik ölçüleri nicel veriler için kullanılmaktadır. Farklı veri tipleri için farklı uzaklık ve benzerlik ölçüleri mevcuttur. Bu ölçüler şu şekilde özetlenebilirler (Altınok, 2019):

- **İkili veriler için uzaklık ve benzerlik ölçüleri**: ikili öklit uzaklık ölçüsü, büyüklük farkları uzaklık ölçüsü, biçim farkları uzaklık ölçüsü, gamma benzerlik ölçüsü, basit benzerlik ölçüsü (rand İstatistiği), Russel ve Rao benzerlik ölçüsü, Jaccard benzerlik ölçüsü, Rogers ve Tanimoto benzerlik ölçüsü, parçalı benzerlik (dice) ölçüsü, Kulczynski benzerlik ölçüsü
- **Frekanslar için uzaklık ölçüleri**: ki-kare uzaklık ölçüsü, phi-kare uzaklık ölçüsü
- **Karma değişkenler için uzaklık ve benzerlik ölçüleri**: genel uzaklık ölçüsü, genel benzerlik ölçüsü

2.3. KÜMELEME YÖNTEMLERİ

Kümeleme yöntemleri, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere 2 ana başlıkta toplanmaktadırlar (İslamoğlu ve Alnıaçık, 2013: 381).

2.3.1. Hiyerarşik Kümeleme

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri başlangıçta her bir gözlemi ayrı bir küme olarak kabul etmekte, veri kümesini içeren tek bir küme kalana kadar her adımda kümelerden ikisi birleştirmektedir. Sonuçta veri setini temsil eden tek bir küme oluşmaktadır (Milligan ve Cooper, 1987: 332). Hiyerarşik algoritmalarda yapılan kümeleme işlemi geri alınamamaktadır Bir başka ifadeyle bir kümeye yerleşen eleman sonrasında farklı bir kümede yer almamaktadır. Bu katılık hiyerarşik algoritmaların tercih edilmesinin nedenlerinden biridir fakat aynı zamanda hatalı kararların düzeltilmesine de engel olmaktadır (Han, Pei ve Kamber, 2011).

Hiyerarşik algoritmaların zayıf yönleri ise şöyledir (Sisodia vd., 2012: 86):

- Kümeler belirlendikten sonra kümeler arası düzeltme veya eleman değişimi yapılmamaktadır.
- Kümeyle ilgili tanımlayıcıların yorumlanabilmesi zordur.
- Kümeleme işleminin sonlandırma kriteri belirsizdir.
- Yüksek boyutlu ve büyük veri kümeleri için uygun değildir.
- Yüksek boyutlu uzaylarda etkinliği bozulmaktadır.

Sıklıkla kullanılan hiyerarşik kümeleme algoritmaları şu şekilde özetlenebilir:

Tek bağlantı: Tek bağlantı yöntemi her aşamada, veri kümesinde daha önce bağlanmamış olan nokta çiftlerini birleştirmektedir. İki küme arasındaki mesafe, her biri iki kümeden birinin içinde bulunan en yakın noktalar arasındaki mesafe olarak tanımlandığı için küme merkezi veya temsilcisi gerekli değildir ve süreçte benzerlik matrisinin yeniden hesaplanmasına gerek yoktur (Rasmussen, 1992).

Tam bağlantı: Bu yöntem, birbirine en az benzeyen iki kümeyi birleştirmektedir. Tam bağlantı yöntemi denmesinin sebebi kümede yer alan tüm elemanların minimum benzerlikle birbirlerine bağlanmalarıdır. Küçük, sıkıca bağlı kümeler bu yöntemin en temel özelliğidir (Rasmussen, 1992)

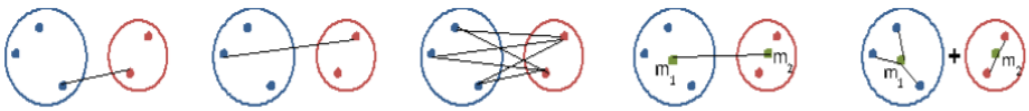
Ortalama bağlantı: İki gözlem arasındaki uzaklık ortalama uzaklıktır. Ortalama bağlantı yöntemi kümelerin şeklinden ve büyüklüğünden etkilenmektedir. Bir başka ifadeyle kümeler karmaşık biçimlerde olduğu zaman bu yöntem başarısız olabilmektedir (Rani ve Rohil, 2013: 1119).

Merkez bağlantı: Küme ağırlık merkezleri arasındaki mesafeler kullanılarak kümeler birleştirilmektedir (Ünlükaplan ve Canıkalp, 2015: 418).

Ward yöntemi: Bu yöntemde benzer küme çiftleri tek bir kümede birleşmektedir. Ward yönteminde amaç, birleşme sonrasında grup içindeki hata karelerinin toplamını kümenin (veya birleştirilmiş kümelerin merkezlerinin arasındaki mesafeleri) en az arttıran iki kümenin bulunup, kümelenmesidir (Hervada-Sala ve Jarauta-Bragulat, 2004: 882).

Açıklanan hiyerarşik yöntemlerin bağlantı şekilleri Şekil 2.2'de gösterilmektedir (Birant, 2019: 157).

Şekil 2.2.: Hiyerarşik yöntemlerin bağlantı şekilleri



2.3.2. Hiyerarşik Olmayan Yöntemler

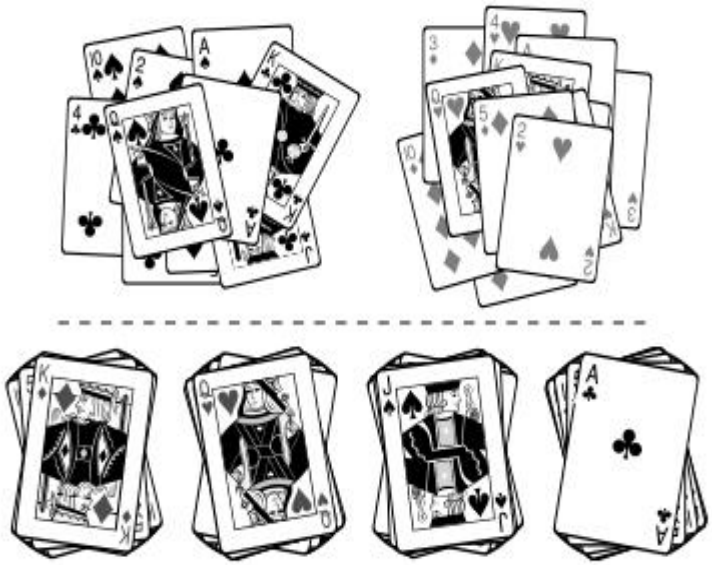
Hiyerarşik olmayan yöntemlerde, n sayıda gözlem, daha önceden belirlenmiş k sayıda kümeye ayrılmaktadır (Ada, 2011). Bu bağlamda, hiyerarşik olmayan yöntemler uygulanmadan önce küme sayısına karar verilmelidir.

Küme sayısının belirlenmesi

Küme sayısının belirlenmesi, kümeleme analizinin başlangıcında alınması gereken en önemli olaylardan birisidir. Küme sayısının belirlenmesinde kullanılan evrensel bir yöntem henüz mevcut değildir. Karar vericiler kendi bilgi birikimlerinden

faydalanarak küme sayısını belirleyebildiği gibi bazı yöntemlerden de faydalanabilmektedirler. Küme sayısının doğru belirlenmesi, kümeleme analizinin başında belirlenmesi ve analiz sonuna kadar değiştirilememesi gibi nedenlerden dolayı oldukça önemlidir. Şekil 2.3'te, küme sayısının 2 ve 4 olduğu durumlarda, oyun kartlarının nasıl kümelendikleri görülmektedir. Hangi kümenin daha iyi olduğu kümelerin kullanım amaçlarına bağlı olarak değişmektedir (Berry ve Linoff, 2004: 358).

Şekil 2.3.: Küme sayısının farklılaşmasıyla oluşan kümeler



Kümeleme analizinde en basit ve her türlü veri setine uygulanabilen yöntemin formülü aşağıda gösterilmektedir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 91-92). Formülde yer alan k küme sayısını n ise gözlem sayısını göstermektedir. Everitt (1974), bu yöntemi küçük gözlem sayısına sahip veri setlerinde kullanılmasını tavsiye etmektedir (aktaran Atbaş, 2008: 21).

$$k = \sqrt{n/2}$$

Dirsek Yöntemi

Açıklanan varyansta meydana gelen değişimleri kullanarak küme sayısının belirlenmesine yardımcı olan bir yöntemdir. Yöntemde ilk olarak bir çizgi grafiği üzerinde kümeler tarafından açıklanan varyans yüzdesi, küme sayısına karşılık gelecek şekilde çizilmektedir. İlk kümelerde açıklanan yüzde yüksek olacaktır fakat sonrasında, açıklanan kısımda görülen marjinal kazanç çarpıcı biçimde düşecektir ve grafikte bir kırılım meydana gelecektir. Bu yönteme göre doğru küme sayısı tam olarak kırılımın meydana geldiği noktadır (Bholowalia ve Kumar, 2014: 18-19).

Silhouette Yöntemi

Küme içi sıklığı ile diğer kümelerden ayrılmayı amaçlayan bir yöntemdir. Silhouette yönteminin formülü şu şekildedir:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\left(a(i), b(i)\right)}$$

Formülde $a(i)$ i gözleminin kendi kümesinde yer alan noktalara olan ortalama uzaklığını $b(i)$ ise i gözleminin diğer kümelerde yer alan noktalara olan uzaklıklarının ortalamasının minimum değerini göstermektedir. $s(i)$ değeri ±1 arasında değer almaktadır. Bu değerin -1'e yakınsaması gözlemin yanlış kümede olduğunu, 0'a yakınsaması olması o gözlemin başka bir kümeye de atanabileceğini, 1'e yakınsaması ise gözlemin doğru kümede olduğunu göstermektedir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 94). Hesaplanan tüm $s(i)$ değerlerinin ortalaması verilerin ne kadar doğru kümelendiğinin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, Silhouette ile oluşturulan kümeler ve hesaplanan ortalamalar, küme sayısının belirlenmesinde kullanılabilmektedir (Subbalakshmi vd., 2015: 348).

GAP İstatistiği

Küme içi gözlem değerlerinin merkez noktalar arasındaki uzaklığın ölçümü ile hesaplanmaktadır. Küme sayısı arttıkça, GAP istatistiğinin değeri artmaya devam

edecektir ve bir yerde bir düşüş yaşanacaktır. Bu düşüşün yaşadığı küme sayısı, optimum küme sayısı olarak ifade edilmektedir (Rençber, 2019: 1677).

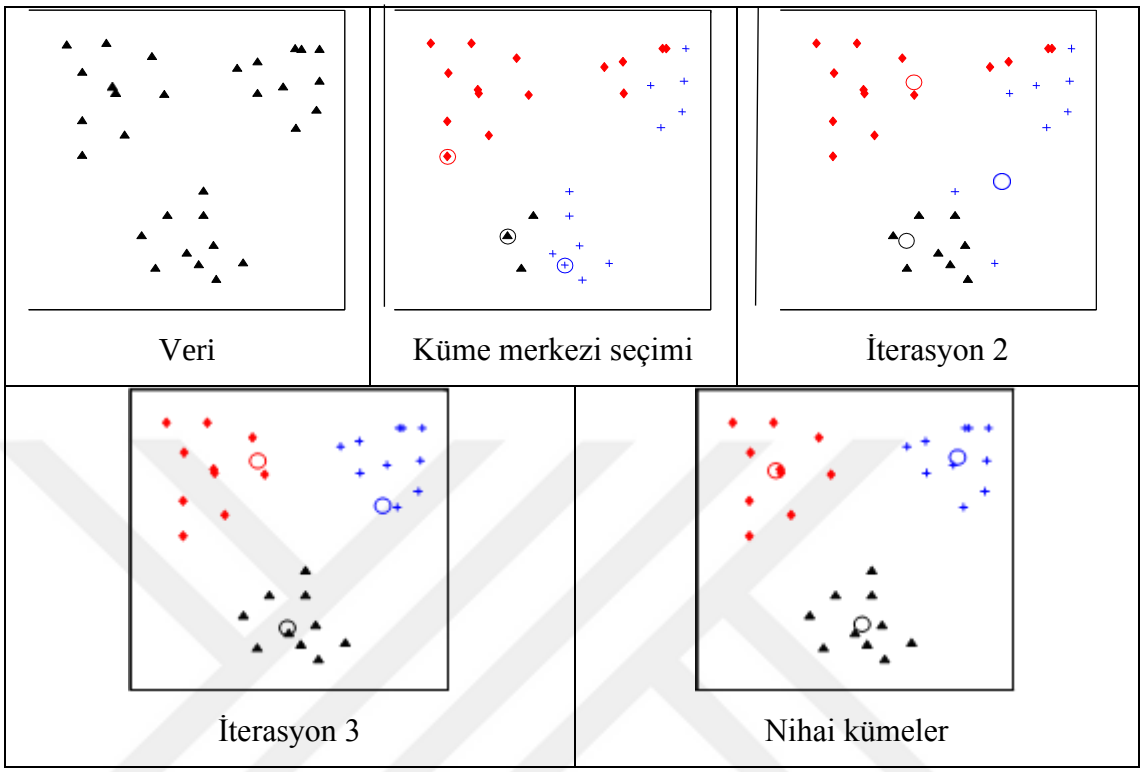
Çapraz Doğrulama

Küme kararlılığına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde ilk olarak kümeler, belirlenen bir sayıya (en az iki) göre bölünürler, bir bölüm kümeleme için kullanılırken kalan bölüm doğrulama için kullanılmaktadır. Bu yöntemin arka planında yer alan mantığa göre, iyi bir algoritmanın, aynı veri setinden gelen veriler üzerinde benzer kümeler üretme eğiliminde olması beklenmektedir (Kodinariya ve Makwana, 2013: 94).

K-Ortalamalar

K-ortalamalar, kümeleme algoritmaları arasında sıklıkla kullanılan en basit algoritmalardan biridir. Bu algoritma, başlangıçta belirlenen küme sayısına (k) göre, gözlemleri gruplamaktadır. K-ortalamalar, Lloyd'un 1982 yılında yayınladığı makaleden ortaya çıktığı için bazı yayınlarda Lloyd'un algoritması olarak da adlandırılmaktadır (Kotu ve Deshpande, 2018: 226-227). K-ortalamalar her bir gözlemi, centroid adı verilen küme merkezlerine en yakın noktaya atamaya çalışmaktadır. Küme merkezleri, kümede yer alan tüm gözlemlerin ortalamasıdır (Madhulatha, 2012: 721). K-ortalamalar, küme içi hatayı kullanarak yerel optimum çözümü bulmayı amaçlayan, yinelemeli bir algoritmadır. Tanımlamak gerekirse k-ortalamalar, küme merkezlerini başlangıçta rasgele bir şekilde belirleyen, sonrasında küme içi hatayı en aza indirmek için küme merkezlerini her bir yinelemede değiştirerek ilerleyen bir kümeleme yöntemidir. Bu yöntemin en önemli zaaflarından biri, başlangıçta belirlenen küme merkezlerine duyarlılığının fazla olmasıdır ve algoritmanın birkaç defa çalıştırılması bu duyarlılığın azaltılmasında sağlayabilmektedir (Likas, Vlassis ve Verbeek, 2003: 452). Şekil 2.4'te k-ortalamaların çalışma mantığı gösterilmektedir (Jain, 2010: 654).

Şekil 2.4.: K-ortalamalar süreci



Jain ve Dubes (1988), k-ortalamaların adımlarını şöyle özetlemiştir (Jain, 2010: 654):

1. Küme sayısı (k) belirlenerek ilk bölümleme işlemi başlar ve küme üyeliği değişmeyene kadar 2. ve 3. adımlar tekrar edilir.
2. Her bir gözlem incelenerek, kendisine en yakın kümeye atanır.
3. Küme merkezi hesaplanır.

K-ortalamaların dezavantajları şöyle özetlenebilir (Xu ve Wunsch, 2005):

1. Küme sayısını belirleyecek evrensel bir yöntem mevcut değildir. Centroidler, başlangıç noktalarından etkilenmektedir. Bu nedenle algoritma rastgele başlangıç noktalarıyla birden fazla kez çalıştırılmalıdır.
2. K-ortalamalar, optimal global bir sonuç üretmeyebilir.

3. K-ortalamalar aykırı değerlere ve veride bulunan gürültülere karşı hassastır. Bir nesne küme merkezinden oldukça uzakta olsa bile, yine de bir kümeye zorlanır ve bu nedenle küme şekillerini bozar.
4. Sadece sayısal değişkenlere uygulanabilmektedir.

K-medoids

K-medoids, küme merkezlerinde yer alan medoidleri bulmaya çalışan bir algoritmadır (Arora Varshney, 2016: 509). Medoidler kümeleri temsil etmektedir ve her bir gözlem en benzer olduğu metoid ile kümelenmektedir. K-metoids kümelerde yer alan gözlemlerin ortalamasını almak yerine, metoidleri referans olarak almaktadır (Velmurugan ve Santhanam, 2010: 364). K-medoids algoritmasının adımları şöyledir (Reynolds, Richards ve Rayward-Smith, 2004):

1. Başlangıç küme metoidleri olarak k sayıda gözlem seçilir.
2. Veri setinde yer alan tüm gözlemler en yakın olduğu metoide atanır.
3. Metoidler yeniden hesaplanır.
4. Metoidler aynı kalana kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.

K-ortalamalar yöntemi, yinelemeli olarak küme merkezlerini bulmakta ve gözlemleri en yakın centroide atamaktadır. K-ortalamalarda kümeleri centroid temsil ederken, k-medoids yönteminde kümeleri medoidler temsil etmektedir. K-medoids yönteminde daha merkezi bir obje (medoid) kullanıldığı için, aykırı değerlere karşı k-ortalamalar yöntemine göre daha az hassastır (Park, Lee ve Jun, 2006).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

3.1. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 çağında, ülkelerin nasıl kümelendiklerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda ülkelerin kümelenmesi için k-ortalamalar yöntemi kullanılmıştır. Sonrasında, ülkelerin gayrisafi yurt içi hasılaları ve insani gelişmişlik düzeylerine göre kümeler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı da incelenmiştir. Çalışmada, ülkelerin Endüstri 4.0 çağında nasıl kümelendiklerinin belirlenmesi için Dünya Ekonomik Forumu tarafından yayınlanan Küresel Rekabetçilik Endeksi (Global Competitiveness Index) ile Huawei tarafından yayınlanan Küresel Bağlanabilirlik Endeksi (Global Connectivity Index) birlikte kullanılmıştır.

3.1.1. Küresel Rekabetçilik Endeksi

Küresel Rekabetçilik Raporu ilk olarak Dünya Ekonomik Forumu tarafından, sadece 16 Avrupa ülkesinin yer aldığı bir şekilde, 1979 yılında yayınlanmıştır (Schwab, 2009: 49). Dünya Ekonomik Forumu rekabetçiliği, bir ülkenin üretkenlik seviyesini belirleyen kurumlar, politikalar ve faktörler kümesi olarak tanımlamaktadır. Rapor, ülkeler arasında karşılaştırmalı analiz yapılmasına, ülkelerin zayıf ve güçlü taraflarının belirlenmesine yardımcı olan bir araçtır (WEF, t.y.).

Ülkeler Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışı ve 2008 yılında yaşanan küresel ekonomik krizinin sonuçlarıyla birlikte, politika oluşturmada derin etkileri olan refahı, yeniden tanımlamışlardır. Bu gelişmelerle birlikte, Dünya Ekonomik Forumu, 2018 yılından itibaren Küresel Rekabetçilik Endeksinin adını, Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0 olarak revize etmiştir. Yeni endekste, Endüstri 4.0 ile birlikte önemi artacak olan insan sermayesi, çeviklik, esneklik ve yenilik kavramları çerçevesinde, 0-100 arasında değer alan 12 boyut (toplamda 98 gösterge) kullanılmıştır. Verilerin toplanması için, Dünya Ekonomik Forumu her ülkede bir

partnere sahiptir ve ülkemizde bu partner TÜSİAD-Sabancı Rekabet Forumu'dur (Schwab, 2018).

2019'da yayınlanan son Küresel Rekabetçilik Raporunda, Dünya gayrisafi yurtiçi hasılasının %99'unu oluşturan 141 ülke yer almaktadır. 2018 yılında yayınlanan ilk Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'dan farklı olarak 2019 versiyonunda, 12 boyutta 103 gösterge kullanılmıştır. Bu 103 göstergenin 47'si (bir ülke skorunun %30'unu oluşturmakta), her yıl yaklaşık 15000 yöneticinin katıldığı, Dünya Ekonomik Forumu Yönetici Görüşleri Anketinden elde edilmiştir. Geri kalan göstergeler ise uluslararası organizasyonlar, akademik kurumlar ve sivil toplum örgütlerinden toplanmıştır (Schwab, 2019). Şekil 3.1'de, 12 boyut, bu 12 boyutun 25 alt boyutu ve Türkiye'nin 2019 yılında yayınlanan Küresel Rekabetçilik Endeksinde aldığı değerler yer almaktadır. Türkiye, 12 boyut arasında en iyi performansı, 141 ülke arasında 13.sırada yer aldığı pazar büyüklüğünde göstermiştir. Pazar büyüklüğü boyutunda en iyi performansı gösteren ülke ise Hindistan'dır. Türkiye en kötü performansı ise makroekonomik ortam boyutunda (141 ülke arasında 129.sırada) göstermiştir. Makroekonomik ortam boyutunda, 33 ülke en iyi performansı paylaşmaktadır.

Şekil 3.1.: Türkiye'nin Küresel Rekabetçilik Endeksinde aldığı değerler ve sıralaması

	Puan	Sıralama/141	En iyisi
1. Boyut: Kurumsal Yapılanma 0–100	53.9	71	Finlandiya
Güvenlik 0–100	61.0	119	Finlandiya
Sosyal sermaye 0–100	46.9	99	Yeni Zelanda
Güçler ayrılığı 0–100	41.7	104	Finlandiya
Kamu sektörü performansı 0–100	57.1	46	Singapur
Şeffaflık 0–100	41.0	66	Danimarka
Mülkiyet hakları 0–100	59.6	55	Finlandiya
Kurumsal yönetim 0–100	66.7	42	Yeni Zelanda
Devletin gelecek oryantasyonu 0–100	57.2	61	Lüksemburg
2. Boyut: Altyapı 0–100	74.3	49	Singapur
Ulaşım altyapısı 0–100	64.9	33	Singapur
Yardımcı (utility) altyapı 0–100	83.6	75	İzlanda
3. Boyut: Bilgi ve iletişim teknolojileri 0–100	57.8	69	Kore, Cum.
4. Boyut: Makroekonomik ortam 0–100	61.3	129	Çoklu (33)
5. Boyut: Sağlık 0–100	87.1	42	Çoklu (4)
6. Boyut: Beceriler 0–100	60.8	78	İsviçre
Mevcut işgücü 0–100	46.7	104	İsviçre
Mevcut işgücünün becerileri 0–100	42.7	113	İsviçre
Gelecek işgücü 0–100	75.0	49	Danimarka
Gelecek işgücünün becerileri 0–100	51.4	91	Danimarka
7. Boyut: Mal piyasası0–100	54.1	78	Hong Kong
Yerel rekabet 0–100	53.5	67	Hong Kong
Ticarete açıklık 0–100	54.7	88	Singapur
8th Boyut: İşgücü piyasası 0–100	52.9	109	Singapur
Esneklik 0–100	53.8	99	Singapur
Meriktokrasi ve teşvik 0–100	51.9	112	Danimarka
9. Boyut: Mali sistem 0–100	61.2	68	Hong Kong Özel
Derinlik 0–100	39.4	67	Amerika Birleşik Devletleri
İstikrar 0–100	88.4	68	Finlandiya
10. Boyut: Pazar büyüklüğü 0–100	79.0	13	Çin
11. Boyut: İş dünyasının dinamizmi 0–100	58.8	75	Amerika Birleşik Devletleri
İdari gereksinimler 0–100	67.4	80	Amerika Birleşik Devletleri
Girişimcilik kültürü 0–100	50.2	71	İsrail
12th Boyut: İnovasyon kabiliyeti 0–100	44.5	49	Almanya
Etkileşim ve çeşitlilik 0–100	36.0	93	Singapur
Araştırma ve geliştirme 0–100	44.1	38	Japonya
Ticarileştirme 0–100	62.4	49	Lüksemburg

3.1.2. Küresel Bağlanabilirlik Endeksi

Küresel Bağlanabilirlik Endeksi, küresel dijital ekonominin kapsamlı bir haritasının belirlenmesi için, bilgi iletişim teknolojileri altyapısını ve dijital dönüşümü analiz etmek için oluşturulmuştur. Endekste 40 gösterge ile 79 ülke

sıralanmaktadır ve endeks 2014 yılından beri hesaplanmaktadır. Endekste yer alan değişkenler Tablo 1.5'te gösterilmiştir (Huawei, t.y.).

Tablo 3.1.: Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde yer alan değişkenler ve açıklamalar

		Dört Boyut			
		Arz	**Talep**	**Tecrübe**	**Potansiyel**
	Açıklama	Dijital dönüşüm için kullanılan bilgi iletişim teknoloji ürünleri ve hizmetleri için mevcut arz seviyelerini ölçer	Kullanıcılar ve dijital dönüşüm girişimleriyle ilgili faaliyetlerin bağlantı talebini ölçer	Günümüz dijital ekonomisinde yer alan son kullanıcı ve kuruluşlar için bağlantı deneyimini analiz eder	Dijital ekonominin gelecekteki gelişimine işaret eden, ileriye dönük göstergeler içerir
	Kuruluş	- BİT Yatırımı - Telekom Yatırımı - BİT Yasaları - Uluslararası İnternet Bant Genişliği - Güvenli Uygulama Yatırımları	- Uygulama İndirmeleri - Akıllı telefon yaygınlığı - E-Ticaret İşlemleri - Bilgisayar Erişimli Hane Sayısı - Güvenli İnternet Sunucuları	- E-Devlet Servisleri - Telekom Müşteri Servisleri - İnternete Katılım - Geniş Bant İndirme Hızı - Siber Güvenlik Farkındalığı	Ar&Ge Harcamaları BİT Patentleri BT İşgücü Uygulama Geliştirici BİT'nin Etkilediği Yeni İş Modelleri
Dört Teknoloji Kolaylayan	**Geniş Bant**	- Fiber Optik - 4G Bağlantısı	- Sabit Geniş Bant Abonelikleri - Mobil Geniş Bant Abonelikleri	- Sabit Geniş Bant Ödenebilirliği - Mobil Geniş Bant Ödenebilirliği	- Geniş Bant Potansiyeli - Mobil Potansiyeli
	Bulut	-Bulut Yatırımı	- Buluta Geçiş	- Bulut Tecrübesi	- Bulut Potansiyeli
	IoT	- IoT Yatırımı	- IoT Kurulu Taban	- IoT Analitiği	- IoT Potansiyeli

	Yapay Zeka	- Yapay Zeka Yatırımı	- Yapay Zeka Uyumlu Robotik	- Veri Oluşturma	- Yapay Zeka Potansiyeli

3.2. ANALİZ

Çalışmada, Küresel Rekabetçilik Endeksi ve Küresel Bağlanabilirlik Endeksi bir arada kullanılmıştır. Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde yer alan geniş bant, bulut, IoT ve yapay zeka boyutları çalışmada kullanılmıştır. Küresel Rekabetçilik Endeksinden ise 12 boyuttan, bilgi iletişim teknolojileri hariç kalan tüm boyutlar analize dahil edilmiştir geniş bant ile bilgi iletişim teknolojileri arasındaki korelasyon değeri 0,9187'dir. Bu kadar yüksek ilişkiye sahip olan boyutlardan, geniş bantta 8, bilgi iletişim teknolojilerinde ise 5 değişken mevcuttur. Bu bağlamda analize bilgi iletişim teknolojileri boyutu dahil edilmemiştir. Analizde yer alan değişkenler Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2.: Analizde kullanılan değişkenler

Kaynak	**Değişken**
Küresel Rekabetçilik Endeksi	Kurumsal yapılanma
	Altyapı
	Makroekonomik ortam
	Sağlık
	Beceriler
	Mal piyasası
	İşgücü piyasası
	Mali sistem
	Pazar büyüklüğü
	İş dünyasının dinamizmi
	İnovasyon kabiliyeti
Küresel Bağlanabilirlik Endeksi	Geniş bant
	Bulut
	Yapay zeka
	Nesnelerin interneti

Küresel Rekabetçilik Endeksinde 141 ülke, Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde ise 79 ülke yer almaktadır. Analize, her iki endekste de yer alan 78 ülke dahil edilmiştir. Bu 78 ülkenin skorları, endekslerde kullanılan hesaplamalara sadık kalınarak tekrar hesaplanmış ve sıralama yenilenmiştir. Her iki endekste de yer alan ülkeler ve sıralamaları Tablo 3.3'te yer almaktadır. İki endeks birleştirildikten sonra veriler RStudio'da, factoextra (Kassambara ve Mundt, 2017), NbClust (Charrad vd., 2014), magrittr (Bache ve Wickham, 2014), dplyr (Wickham vd, 2015) ve ggpubr (Kassambara, 2017) paketleri kullanılmıştır.

Tablo 3.3.: Analizde yer alan ülkeler ve endekslerdeki sıralamaları

Ülkeler	**Küresel Rekabetçilik Endeksi**	**Küresel Bağlanabilirlik Endeksi**	**Ülkeler**	**Küresel Rekabetçilik Endeksi**	**Küresel Bağlanabilirlik Endeksi**
Almanya	4	15	Kazakistan	51	48
ABD	2	1	Kenya	66	71
Arjantin	62	47	Kolombiya	45	54
Avustralya	13	11	Kore Cumhuriyeti	14	13
Avusturya	15	19	Kuveyt	41	46
Bahreyn	39	40	Litvanya	34	28
Bangladeş	71	72	Lübnan	61	62
Belçika	17	20	Lüksemburg	18	16
Birleşik Arap Emirlikleri	24	23	Macaristan	40	31
Birleşik Krallık	6	9	Malezya	22	30
Bolivya	72	68	Meksika	36	50
Botsvana	65	69	Mısır	67	57
Brezilya	58	44	Namibya	68	73
Bulgaristan	42	34	Nijerya	76	74
Cezayir	63	67	Norveç	16	8
Çek Cumhuriyeti	27	25	Pakistan	70	75

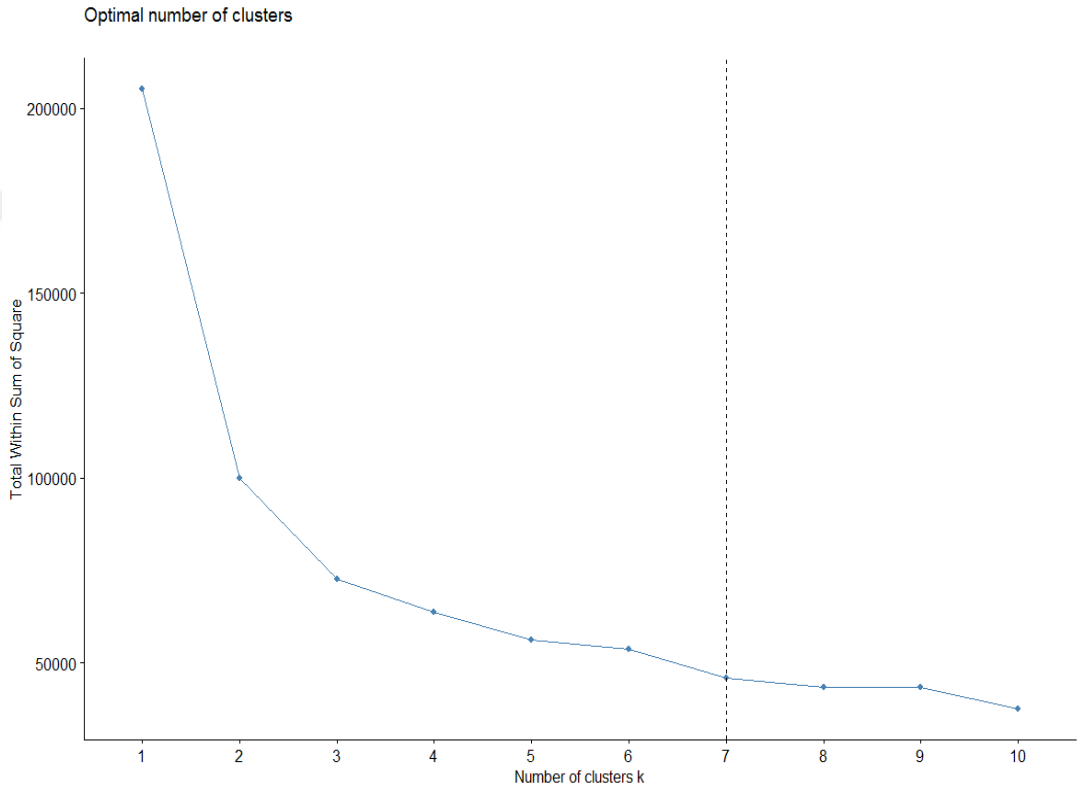
Çin	23	26	Paraguay	69	66
Danimarka	8	5	Peru	48	55
Ekvador	64	59	Polonya	32	36
Endonezya	38	61	Portekiz	28	24
Estonya	30	21	Romanya	46	37
Etiyopya	77	78	Rusya Federasyonu	37	41
Fas	57	60	Sırbistan	56	52
Filipinler	49	58	Singapur	1	4
Finlandiya	11	7	Slovak cumhuriyeti	35	32
Fransa	12	17	Slovenya	29	29
Gana	73	70	Suudi Arabistan	31	43
Güney Afrika	47	51	Şili	26	33
Hırvatistan	53	39	Tanzanya	75	76
Hindistan	44	64	Tayland	33	53
Hollanda	3	10	Türkiye	50	45
İrlanda	20	18	Uganda	74	77
İspanya	21	22	Ukrayna	60	49
İsveç	9	3	Umman	43	42
İsviçre	5	2	Uruguay	54	35
İtalya	25	27	Ürdün	55	63
Japonya	7	6	Venezuela	78	65
Kanada	10	14	Vietnam	59	56

3.2.1. Küme Sayısının Belirlenmesi

K-ortalamalar analizinde kullanılacak olan küme sayısı, dirsek yöntemi ile belirlenmiştir. Dirsek yöntemi küme sayısını belirlerken açıklanan varyans yüzdesinden faydalanmaktadır. Küme sayısını 2 olarak belirleyerek analiz başlamakta, her adımda küme sayısı 1 artarak devam etmektedir. İlk kümeler fazla bilgi içereceğinden, açıklanabilirlik fazla olacaktır, fakat bu açıklanabilirlik belirli bir küme sayısından sonra azalacak ve grafik düzleşecektir. Dirsek yönteminde, grafiğin düzleşmeye başladığı bu nokta küme sayısı olarak belirlenmektedir (Bholowalia ve

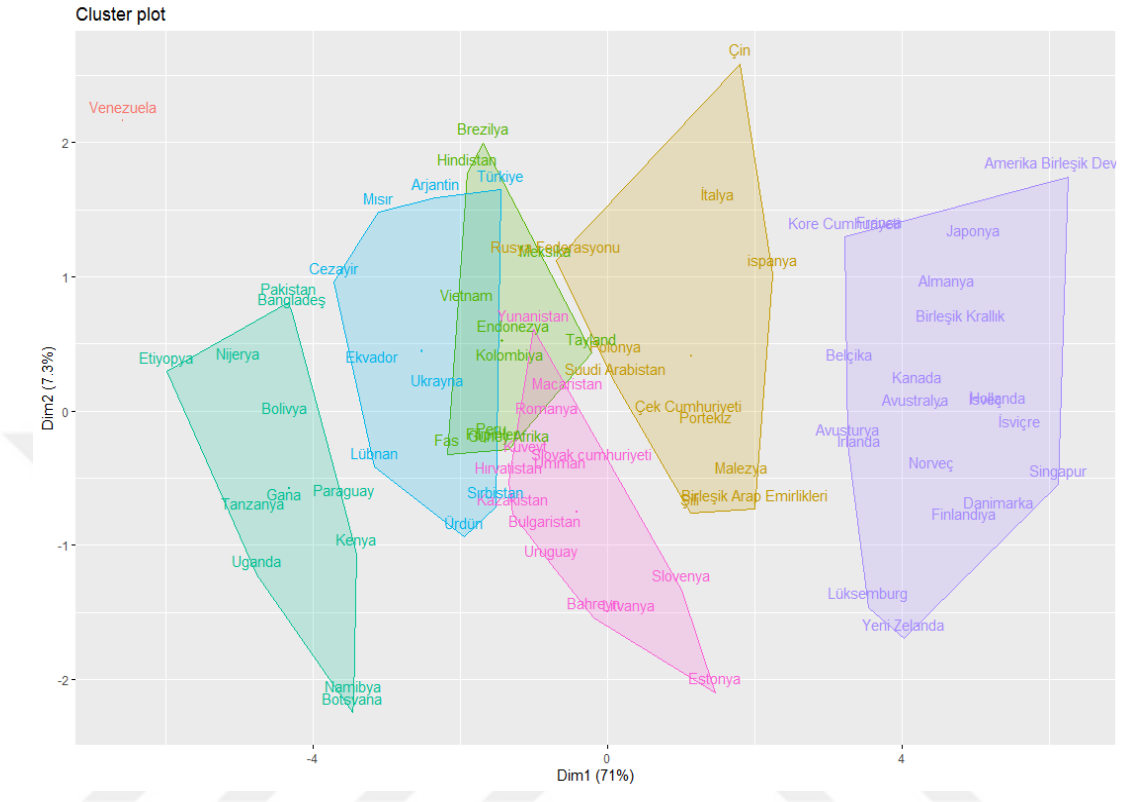
Kumar, 2014). Grafik 3.1'de araştırma modeline ait dirsek yöntemi grafiği mevcuttur. Bu grafiğe bakıldığı zaman, küme sayısı 7 olarak kararlaştırılmıştır. Mevcut veri setiyle Silhouette yöntemi küme sayısını 2, GAP istatistiği ise küme sayısını 4 olarak tespit etmiştir.

Grafik 3.1.: Dirsek yöntemi grafiği



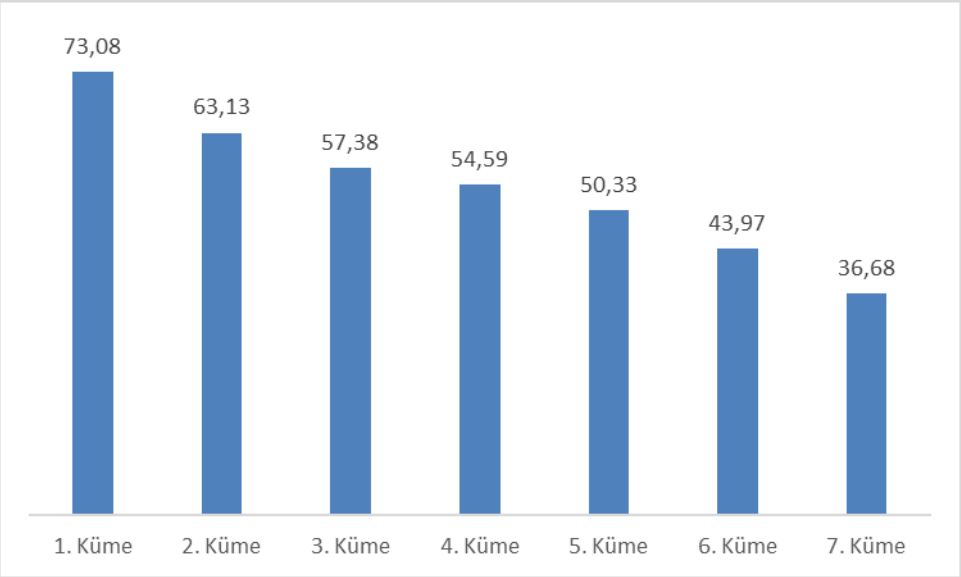
Küme sayısı belirlendikten sonra, veriye k-ortalamalar algoritması uygulanmıştır. Oluşan kümelerin görüntüsü Şekil 3.2'deki gibidir.

Şekil 3.2.: K-ortalamalar sonucu oluşan kümeler



Oluşan kümelere göre, her bir küme için, 15 değişkenin ortalaması alınarak sıralama yapılmıştır. Grafik 3.2'de ortaya çıkan görüntüden dolayı, kümeler en iyiden en kötüye doğru 1-7 arasında isimlendirilmişlerdir.

Grafik 3.2.: Kümelerin endeks skorları ortalaması



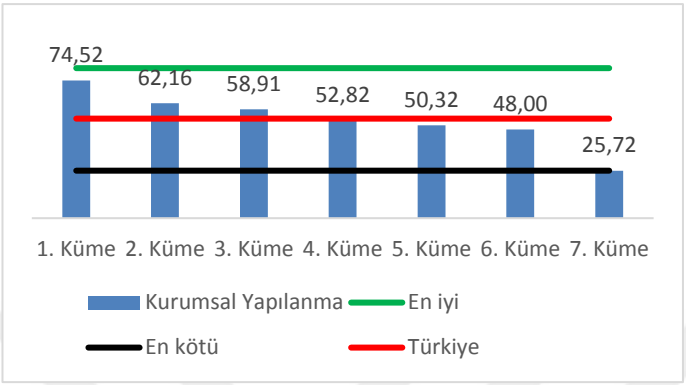
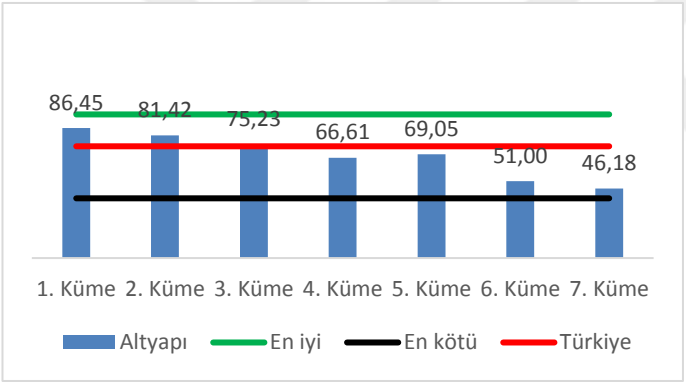
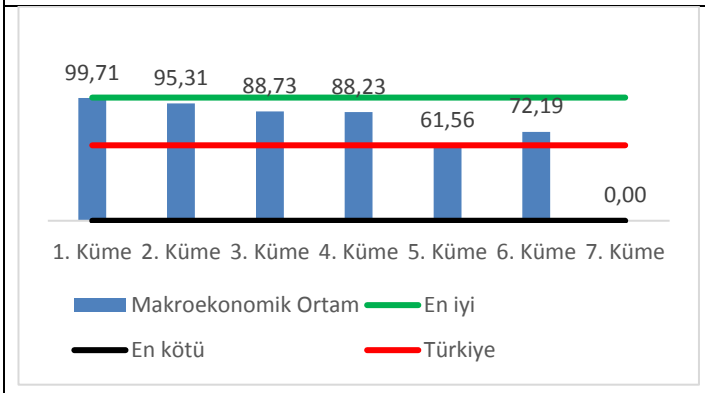
Oluşan 7 kümenin, sırasıyla eleman sayıları şöyledir: 20, 11, 14, 11, 9, 12, 1. Kümelerde yer alan ülkeler Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

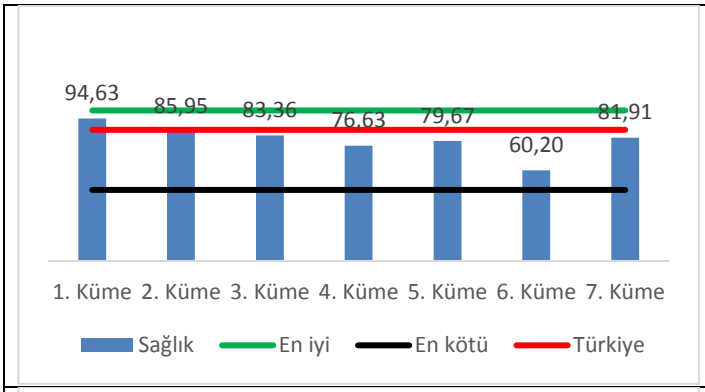
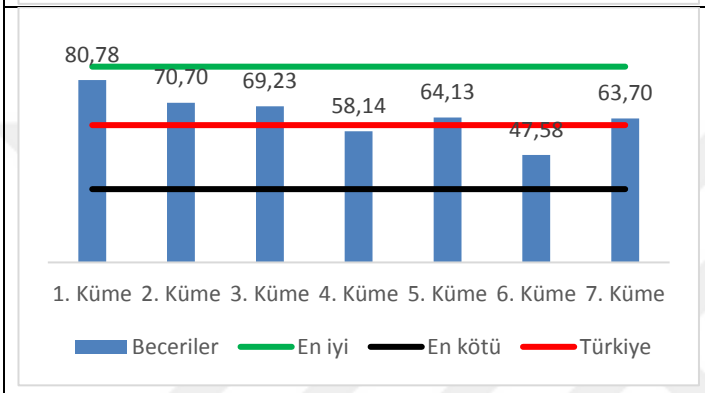
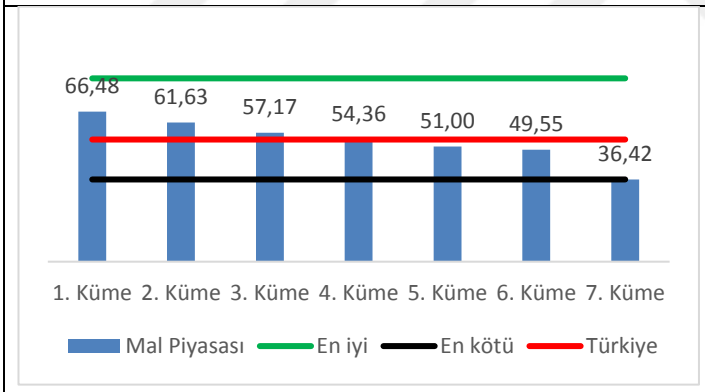
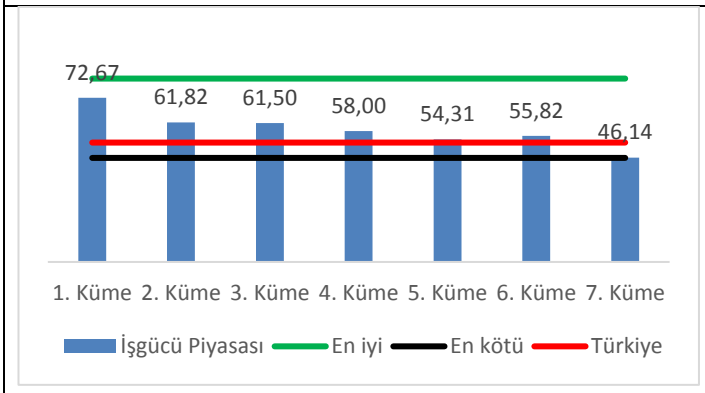
Tablo 3.4.: Kümelerde yer alan ülkeler

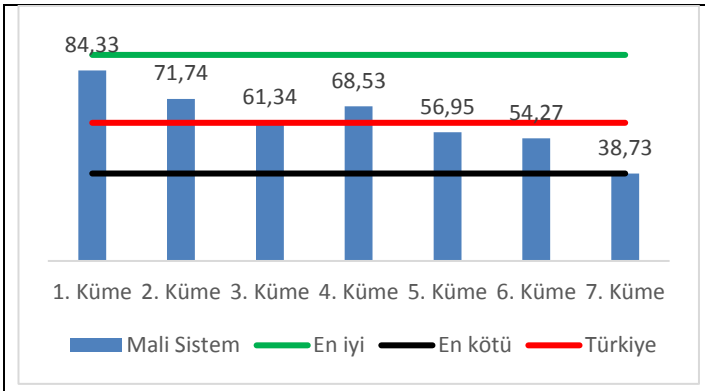
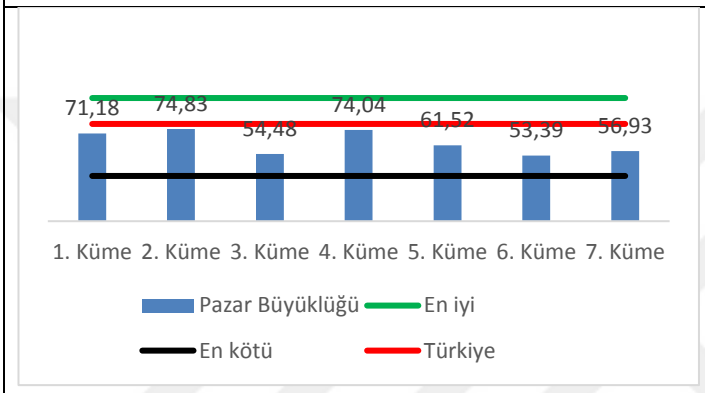
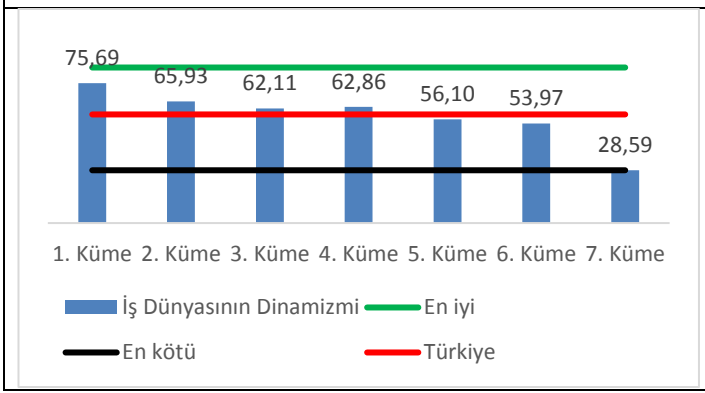
Küme Numarası	Ülkeler
Küme 1	Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Singapur, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık, ABD
Küme 2	Şili, Çin, Çek Cumhuriyeti, İtalya, Malezya, Polonya, Portekiz, Rusya, Suudi Arabistan, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri
Küme 3	Bahreyn, Bulgaristan, Hırvatistan, Estonya, Yunanistan, Macaristan, Kazakistan, Kuveyt, Litvanya, Umman, Romanya, Slovakya, Slovenya, Uruguay
Küme 4	Brezilya, Kolombiya, Hindistan, Endonezya, Meksika, Fas, Peru, Filipinler, Güney Afrika, Tayland, Vietnam
Küme 5	Cezayir, Arjantin, Ekvador, Mısır, Ürdün, Lübnan, Sırbistan, Türkiye, Ukrayna
Küme 6	Bangladeş, Bolivya, Botsvana, Etiyopya, Gana, Kenya, Namibya, Nijerya, Pakistan, Paraguay, Tanzanya, Uganda
Küme 7	Venezuela

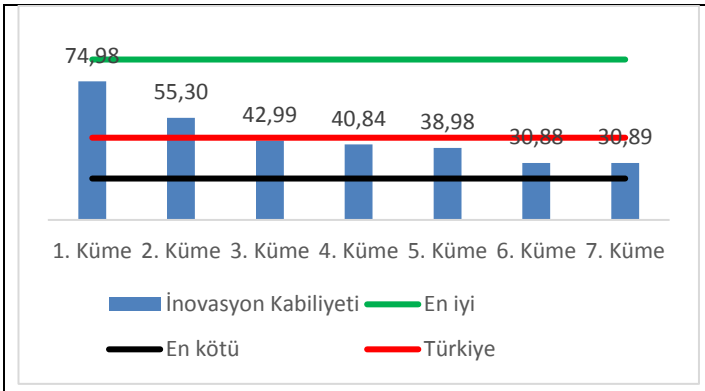
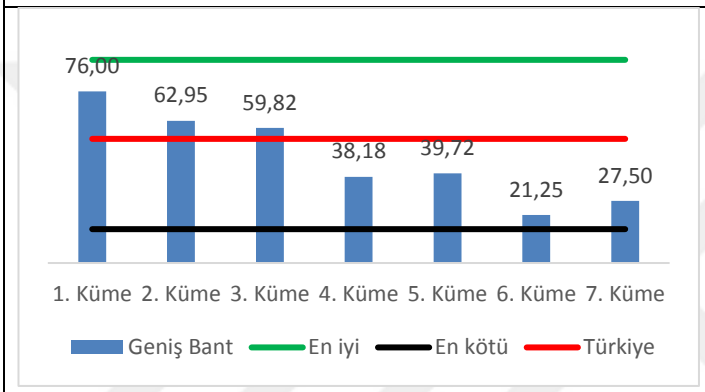
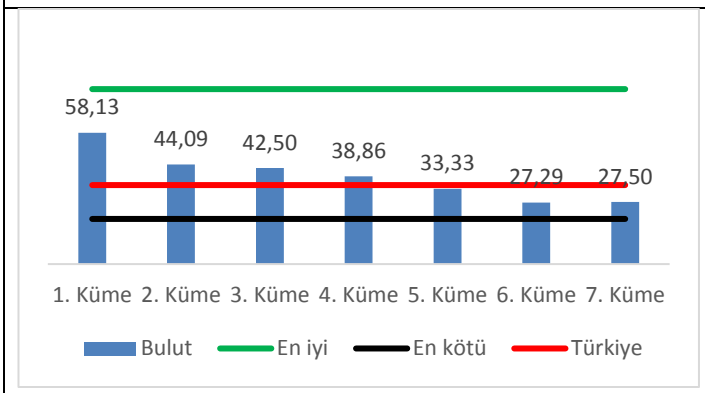
Tablo 3.5'te, her bir değişken için bazı tanımsal bilgiler yer almaktadır.

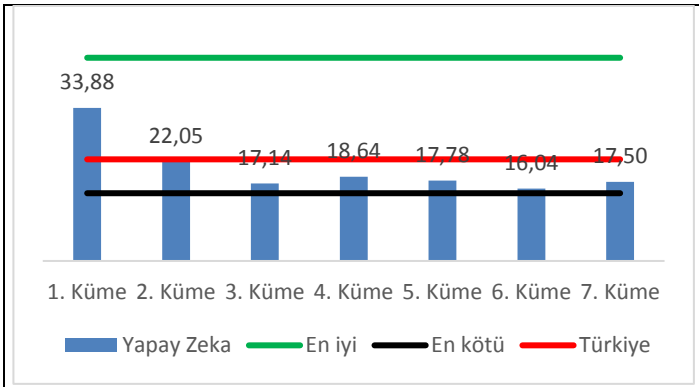
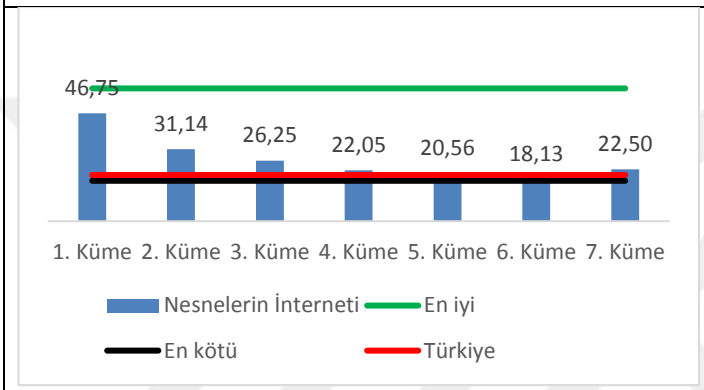
Tablo 3.5.: Değişkenlerle ilgili tanımsal istatistikler

	Kurumsal yapılanma değişkeninde en iyi performansı Finlandiya (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Venezüela (Küme 7) göstermiştir. Türkiye ise Küme 7, Küme 6, Küme 5 ve Küme 4'ün ortalamasının üstünde bir puan elde etmiştir. Bu değişkende, kümeler arasındaki hiyerarşi görülmektedir.
	Altyapı değişkeninde en iyi performansı Singapur (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Nijerya (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise Küme 7, Küme 6, Küme 5 ve Küme 4'ün ortalamasının üstünde bir puan elde etmiştir. Altyapı değişkeninde Küme 5, kendisinden daha iyi olan Küme 4'ten daha iyi bir ortalamaya sahiptir.
	27 ülke makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı sergilerken, en kötü performansı Venezüela (Küme 7) göstermiştir. Türkiye ise kendi kümesinin ortalamasına yakın bir değer almıştır. Bu değişkende Küme 5, Küme 7 ayrı tutulursa en kötü performansı gösteren kümedir.

	3 ülke sağlık değişkeninde en iyi performansı sergilerken, en kötü performansı Nijerya (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise Küme 1 hariç, tüm kümelerden daha iyi bir değer almıştır. Venezüela, sağlık değişkeninde en iyi 4.kümedir.
	Beceriler değişkeninde en iyi performansı İsviçre (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Etiyopya (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise kendi kümesinin ve Küme 7'nin ortalamasının altında kalmıştır. Küme 5'in ortalaması Küme 4'ten iyi iken Küme 4'ün ortalaması Küme 7'den bile kötüdür.
	Mal piyasası değişkeninde en iyi performansı Singapur (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Venezüela (Küme 7) göstermiştir. Türkiye ise yine kendi küme ortalamasından yüksek bir değer elde etmiştir. Bu değişkende, kümeler arasındaki hiyerarşi görülmektedir.
	İşgücü piyasası değişkeninde en iyi performansı Singapur (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Bolivya (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise kendi küme ortalamasından daha düşük bir değer elde etmiştir. İş gücü piyasası değişkeninde Küme 6, Küme 5'ten daha iyi bir performans göstermiştir.

	Mali sistem değişkeninde en iyi performansı Singapur (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Venezüela (Küme 7) göstermiştir. Türkiye ise yine kendi küme ortalamasından yüksek bir değer elde etmiştir. Küme 4, bu değişkende neredeyse Küme 2'ye yakın bir performans göstermiştir.
	Pazar büyüklüğü değişkeninde en iyi performansı Çin (Küme 2) sergilerken, en kötü performansı Namibya (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise tüm küme ortalamalarından yüksek bir değer elde etmiştir. Küme 4, bu değişkende en iyi 2.küme, Küme 1 en iyi 3. küme durumundayken, Küme 3 en kötü kümedir.
	İş dünyasının dinamizmi değişkeninde en iyi performansı ABD (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Venezüela (Küme 7) göstermiştir. Türkiye ise yine kendi küme ortalamasından yüksek bir değer elde etmiştir.

	İnovasyon kabiliyeti değişkeninde en iyi performansı Almanya (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı Paraguay (Küme 6) göstermiştir. Türkiye ise kendi kümesi, Küme 4 ve Küme 3'ün ortalamasından yüksek bir değer elde etmiştir. Bu değişkende en kötü performansı Küme 6 göstermiştir.
	Geniş bant değişkeninde en iyi performansı İsviçre (Küme 1) sergilerken en kötü performansı 3 ülke (hepsi Küme 6) göstermiştir. Türkiye kendi kümesi ve Küme 4'ün ortalamasından daha yüksek bir değer elde etmiştir. Küme 6 bu değişkende en kötü performansa sahip olan küme konumundadır.
	Bulut değişkeninde en iyi performansı ABD (Küme 1) sergilerken en kötü performansı Pakistan (hepsi Küme 6) göstermiştir. Türkiye kendi kümesinin ortalamasına yakın bir değer elde etmiştir. Küme 6 bu değişkende en kötü performansa sahip olan küme konumundadır.

	Yapay zeka değişkeninde en iyi performansı İrlanda (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı 18 ülke göstermiştir. Türkiye ise Küme 1 hariç tüm kümelerin ortalamasından daha yüksek bir değer elde etmiştir. Küme 6 bu değişkende en kötü performansa sahip olan küme konumundadır.
	IoT değişkeninde en iyi performansı Japonya (Küme 1) ve ABD (Küme 1) sergilerken, en kötü performansı 15 ülke göstermiştir. Türkiye ise kendi küme ortalamasına yakın bir değer elde etmiştir. Küme 6 bu değişkende en kötü performansa sahip olan küme konumundadır.

Gayrisafi yurt içi hasıla, bir ülkenin büyümesini belirleyen faktörlerdendir (Takım, 2010: 316). Kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasılanın kümelere göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda ANOVA analizi verilere uygulanmıştır. Küme 7'de sadece Venezüela olduğu için, analiz dışında bırakılmıştır. ANOVA sonuçları Tablo 3.6'da yer almaktadır.

Tablo 3.6.: ANOVA sonuçları

	Grup	N	Ortalama	Standart Sapma	F	p
Kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla	1. Küme	20	57682,3817	19786,2174	53,103	0,000
	2. Küme	11	21951,0651	10627,5156		
	3. Küme	14	18750,5050	6672,1736		
	4. Küme	11	5514,6902	2658,8909		
	5. Küme	9	6324,0363	3093,0911		
	6. Küme	12	2928,9946	2449,6737		

Yapılan analiz sonucunda, kümeler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Bu bağlamda ANOVA'nın bir sonraki adımı olan Post Hoc testi da yapılmıştır. Varyansların homojenliği varsayımı sağlanamadığı için, post hoc testi olarak Tamhane T2 kullanılmıştır. Post hoc analizin sonuçları Tablo 3.7'de yer almaktadır.

Tablo 3.7.: Post-Hoc sonuçları

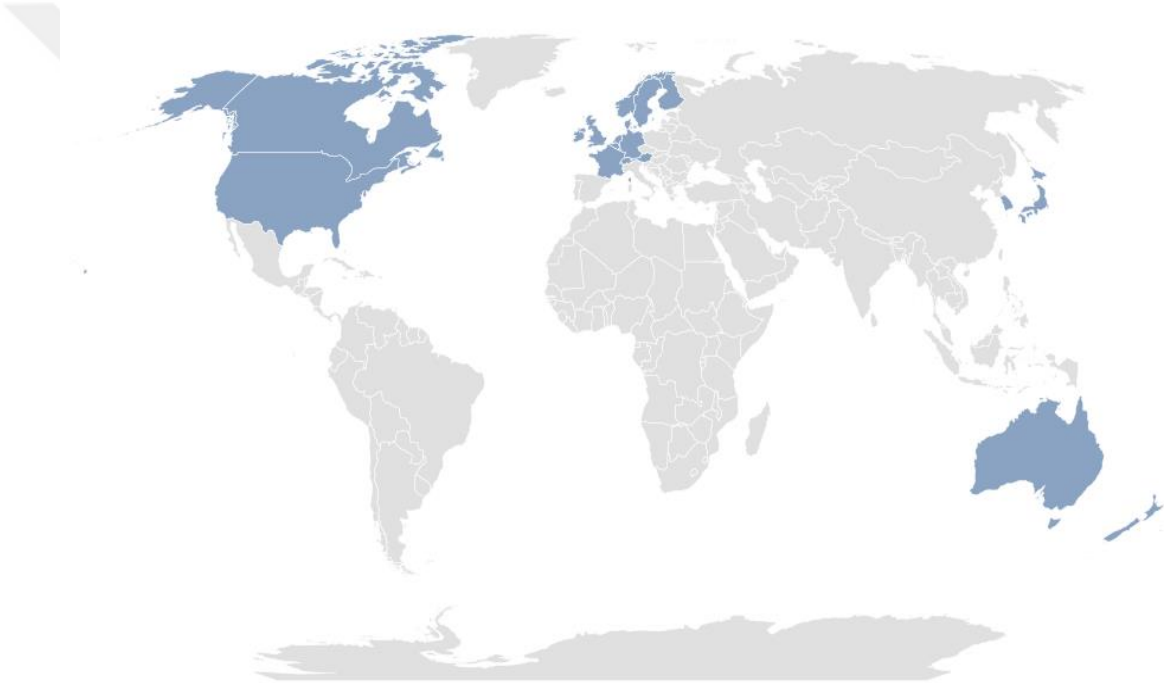
Küme	Küme	p
1	2	**,000**
	3	**,000**
	4	**,000**
	5	**,000**
	6	**,000**
2	1	**,000**
	3	,999
	4	**,008**
	5	**,006**
	6	**,002**
3	1	**,000**
	2	,999
	4	**,000**
	5	**,000**
	6	**,000**
4	1	**,000**
	2	**,006**
	3	**,000**
	5	1,000
	6	,316
5	1	**,000**
	2	**,008**
	3	**,000**
	4	1,000
	6	,215
6	1	**,000**
	2	**,002**
	3	**,000**
	4	,316
	5	,215

Küme 2 ile Küme 3, Küme 4 ile Küme 5 ve Küme 6, Küme 5 ile Küme 6 arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır. Ayrıca Küme 1, tüm kümelerden anlamlı bir şekilde farklılaşmıştır.

3.2.2. Küme 1

Küme 1'de 20 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.3'te yer almaktadır.

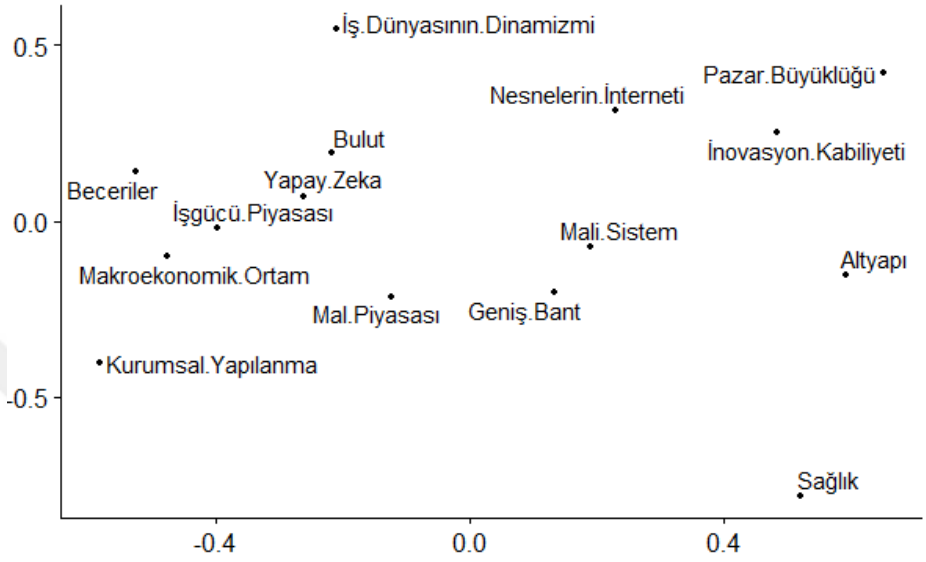
Şekil 3.3.: Küme 1'de yer alan ülkeler



Küme 1'de yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, inovasyon kabiliyeti ile altyapı arasında bulunmuştur (r= 0,7130). En yüksek negatif ilişki ise pazar büyüklüğü ile kurumsal yapılanma arasındadır (r=-0,5642). Pazar büyüklüğü ile mal piyasası arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=-0,0020). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.4). Bulut ile yapay zeka ve işgücü piyasası ile makroekonomik ortam

arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, sağlık değişkenin tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

Şekil 3.4.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi

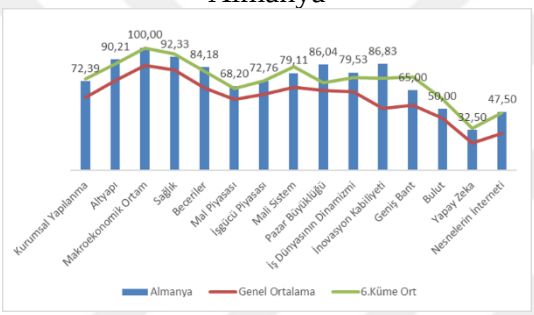


Kümede yer alan ülkelerin ortalaması tüm değişkenlerde genel ortalamadan daha düşüktür. Ayrıca Küme 1, pazar büyüklüğü değişkeni hariç, tüm değişkenlerde en iyi performansı gösteren kümedir. Kümede kurumsal yapılanma değişkeninde en iyi performansı Finlandiya, altyapı, mal piyasası, işgücü piyasası ve mali sistem değişkenlerinde en iyi performansı Singapur, makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı 15 ülke (Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Kore Cumhuriyeti, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık), sağlık değişkeninde en iyi performansı Singapur ve Japonya, beceriler ve geniş bant değişkeninde en iyi performansı İsviçre, pazar büyüklüğü, iş dünyasının dinamizmi ve bulut değişkenlerinde en iyi performansı ABD, inovasyon kabiliyeti değişkeninde en iyi performansı Almanya, yapay zeka değişkeninde en iyi performansı İrlanda, IoT değişkeninde en iyi performansı Japonya göstermiştir. Kurumsal yapılanma, mal piyasası, işgücü piyasası ve yapay zeka değişkenlerinde en kötü performansı Kore Cumhuriyeti, altyapı ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en kötü performansı Yeni Zelanda,

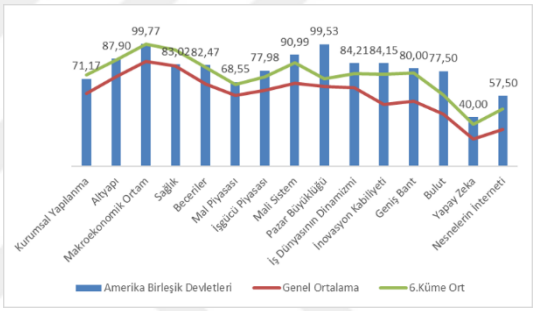
makroekonomik ortam değişkeninde en kötü performansı Japonya, sağlık değişkeninde en kötü performansı ABD, beceriler değişkeninde en kötü performansı Fransa, mali sistem değişkeninde en kötü performansı İrlanda, pazar büyüklüğü ve iş dünyasının dinamizmi değişkeninde en kötü performansı Lüksemburg, inovasyon kabiliyeti değişkeninde en kötü performansı Yeni Zelanda, geniş bant değişkeninde en kötü performansı İrlanda ve Lüksemburg, bulut değişkeninde en kötü performansı Avusturya, IoT değişkeninde en kötü performansı Kanada göstermiştir.

Grafik 3.3.: Küme 1'de yer alan ülkelerin performansları

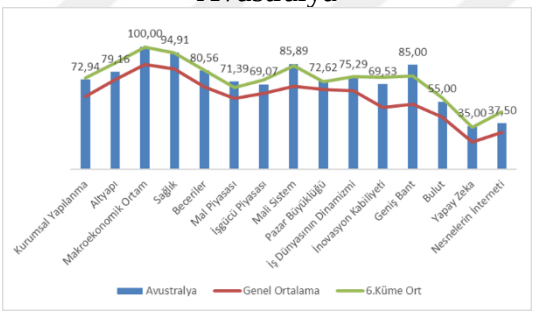
Almanya



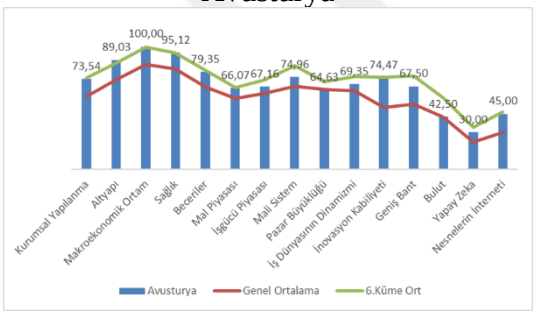
ABD



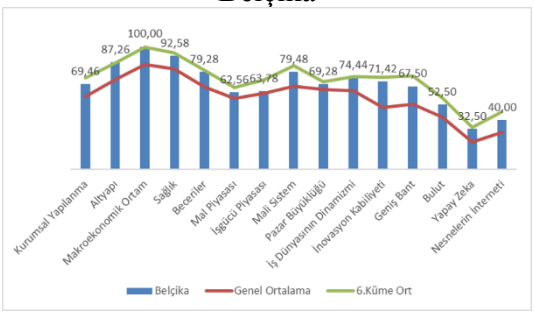
Avustralya



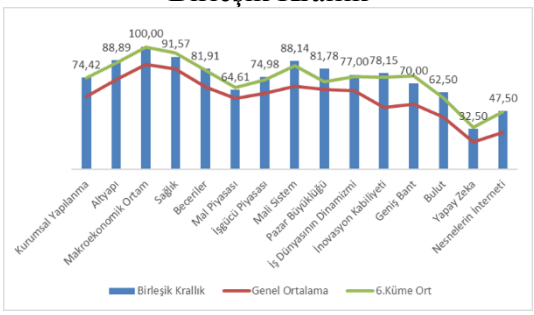
Avusturya



Belçika

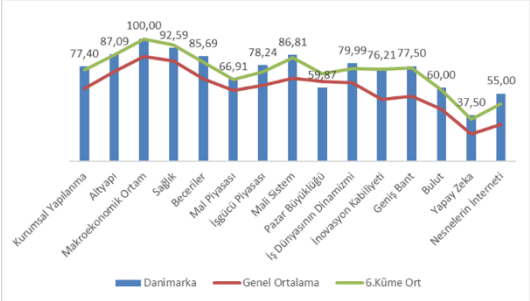


Birleşik Krallık

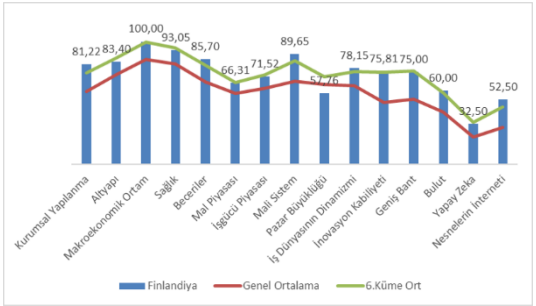


Danimarka

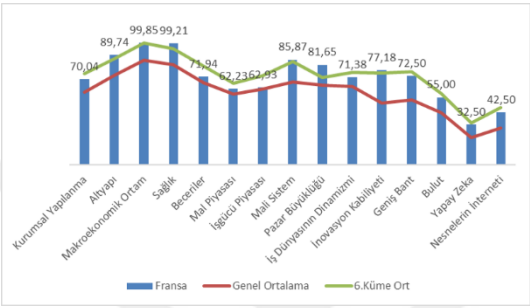
Finlandiya



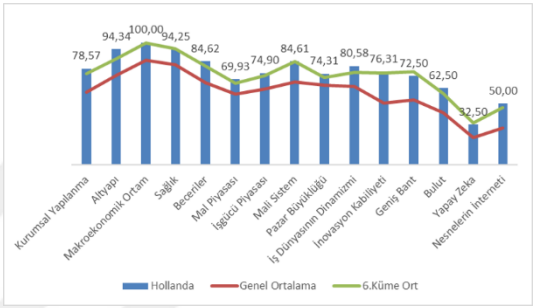
Fransa



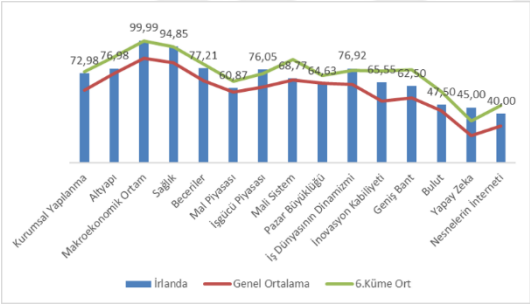
Hollanda



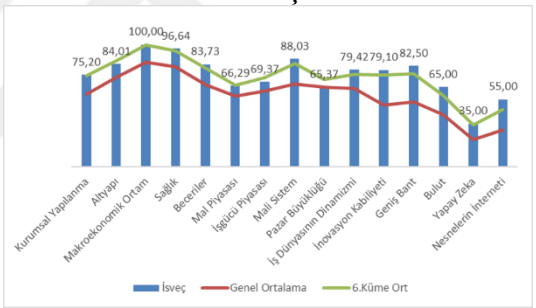
İrlanda



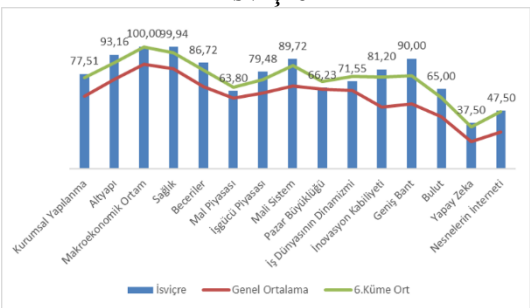
İsveç



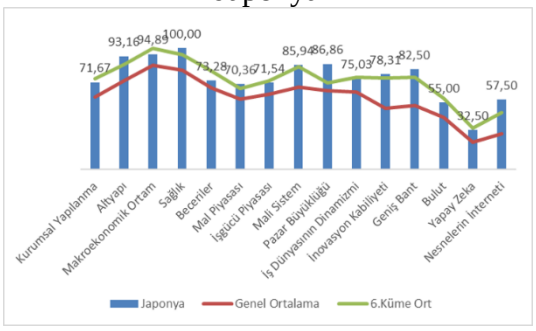
İsviçre



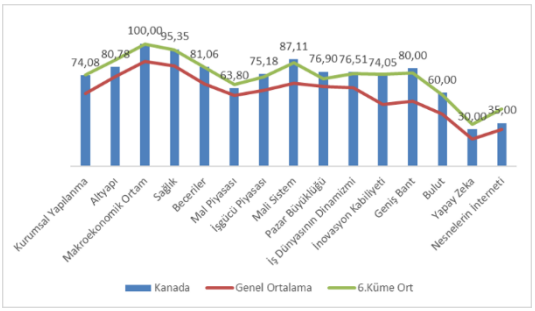
Japonya



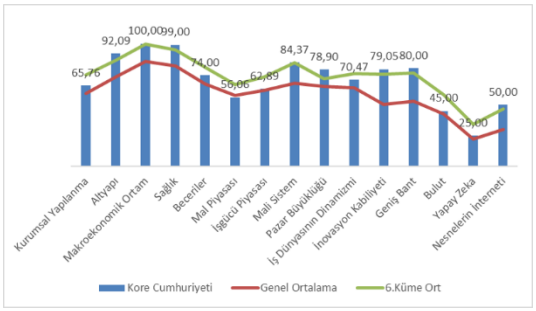
Kanada



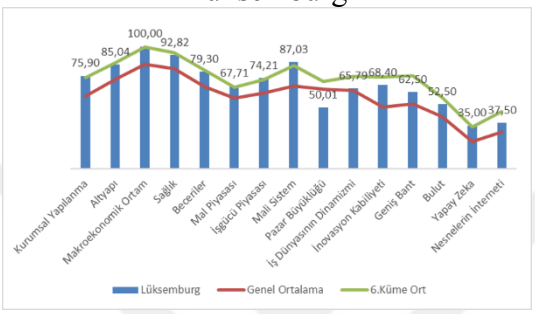
Kore Cumhuriyeti



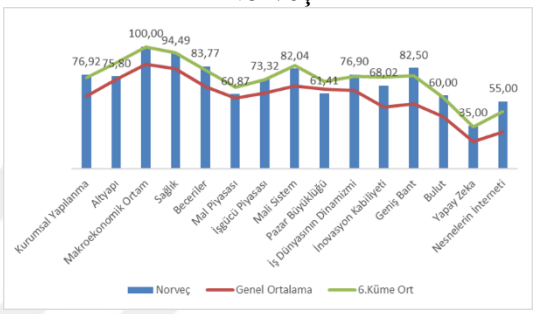
Lüksemburg



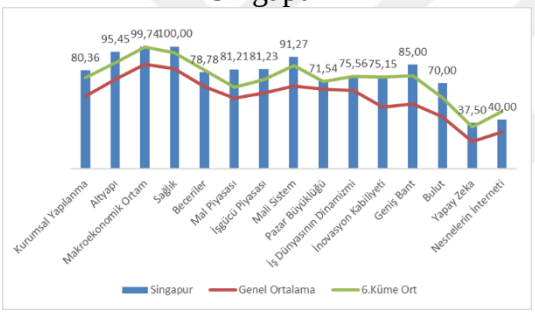
Norveç

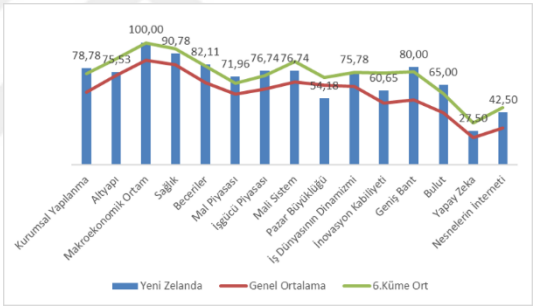


Singapur



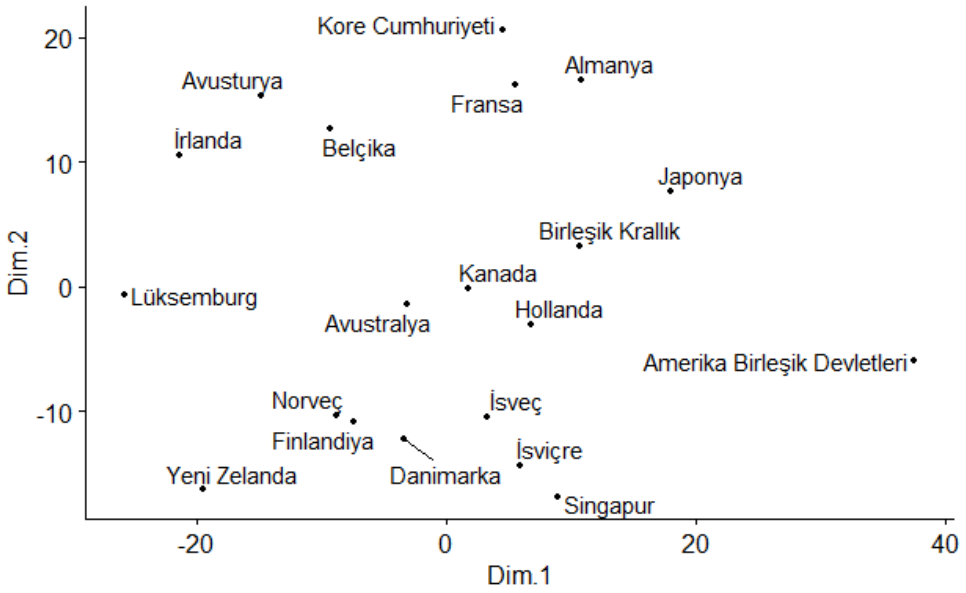
Yeni Zelanda





Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.5'te çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Norveç ve Finlandiya birbirlerine çok yakın konumlanmışlardır. Ayrıca, ABD ve Lüksemburg diğer ülkelerden farklı bir şekilde konumlanmışlardır.

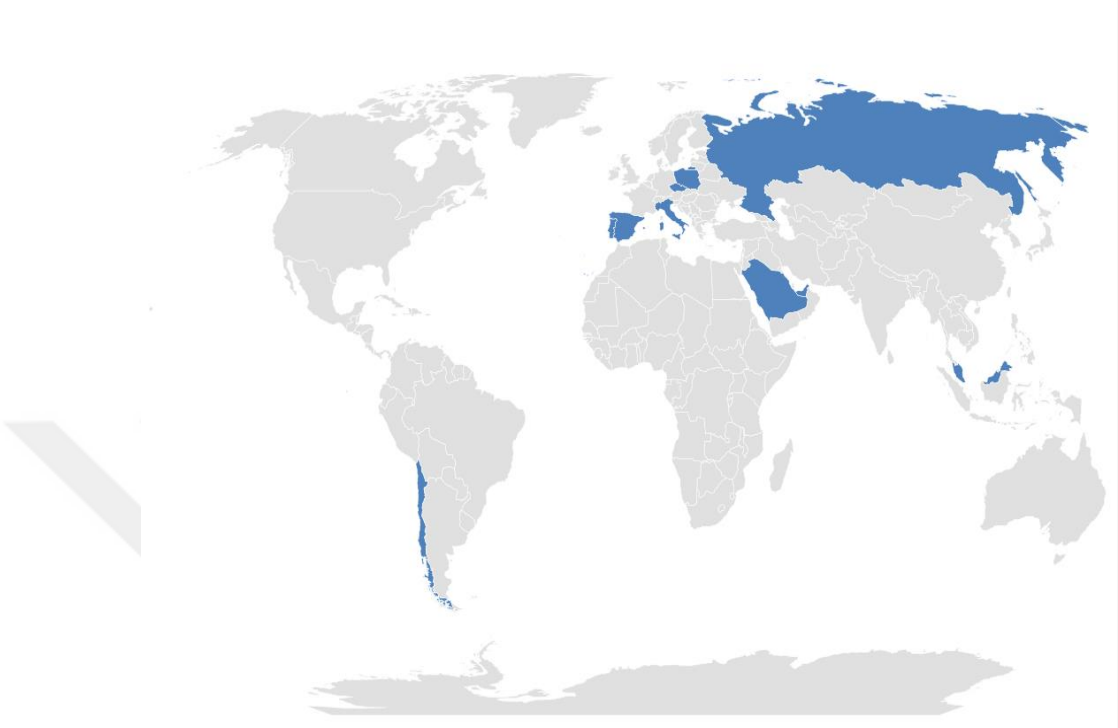
Şekil 3.5.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.3. Küme 2

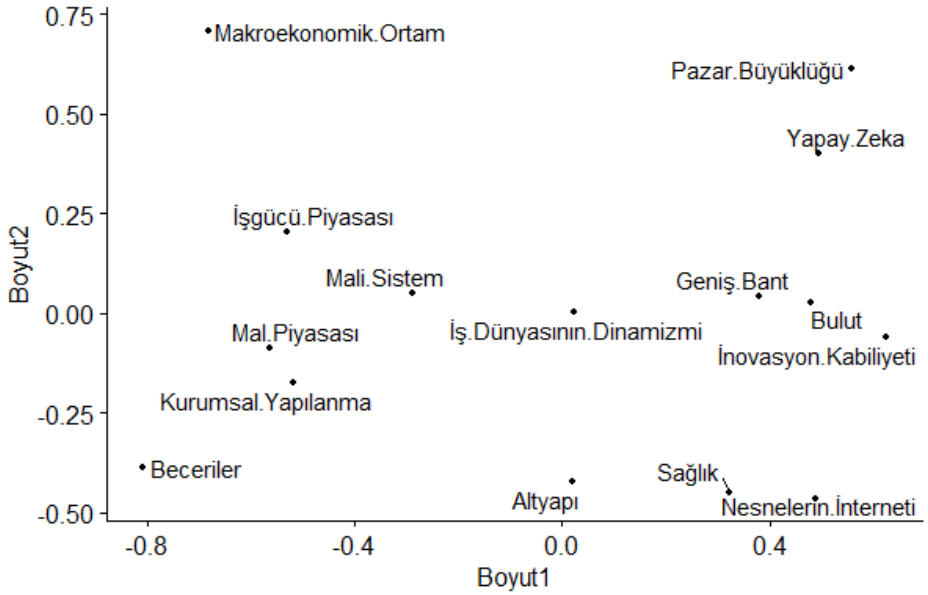
Küme 2'de 11 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.6'da yer almaktadır.

Şekil 3.6.: Küme 2'de yer alan ülkeler



Küme 2'de yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, sağlık ile IoT arasında bulunmuştur (r= 0,8838). En yüksek negatif ilişki ise beceriler ile yapay zeka arasındadır (r=-0,68095). Pazar büyüklüğü ile makroekonomik ortam arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=0,000978). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.7). Bulut, geniş bant ve inovasyon kabiliyeti değişkenlikleri birbirlerine benzemektedirler. Mal piyasası ile kurumsal yapılanma, sağlık ile IoT ve pazar büyüklüğü ile yapay zeka değişkenleri arasında da benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, makroekonomik ortamın tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

Şekil 3.7: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi

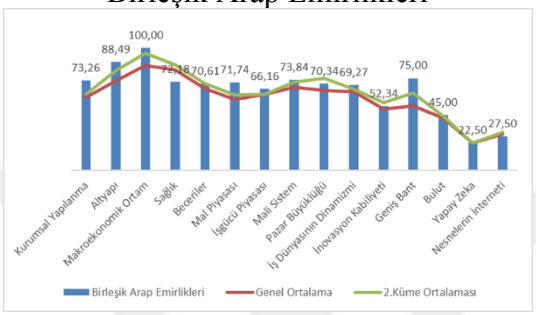


Kümede yer alan ülkelerin ortalaması sağlık ve yapay zeka değişkenlerinde, genel ortalamayla neredeyse aynıyken (fark yaklaşık 0,20), geri kalan tüm değişkenlerde genel ortalamadan daha yüksektir. Kümede kurumsal yapılanma, mal piyasası ve geniş bant değişkenlerinde en iyi performansı Birleşik Arap Emirlikleri, altyapı ve sağlık değişkenlerinde en iyi performansı İspanya, işgücü piyasası, mali sistem ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde en iyi performansı Malezya, pazar büyüklüğü, bulut ve yapay zeka değişkenlerinde en iyi performansı Çin, inovasyon kabiliyeti ve IoT değişkenlerinde en iyi performansı İtalya, beceriler değişkeninde en iyi performansı Suudi Arabistan, makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı Birleşik Arap Emirlikleri, Çek Cumhuriyeti, Polonya ve Suudi Arabistan göstermiştir. Kurumsal yapı, altyapı, sağlık, mal piyasası ve mali sistem değişkenlerinde en kötü performansı Rusya, makroekonomik ortam ve işgücü piyasası değişkenlerinde en kötü performansı İtalya, iş dünyasının dinamizmi, geniş bant ve bulut değişkenlerinde en kötü performansı Suudi Arabistan, beceriler değişkeninde en kötü performansı Çin, pazar büyüklüğü değişkeninde en kötü performansı Portekiz, inovasyon kabiliyeti değişkeninde en kötü performansı Şili, yapay zeka değişkeninde en kötü performansı Polonya, Rusya ve Suudi Arabistan,

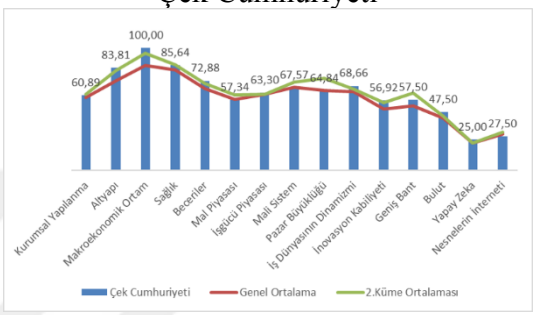
IoT değişkeninde en kötü performansı Rusya ve Suudi Arabistan göstermiştir. Her ülkenin değişkenlerde aldığı değerler, o değişkenlerin küme ve genel ortalamaları aşağıdaki resimde yer almaktadır (Grafik 3.4).

Grafik 3.4.: Küme 2'de yer alan ülkelerin performansları

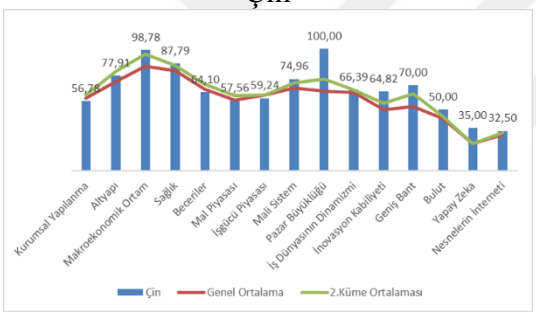
Birleşik Arap Emirlikleri



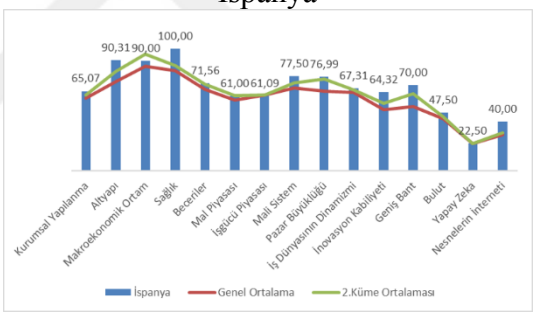
Çek Cumhuriyeti



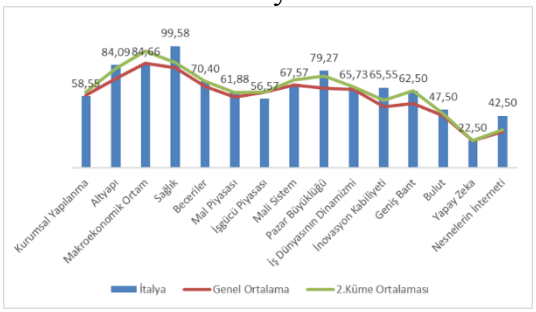
Çin



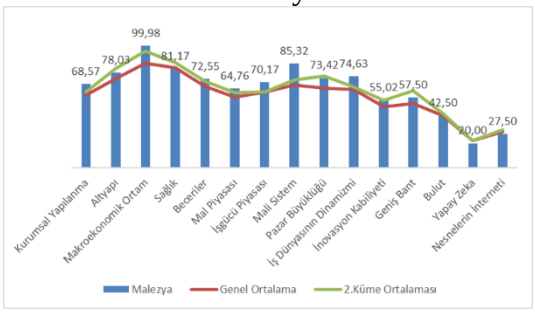
İspanya



İtalya

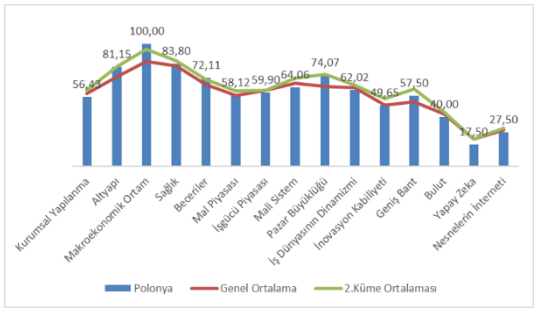


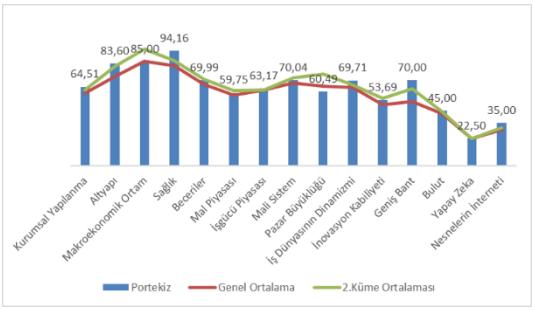
Malezya



Polonya

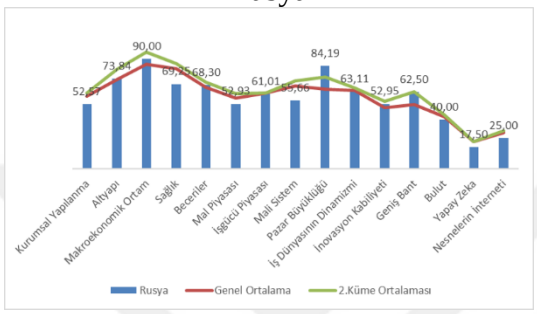
Portekiz

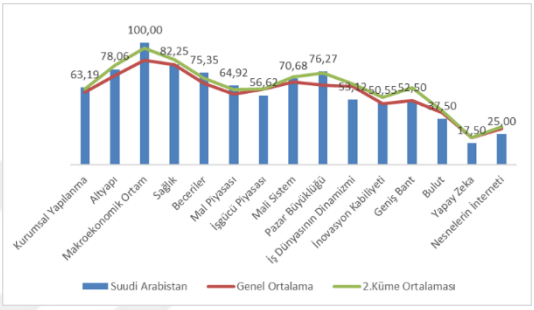




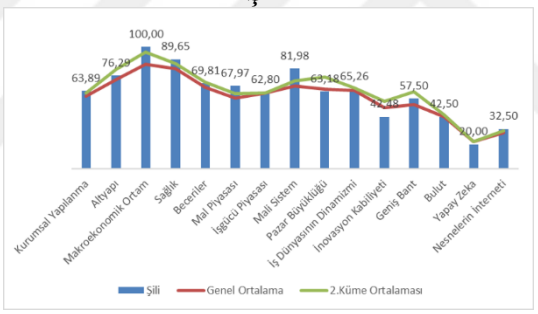
Rusya

Suudi Arabistan



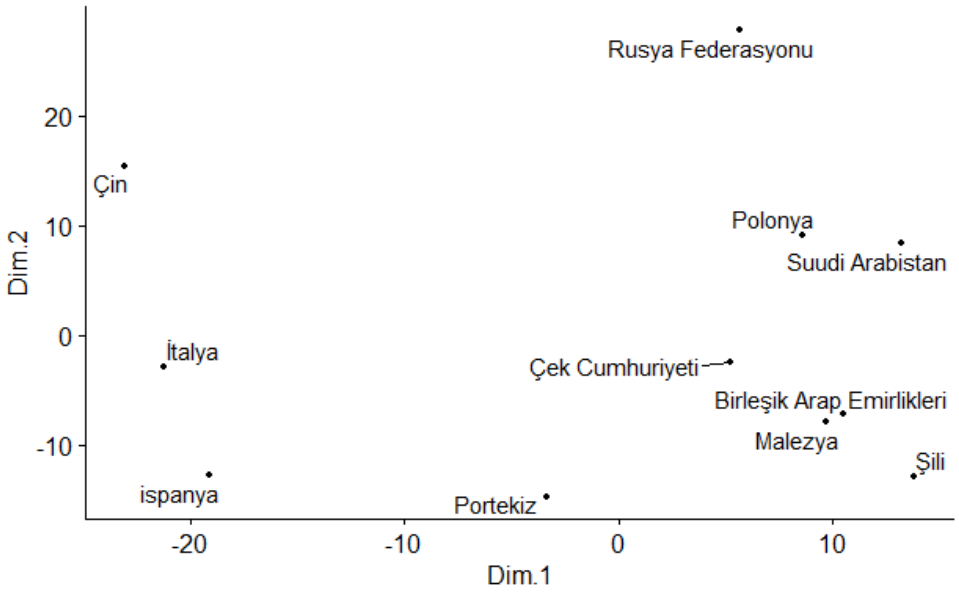


Şili



Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.8'de çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Birleşik Arap Emirlikleri ile Malezya birbirlerine çok yakın konumlanmışlardır. Bu ülkelerin birbirlerine oldukça benzedikleri söylenebilir. Çin, Rusya, İtalya, İspanya ve Portekiz ise geri kalan ülkelerden oldukça farklı bir şekilde konumlanmışlardır.

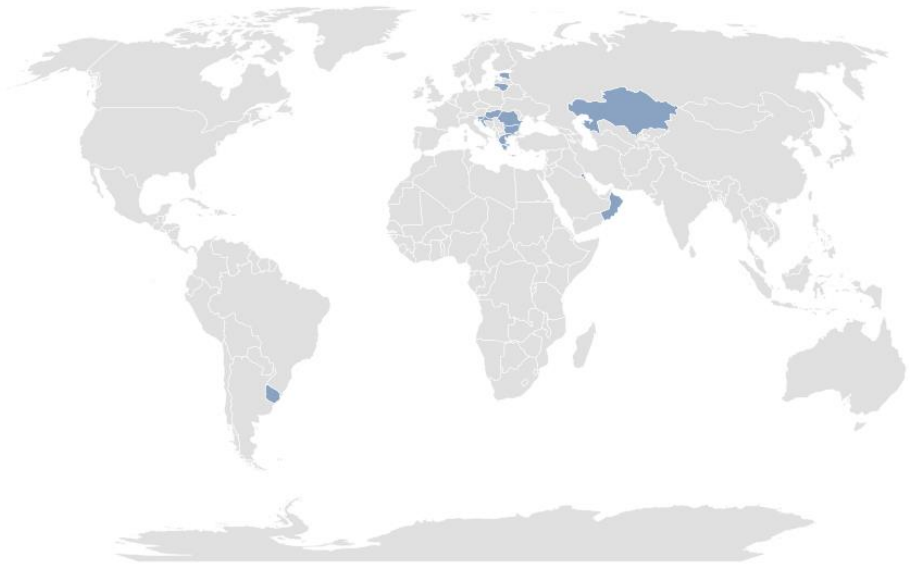
Şekil 3.8.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.4. Küme 3

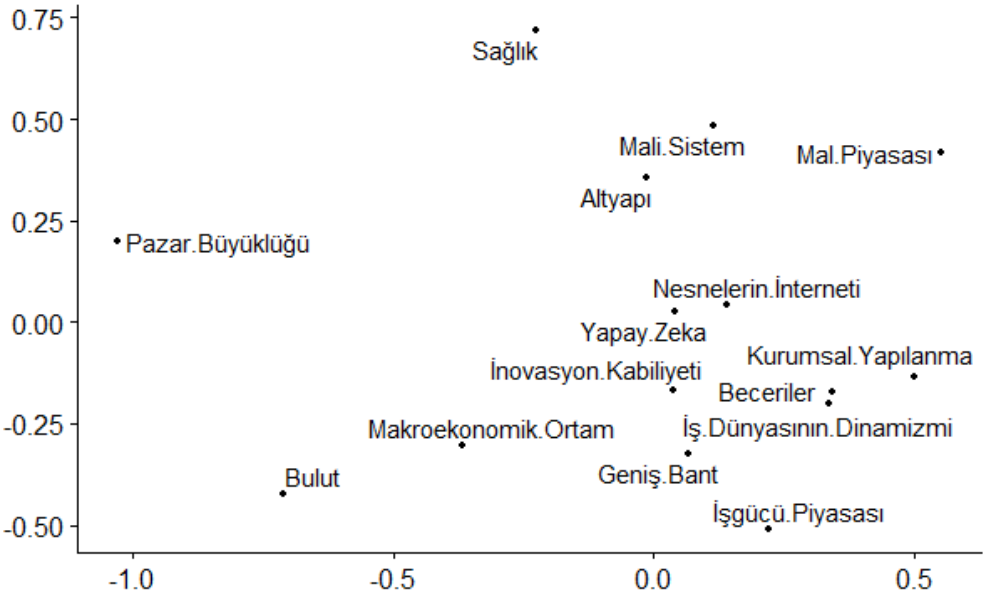
Küme 3'te 14 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.9'da yer almaktadır.

Şekil 3.9.: Küme 3'te yer alan ülkeler



Küme 3'te yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, iş dünyasının dinamizmi ile işgücü piyasası arasında bulunmuştur (r= 0,8017). En yüksek negatif ilişki ise pazar büyüklüğü ile kurumsal yapılanma arasındadır (r=-0,6676). Geniş bant ile mal piyasası arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=-0,0080). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.10). Beceriler ile iş dünyasının dinamizmi ve IoT, yapay zeka ile inovasyon kabiliyeti değişkenleri arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, pazar büyüklüğü değişkenin tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

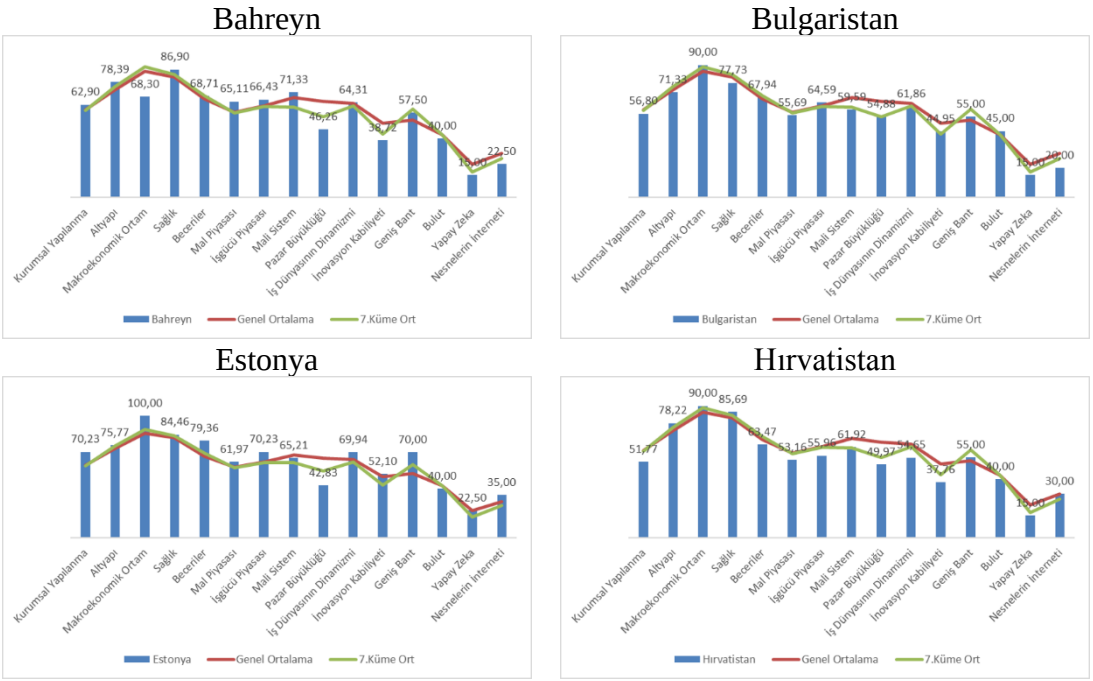
Şekil 3.10: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



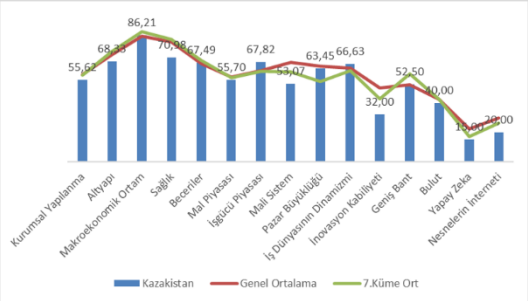
Kümede yer alan ülkelerin ortalaması altyapı, makroekonomik ortam, sağlık, beceriler ve geniş bant değişkenlerinde genel ortalamadan daha yüksekken, geri kalan değişkenlerde ise daha düşüktür. Ayrıca Küme 3, pazar büyüklüğü değişkeni hariç, tüm değişkenlerde en iyi performansı gösteren kümedir. Kümede kurumsal yapılanma, beceriler, işgücü piyasası, yapay zeka ve IoT değişkenlerinde en iyi performansı Estonya, altyapı ve bulut değişkenlerinde en iyi performansı Macaristan,

makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı Estonya, Kuveyt, Litvanya, Slovak Cumhuriyeti ve Slovenya, sağlık ve mali sistem değişkenlerinde en iyi performansı Kuveyt, mal piyasası değişkeninde en iyi performansı Bahreyn, pazar büyüklüğü değişkeninde en iyi performansı Romanya, iş dünyasının dinamizmi ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en iyi performansı Slovenya, geniş bant değişkeninde en iyi performansı Estonya ve Litvanya göstermiştir. Kurumsal yapılanma, işgücü piyasası ve mali sistem değişkenlerinde en kötü performansı Yunanistan, altyapı, sağlık ve geniş bant değişkeninde en kötü performansı Kazakistan, makroekonomik ortam ve bulut değişkenlerinde en kötü performansı Umman, beceriler ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en kötü performansı Kuveyt, mal piyasası değişkeninde en kötü performansı Macaristan, pazar büyüklüğü değişkeninde en kötü performansı Estonya, iş dünyasının dinamizmi değişkeninde en kötü performansı Hırvatistan, yapay zeka değişkeninde en kötü performansı Bahreyn, Bulgaristan, Hırvatistan, Macaristan, Kazakistan, Kuveyt ve Litvanya, IoT değişkeninde en kötü performansı Bulgaristan, Kazakistan ve Kuveyt göstermiştir.

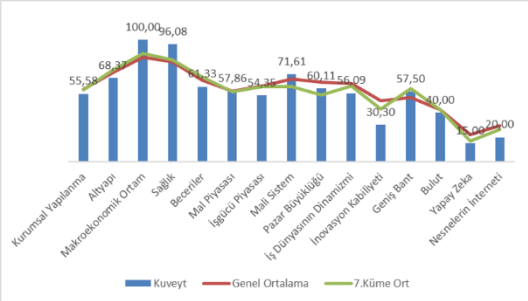
Grafik 3.5.: Küme 3'te yer alan ülkelerin performansları



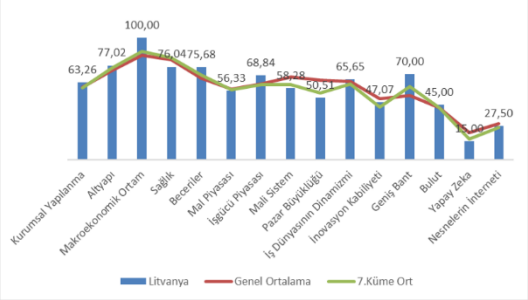
Kazakistan



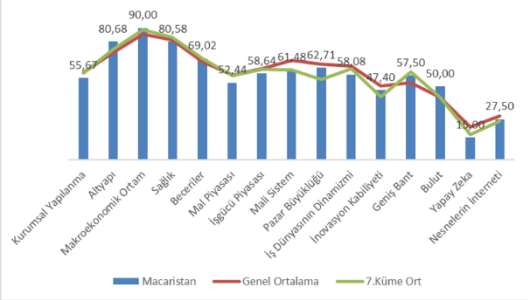
Kuveyt



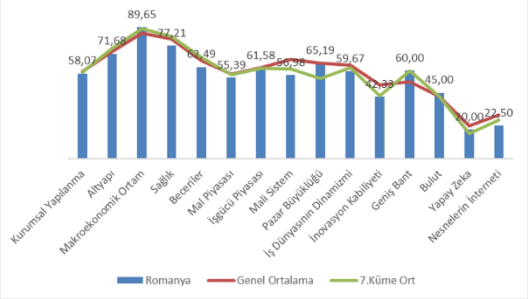
Litvanya



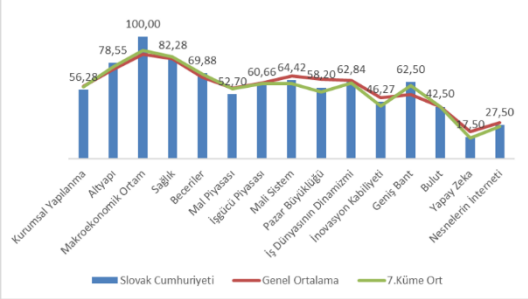
Macaristan



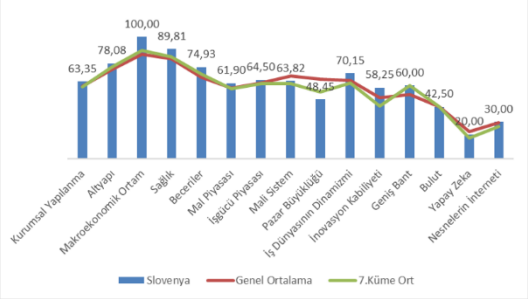
Romanya



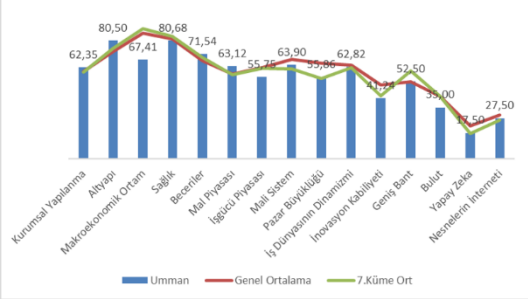
Slovak Cumhuriyeti



Slovenya

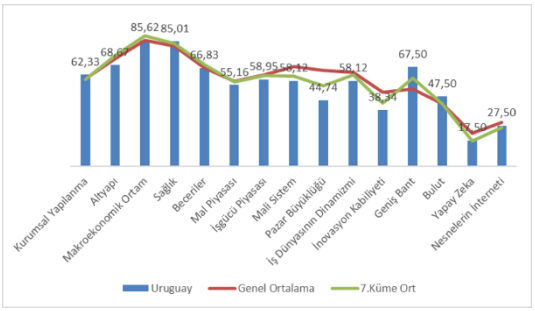


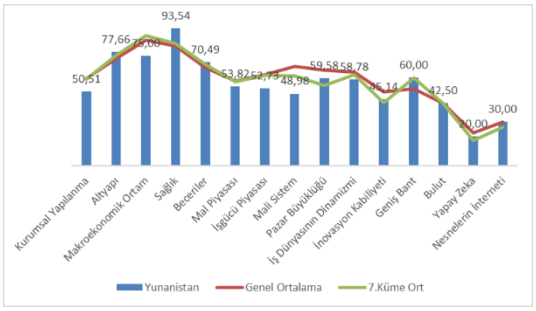
Umman



Uruguay

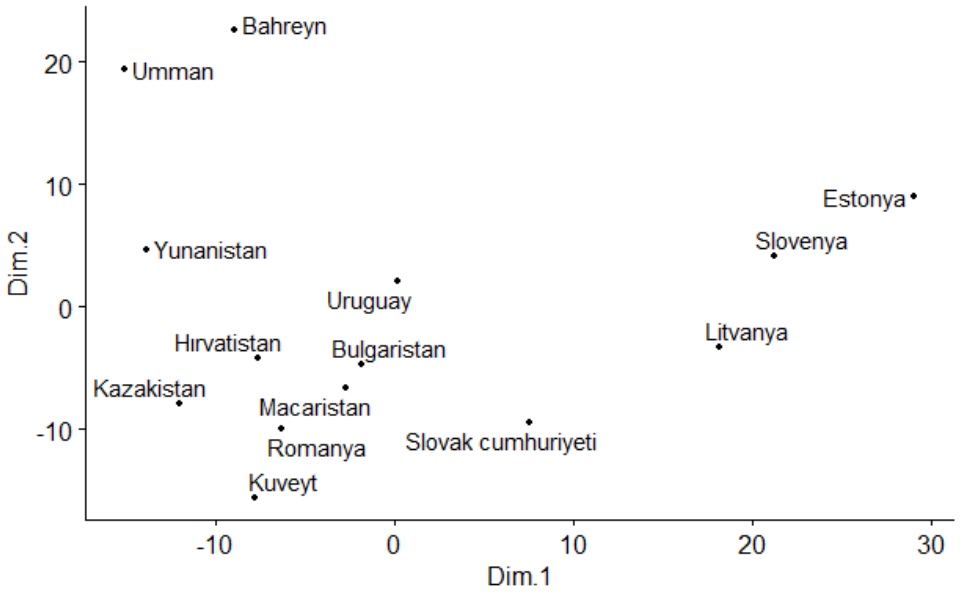
Yunanistan





Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.11'de çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Umman ile Bahreyn ve Estonya, Slovenya ile Litvanya diğer ülkelerden ayrılmış gözükmektedirler. Ayrıca Bulgaristan ve Macaristan birbirlerine oldukça yakın konumlanmışlardır.

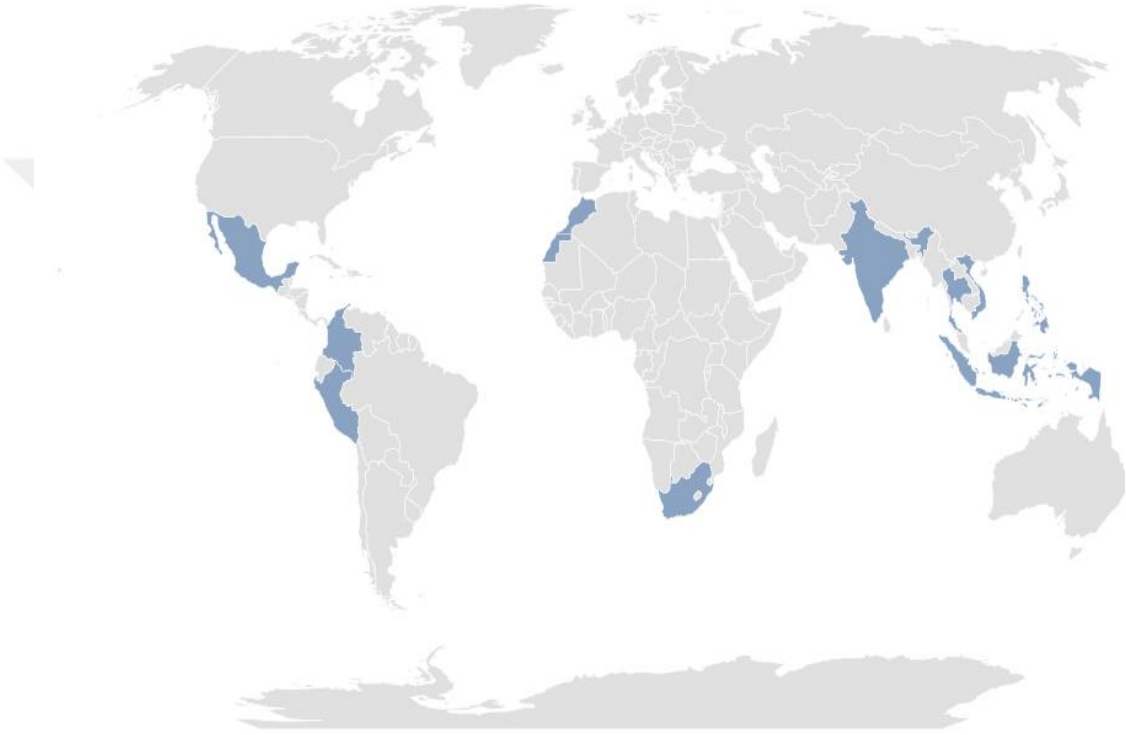
Şekil 3.11.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.5. Küme 4

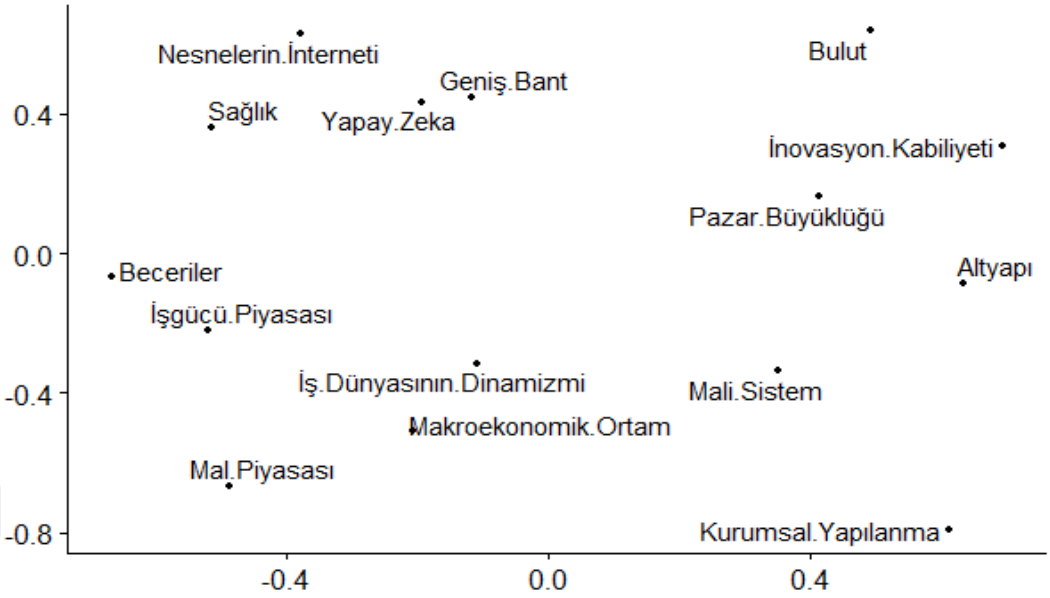
Küme 4'te 11 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.12'de yer almaktadır.

Şekil 3.12.: Küme 4'te yer alan ülkeler



Küme 4'te yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, işgücü piyasası ile beceriler arasında bulunmuştur (r= 0,7973). En yüksek negatif ilişki ise kurumsal yapılanma ile IoT arasındadır (r=-0,7849). Mal piyasası ile altyapı arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=0,0,00228). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.13). Geniş bant ile yapay zeka, iş dünyasının dinamizmi ile makroekonomik ortam, beceriler ile işgücü piyasası değişkenleri arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, kurumsal yapılanma, mal piyasası ve bulut değişkenlerinin tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

Şekil 3.13: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi

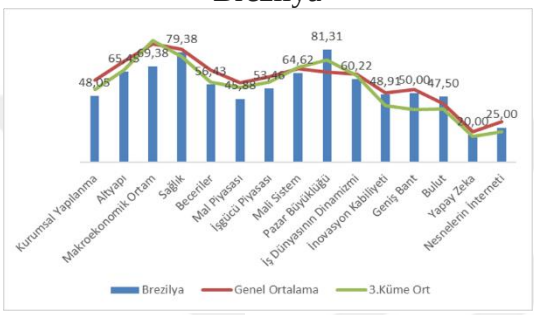


Kümede yer alan ülkelerin ortalaması makroekonomik ortam, mali sistem ve pazar büyüklüğü değişkenlerinde genel ortalamadan yüksek, geri kalan tüm değişkenlerde genel ortalamadan daha düşüktür. Kümede kurumsal yapılanma, altyapı değişkenlerinde en iyi performansı Fas, makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı Peru, sağlık ve IoT değişkenlerinde en iyi performansı Kolombiya, beceriler ve mal piyasası değişkenlerinde en iyi performansı Endonezya, işgücü piyasası en iyi performansı Filipinler, mali sistem ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde en iyi performansı Tayland, pazar büyüklüğü ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en iyi performansı Hindistan, geniş bant ve bulut değişkenlerinde en iyi performansı Brezilya, yapay zeka değişkeninde en iyi performansı Vietnam göstermiştir. Kurumsal yapılanma, makroekonomik ortam ve mal piyasası değişkenlerinde en kötü performansı Brezilya, altyapı değişkeninde en kötü performansı Filipinler, sağlık ve yapay zeka değişkenlerinde en kötü performansı Güney Afrika, beceriler, işgücü piyasası ve pazar büyüklüğü değişkenlerinde en kötü performansı Fas, mali sistem, iş dünyasının dinamizmi ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en kötü performansı Peru, geniş bant değişkeninde en kötü

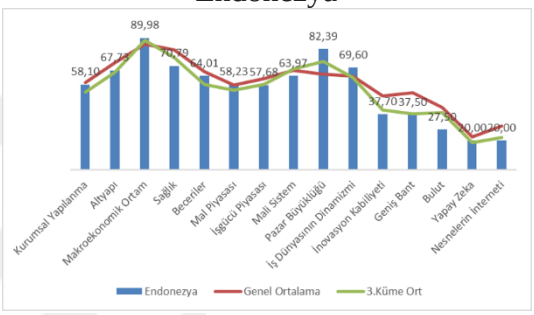
performansı Hindistan, bulut değişkeninde en kötü performansı Endonezya, yapay zeka değişkeninde en kötü performansı Fas ve Güney Afrika, IoT değişkeninde en kötü performansı Hindistan ve Fas göstermiştir. Her ülkenin değişkenlerde aldığı değerler, o değişkenlerin küme ve genel ortalamaları aşağıdaki resimde yer almaktadır (Grafik 3.6).

Grafik 3.6.: Küme 4'de yer alan ülkelerin performansları

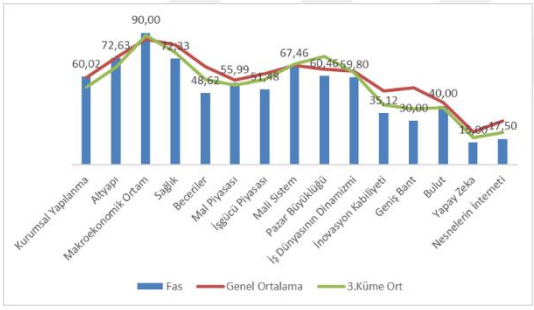
Brezilya



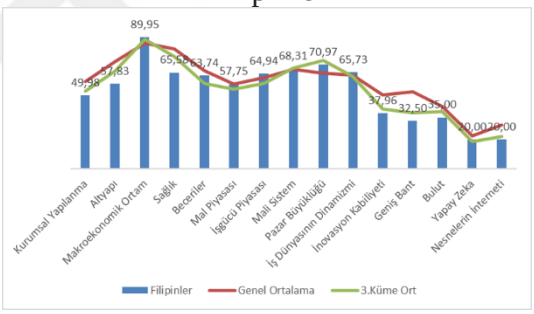
Endonezya



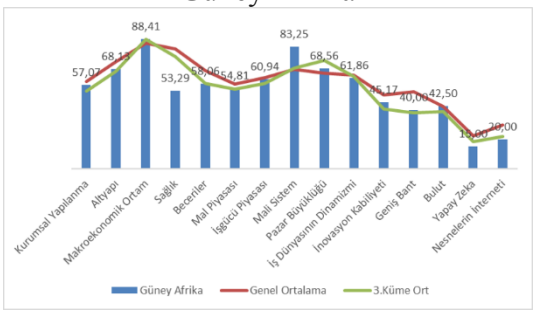
Fas



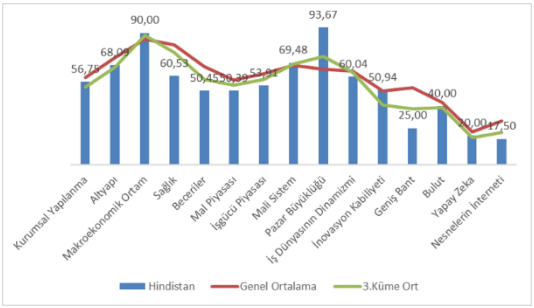
Filipinler



Güney Afrika

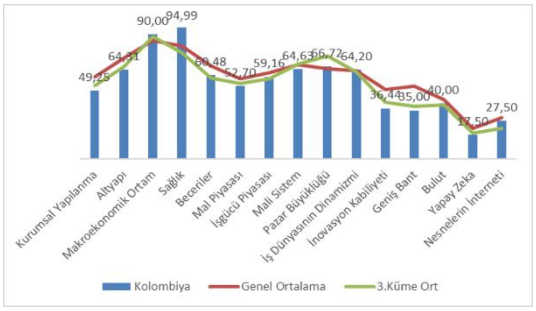


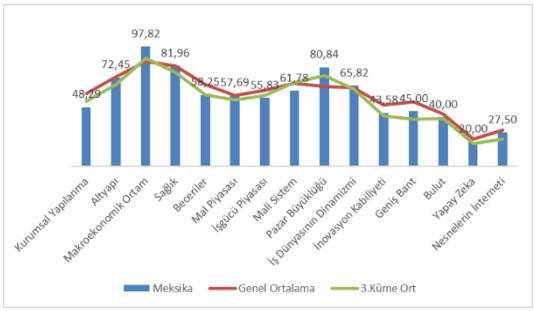
Hindistan



Kolombiya

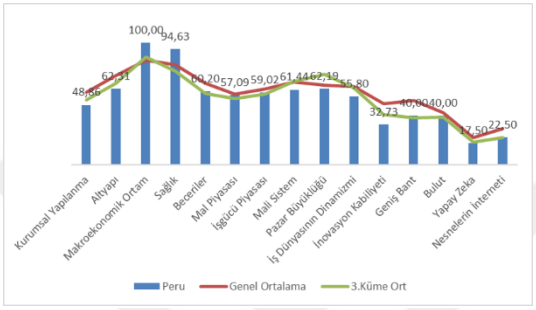
Meksika

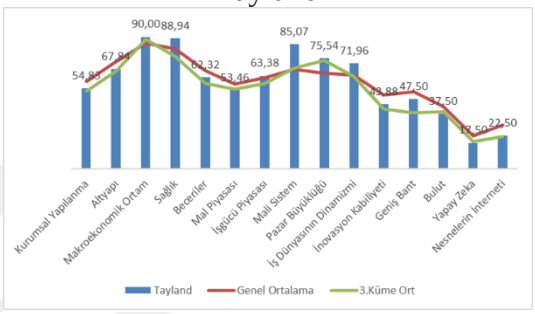




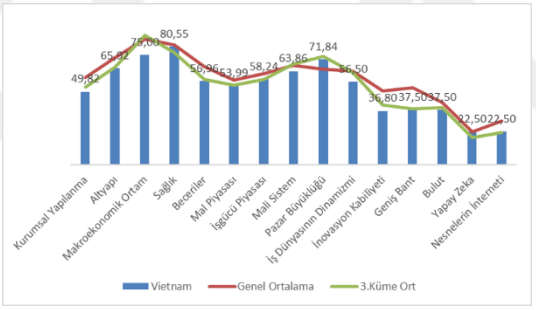
Peru

Tayland



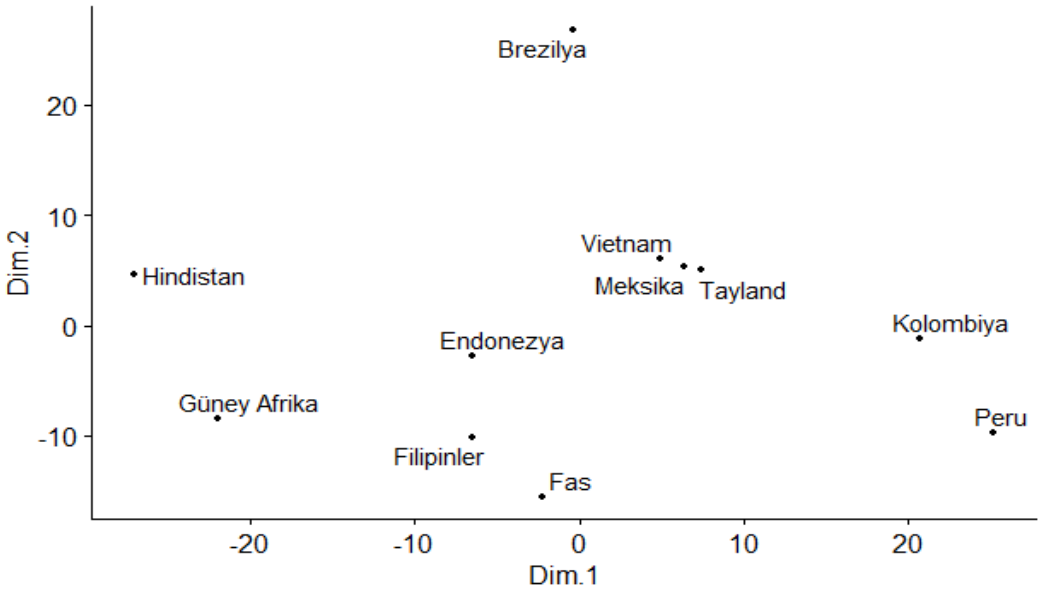


Vietnam



Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.14'de çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Vietnam, Meksika ve Tayland birbirlerine çok yakın konumlanmışlardır. Bu ülkelerin birbirlerine oldukça benzedikleri söylenebilir. Brezilya ise geri kalan ülkelerden oldukça farklı bir şekilde konumlanmışlardır.

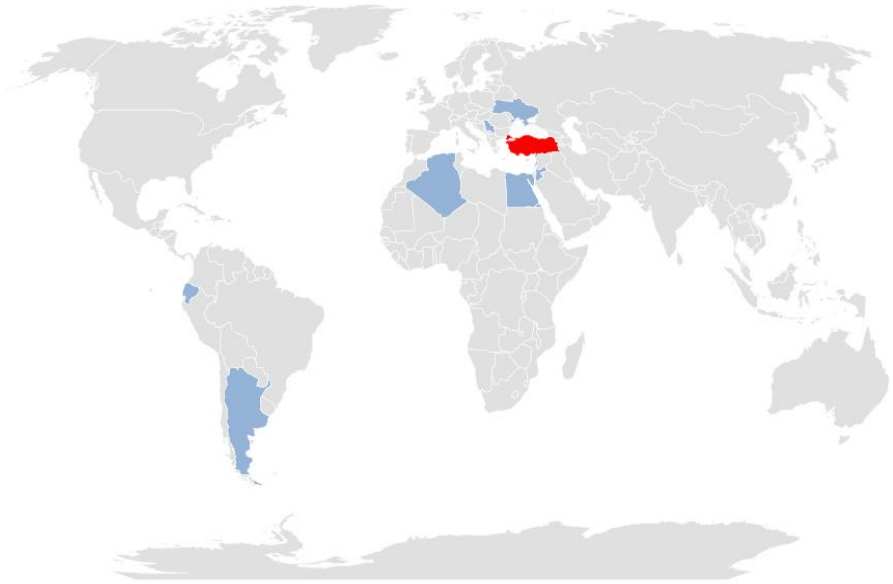
Şekil 3.14.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.6. Küme 5

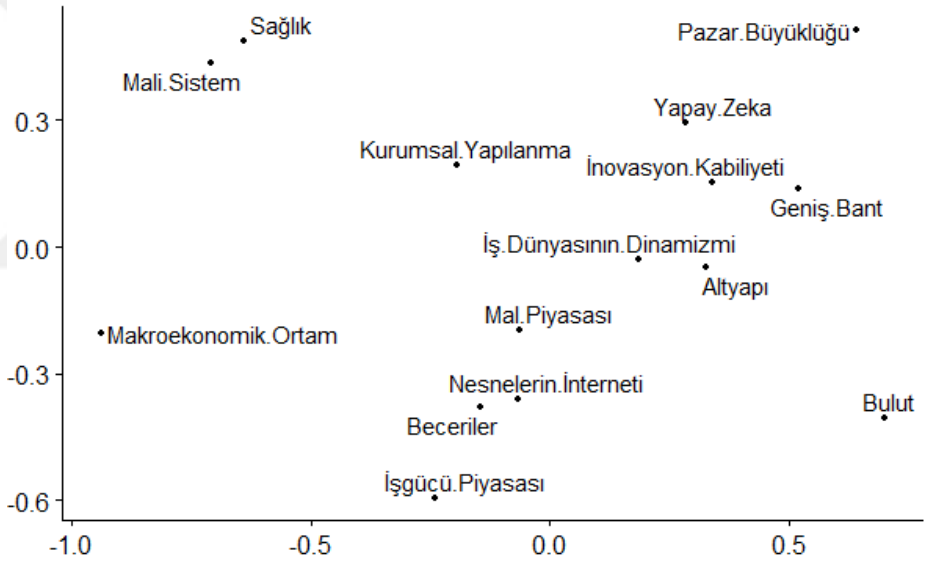
Küme 5'te Türkiye'nin de içinde bulunduğu 9 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.15'te yer almaktadır.

Şekil 3.15.: Küme 5'te yer alan ülkeler



Küme 5'te yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, yapay zeka ile geniş bant arasında bulunmuştur (r= 0,8832). En yüksek negatif ilişki ise makroekonomik ortam ile geniş bant arasındadır (r=-0,6527). Pazar büyüklüğü ile kurumsal yapılanma arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=-0,0040). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.16). Sağlık ile mali sistem ve beceriler ile IoT değişkenleri arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, makroekonomik ortam değişkenin tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

Şekil 3.16.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi

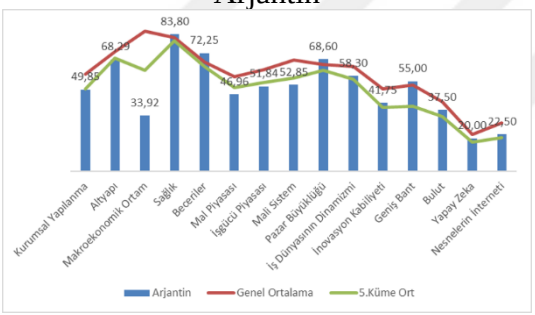


Kümede yer alan ülkelerin ortalaması tüm değişkenlerde genel ortalamadan daha düşüktür. Ayrıca Küme 5, makroekonomik ortam ve işgücü piyasası değişkenlerinde en kötü performansı gösteren kümedir. Kümede kurumsal yapılanma ve mali sistem değişkenlerinde en iyi performansı Ürdün, altyapı, sağlık, pazar büyüklüğü, inovasyon kabiliyeti, geniş bant ve yapay zeka değişkenlerinde en iyi performansı Türkiye, makroekonomik ortam, işgücü piyasası ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde en iyi performansı Sırbistan, beceriler değişkeninde en iyi performansı Arjantin, mal piyasası ve bulut değişkeninde en iyi performansı

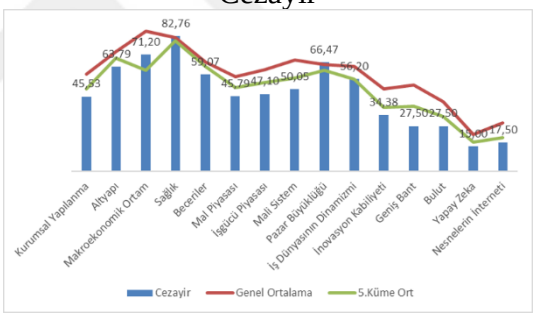
Ukrayna, IoT değişkeninde en iyi performansı Ekvador göstermiştir. Kurumsal yapılanma, altyapı ve pazar büyüklüğü değişkenlerinde en kötü performansı Lübnan, makroekonomik ortam değişkeninde en kötü performansı Arjantin, sağlık ve beceriler değişkeninde en kötü performansı Mısır, mal piyasası, iş dünyasının dinamizmi ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en kötü performansı Ekvador, işgücü piyasası ve geniş bant değişkenlerinde en kötü performansı Cezayir, mali sistem değişkeninde en kötü performansı Ukrayna, bulut değişkeninde en kötü performansı Ürdün, yapay zeka değişkeninde en kötü performansı Cezayir ve Lübnan, IoT değişkeninde en kötü performansı Cezayir, Mısır ve Lübnan göstermiştir. Her ülkenin değişkenlerde aldığı değerler, o değişkenlerin küme ve genel ortalamaları aşağıdaki resimde yer almaktadır (Grafik 3.7).

Grafik 3.7.: Küme 5'te yer alan ülkelerin performansları

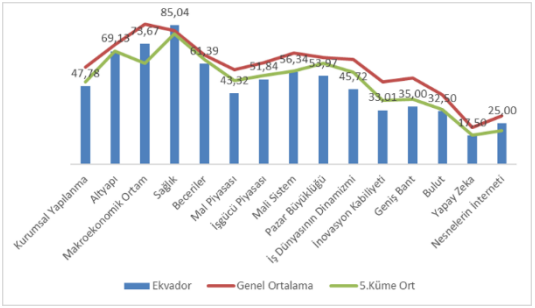
Arjantin



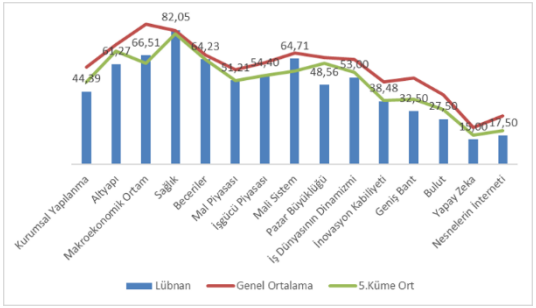
Cezayir



Ekvador

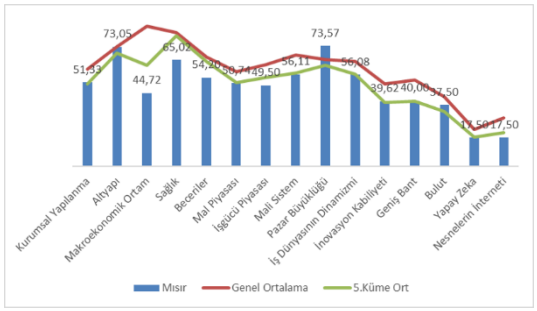


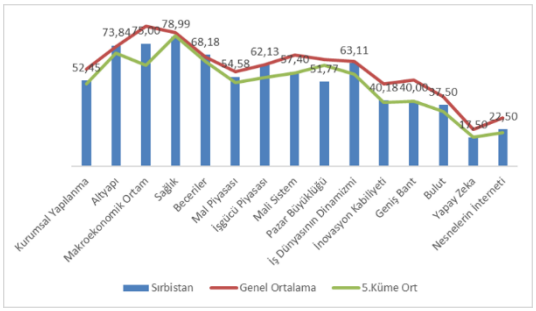
Lübnan



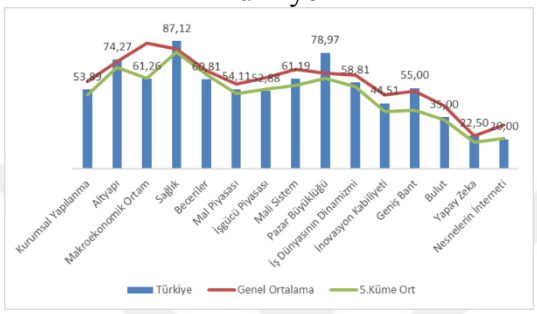
Mısır

Sırbistan

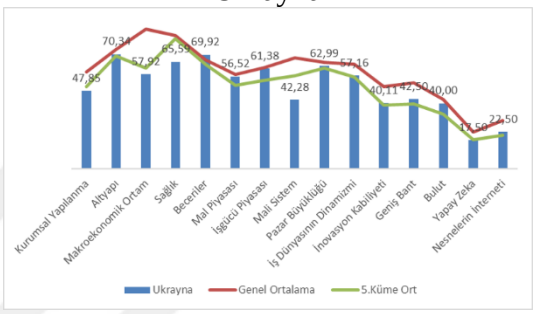




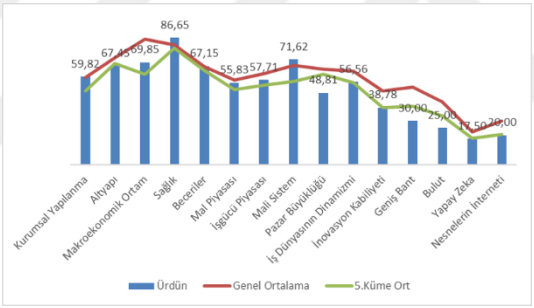
Türkiye



Ukrayna

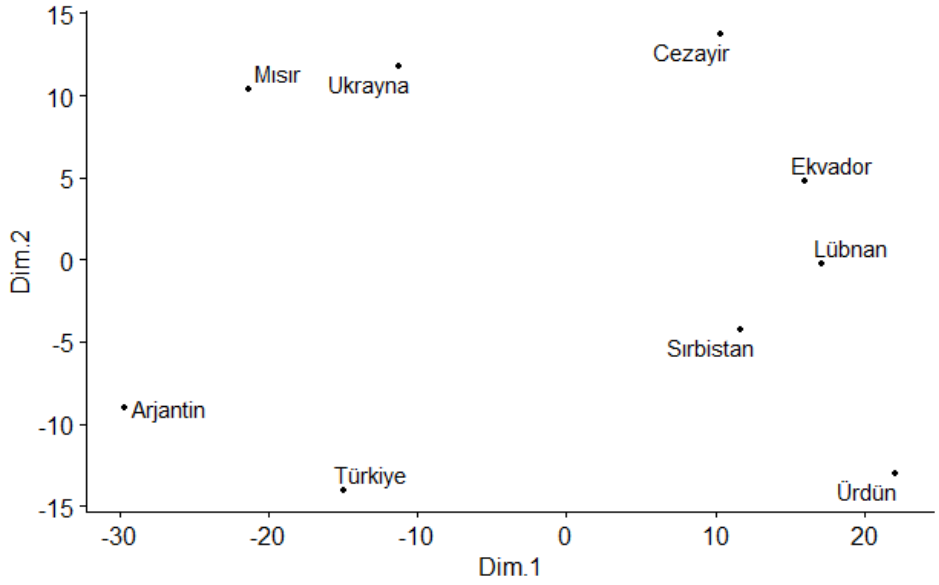


Ürdün



Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.17'de çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Çok boyutlu ölçekleme sonucuna bakıldığında, ülkeler için dokuz benzemez tabiri uygun görülmüştür.

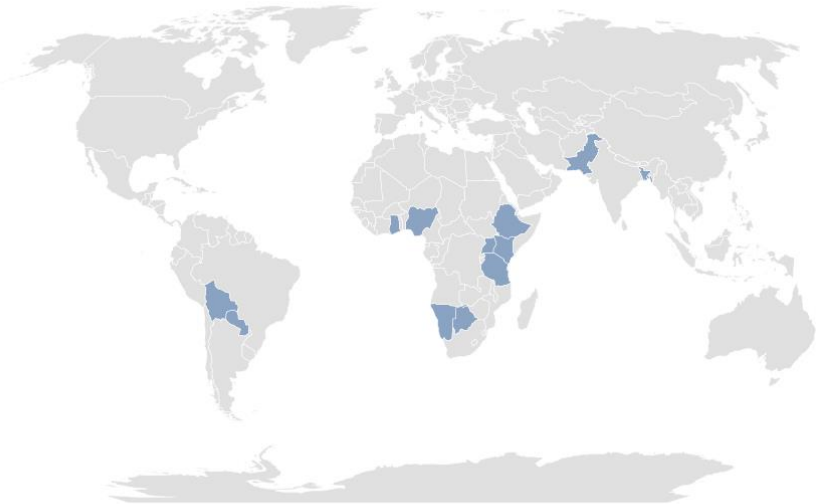
Şekil 3.17.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.7. Küme 6

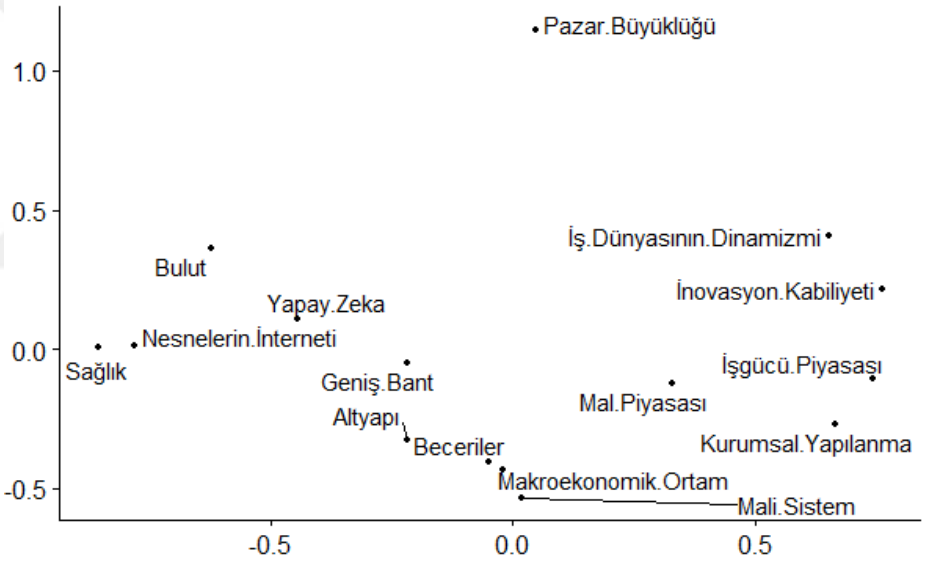
Küme 6'da 12 ülke yer almaktadır. Bu ülkelerin haritadaki konumları Şekil 3.18'de yer almaktadır.

Şekil 3.18.: Küme 6'da yer alan ülkeler



Küme 6'da yer alan değişkenlerin korelasyonları incelenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda en yüksek pozitif ilişki, mali sistem ile altyapı arasında bulunmuştur (r= 0,83018). En yüksek negatif ilişki ise inovasyon kabiliyeti ile sağlık arasındadır (r=-0,6970). İnovasyon kabiliyeti ile altyapı arasında ise neredeyse hiçbir ilişki yoktur (r=-0,00407). Korelasyon değerleri kullanılarak değişkenler çok boyutlu ölçekleme analizi ile iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir (Şekil 3.19). Beceriler, makroekomik ortam ile mali sistem ve sağlık ile IoT değişkenleri arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Ayrıca, pazar büyüklüğü değişkenin tüm değişkenlerden bağımsız bir şekilde durduğu da göze çarpmaktadır.

Şekil 3.19.: Değişken korelasyonlarının çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi

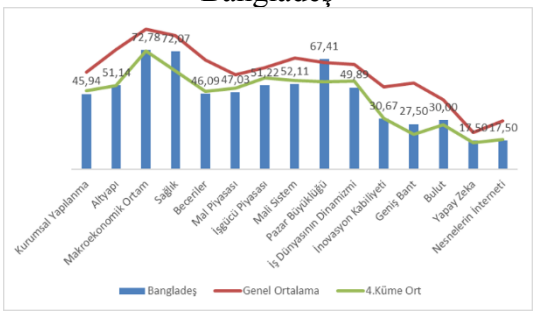


Kümede yer alan ülkelerin ortalaması tüm değişkenlerde genel ortalamadan daha düşüktür. Ayrıca, Küme 6, Venezuela'nın tek başına olduğu Küme 7'den ayrı tutulursa, makroekonomik ortam ve işgücü piyasası değişkenleri dışındaki tüm değişkenlerde, en kötü ortalamaya sahip kümedir. Kümede kurumsal yapılanma, işgücü piyasası ve mali sistem değişkenlerinde en iyi performansı Namibya, altyapı, sağlık ve mal piyasası değişkenlerinde en iyi performansı Paraguay, makroekonomik ortam değişkeninde en iyi performansı Botsvana, beceriler ve IoT değişkeninde en iyi performansı Bolivya, pazar büyüklüğü değişkeninde en iyi performansı Pakistan,

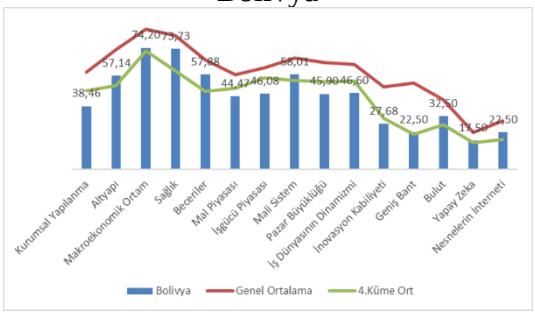
iş dünyasının dinamizmi ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde en iyi performansı Kenya, geniş bant değişkeninde en iyi performansı Bangladeş, Botsvana ve Paraguay, bulut değişkeninde en iyi performansı Bolivya ve Paraguay, yapay zeka değişkeninde en iyi performansı Bangladeş, Bolivya, Namibya, Pakistan ve Paraguay göstermiştir. Kurumsal yapılanma ve işgücü piyasası değişkenlerinde en kötü performansı Bolivya, altyapı, sağlık ve mali sistem değişkenlerinde en kötü performansı Nijerya, makroekonomik ortam değişkeninde en kötü performansı Gana, beceriler, mali sistem ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde en kötü performansı Etiyopya, pazar büyüklüğü değişkeninde en kötü performansı Namibya, inovasyon kabiliyeti değişkeninde en kötü performansı Paraguay, geniş bant değişkeninde en kötü performansı Etiyopya, Tanzanya ve Uganda, bulut değişkeninde en kötü performansı Pakistan, yapay zeka değişkeninde en kötü performansı Botsvana, Etiyopya, Gana, Kenya, Nijerya, Tanzanya ve Uganda, IoT değişkeninde en kötü performansı Bangladeş, Botsvana, Etiyopya, Gana, Kenya, Namibya, Nijerya, Pakistan, Tanzanya ve Uganda göstermiştir. Her ülkenin değişkenlerde aldığı değerler, o değişkenlerin küme ve genel ortalamaları aşağıdaki resimde yer almaktadır (Grafik 3.8).

Grafik 3.8.: Küme 6'da yer alan ülkelerin performansları

Bangladeş

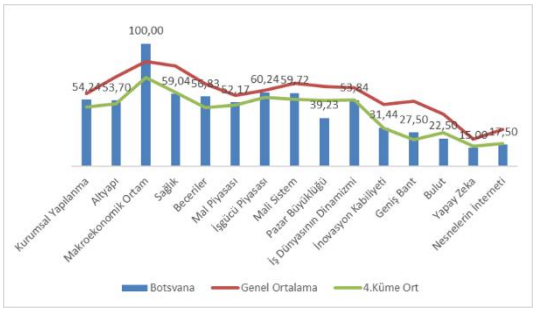


Bolivya

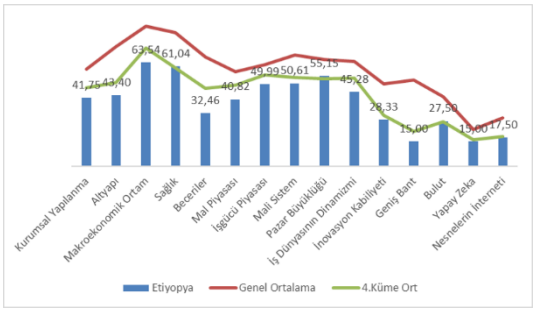


Botsvana

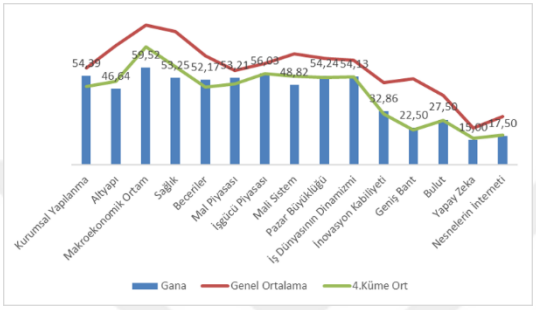
Etiyopya



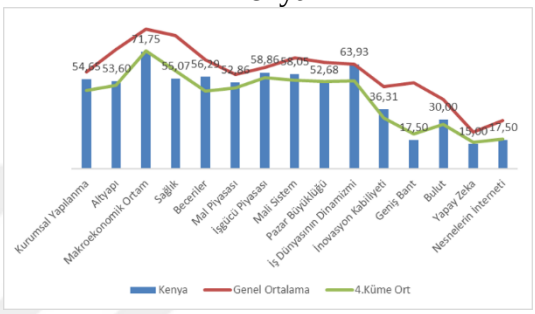
Gana



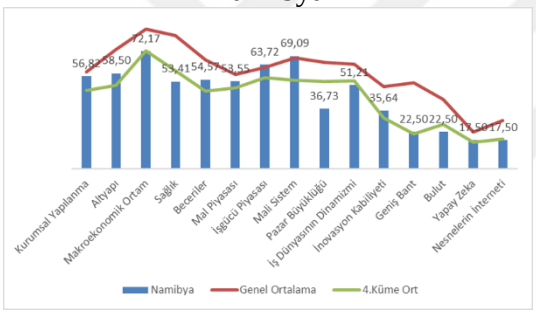
Kenya



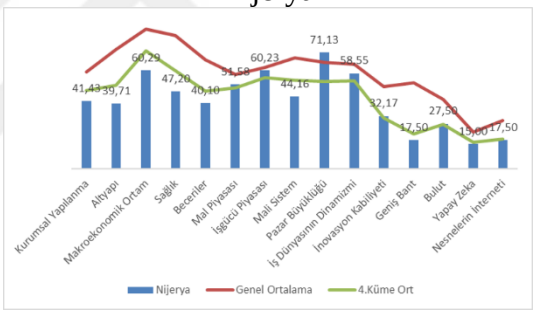
Namibya



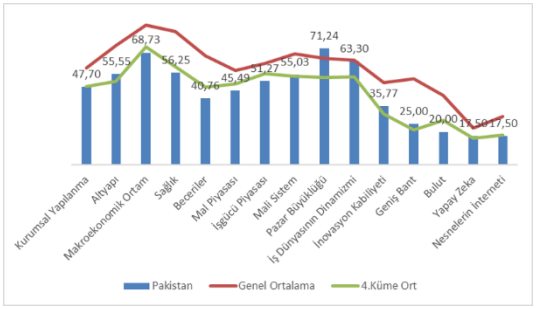
Nijerya



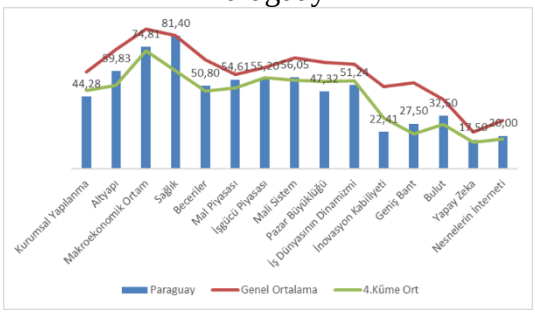
Pakistan



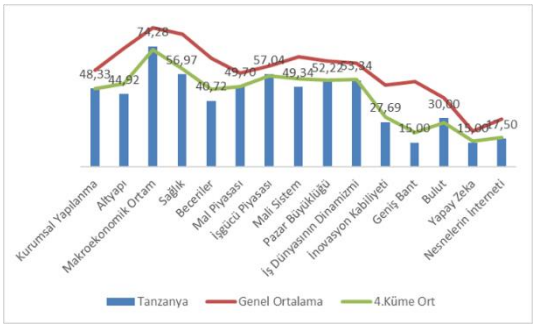
Paraguay

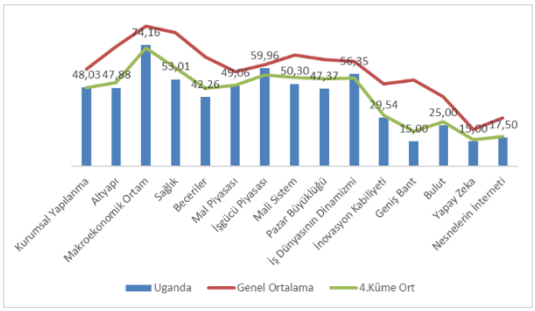


Tanzanya



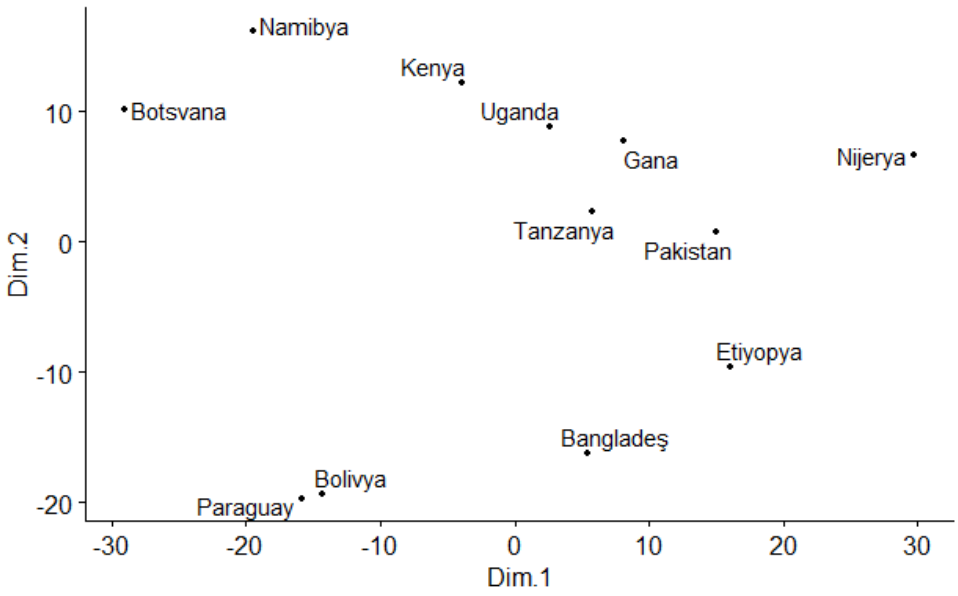
Uganda





Kümede yer alan ülkeler, çok boyutlu ölçekleme ile analiz edilmiş ve benzer ülkeler belirlenmiştir. Şekil 3.20 çok boyutlu ölçekleme sonucu yer almaktadır. Kümede yer alan 2 Güney Amerika ülkesi Bolivya ve Paraguay birbirlerine çok yakın, diğer ülkelere ise uzak konumlanmışlardır. Bu ülkelerin birbirlerine oldukça benzedikleri söylenebilir. Bu iki ülke dışında çok fazla benzeyen ülke görülmemektedir.

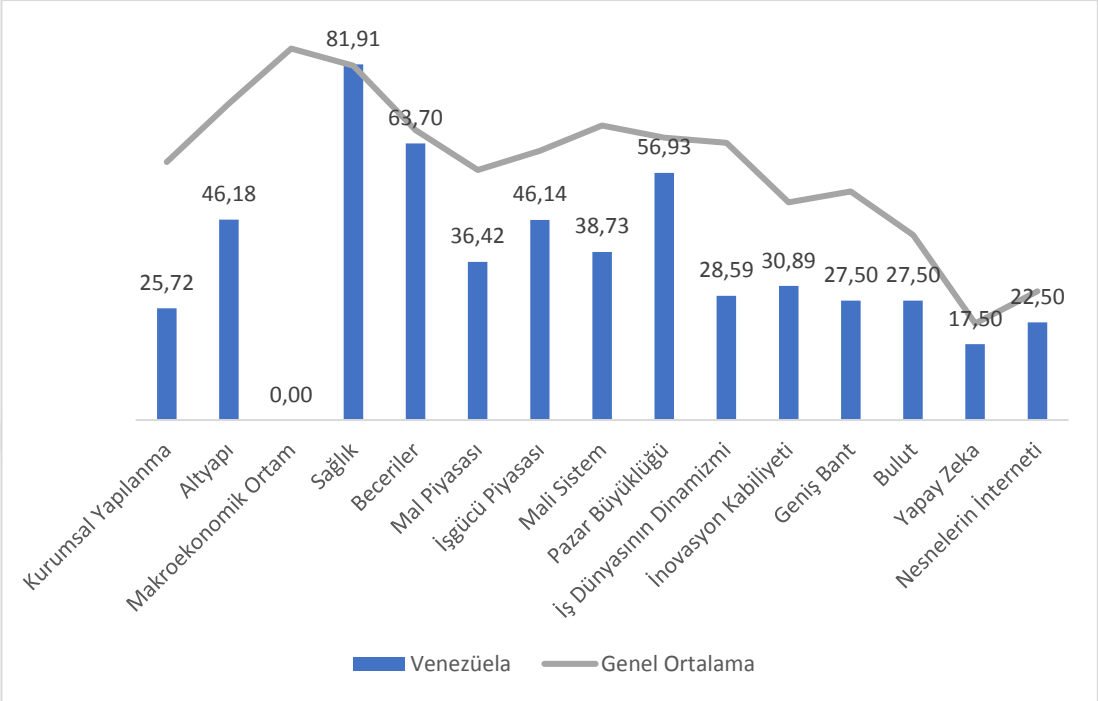
Şekil 3.20.: Ülkelerin çok boyutlu ölçekleme ile gösterimi



3.2.8. Küme 7

Küme 7'de sadece Venezüela yer almaktadır. Venezüela aykırı olmasına rağmen son yıllarda yaşadığı ekonomik ve sistemsel sorunlardan dolayı, tek başına kümelenmesi anlamlı bir sonuç olarak yorumlanabilir. Venezüela'nın değişkenlerinin, ortalamaya göre ne durumda olduğu Grafik 3.9'da yer almaktadır.

Grafik 3.9.: Venezüela'nın performansı

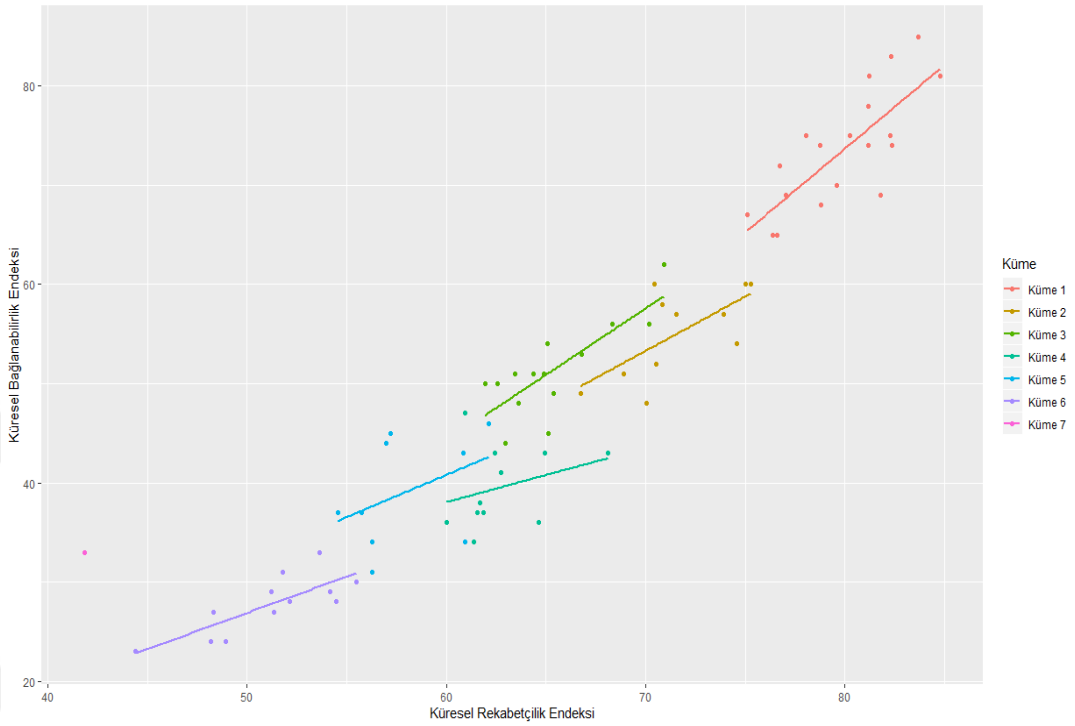


Venezüela'da sağlık değişkeni neredeyse genel ortalama ile aynı değerdedir. Sağlık değişkeni dışında tüm değişkenlerde ortalamanın altında bir performans göstermiştir. Ayrıca Venezüela, kurumsal yapılanma, mal piyasası, mali sistem ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde, tüm ülkeler arasında en kötü değerlere sahiptir.

SONUÇ

Mevcut çalışmada Endüstri 4.0 çağında, belirlenen kriterlere göre benzerlik gösteren ülkelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Dünya Ekonomik Forumu tarafından yayınlanan Küresel Rekabetçilik Endeksi ve Huawei tarafından yayınlanan Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde yer alan toplam 15 değişken ve 78 ülke veri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak, benzer ülkeleri bir araya getirebilmek için hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden k-ortalamalar yöntemi, küme sayısının belirlenmesi için ise dirsek yöntemi uygulanmıştır. Dirsek yöntemi sonucunda, 78 ülkenin 7 kümeye ayrılmasına karar verilmiştir. Küme sayısı belirlendikten sonra k-ortalamalar yöntemi ile kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir ve eleman sayıları sırasıyla; 20, 11, 14, 11, 9, 12, 1 olarak belirlenmiştir. Küme 7'de Venezüela tek başına yer almaktadır. Ülkelerin, Küresel Rekabetçilik Endeksi ve Küresel Bağlanabilirlik Endeksinde aldığı değerler kullanılarak (1 en iyi, 7 en kötü olmak üzere), kümeler sıralanmıştır. Küme üyelikleri de kullanılarak, iki farklı endeks için serpilme grafiği oluşturulmuştur (Grafik 4.1). Grafikte en iyi kümeden en kötü kümeye doğru bir serpilme olduğu görülmektedir. Ayrıca Küme 1 ve Küme 6'nın diğer kümelerden net bir şekilde ayrıldığı görülmektedir.

Grafik 4.1.: İki farklı endeks ve küme iyelikleriyle oluşturulan serpilme grafiği



Küme 1'de 20 ülke yer almaktadır: Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Singapur, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık, ABD. Küme 1, pazar büyüklüğü değişkeni hariç tüm değişkenlerde en iyi performansı gösteren küme konumundadır. Kurumsal yapılanma, altyapı, sağlık, beceriler, işgücü piyasası, mali sistem, iş dünyasının dinamizmi, inovasyon kabiliyeti, geniş bant, bulut, yapay zeka ve IoT değişkenlerinde, diğer kümelere bariz bir üstünlüğü söz konusudur. Makroekonomik ortam ve mal piyasası değişkenlerinde de bir üstünlük söz konusuyken, Küme 2'nin bu değişkenlerde aldığı değerler Küme 1'e oldukça yakındır. Ayrıca, Küme 2, pazar büyüklüğü değişkeninde, Küme 1'den daha iyi bir skora sahiptir. Küme 1'de en iyi skora sahip ülke ABD, en kötü skora sahip ülke ise İrlanda'dır. Bu kümede, küme düşme tehlikesi yaşayan ülkelerin İrlanda, Lüksemburg ve Avusturya söylenebilir.

Küme 2'de 11 ülke yer almaktadır: Şili, Çin, Çek Cumhuriyeti, İtalya, Malezya, Polonya, Portekiz, Rusya, Suudi Arabistan, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri. Küme 2'nin, altyapı, makroekonomik ortam, mali sistem, pazar büyüklüğü ve inovasyon kabiliyeti değişkenlerinde, kendinden daha kötü kümelere karşı net bir üstünlüğü mevcuttur. Geri kalan değişkenlerde ise Küme 3 ile yakın skorlar elde edilmiştir. Küme 2 özellikle sağlık, beceriler, işgücü piyasası ve bulut değişkenlerinde neredeyse Küme 3'le aynı skorlara sahiptir. Bu kümede bir üst kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke İspanya, Çin ve Birleşik Arap Emirlikleri, küme düşme durumu olan ilk 3 ülke ise Rusya, Suudi Arabistan ve Polonya'dır.

Küme 3'de 14 ülke yer almaktadır: Bahreyn, Bulgaristan, Hırvatistan, Estonya, Yunanistan, Macaristan, Kazakistan, Kuveyt, Litvanya, Umman, Romanya, Slovakya, Slovenya, Uruguay. Küme 3, kurumsal yapılanma, altyapı, sağlık, beceriler, geniş bant ve bulut değişkenlerinde, kendinden kötü kümelerden daha iyi skorlar elde etmiş, makroekonomik ortam, mal piyasası, işgücü piyasası, inovasyon kabiliyeti ve IoT değişkenlerinde neredeyse Küme 4 ile benzer skorlara sahiptir. Bunların yanı sıra, mali sistem, pazar büyüklüğü, iş dünyasının dinamizmi ve yapay zeka değişkenlerinde, Küme 4'ten daha kötü değerlere sahiptir. Ayrıca Küme 3, pazar büyüklüğü değişkeninde, Küme 6'dan sonra en kötü performansı gösteren kümedir. Bu kümede bir üst kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke Estonya, Slovenya ve Litvanya, küme düşme şansı olan ilk 3 ülke ise Kazakistan, Hırvatistan ve Umman'dır.

Küme 4'te 11 ülke yer almaktadır: Brezilya, Kolombiya, Hindistan, Endonezya, Meksika, Fas, Peru, Filipinler, Güney Afrika, Tayland, Vietnam. Küme 4, makroekonomik ortam, mali sistem, pazar büyüklüğü ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde kendisinden daha kötü kümelerden daha iyi bir skor, diğer değişkenlerde ise Küme 5'e yakın değerler almıştır. Ayrıca, sağlık ve beceriler değişkenlerinde Küme 5 ve Küme 7(Venezüela)'den, altyapı ve geniş bant değişkenlerinde ise Küme 5'ten daha kötü bir skor elde etmiştir. Bu kümede bir üst

kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke Tayland, Meksika ve Endonezya, küme düşme şansı olan ilk 3 ülke ise Fas, Vietnam ve Filipinler'dir.

Küme 5'te 9 ülke yer almaktadır: Cezayir, Arjantin, Ekvador, Mısır, Ürdün, Lübnan, Sırbistan, Türkiye, Ukrayna. Küme 5, altyapı, sağlık, beceriler, pazar büyüklüğü, inovasyon kabiliyeti, geniş bant ve bulut değişkenlerinde, Küme 6'dan daha iyi, kurumsal yapılanma, mal piyasası, mali sistem, iş dünyasının dinamizmi, yapay zeka ve IoT değişkenlerinde Küme 6 ile yakın değerlere sahiptir. Fakat makroekonomik ortam ve işgücü piyasası değişkenlerinde Küme 6'dan kötü bir performans göstermiştir. Ayrıca, makroekonomik ortam değişkeninde, makroekonomik ortamın bulunmadığı Küme 7 göz ardı edilirse, en kötü performansa sahip olan küme, Küme 5'tir. Bu kümede bir üst kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke Türkiye, Sırbistan ve Ürdün, küme düşme şansı olan ilk 3 ülke ise Cezayir, Lübnan ve Mısır'dır.

Küme 6'da 12 ülke yer almaktadır: Bangladeş, Bolivya, Botsvana, Etiyopya, Gana, Kenya, Namibya, Nijerya, Pakistan, Paraguay, Tanzanya, Uganda. Küme 6, sağlık, beceriler, pazar büyüklüğü, geniş bant, yapay zeka ve IoT değişkenlerinde Küme 7'den bile daha kötü performans göstermiştir. Geri kalan değişkenlerde ise Küme 7'den daha iyi performansa sahiptir. Bu kümede bir üst kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke Botsvana, Paraguay ve Kenya'dır. Venezüela ile yer değiştirme potansiyeli en yüksek olan ülke ise Etiyopya'dır.

Küme 7'de, Venezüela tek başına yer almaktadır. Son yıllarda yaşadığı ekonomik zorluklar nedeniyle, makroekonomik ortam değişkeninde hiçbir varlık gösterememesi, tek başına kümelenmesinde en önemli etkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca yine kurumsal yapılanma, mal piyasası, mali sistem ve iş dünyasının dinamizmi değişkenlerinde aldığı kötü skorlar da nedenlerden biri olarak gösterilebilir. Sağlık değişkeninde ise diğer değişkenlerle kıyaslanacak olursak, neredeyse Küme 3'ün ortalamasına yakın bir skor elde etmiştir.

Türkiye, Küme 5'te Cezayir, Arjantin, Ekvador, Mısır, Ürdün, Lübnan, Sırbistan ve Ukrayna ile birlikte yer almaktadır. Ülkemizin aldığı skorlar, değişken bazında aşağıda değerlendirilmiştir: Bu kümede bir üst kümeye çıkma şansı olan ilk 3 ülke Tayland, Meksika ve Endonezya, küme düşme şansı olan ilk 3 ülke ise Fas, Vietnam ve Filipinler'dir.

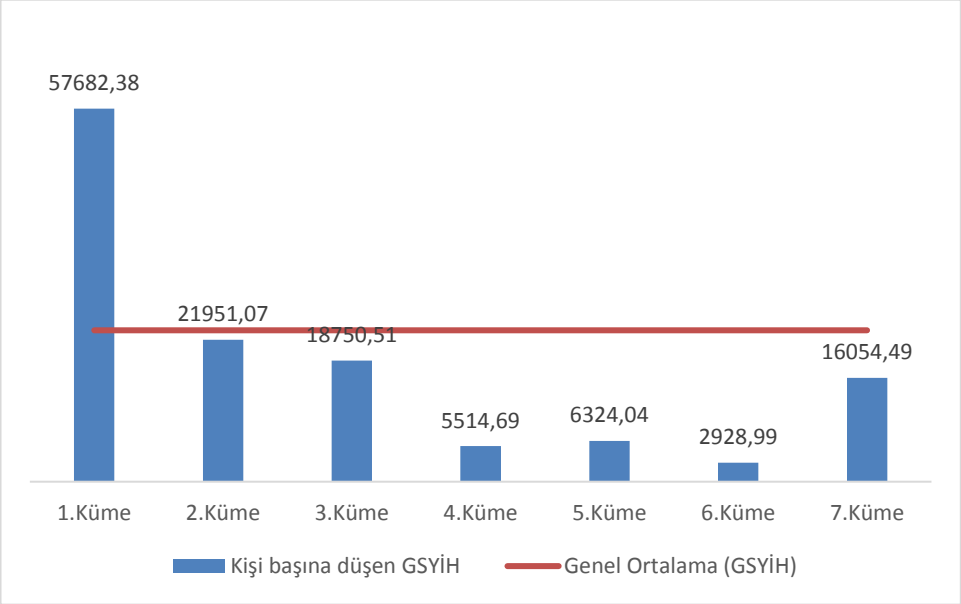
- **Kurumsal yapılanma:** Türkiye, Küme 4'ün ortalamasından, hatta Küme 2'de yer alan Rusya'dan daha iyi bir skora sahiptir. Bu değişkenin daha iyi bir skora sahip olabilmesi için güvenlik (özellikle terörizm) ve güçler ayrılığı alt boyutlarının iyileşmesi gerekmektedir.
- **Altyapı:** Türkiye, Küme 3'ün ortalamasında ve yine Küme 2'de yer alan Rusya'dan daha iyi bir skora sahiptir. Daha iyi bir skor için yardımcı (utility) altyapıda yer alan değişkenler iyileştirilmelidir.
- **Makroekonomik ortam:** Türkiye'nin en kötü olduğu değişkendir ve sıralama olarak analizde yer alan 78 ülke içerisinde, 72. sırada yer almaktadır. Türkiye'den daha kötü ülkeler, 73. sıradan itibaren şu şekildedir: Nijerya, Gana, Ukrayna, Mısır, Arjantin ve Venezüela. Türkiye, bu ülkelerden Ukrayna, Mısır ve Arjantin ile aynı kümede yer almaktadır. Bu değişkenin çok daha iyi performans göstermesi durumunda, Türkiye daha iyi kümelere geçme şansını arttıracaktır.
- **Sağlık:** Türkiye, Küme 2'nin, Küme 1'de yer alan ABD'den daha iyi bir skor elde etmiştir.
- **Beceriler:** Türkiye, tüm küme ortalamalarından kötü bir skora sahiptir. Bu değişken altında yer alan mevcut işgücü, mevcut işgücü becerileri ve gelecek işgücü becerileri skorlarının oldukça kötü olduğu söylenebilir. Endüstri 4.0 çağında, nitelikli işgücü çok önemli olduğu için, özellikle gelecek işgücü becerilerinin daha iyi olması için çaba sarf edilmelidir.
- **Mal piyasası:** Türkiye, Küme 4'ün ortalamasına yakın olmakla birlikte daha iyi bir skor alabilmek için ticarette açıklık alt boyutu iyileştirilmelidir.

- **İşgücü piyasası:** Türkiye, kendi küme ortalamasının da altında bir skora sahiptir. Rekabetçi bir ülke konumuna gelebilmek için, bu değişken altında yer alan tüm alt boyutların iyileştirilmesi gerekmektedir.
- **Pazar büyüklüğü:** Türkiye, tüm ülkeler arasında en iyi 13.ülke konumundadır. Ayrıca tüm küme ortalamalarından daha iyi bir skora sahiptir.
- **İş dünyasının dinamizmi:** Kendi küme ortalamasının üzerinde olmasına rağmen daha iyi bir skor alabilmek için idari gereksinimlerin iyileştirilmesi ve girişimciliğin teşvik edilmesi gerekmektedir.
- **İnovasyon kabiliyeti:** Türkiye, Küme 3'ün ortalamasından daha iyi bir skora sahiptir. Buna rağmen daha iyi bir skor elde edebilmek için etkileşim ve çeşitlilik ile ticarileştirme alt boyutlarının daha iyi bir skora sahip olması gerekmektedir.
- **Endüstri 4.0 bileşenleri:** Türkiye'nin en iyi olduğu değişken yapay zeka değişkenidir. Yapay zeka değişkeninde Türkiye, Küme 2'nin ortalamasından, geniş bant değişkeninde ise Küme 3'ün ortalamasından daha yüksek bir değer elde etmiştir. Bulut ve IoT değişkeninde ise kendi kümesinin ortalamasına yakın bir skor elde etmiştir.

Endekslere ek olarak kümeleri kıyaslamak amacıyla, büyümenin önemli göstergelerinden biri olan kişi başına düşen GSYİH'den de yararlanılmıştır. Kümelerin kişi başına düşen GSYİH ortalaması Grafik 4.2'de yer almaktadır. Grafiğe bakıldığı zaman, Küme 1'in açık bir şekilde diğer kümelerden ayrıldığı görülmektedir. Küme 2 ve Küme 3 ise birbirlerine yakın değerler almıştır, bu sebeple kişi başına düşen GSYİH değerine göre benzedikleri söylenebilir. Kişi başına düşen GSYİH'nin kümelere göre farklılaşıp farklılaşmadığının tespiti için ANOVA yapılmıştır (Küme 7'de sadece 1 ülke olduğu için analiz dışında tutulmuştur.). Grafik, yapılan ANOVA'yı desteklemektedir. ANOVA sonucunda Küme 1'in diğer kümelerle bir benzerlik göstermediği, Küme 2 ile Küme 3 ve Küme 4, Küme 5 ile Küme 6'nın birbirlerine benzediği ortaya çıkmıştır. Endeks değerlerine göre en kötü küme olan Küme 7, kişi başına düşen GSYİH'de Küme 6, Küme 5 ve Küme 4'te yer

alan tüm ülkelerden daha yüksek değere sahiptir. Bu tezata neden olan durum ise OPEC tarafından kanıtlanmış petrol rezervlerinin %25,5'inin (302,81 milyar varil) Venezüela'da yer almasıdır (OPEC, t.y.). Venezüela'nın, 2018 yılında yaptığı, toplam ihracatın %99'u kapsayan yaklaşık 34,7 milyar dolarlık petrol ihracatının (Venezuela, t.y.) çağın gerekliliklerine uygun olarak geri dönüşümünü sağlayamadığı söylenebilir.

Grafik 4.2.: Kümelerin kişi başına düşen GSYİH ortalamaları



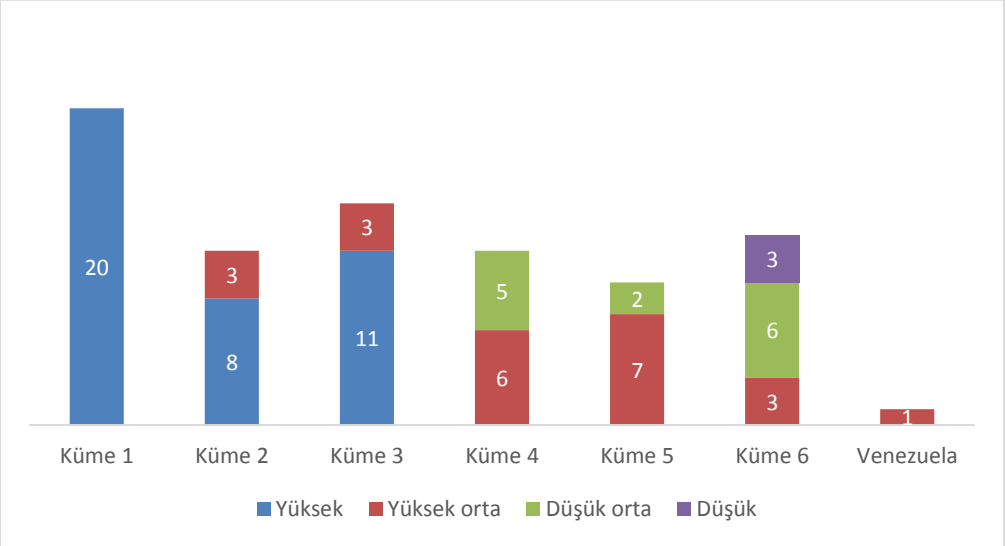
Grafik 4.3'te, kümelerde yer alan ülkelerin, gelir grupları görülmektedir. Dünya Bankası gelir gruplarını dört başlıkta sınıflandırmaktadır:

- Düşük gelir grubu: 1025 $ veya daha az kişi başına düşen gayri safi milli gelir,
- Düşük orta gelir grubu: 1026 $ - 3995 $ arası kişi başına düşen gayri safi milli gelir,
- Yüksek orta gelir grubu: 3996 $ - 12375$ arası kişi başına düşen gayri safi milli gelir,

- Yüksek gelir grubu: 12376 $ veya daha fazla kişi başına düşen gayri safi milli gelir.

Analizde yer alan 78 ülkenin 39'u yüksek, 23'ü yüksek orta, 13'ü düşük orta ve 3'ü düşük gelir grubunda yer almaktadır. Küme 1'de yer alan ülkelerin tamamı yüksek gelir grubundadır. Yüksek gelir grubunda bulunan 39 ülkenin tamamı Küme 1, Küme 2 ve Küme 3'te yer almaktadır. Ayrıca düşük orta gelir grubunda bulunan ülkelerin tamamı Küme 4, Küme 5 ve Küme 6'da, düşük gelir grubunda bulunan ülkelerin tamamı ise Küme 6'da yer almaktadır. Türkiye'nin de içinde olduğu Küme 5'te bulunan, Ukrayna ve Mısır hariç tüm ülkeler yüksek orta gelir grubunda yer almaktadır. Bu açıdan bakılacak olursa, Küme 5'te yer alan ülkelerin gelir gruplarının Küme 4'ten (6 yüksek orta, 5 düşük orta gelir grubu) daha iyi olduğu ifade edilebilir. Buna karşılık, Küme 5'in endekslerde aldığı skor ortalaması, Küme 4'ten kötüdür. Küme 4 ile Küme 5 pek çok değişken açısından birbirlerine yakın ortalamalara sahiptir. Fakat özellikle makroekonomik ortam ve pazar büyüklüğü boyutlarında Küme 4, Küme 5'ten oldukça iyi değerlere sahiptir. Endeks kapsamında, Küme 4'ün Küme 5'ten daha iyi bir küme olarak değerlendirilmesinin nedeni olarak bu 2 boyut gösterilebilir.

Grafik 4.3.: Kümelerde yer alan ülkelerin gelir gruplarının dağılımı



Türkiye ile aynı gelir grubunda yer alıp, daha iyi kümede yer alan ülkeler aşağıda yer almaktadır. Bu ülkelerin, boyutlarda ortalaması alındığı zaman Türkiye altyapı, sağlık, pazar büyüklüğü, geniş bant ve yapay zeka boyutlarında ortalamadan daha iyi bir skora sahiptir. Geri kalan tüm değişkenlerde ise ortalamadan kötü bir skora sahiptir. Özellikle makroekonomik ortam, işgücü piyasası ve bulut değişkenlerinde diğer ülkelerden daha kötü bir performans gösterdiği söylenebilir. Bu bağlamda, Türkiye'nin daha iyi kümelerde yer alabilmesi için özellikle bu değişkenlerde daha bir performans göstermesi gerekmektedir.

- Küme 2: Çin, Malezya, Rusya
- Küme 3: Bulgaristan, Kazakistan, Romanya
- Küme 4: Brezilya, Kolombiya, Meksika, Peru, Güney Afrika, Tayland.

KAYNAKÇA

Abou-Zahra, Shadi, Judy Brewer, and Michael Cooper. "Web standards to enable an accessible and inclusive internet of things (IoT)." *Proceedings of the 14th Web for All Conference on The Future of Accessible Work*. 2017.

Ada, Ayşen Altun. "Kümeleme analizi ile ab ülkeleri ve Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirilmesi." *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 29 (2011).

Akın, Besim H., and Özge Eren. "OECD ülkelerinin eğitim göstergelerinin kümeleme analizi ve çok boyutlu ölçekleme analizi ile karşılaştırmalı analizi." *Öneri Dergisi* 10.37 (2012): 175-181.

Alçın, Sinan. "Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0." Journal of Life Economics 3.2 (2016): 19-30.

Altınok, Yusuf. "Veri madenciliğinde hiyerarşik kümeleme algoritmalarının uygulamalı karşılaştırılması." (2019) yüksek lisans tezi

Armbrust, Michael, et al. "A view of cloud computing." *Communications of the ACM* 53.4 (2010): 50-58.

Arora, Preeti, and Shipra Varshney. "Analysis of k-means and k-medoids algorithm for big data." *Procedia Computer Science* 78 (2016): 507-512.

Arslan, Ümit Çağlayan, and Yelda Hatice Demirağ. "Sanayi Devrimi: Sonuçları Ve Uluslararası Sisteme Yansımaları." (2017).

Ashton, Kevin. "That 'internet of things' thing." *RFID journal* 22.7 (2009): 97-114.

Azuma, Ronald T. "A survey of augmented reality." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6.4 (1997): 355-385.

Azuma, Ronald, et al. "Recent advances in augmented reality." *IEEE computer graphics and applications* 21.6 (2001): 34-47.

Bache, Stefan Milton, and Hadley Wickham. "magrittr: a forward-pipe operator for R." *R package version* 1.1 (2014).

Bahrin, Mohd Aiman Kamarul, "Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic." *Jurnal Teknologi* 78.6-13 (2016): 137-143.

et al.

Bandyopadhyay, Amit, T. P. Gualtieri, and Susmita Bose. "Global engineering and additive manufacturing." *Additive Manufacturing* 1 (2015): 9-11.

Barroso, José Manuel. "Europe's energy policy and the third industrial revolution." *speech by President of the European Commission at Loyola de Palacio energy conference, Madrid*. Vol. 1. 2007.

Berry, Michael JA, and Gordon S. Linoff. *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer relationship management*. John Wiley & Sons, 2004.

Bholowalia, Purnima, and Arvind Kumar. "EBK-means: A clustering technique based on elbow method and k-means in WSN." *International Journal of Computer Applications* 105.9 (2014).

Blinder, Alan S. "Offshoring: the next industrial revolution?." *Foreign affairs* (2006): 113-128

Blumin, Stuart M. "Driven to the City: Urbanization and Industrialization in the Nineteenth Century." *OAH Magazine of History* 20.3 (2006): 47-53.

Borg, A. "How will the Fourth Industrial Revolution affect economic policy." *World Economic Forum, Davos, January*. Vol. 28. 2016.

Castells, Manuel. "Enformasyon çağı: Ekonomi, toplum ve kültür birinci cilt ağ toplumunun yükselişi." (2005).

Chandler, Alfred D. "Organizational capabilities and the economic history of the industrial enterprise." *Journal of economic perspectives* 6.3 (1992): 79-100.

Charrad, Malika, et al. "Package 'nbclust'." *Journal of statistical software* 61 (2014): 1-36.

Chen, Min, Shiwen Mao, and Yunhao Liu. "Big data: A survey." *Mobile networks and applications* 19.2 (2014): 171-209.

Chen, Yubao. "Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and enablers." *Engineering* 3.5 (2017): 588-595.

Clark II, Woodrow W., and MJ Grant "The Third Industrial Revolution." *Sustainable Communities Design Handbook*. Butterworth-Heinemann, 2010. 9-22.

Cooke.

Crafts, Nicholas FR. "The first industrial revolution: A guided tour for growth economists." *The American Economic Review* (1996): 197-201.

Çakır Zeytinoğlu, Filiz. "Kümeleme analizi: kültür istatistiklerine göre illerin sınıflandırılmasına yönelik bir çalışma." (2014). tez

Çakmak, Zeki. "Kümeleme Analizinde Geçerlilik Problemi Ve Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirmesi." *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 3 (1999).

Çeliktaş, Melih, and Günnur Koçar. "Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası." (2015).

Davies, Ron. "Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth." *European Parliamentary Research Service* 10 (2015).

Deane, Phyllis M. The first industrial revolution. Cambridge University Press, 1979.

Derya, Birant. "Farklı bağlantı yöntemleri ile hiyerarşik kümeleme topluluğu." *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi* 7.1 (2019): 154-164.

Dilberoglu, Ugur M., et al. "The role of additive manufacturing in the era of industry 4.0." *Procedia Manufacturing* 11 (2017): 545-554.

Dmowski, J., et al. "Przemysł 4.0 PL–Szansa czy zagrożenie dla rozwoju innowacyjnej gospodarki." *The Boston Consulting Group, Warszawa* (2016).

Dopico, M., et al. "A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view." *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI)*. The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2016.

Ergüt, Özlem. "Uzaklık ve benzerlik ölçülerinin kümeleme sonuçlarına etkisi." (2011).

Frader, Laura Levine. *The industrial revolution: a history in documents*. Oxford University Press, 2005.

Fraga-Lamas, Paula, et al. "A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard." *Ieee Access* 6 (2018): 13358-13375.

Frey, Carl "The future of employment: How susceptible are jobs to

Benedikt, and Michael A. Osborne. computerisation?." *Technological forecasting and social change* 114 (2017): 254-280.

Gandomi, Amir, and Murtaza Haider. "Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics." *International journal of information management* 35.2 (2015): 137-144.

Gilchrist, Alasdair. "Introducing Industry 4.0." *Industry 4.0*. Apress, Berkeley, CA, 2016. 195-215.

Goldsman, David, Richard E. Nance, and James R. Wilson . "A brief history of simulation revisited." *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. IEEE, 2010.

Gordon, Robert J. *Is US economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*. No. w18315. National Bureau of Economic Research, 2012.

Grimm, Laurence G., and Paul R. Yarnold. *Reading and understanding multivariate statistics*. American Psychological Association, 1995.

Gubán, Miklós, and György Kovács. "Industry 4.0 conceptıon." *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering* 10.1 (2017): 111.

Guo, Nannan, and Ming C. Leu. "Additive manufacturing: technology, applications and research needs." *Frontiers of Mechanical Engineering* 8.3 (2013): 215-243.

Gülseçen, Sevinç "Bir Değer Olarak Bilgi ve Bilginin Yönetimi." *Türk Kütüphaneciliği* (2014), 28(1), 62-68.

Gülsever, Teoman. "Teknolojik Gelişme, Enformasyon Teknolojisi, Esnek Üretim ve Esnek Uzmanlaşma." TMMOB Makine Mühendisleri Odası (1989).

Günay, Durmuş. "Sanayi ve Sanayi Tarihi." Mimar ve Mühendis Dergisi 31 (2002): 8-14.

Hair, Joseph F., et al. "Multivariate data analysis: Pearson new international edition." *Essex: Pearson Education Limited* (2014).

Han, Jiawei, Jian Pei, and Micheline *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.

Kamber.

Hashem, Ibrahim Abaker Targio, et al. "The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues." *Information systems* 47 (2015): 98-115.

He, Hongmei, et al. "The security challenges in the IoT enabled cyber-physical systems and opportunities for evolutionary computing & other computational intelligence." *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*. IEEE, 2016.

Heng, Stefan. "Industry 4.0." *Upgrading of Germany’s industrial capabilities on the horizon, Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research* (2014).

Hervada-Sala, Carme, and Eusebi Jarauta-Bragulat. "A program to perform Ward's clustering method on several regionalized variables." *Computers & Geosciences* 30.8 (2004): 881-886.

Hossain, M. Shamim, and Ghulam Muhammad. "Cloud-assisted industrial internet of things (iiot)–enabled framework for health monitoring." *Computer Networks* 101 (2016): 192-202.

Huawei. GCI 2019: Igniting the Growth that Counts. (t.y.) Erişim Tarihi Aralık 16, 2019, from https://www.huawei.com/minisite/gci/en/methodology.html.

Hussein, Ahmed, et al. "Advanced lattice support structures for metal additive manufacturing." *Journal of Materials Processing Technology* 213.7 (2013): 1019-1026.

ITU Series X: Data Networks, Open System Communicatıons And Security. Erişim Tarihi 17 Nisan 2019, https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-X.1205-200804-I!!PDF-E&type=items, 2008

İslamoğlu, Ahmet Hamdi, and Ü. Alnıaçık. "Sosyal bilimlerde araştirma yöntemleri." *Içinde (511). İstanbul: Beta Yayınevi* (2014).

Jain, Anil K. "Data clustering: 50 years beyond K-means." *Pattern recognition letters* 31.8 (2010): 651-666.

Jain, Anil K., M. Narasimha Murty, and “Data clustering: a review." *ACM computing surveys (CSUR)* 31.3 (1999): 264-323.

Patrick J. Flynn.

Jänicke, Martin, and Klaus Jacob. "A Third Industrial Revolution? Solutions to the crisis of resource-intensive growth." *Solutions to the Crisis of Resource-Intensive Growth* (2009).

Jazdi, Nasser. "Cyber physical systems in the context of Industry 4.0." *2014 IEEE international conference on automation, quality and testing, robotics*. IEEE, 2014.

Joerg, Baten, Mira d'Ercole Marco, and Rijpma Auke. *How Was Life? Global Well-being since 1820: Global Well-being since 1820*. OECD Publishing, 2014.

Jones, Charles I. "Was an industrial revolution inevitable? Economic growth over the very long run." *Advances in macroeconomics* 1.2 (2001).

Kabak, Mehmet, Fatih Sağlam, and Ahmet Aktas. "Farklı uzaklık hesaplama yaklaşımlarının TOPSIS üzerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi." *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University* 32.1 (2017).

Kabaklarlı, Esra. *Endüstri 4.0 ve paylaşım ekonomisi: Dünya ve Türkiye ekonomisi için fırsatlar, etkiler ve tehditler*. Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.

Kagermann, Henning, et al. . *Industrie 4.0 in a Global Context: strategies for cooperating with international partners*. Herbert Utz Verlag, 2016.

Kagermann, Henning. "Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0." *Management of permanent change*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015. 23-45.

Kalaycı, Şeref. *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Vol. 7. Ankara, Turkey: Asil Yayın Dağıtım, 2010.

Kangallı, Sinem Güler, Umut Uyar, and Selçuk Buyrukoğlu. "OECD Ülkelerinde Ekonomik Özgürlük: Bir Kümeleme Analizi." *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya Isletme Fakültesi Dergisi* 6.3 (2014).

Kassambara, Alboukadel, and Fabian Mundt. "Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses." *R package version* 1.4 (2017): 2017.

Kassambara, Alboukadel. "ggpubr:"ggplot2" based publication ready plots." *R package version 0.1* 6 (2017).

Katal, Avita, Mohammad Wazid, and Rayan H. Goudar. "Big data: issues, challenges, tools and good practices." *2013 Sixth international conference on contemporary computing (IC3)*. IEEE, 2013.

Khan, Ali-ud-din M., Uddin, Muhammad Fahim, and Navarun Gupta. "Seven V's of Big Data understanding Big Data to extract value." Proceedings of the 2014 zone 1 conference of the American Society for Engineering Education. IEEE, 2014.

Khoo, Zhong Xun, et al. "3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing." *Virtual and Physical Prototyping* 10.3 (2015): 103-122.

Klitou, Demetrius, and Johannes Conrads. "Morten Rasmussen Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe." Digital Transformation Monitor. 2017.

Koch, Volkmar, et al. "Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet." *Strategy & PwC* (2014).

Kodinariya, Trupti M., and Prashant R. Makwana. "Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering." *International Journal* 1.6 (2013): 90-95.

Kotu, Vijay, and Bala Deshpande. *Data Science: Concepts and Practice*. Morgan Kaufmann, 2018.

Kunii, Tosiyasu L. "The 3rd industrial revolution through integrated intelligent processing systems." *1997 IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems (Cat. No. 97TH8335)*. Vol. 1. IEEE, 1997.

Küçükkalay, A. Mesut. "Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi." *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2.2 (1997).

Labor, Child. "Industrial revolution." *Bloomington: Indiana* (1990).

Lasi, Heiner, et al. "Industry 4.0." *Business & information systems engineering* 6.4 (2014): 239-242.

Lee, Jay, Hung-An Kao, and “Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big

Shanhu Yang. data environment." *Procedia Cirp* 16.1 (2014): 3-8.

Likas, Aristidis, Nikos Vlassis, and Jakob J. Verbeek. "The global k-means clustering algorithm." *Pattern recognition* 36.2 (2003): 451-461.

Lu, Yang. "Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues." *Journal of Industrial Information Integration* 6 (2017): 1-10.

Madhulatha, T. Soni. "An overview on clustering methods." *arXiv preprint arXiv:1205.1117* (2012).

Mahiroğulları, Adnan. "Küreselleşmenin kültürel değerler üzerine etkisi." *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi* 50 (2005): 1275-1288.

Malý, Ivo, David Sedláček, and Paulo Leitao. "Augmented reality experiments with industrial robot in industry 4.0 environment." *2016 IEEE 14th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. IEEE, 2016.

McAfee, Andrew, et al. "Big data: the management revolution." *Harvard business review* 90.10 (2012): 60-68.

Mell, Peter, and Tim Grance. “The NIST definition of cloud computing." (2011).

Milligan, Glenn W., and Martha C. Cooper. "Methodology review: Clustering methods." *Applied psychological measurement* 11.4 (1987): 329-354.

Mokyr, Joel. "The second industrial revolution, 1870-1914." *Storia dell’economia Mondiale* 21945 (1998).

More, Charles. *Understanding the industrial revolution*. Routledge, 2002.

Mourtzis, D., E. Vlachou, and N. J. P. C. Milas. "Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing." *Procedia cirp* 55 (2016): 290-295.

Nakip, Mahir. *Pazarlama araştırmaları, teknikler ve (SPSS destekli) uygulamalar*. Seçkin Yayıncılık, 2006.

Näres, Sami. "IoT as a Smart Home Implementation: Automation of Air Humidifier." (2016).

Navab, Nassir. "Industrial augmented reality (IAR): challenges in design and commercialization of killer apps." *Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented*

Reality. IEEE Computer Society, 2003.

O'Halloran, Derek, and Elena Kvochko. "Industrial internet of things: unleashing the potential of connected products and services." *World Economic Forum*. Vol. 40. 2015.

Ogunde, Nicholas A., and Jörn Mehnen. "Factors affecting cloud technology adoption: potential user's perspective." *Cloud Manufacturing*. Springer, London, 2013. 77-98.

OPEC OPEC Share of World Crude Oil Reserves. (t.y.). Retrieved January 13, 2020, from https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm?fbclid=IwAR0tU8TwmJsJSJq0D4DzwTn2JzWzmhwEabOuWKCMo9QQ3InvKMhX4aLXyo.

Orhunbilge, Neyran. Uygulamalı Regresyon ve Korelesyon Analizi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın, Gözden Geçirilmiş 2, (2002).

Özdoğan, Ogan. *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. Pusula, 2017.

Özkan, Yalçın. *Veri madenciliği yöntemleri*. Papatya Yayıncılık Eğitim, 2008.

Park, Hae-Sang, Jong-Seok Lee, and Chi-Hyuck Jun. "A K-means-like Algorithm for K-medoids Clustering and Its Performance." *Proceedings of ICCIE* (2006): 102-117.

Perez, Carlota. *Technological revolutions and financial capital*. Edward Elgar Publishing, 2003.

PWC PricewaterhouseCoopers AG WPG (2014). PwC: Industry 4.0 – Opportunities and Challanges of the Industrial Internet. Erişim Tarihi 26 Kasım 2018 http://www.pwc.de/de/digitaletransformation/pwc-studie-industrie-4-0-steht-vor-dem-durchbruch.jhtm

Qi, Qinglin, and Fei Tao. "Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison." *Ieee Access* 6 (2018): 3585-3593.

Qin, Jin, Ying Liu and Roger Grosvenor "A categorical framework of manufacturing for ındustry 4.0 and beyond" *Procedia cirp* 52 (2016): 173-178

Rani, Yogita, and Harish "A study of hierarchical clustering algorithm." *ter S & on Te SIT-2* (2013): 113.

Rohil.

Rasmussen, Edie M. "Clustering algorithms." *Information retrieval: data structures & algorithms* 419 (1992): 442.

Rençber, Ömer Faruk. "Veri Madenciliğinde Kullanılan Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırılması Üzerine Bir İnceleme." *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7.3 (2019): 1671-1685.

Reynolds, Alan P., Graeme Richards, and Vic J. Rayward-Smith. "The application of k-medoids and pam to the clustering of rules." *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.

Rifkin, Jeremy. "Leading the way to the third industrial revolution." *European Energ Rev* 1 (2008).

Rifkin, Jeremy. "How the third industrial revolution will create a green economy." *New Perspectives Quarterly* 33.1 (2016): 6-10.

Rifkin, Jeremy. The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world. Macmillan, 2011.

Roblek, Vasja, Maja Meško, and Alojz Krapež. "A complex view of industry 4.0." *Sage Open* 6.2 (2016): 2158244016653987.

Rodič, Blaž. "Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm." *Organizacija* 50.3 (2017): 193-207.

Rojko, Andreja. "Industry 4.0 concept: background and overview." *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)* 11.5 (2017): 77-90.

Rose, Karen, Scott Eldridge, and Lyman Chapin. "The internet of things: An overview." *The Internet Society (ISOC)* 80 (2015).

Rosen, Roland, et al. "About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing." *IFAC-PapersOnLine* 48.3 (2015): 567-572.

Rosendahl, Ronald, et al. "Industry 4.0 value networks in legacy systems." *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*. IEEE, 2015.

Russom, Philip. "Big data analytics." *TDWI best practices report, fourth quarter* 19.4 (2011): 1-34.

Rüßmann, Michael, et al. "Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries." *Boston Consulting Group* 9.1 (2015): 54-89.

Sadeghi, Ahmad-Reza, Christian Wachsmann, and Michael Waidner. "Security and privacy challenges in industrial internet of things." *2015 52nd ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC)*. IEEE, 2015.

Saggi, Mandeep Kaur, and Sushma Jain. "A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation." *Information Processing & Management* 54.5 (2018): 758-790.

Saldivar, Alfredo Alan Flores, et al. "Industry 4.0 with cyber-physical integration: A design and manufacture perspective." *2015 21st international conference on automation and computing (ICAC)*. IEEE, 2015.

Sarıman, Güncel. "Veri madenciliğinde kümeleme teknikleri üzerine bir çalışma: k-means ve k-medoids kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması." *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 15.3 (2011): 192-202.

Schumacher, Andreas, Selim Erol, and Wilfried Sihn. "A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises." *Procedia Cirp* 52.1 (2016): 161-166.

Schwab, Klaus, ed. "The global competitiveness report 2009-2010." World Economic Forum, 2009.

Schwab, Klaus, ed. "The global competitiveness report 2018." World Economic Forum, 2018.

Schwab, Klaus, ed. "The global competitiveness report 2019." World Economic Forum, 2019.

Schwab, Klaus. *Dördüncü sanayi devrimi*. Optimist Yayın Grubu, 2016.

Seddon, Jonathan JJM, and Wendy L. Currie. "A model for unpacking big data analytics in high-frequency trading." Journal of Business Research 70 (2017): 300-307.

Sedgewick, *Framework for improving critical infrastructure cybersecurity,*

Adam.	*version 1.0*. No. NIST-Cybersecurity Framework. 2014.
Selek, A.	Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. Erişim Tarihi: 26 Kasım 2018 http://www. endustri40. com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/
Shrouf, Fadi, Joaquin Ordieres, and Giovanni Miragliotta.	"Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm." *2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management*. IEEE, 2014.
Sisodia, Deepti, et al.	"Clustering techniques: a brief survey of different clustering algorithms." *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)* 1.3 (2012): 82-87.
Smith, Bradford L.	"The third industrial revolution: Policymaking for the Internet." *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.* 3 (2001): 1.
Snooks, Graeme Donald.	Was the industrial revolution necessary?. Psychology Press, 1994.
Stearns, Peter N.	The industrial revolution in world history. Routledge, 2018.
Subbalakshmi, Chatti, et al.	"A method to find optimum number of clusters based on fuzzy silhouette on dynamic data set." *Procedia Computer Science* 46 (2015): 346-353.
Suri, Kunal, et al.	"Model-based Development of Modular Complex Systems for Accomplishing System Integration for Industry 4.0." *MODELSWARD*. 2017.
Şener, Semih, and Birol Elevli.	"Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim." *Mühendis Beyinler Dergisi* 1.2 (2017): 1-13.
Takım, Abdullah.	"Türkiye'de GSYİH ile ihracat arasındaki ilişki: granger nedensellik testi." *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 14.2 (2010): 315-330.
Taylor, Kate	Automation will affect women twice as much as men. This is why. Erişim Tarihi 4 Aralık 2018, from https://www.weforum.org/agenda/2017/07/why-women-are-twice-as-likely-as-men-to-lose-their-job-to-robots, 2017
Teich, Mikulás, Roy Porter, and Bo Gustafsson, eds.	*The industrial revolution in national context: Europe and the USA*. Cambridge University Press, 1996.

Thames, Lane, and Dirk Schaefer. "Industry 4.0: an overview of key benefits, technologies, and challenges." *Cybersecurity for Industry 4.0*. Springer, Cham, 2017. 1-33.

Timor, Mehpare. *Yöneylem araştırması*. Türkmen Kitabevi, 2010.

Townsend, Andrew, et al. "Surface texture metrology for metal additive manufacturing: a review." *Precision Engineering* 46 (2016): 34-47.

Trebuňa, Peter, and Jana Halčinová. "Experimental modelling of the cluster analysis processes." *Procedia Engineering* 48 (2012): 673-678.

Turan, Kemal Kağan, Çiğdem Özarı, And Esra Demir. "Kümeleme Analizi İle Türkiye ve Ortadoğu Ülkelerinin Ekonomik Göstergeler Açısından Karşılaştırılması." *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi* 8.29 (2016): 143-165.

Tutino, Michele, and Jörn Mehnen. "Manufacturing paradigm shift towards better cloud computing in the military environment: a new model for collaboration in the operational information exchange networks." *Cloud Manufacturing*. Springer, London, 2013. 243-256.

TÜBİTAK "Yeni Sanayi Devrimi Akıllı üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası". (2016)

TÜSİAD-BCG. "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0- Gelişmekte Olan Ekonomi Persfektifi". (2016).

Ünlükaplan, İlter, and Ebru Canıkalp. "Dünya Bankası yönetişim göstergeleri ile türkiye'nin yönetişim kalitesi konumunun belirlenmesi: kümeleme analizi." *Marmara University Journal of Economic & Administrative Sciences* 37.2 (2015).

Van Krevelen, D. W. F., and Ronald Poelman. "A survey of augmented reality technologies, applications and limitations." *International journal of virtual reality* 9.2 (2010): 1-20.

Velmurugan, T., and T. Santhanam. "Computational complexity between K-means and K-medoids clustering algorithms for normal and uniform distributions of data points." *Journal of computer science* 6.3 (2010): 363.

Venezuela Venezuela. (t.y.). Retrieved January 13, 2020, from https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/171.htm.

Viega, John. "Cloud computing and the common man." *Computer* 8 (2009): 106-108.

Von Tunzelmann, Nick.	"Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions." *Structural Change and Economic Dynamics* 14.4 (2003): 365-384.
Wan, Jiafu, et al.	"Software-defined industrial internet of things in the context of industry 4.0." *IEEE Sensors Journal* 16.20 (2016): 7373-7380.
Wan, Jiafu, Hu Cai, and Keliang Zhou.	"Industrie 4.0: enabling technologies." *Proceedings of 2015 international conference on intelligent computing and internet of things*. IEEE, 2015.
Wang, Kun, et al.	"Green industrial Internet of Things architecture: An energy-efficient perspective." *IEEE Communications Magazine* 54.12 (2016): 48-54.
Wang, Shiyong, et al.	"Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination." *Computer Networks* 101 (2016): 158-168.
WEF	Global Competitiveness Report 2019. (t.y.). Erişim Tarihi Aralık 16, 2019, from https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth.
Wickham, Hadley, et al.	"dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.4. 3." *R Found. Stat. Comput., Vienna. https://CRAN. R-project. org/package= dplyr* (2015).
Witkowski, Krzysztof.	"Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management." *Procedia Engineering* 182 (2017): 763-769.
World Economic Forum.	"The future of jobs report 2018." Geneva: World Economic Forum, 2018.
Wu, Xindong, et al.	"Data mining with big data." *IEEE transactions on knowledge and data engineering* 26.1 (2013): 97-107.
Wyatt III, Lee T.	*The industrial revolution*. ABC-CLIO, 2008.
Xu, Li Da, Eric L. Xu, and Ling Li.	"Industry 4.0: state of the art and future trends." *International Journal of Production Research* 56.8 (2018): 2941-2962.
Xu, Rui, and Don Wunsch.	*Clustering*. Vol. 10. John Wiley & Sons, 2008.
Xu, Xun.	"From cloud computing to cloud manufacturing." *Robotics and*

computer-integrated manufacturing 28.1 (2012): 75-86.

Zhang, Qingchen, et al. "An incremental CFS algorithm for clustering large data in industrial Internet of Things." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 13.3 (2017): 1193-1201.

Zhang, Zhinan, et al. "Decentralized Cyber-Physical Systems: A Paradigm for Cloud-Based Smart Factory of Industry 4.0." *Cybersecurity for Industry 4.0*. Springer, Cham, 2017. 127-171.

Zhou, Keliang, Taigang Liu, and Lifeng Zhou. "Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges." *2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*. IEEE, 2015.

ÖZGEÇMİŞ

Öğrenim Bilgisi

Doktora 2016	İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü /Sayısal Yöntemler
	Tez Adı: Tez Danışmanı: Umman Tuğba GÜRSOY
Yüksek Lisans 2015 20 Temmuz 2016	Yalova Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme
	Tez adı: Kitlesel fonlamaya katılma niyetini etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Türkiye ile ABD karşılaştırması (2016) Tez Danışmanı: İkram DAŞTAN
Lisans 2009 4 Haziran 2014	Akdeniz Üniversitesi/ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/ İşletme Bölümü

Görevler

Araştırma Görevlisi 2018	Yalova Üniversitesi / İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi / İşletme Bölümü / Sayısal Yöntemler ABD
Araştırma Görevlisi 2017-2018	İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme Anabilim Dalı (35.md görevlendirme)
Araştırma Görevlisi 2015-2017	Yalova Üniversitesi / İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi / İşletme Bölümü / Sayısal Yöntemler ABD

Projelerde Yaptığı Görevler

1. Kitlesel Fonlamada Yatırım Kararını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 29/03/2016 - 29/12/2016 (ULUSAL)

Eserler

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Gürsoy Umman Tuğba, Akçay Kasapoğlu Özlem, Gürler Cem, Bozkurt Uzan Şeyma (2019). Endüstri 4.0 Bileşenlerinin AHP ve Dematel Yöntemleri İle İncelenmesi. International Social Sciences Studies Journal, Doi: http://dx.doi.org/10.26449/sssj.1960

2. Daştan İkram, Gürler Cem (2016). Factors Affecting the Adoption of Mobile Payment Systems An Empirical Analysis. Emerging Markets Journal, Doi: https://doi.org/10.5195/emaj.2016.95

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

1. Çağlar Mehmet, Gürler Cem, Gürsoy Umman Tuğba (2020). Ülkelerin Çocuk Ölüm Oranlarına Göre K-Ortalamalar Yöntemi ile Analizi. 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
2. Çağlar Mehmet, Gürler Cem (2020). Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Açısından İncelenmesi. 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
3. Arcagök Uğur, Önder Emrah, Boz Canser, Gürler Cem (2018). Avrupa Birliği Üyesi ve Avrupa Birliği'ne Aday Ülkelerin Makroekonomik Göstergeleri Kullanılarak Çok Boyutlu Ölçekleme Ve Kümeleme Analizi. 1. Anadolu Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
4. Önder Emrah, Boz Canser, Gürler Cem (2018). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanılarak G20 Ülkelerinin Ekonomik Performans Değerlendirmesi. Cemil Meriç – 10. Sosyal Bilimler ve Spor Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
5. Gürler Cem, Önder Emrah, Boz Canser (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini Kullanan Spor Çalışmalarına Bakış. Cemil Meriç – 10. Sosyal Bilimler ve Spor Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
6. Boz Canser, Önder Emrah, Gürler Cem (2018). Sağlık Sistemi Hedefleri Açısından Oecd Ülkelerinde Bir Performans Değerlendirmesi: Logit Model Uygulaması. Cemil Meriç – 10. Sosyal Bilimler ve Spor Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
7. Gürsoy Umman Tuğba, Ayan Büşra, Gürler Cem (2018). Analyzing E-Commerce Data: An Application of Association Rules Analysis. Business Organization Research Conference 2018 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
8. Gürsoy Umman Tuğba, Gürler Cem, Şengelen Hakan Eren (2018). A Study on Precautions That Are Taken by It Firms to Prevent Cybercrime. Business Organization Research Conference 2018 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
9. Daştan İkram, Gürler Cem (2017). Online Sermaye Aracı Olarak Kitle Fonlama. 4. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
10. Tolun Seda, Gürler Cem, Çağlar Mehmet (2017). Crowdfunding Success Prediction: An Emprical Study On Indiegogo Platform. International Institute of Social and Economic Sciences (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

1. Sosyal Bilimlerde Güncel Akademik Çalışmalar-2018, Bölüm adı:(EĞİTİMDE Mobil Teknoloji Kullanımı: Öğretmen öğrenci Veli Değerlendirmesi) (2018)., Daştan İkram, Gürler Cem, Gece Kitaplığı, Editör: Eryılmaz Burak, Özlü Kurtuluş, Keskin Yusuf Bahadır, Yücetürk Cem, Basım sayısı:1, ISBN:978-605-288-455-3, Türkçe(Bilimsel Kitap)
2. Ekonomi Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar-2018, Bölüm adı:(Bitcoin Fiyatı İle Medya Arasındaki İlişki) (2018)., Daştan İkram, Gürler Cem, Gece Kitaplığı, Editör: Yüksel Akay, Basım sayısı:1, ISBN:978-605-288-227-6, Türkçe(Bilimsel Kitap)

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Daştan İkram, Gürler Cem (2018). Online Finansman Yöntemi Olarak Kitlesel Fonlama: Planlanmış Davranış Teorisinin Analizi. Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 8(17)
2. Daştan İkram, Gürler Cem (2016). Yeşil Bilgi Teknolojileri Ürün Tercihinde Tüketici Satın Alma Niyetlerini Etkileyen Faktörlerin Tespiti. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. Gürler Cem, Çağlar Mehmet, Önay Onur (2019). Ülkelerin Ölüm Nedenlerinin Kümeleme Analizi ile İncelenmesi. 39. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)