

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ (TEZLİ) YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BRICS-T ÜLKELERİNDE ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK
BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PANEL VERİ MODELLERİ
İLE İNCELENMESİ

Tayfun ARMUTLU

Yüksek Lisans Tezi

BRICS-T ÜLKELERİNDE ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK BÜYÜME
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PANEL VERİ MODELLERİ İLE
İNCELENMESİ

Tayfun ARMUTLU

T.C.
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Yönetimi (Tezli) Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

ORCID ID: 0009-0009-5465-9525

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kadriye Hilal TOPAL

İstanbul
Temmuz 2024

KABUL VE ONAY

Tayfun ARMUTLU tarafından hazırlanan “BRICS-T Ülkelerinde Endüstri 4.0’ın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin Panel Veri Modelleri ile İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, 24 Temmuz 2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr.Üyesi İlknur GÜMÜŞ** _____
İstanbul Gelişim Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Merve MERT** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Kadriye Hilal TOPAL** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Enstitü Yönetim Kurulu;

Karar Tarihi :

Karar Numarası :

Dr. Öğr. Üyesi Şerafettin SEVGİLİ
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

24 Temmuz 2024

Tayfun ARMUTLU

SAVUNMA ÖNCESİ ONAYLAR

BENZERLİK ONAYI		
Başlık	BRICS-T Ülkelerinde Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin Panel Veri Modelleri ile İncelenmesi	
Savunma Tarihi	24.07.2024	
Sayfa Sayısı	81	
Benzerlik Yüzdesi (%)	%14	
Benzerlik Yüzdesi (%) (Kaynakça Hariç)	%9	
Taranan Program	Turnitin	
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, özet, ana bölümler ve sonuç kısımlarından oluşan çalışmam için şahsım ve tez danışmanım/Enstitü Sorumlusu tarafından intihal tespit programında taraması yapılmıştır. Tez Danışmanımın gözetiminde tamamladığım çalışmamın azami benzerlik oranlarına göre intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.		
Öğrenci	Danışman	Enstitü Sorumlusu
Tayfun ARMUTLU	Dr. Öğr. Üyesi Kadriye Hilal TOPAL	Dr. Öğr. Üyesi Şerafettin SEVGİLİ

TEZDEN ÇIKARILAN YAYIN		
Yayın Künyesi	<i>“BRICS Ülkeleri Ve Türkiye İçin Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Genelleştirilmiş Momentler Dinamik Panel Veri Analizi Yaklaşımı”</i> , 11. Uluslararası Muhasebe Ve Finans Araştırmaları Kongresi, 27-29 Eylül 2024 - Bartın / TÜRKİYE	
Yayın Türü	☐ Ulusal Hakemli Dergide Makale ☐ Uluslararası Hakemli Dergide Makale ☐ Ulusal Kongre/Sempozyumda Bildiri ☒ Uluslararası Kongre Sempozyumda Bildiri	
	Enstitü Sekreteri	

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez danışmanım Kadriye Hilal TOPAL Hocama, yüksek lisans eğitimim sürecindeki destekleri için içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Sizin rehberliğiniz ve yönlendirmeleriniz sayesinde, akademik hedeflerime adım adım ilerlemek büyük bir zevkti. Sizin bilgi birikiminiz ve tecrübelerinizden öğrendiklerim benim için çok değerli oldu. Hem akademik hem de kişisel gelişimimde sağladığınız katkıları asla unutmayacağım.

Sevgili anneciğim ve babacığım, size olan minnettarlığımı ifade etmek için kelimeler yetersiz kalıyor. Bana her zaman destek oldunuz, cesaret verdiniz ve benim için elinizden gelen her şeyi yaptınız. Bu süreçte sizin sevgi dolu destekleriniz olmasaydı, bu başarıya ulaşmak mümkün olmazdı. Sizin sayenizde hayallerime bir adım daha yaklaştım ve sizin çocuğunuz olmaktan gurur duyuyorum.

Değerli ailem, destekleriniz sayesinde ben her zaman daha güçlü hissettim. Sizlerin sevgisi ve desteği olmasaydı, bu yolculukta bu kadar ilerleyemezdim. Her zaman benim yanımda olduğunuz için minnettarım ve sizleri çok seviyorum.

Şirketteki yöneticilerim; M. Nevzat Ataklı, Duygu Bilgin, Neslihan Ataklı, Özlem Çaltı ve Mehmet Kılınç'a teşekkür ederim. Bu başarıda büyük paya sahip olan desteğinizden de bahsetmek isterim. Şirketimizin bana sağladığı fırsatlar ve esneklik sayesinde hem çalışma hayatımı sürdürdüm hem de akademik hedeflerime odaklanabildim. Sizin değerli rehberlikleriniz ve teşviklerinizle bu dengeyi kurabildim. Bana verdiğiniz güven için teşekkür ederim.

Hepinizin katkılarıyla, yüksek lisans programını tamamlama şansını elde ettim. Her birinize tekrar teşekkür etmek isterim, bu süreçte bana verdiğiniz desteklerin kıymetini biliyorum. Sizlerle birlikte bu başarıyı kutlamak benim için büyük bir onurdur.

Saygılarımla,

Tayfun ARMUTLU

Temmuz, 2014

ÖZET

Tayfun ARMUTLU

BRICS-T Ülkelerinde Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin Panel
Veri Modelleri ile İncelenmesi

Yüksek Lisans Tezi

İstanbul, 2024

Endüstri 4.0, dijital çağın sunduğu otomasyon, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve bulut bilişim gibi ileri teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu ile ekonomilerde köklü dönüşümler yaratmaktadır. Bu teknolojik devrim, üretim süreçlerinin verimliliğini ve esnekliğini artırırken, aynı zamanda rekabet gücünü ve ekonomik büyümeyi desteklemektedir. BRICS-T ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye), hızla büyüyen ekonomileri ve teknolojiye yaptıkları yoğun yatırımlarla, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin açıkça gözlemlendiği önemli ülke grupları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, 2000-2020 yılları arasındaki veriler kullanılarak, Endüstri 4.0'ın BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini belirleyici makroekonomik değişkenlerin analiz edilmesidir. Bu bağlamda, araştırma-geliştirme (AR-GE) harcamaları, patent sayısı, iş gücü, nihai tüketim harcamaları, para arzı, ekonomik özgürlük endeksi, ithalat ve ihracat gibi değişkenlerin kişi başı gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Panel veri setine Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı testi, Pesaran (2007) CIPS ve Levin-Lin-Chu (2002) panel birim kök testleri uygulanarak verilerin durağanlık durumu incelenmiştir. Dinamik panel veri modelleri kullanılarak Arellano Bond (1991) Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile tahminler yapılmış ve sonuçta birinci derece (AR1) ve ikinci derece (AR2) otokorelasyonun bulunmadığı geçerli bir dinamik panel modeli elde edilmiştir. Bu model çerçevesinde elde edilen bulgular, AR-GE harcamaları, patent sayısı, nihai tüketim harcamaları, ekonomik özgürlük endeksi ve ihracat değişkenlerinin kişi başı GSYH üzerinde pozitif etkisi olduğunu, iş gücü ve para arzı değişkenlerinin ise negatif etkisi olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ekonomik büyümeye olan katkısını ve bu teknolojilerin etkin kullanımı ile BRICS-T ülkelerinin uluslararası rekabet gücünü artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması, bu ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşmalarında kritik bir rol oynayacaktır.

Anahtar Kelimeler

Ekonomik büyüme, endüstri 4.0, BRICS-T ülkeleri, genelleştirilmiş momentler yöntemi

ABSTRACT

Tayfun ARMUTLU

Analysis of the Impact of Industry 4.0 on Economic Growth in BRICS-T Countries

Using Panel Data Models

Master's Thesis

İstanbul, 2024

Industry 4.0, characterized by the integration of advanced technologies such as automation, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), big data analytics, and cloud computing into production processes, is bringing about profound transformations in national economies. This technological revolution enhances the efficiency and flexibility of production processes while simultaneously boosting competitiveness and supporting economic growth. The BRICS-T countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Türkiye), with their rapidly growing economies and substantial investments in technology, are prominent examples where the economic impacts of Industry 4.0 are distinctly observable. This study comprehensively examines the impacts of Industry 4.0 on the economic growth of BRICS-T countries using data from 2000 to 2020. The primary aim is to analyze the macroeconomic variables that are determinative of economic growth in the context of Industry 4.0. The study focuses on variables such as research and development (R&D) expenditures, patent counts, labor force, final consumption expenditures, money supply, economic freedom index, imports, and exports, assessing their effects on per capita gross domestic product (GDP). To achieve this, the study employs Pesaran's (2004) cross-sectional dependence test, Pesaran's (2007) CIPS, and Levin-Lin-Chu (2002) panel unit root tests to examine the stationarity of the data. Dynamic panel data models, specifically the Arellano Bond (1991) Generalized Method of Moments (GMM), are used for estimations. The results indicate that a valid dynamic panel model without first-order (AR1) and second-order (AR2) autocorrelation has been obtained. The findings reveal that R&D expenditures, patent counts, final consumption expenditures, economic freedom index, and export variables positively impact per capita GDP, whereas labor force and money supply variables have a negative impact. These findings underscore the contribution of Industry 4.0 technologies to economic growth and highlight the potential for BRICS-T countries to enhance their international competitiveness through effective utilization of these technologies. In conclusion, the successful adoption and implementation of Industry 4.0 are crucial for these countries to achieve sustainable economic growth and development objectives.

Keywords

Economic growth, industry 4.0, BRICS-T countries, generalized method of moments

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
ETİK BEYAN	ii
SAVUNMA ÖNCESİ ONAYLAR	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLOLAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE TARİHSEL SÜRECİ.....	5
1.1. Sanayi Devrimleri.....	5
1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi	6
1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi	7
1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi.....	8
1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi	9
1.2. Endüstri 4.0 ve Teknolojik Gelişmeler.....	10
1.2.1. Özgür Robotlar (Daha Özerk, Esnek ve İşbirlikçi)	11
1.2.2. Simülasyon	11
1.2.3. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	12
1.2.4. Nesnelerin Endüstriyel İnterneti	13
1.2.5. Siber Fiziksel Sistemler	14
1.2.6. Bulut Bilişim Teknolojisi	15
1.2.7. Katkı (Eklemeli Üretim) Üretimi.....	17
1.2.8. Artırılmış Gerçeklik.....	19
1.2.9. Büyük Veri Analizi.....	20
İKİNCİ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE BRICS-T ÜLKELERİ.....	22
2.1. Brezilya	22
2.2. Rusya	23
2.3. Hindistan	24
2.4. Çin	25

2.5. Güney Afrika.....	26
2.6. Türkiye	27
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLEYİCİLERİ	30
3.1. Kişi Başı Gayri Safi Harcamaları ve Endüstri 4.0.....	31
3.2. AR&GE Harcamaları ve Endüstri 4.0	32
3.3. Patent Başvuruları ve Endüstri 4.0	34
3.4. Ticari Hizmet İthalatı ve Endüstri 4.0	35
3.5. Ticari Hizmet İhracatı ve Endüstri 4.0	37
3.6. Nihai Tüketim Harcamaları ve Endüstri 4.0	39
3.7. İş Gücü ve Endüstri 4.0	40
3.8. Geniş Para Arzı ve Endüstri 4.0	41
3.9. Ekonomik Özgürlük ve Endüstri 4.0	43
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: PANEL VERİ MODELLERİ	45
4.1. Sabit Etkili ve Rassal Etkili Panel Veri Modelleri	45
4.1.1. Hausman Testi	46
4.1.2. Sabit Etkili Panel Veri Modelleri	46
4.1.3. Rassal Etkili Panel Veri Modelleri	47
4.2. Dinamik Panel Veri Modelleri: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi.....	47
4.2.1. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	47
4.2.2. Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	48
BEŞİNCİ BÖLÜM: BRICS-T ÜLKELERİNDE ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PANEL VERİ ANALİZİ	51
5.1. Veri seti	51
5.2. Panel Birim Kök Testleri.....	54
5.3. Model Tahmin Sonuçları.....	56
5.3.1. Hausman (1978) Testi Sonuçları	57
5.3.2. Sabit Etkili Panel Veri Modeli Tahmin Sonuçları.....	57
5.3.3. Dinamik Panel Veri Modeli: GMM ve Sistem GMM Model Tahmin Sonuçları	59
SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	66

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Veri kaynakları tablosu.....	52
Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler	52
Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler (devam).....	53
Tablo 3. Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı testi sonuçları	54
Tablo 4. Levin-Lin-Chu (2002) panel birim kök testi sonuçları.....	55
Tablo 5. Pesaran (2007) panel birim kök testi sonuçları.....	56
Tablo 6. Hausman (1978) testi sonuçları	57
Tablo 7. Sabit etkili panel veri modeli tahmin sonuçları	57
Tablo 8. Modifiye Wald değişen varyans testi.....	58
Tablo 9. Modifiye Bhargava et al. (1982) Durbin-Watson panel otokorelasyon testi.....	59
Tablo 10. Baltagi-Wu (1999) LBI (yerel en iyi değişmez) panel otokorelasyon testi.....	59
Tablo 11. Dinamik panel veri modeli: GMM tahmin sonuçları.....	59
Tablo 12. Arellano-Bond (1991) otokorelasyon testi	60
Tablo 13. Dinamik panel veri modeli: Sistem GMM tahmin sonuçları.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kişi başı gayri safi harcamalar.....	32
Şekil 2. Ar&Ge harcamaları.....	33
Şekil 3. Patent başvuruları.....	35
Şekil 4. Ticari hizmet ithalatı.....	37
Şekil 5. Ticari hizmet ihracatı	38
Şekil 6. Nihai tüketim harcamaları	40
Şekil 7. İş gücü.....	41
Şekil 8. Geniş para arzı harcamaları	42
Şekil 9. Ekonomik özgürlük.....	44

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
3D Printing	: 3D Baskı
AI	: Yapay Zeka
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
BDA	: Büyük Veri Analitiği
Big Data	: Büyük Veri Analizi
BRICS-T	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye
Cloud Computing	: Bulut Bilişim
CPS	: Siber-Fiziksel Sistemler
Endüstri 4.0	: Dijitalleşmiş Endüstri Devrimi
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi
IaaS	: Altyapı olarak Hizmet (Infrastructure as a Service)
IoT	: Nesnelerin Endüstriyel İnterneti (Internet of Things)
LBI	: Baltagi-Wu LBI yöntemi
ML	: Makine Öğrenimesi
PaaS	: Platform olarak Hizmet (Platform as a Service)
SaaS	: Yazılım olarak Hizmet (Software as a Service)
Sistem GMM	: Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi
WDI	: World Development Indicators (Dünya Kalkınma Göstergeleri)

GİRİŞ

Endüstri 4.0, günümüzün dijital çağında sanayi ve üretim süreçlerindeki köklü değişimi ifade eder. Bu kavram, otomasyon, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analizi, bulut bilişim gibi bir dizi dijital teknolojinin entegrasyonunu içerir. Endüstri 4.0, üretimde daha fazla verimlilik, esneklik ve yenilikçilik sağlarken, aynı zamanda işgücü dinamiklerini ve endüstriyel ilişkileri de değiştirir. Bu dönüşüm, sanayi sektörünü geleneksel yapısından dijitalleşmiş ve bağlantılı bir yapıya dönüştürmektedir. Bu nedenle, Endüstri 4.0, işletmeler için rekabet avantajı sağlama, ekonomik büyümeyi teşvik etme ve toplumsal refahı artırma potansiyeline sahiptir.

BRICS-T ülkeleri, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme ve rekabet gücü üzerindeki etkilerini değerlendiren önemli aktörler arasında yer alır. Bu ülkeler, geniş nüfusları, hızla büyüyen ekonomileri ve teknolojiye olan artan yatırımlarıyla dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0, BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyüme stratejilerine entegre edilmiş durumdadır ve bu ülkeler, dijital teknolojilere yönelik yatırımları ve dijital dönüşüm politikalarıyla bu yeni döneme uyum sağlamaya çalışmaktadır (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 5).

Endüstri 4.0'ın dünya genelindeki yaygınlığı ve etkisi, küresel ekonominin ve endüstrinin dönüşümünde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu dönem, geleneksel sanayi ve üretim süreçlerini dijitalleştirerek, küresel rekabeti artırmakta ve inovasyonu teşvik etmektedir. Endüstri 4.0, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde benimsenmekte ve çeşitli sektörlerde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın küresel ekonomi üzerindeki etkisi giderek artmaktadır.

Endüstri 4.0'ın özellikleri ve temel bileşenleri, dijital dönüşümün temel unsurlarını oluşturur. Otomasyon, yapay zeka, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analizi ve bulut bilişim gibi teknolojiler, Endüstri 4.0'ın temel bileşenleridir. Bu teknolojiler, üretim süreçlerindeki dönüşümü desteklerken, aynı zamanda işgücü dinamiklerini ve endüstriyel ilişkileri de değiştirmektedir. Dijital dönüşümün tanımı, Endüstri 4.0'ın temel özellikleriyle sıkı bir şekilde ilişkilidir. Endüstri 4.0, geleneksel sanayi ve üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesini ifade ederken, aynı zamanda otomasyon, yapay zeka ve diğer dijital teknolojilerin benimsenmesini içerir.

Otomasyon, Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biridir ve üretim süreçlerindeki verimliliği artırmak için kullanılmaktadır. Otomasyon, tekrarlanabilir ve düşük değerli işleri otomatikleştirerek, insan kaynaklarını daha stratejik ve yaratıcı görevlere yönlendirir. Bu da üretim süreçlerinde verimliliği artırırken, aynı zamanda maliyetleri düşürür ve rekabet avantajı sağlar.

Yapay zeka ve makine öğrenimi, Endüstri 4.0'ın önemli unsurlarını oluşturur ve üretim süreçlerindeki verimliliği ve esnekliği artırmak için kullanılmaktadır. Yapay zeka ve makine öğrenimi, veri analizi ve öngörülebilir bakım gibi alanlarda önemli bir rol oynar. Bu teknolojiler, üretim süreçlerindeki hataları azaltır, bakım maliyetlerini düşürür ve üretim verimliliğini artırır.

Robotik teknolojiler, Endüstri 4.0'ın önemli bileşenlerinden biridir ve üretim süreçlerinde otomasyonu desteklemek için kullanılmaktadır. Endüstriyel robotlar, tekrarlanabilir ve riskli işleri otomatikleştirirken, aynı zamanda insanlarla iş birliği yaparak esneklik ve verimlilik sağlarlar. Bu da üretim süreçlerindeki verimliliği artırırken, aynı zamanda iş güvenliğini de sağlar.

Endüstri 4.0'ın üretim süreçlerindeki yenilikçi uygulamaları, işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerini sağlar. Bu uygulamalar, üretim süreçlerindeki verimliliği artırırken, aynı zamanda ürün kalitesini ve müşteri memnuniyetini artırır. Endüstri 4.0'ın yenilikçi uygulamaları arasında 3D baskı, akıllı sensörler, otonom araçlar ve akıllı tesisler gibi teknolojiler yer almaktadır.

BRICS-T ülkelerinin Endüstri 4.0'a entegrasyonu, bu ülkelerin ekonomik büyüme ve rekabet gücü üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu ülkeler, dijital teknolojilere yönelik yatırımları ve dijital dönüşüm politikalarıyla bu yeni döneme uyum sağlamaya çalışmaktadır. Endüstri 4.0'ın bu ülkelerde yaygınlaşması, ekonomik büyümeyi teşvik ederken, aynı zamanda küresel rekabeti artırır ve iş dünyasının dönüşümünü hızlandırır.

Endüstri 4.0'ın küresel ticaret ve ekonomik ilişkilere etkisi, küresel ekonominin dönüşümünde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu dönem, geleneksel sanayi ve ticaret modellerini dijitalleştirerek, küresel rekabeti artırırken, aynı zamanda ticaretin ve yatırımın küreselleşmesini hızlandırır. Endüstri 4.0, küresel ekonominin yapısını ve dinamiklerini değiştirirken, aynı zamanda küresel ticaretin ve yatırımın büyümesini teşvik eder.

Endüstri 4.0'ın uluslararası rekabet ve iş birliği dinamiklerine etkisi, küresel ekonominin dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır. Bu dönem, geleneksel iş modellerini ve endüstriyel ilişkileri kökten değiştirirken, aynı zamanda uluslararası iş birliği ve rekabeti de yeniden şekillendirir. Endüstri 4.0, uluslararası rekabeti artırırken, aynı zamanda iş birliği ve ortaklık fırsatlarını da artırır.

Endüstri 4.0'ın uluslararası politika ve diplomasiye yansımaları, küresel ekonominin dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır. Bu dönem, uluslararası politika ve diplomasiyi dijitalleştirerek, uluslararası ilişkilerin ve iş birliğinin yeni bir boyuta taşınmasını sağlar. Endüstri 4.0, uluslararası politika ve diplomasiyi yeniden şekillendirirken, aynı zamanda uluslararası normlar ve standartlar üzerinde de etkili olur.

Endüstri 4.0'ın uluslararası normlar ve standartlar üzerindeki etkisi, küresel ekonominin dönüşümünde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu dönem, uluslararası normlar ve standartları dijitalleştirerek, uluslararası ticaretin ve yatırımın daha şeffaf ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlar. Endüstri 4.0, uluslararası normlar ve standartlar üzerinde etkili olurken, aynı zamanda küresel ekonominin dönüşümünü hızlandırır.

Gelecekteki eğilimler ve Endüstri 4.0'ın uluslararası ekonomik ilişkilere etkisi, küresel ekonominin dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır. Bu dönem, geleneksel ekonomik modelleri dijitalleştirerek, gelecekteki ekonomik eğilimleri belirler. Endüstri 4.0, uluslararası ekonomik ilişkilerin ve iş birliğinin geleceğini şekillendirirken, aynı zamanda küresel ekonominin dönüşümünü hızlandırır.

Araştırmanın Konusu: Bu araştırmanın konusu, Endüstri 4.0'ın BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Endüstri 4.0, dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonunu ifade eder ve bu süreçte otomasyon, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve bulut bilişim gibi teknolojiler kullanılır. Araştırma, bu teknolojilerin ekonomik büyümeyi nasıl etkilediğini ve bu etkilerin hangi makroekonomik değişkenler aracılığıyla gerçekleştiğini analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Araştırma Amacı: Araştırmanın temel amacı, Endüstri 4.0 teknolojilerinin BRICS-T ülkelerindeki ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini belirlemek ve bu etkileri analiz etmektir. Bu bağlamda, araştırma-geliştirme (AR-GE) harcamaları, patent sayısı, iş gücü, nihai tüketim harcamaları, para arzı, ekonomik özgürlük endeksi, ithalat ve ihracat gibi

makroekonomik değişkenlerin kişi başi gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerindeki rolünü ve bu teknolojilerin etkin kullanımının BRICS-T ülkelerinin uluslararası rekabet gücünü nasıl artırabileceğini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Araştırmanın Önemi: Bu araştırma, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini BRICS-T ülkeleri özelinde inceleyerek literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Endüstri 4.0, küresel ekonominin dijital dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır ve bu dönüşümün ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini anlamak, politika yapıcılar ve iş dünyası için stratejik kararların alınmasında büyük önem taşımaktadır. BRICS-T ülkeleri, hızla büyüyen ekonomileri ve teknolojiye yaptıkları yatırımlarla bu dönüşüm sürecinde önemli bir konuma sahiptir. Bu araştırma, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümeye olan katkılarını ve bu katkıların hangi mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştiğini detaylandırarak, bu ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyüme hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilecek stratejik öneriler sunmaktadır.

Araştırma Yöntemi: Bu çalışmada, 2000-2020 yılları arasındaki veriler kullanılarak panel veri analizi yöntemi uygulanmıştır. Panel veri setine Pesaran (2004) yatay kesit bağlılığı testi, Pesaran (2007) CIPS ve Levin-Lin-Chu (2002) panel birim kök testleri uygulanarak verilerin durağanlığı incelenmiştir. Dinamik panel veri modelleri kullanılarak Arellano Bond (1991) Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile tahminler yapılmış ve sonuçta birinci derece (AR1) ve ikinci derece (AR2) otokorelasyonun bulunmadığı geçerli bir dinamik panel modeli elde edilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan değişkenler arasında AR-GE harcamaları, patent sayıları, iş gücü, nihai tüketim harcamaları, para arzı, ekonomik özgürlük endeksi, ithalat ve ihracat yer almaktadır. Bu değişkenlerin kişi başi GSYH üzerindeki etkileri analiz edilerek, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ekonomik büyümeye olan katkıları detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bu araştırma yöntemi, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde analiz etmeyi ve bu etkilerin hangi mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştiğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Böylece, BRICS-T ülkelerinin dijital dönüşüm süreçlerini daha etkili bir şekilde yönetmeleri ve sürdürülebilir ekonomik büyüme hedeflerine ulaşmaları için stratejik öneriler sunulacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE TARİHSEL SÜRECİ

Endüstri 4.0, dijitalleşmenin ve otomasyonun ön planda olduğu bir endüstri devrimi olarak tanımlanır. Bu kavram, üretim süreçlerindeki teknolojik ilerlemelerin, özellikle yapay zeka, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT) ve robotik gibi alanlardaki gelişmelerin bir araya gelerek üretim ve iş dünyasını dönüştürmesini ifade eder. Endüstri 4.0'ın kökenleri, önceki endüstri devrimlerine dayanır. İlk endüstri devrimi, buhar gücü ve mekanizasyonun ortaya çıkmasıyla 18. yüzyılın sonlarında başlamıştı. Ardından, ikinci endüstri devrimi ile elektrik ve montaj hattı gibi teknolojilerin kullanımıyla üretim daha da verimli hale geldi. Daha sonra bilgisayarların ve dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla üçüncü endüstri devrimi yaşandı. Bu süreçte bilgi teknolojilerinin kullanımıyla üretim süreçleri daha akıllı hale geldi ve otomasyon arttı.

Endüstri 4.0 ise bu teknolojik evrimin son halkası olarak karşımıza çıkıyor. Özellikle yapay zeka, büyük veri analitiği ve IoT gibi teknolojilerin birleşimi, üretim süreçlerinde otonom sistemlerin kullanımını mümkün kılarak üretimi daha esnek ve verimli hale getiriyor. Sensörler, cihazlar ve üretim ekipmanları arasındaki sürekli veri alışverişi, gerçek zamanlı karar alma süreçlerini mümkün kılarak üretimdeki hataları azaltır ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlar. Endüstri 4.0 aynı zamanda ürünlerin ve süreçlerin müşteriye özel hale getirilmesini, kişiselleştirilmiş üretim olanaklarını artırır. Bu süreç, iş dünyasında rekabeti artırırken, aynı zamanda daha sürdürülebilir ve çevre dostu üretim modellerinin geliştirilmesine olanak tanır.

Endüstri 4.0, teknolojik ilerlemelerin iş dünyasına getirdiği yeni bir çağı temsil eder. Bu çağda, üretim süreçleri daha akıllı, esnek ve verimli hale gelirken, işletmeler müşteri beklentilerine daha hızlı yanıt verebilir hale gelirler. Ancak bu dönüşüm, işgücü, eğitim ve altyapı gibi alanlarda da önemli değişiklikleri beraberinde getirirken, bu yeni teknolojilerin etik ve güvenlik boyutları da dikkate alınmalıdır.

1.1. Sanayi Devrimleri

Sanayi devrimleri, insanlık tarihindeki en belirgin ve dönüştürücü süreçlerden biridir. Bu devrimler, toplumları ve ekonomileri temelden değiştiren teknolojik ve sosyal dönüşümleri ifade eder. Her biri kendine özgü özelliklere sahip olan bu devrimler, insanlığın üretim, iletişim ve yaşam tarzı üzerinde derin etkiler bırakmıştır.

İlk olarak, 18. yüzyılın sonlarında başlayan Birinci Sanayi Devrimi, insan gücünün ve hayvan gücünün yerini buhar gücü ve makine gücünün aldığı bir dönemi işaret eder. Bu devrim, tarım toplumundan endüstriyel bir topluma geçişi hızlandırmış ve fabrikaların yaygınlaşmasına yol açmıştır.

Daha sonra, 19. yüzyılın ortalarında başlayan İkinci Sanayi Devrimi, çelik üretimi, petrol ve elektrik gibi yeni enerji kaynaklarının kullanımı ile karakterizedir. Bu dönemde, ulaşım ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, endüstriyel üretimi daha da artırmış ve kentleşmeyi hızlandırmıştır.

20.yüzyılın ikinci yarısında ise, bilgisayar teknolojisinin ve dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla Üçüncü Sanayi Devrimi başlamıştır. Bu dönem, bilgisayarlar, internet ve mobil teknolojiler gibi dijital teknolojilerin kullanımını içerir ve küreselleşmeyi hızlandırmıştır.

Günümüzde ise Dördüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırılan yeni bir döneme girilmiştir. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik ve diğer dijital teknolojilerin entegrasyonu ile karakterize edilen bu devrim, üretim süreçlerini daha akıllı, esnek ve verimli hale getirirken, iş dünyasında ve toplumda derin değişimlere yol açmaktadır.

Bu sanayi devrimlerinin her biri, insanlığın teknolojik ve ekonomik evriminde dönüm noktalarını temsil eder. Endüstri devrimleri, insanlığın yaşam tarzı, toplumsal yapı ve ekonomik sistem üzerinde derin etkiler bırakmış ve dünyayı sonsuza kadar değiştirmiştir (Tiwari ve Bharadwaj, 2021: 30).

1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

Birinci Sanayi Devrimi, insanlık tarihinin en önemli dönüm noktalarından birini oluşturur. 18. yüzyılın sonlarına doğru başlayan ve 19. yüzyılın ilk yarısında etkisini hissettiren bu devrim, tarım toplumunu endüstriyel bir topluma dönüştürmüştür.

Birinci Sanayi Devrimi'nin temelinde, buhar gücü ve makineleşme yatar. Bu dönemde, insan gücü ve hayvan gücünün yerini makine gücü almıştır. Özellikle, buhar gücüyle çalışan makinelerin icadı ve fabrikaların yaygınlaşması, üretim süreçlerinde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmıştır. İlk buharlı motorun James Watt tarafından geliştirilmesi, buhar gücünün endüstride yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

Birinci Sanayi Devrimi'nin diğ er önemli bir özelliği, sermayenin birikimi ve endüstriyel sermayenin oluşunu sürecidir. Fabrikaların kurulması, üretimdeki artışı beraberinde getirmiş ve yeni ekonomik ilişkilerin oluşmasına yol açmıştır. Ayrıca, bu dönemde işgücünün fabrikalara g   etmesi ve kentleşmenin artması gibi toplumsal değişimler de yaşanmıştır.

Birinci Sanayi Devrimi, tarım toplumundan endüstriyel bir topluma geçişi hızlandırmış ve modern dünyanın temellerini atmıştır. Bu dönemdeki teknolojik ve ekonomik ilerlemeler, sonraki sanayi devrimlerinin de temelini oluşturmuştur. Ancak, bu dönemin getirdiği hızlı değişimler ve dönüşümler, aynı zamanda toplumsal ve çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Özellikle, işçi sınıfının yaşadığı kötü çalışma koşulları ve çevresel kirlilik gibi konular, Birinci Sanayi Devrimi'nin gölgesinde önemli tartışma konuları olmuştur.

1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

İkinci Sanayi Devrimi, endüstriyel devrimlerin ikincisi olarak 19. yüzyılın ortalarında başlayan ve 20. yüzyılın başlarına kadar süren bir dönemi ifade eder. Bu dönem, özellikle  elik üretimi, petrol ve elektrik gibi yeni enerji kaynaklarının kullanımı ile karakterizedir.

İkinci Sanayi Devrimi'nin en önemli özelliklerinden biri,  elik üretimindeki teknolojik ilerlemelerdir.  elik, inşaat, ulaşım ve makine imalatı gibi alanlarda yaygın olarak kullanıldığı için endüstriyel üretimi büyük ölçüde artırmıştır. Thomas Bessemer tarafından geliştirilen yeni bir  elik üretim yöntemi, bu dönemde büyük bir ilerleme olarak kabul edilir (Tiwari ve Bharadwaj, 2021: 30).

Petrolün keşfi ve kullanımının artması da İkinci Sanayi Devrimi'nin önemli bir özelliğidir. Petrol, ulaşım sektöründe büyük bir dönüşüm yaşanmasını sağlamış ve buhar gücünün yerini içten yanmalı motorlar almıştır. Bu da taşımacılık ve iletişim alanlarında büyük bir ilerlemeye yol açmıştır.

İkinci Sanayi Devrimi'nin bir diğ er önemli bileşeni ise elektrik kullanımındaki artıştır. Elektrik, fabrikalardaki üretim süreçlerini daha verimli hale getirmiştir. Elektrikle  alışan makineler ve aydınlatma sistemleri, endüstriyel üretimdeki otomasyonu artırmış ve fabrikalardaki iş süreçlerini yeniden şekillendirmiştir.

Bu dönemde, endüstriyel üretimdeki artış, işgücü ihtiyacını da artırmış ve kırsal bölgelerden şehirlere göçü teşvik etmiştir. Bu da kentleşmenin hızlanmasına yol açmış ve şehirlerin nüfusu büyük ölçüde artmıştır.

İkinci Sanayi Devrimi, endüstriyel üretimdeki büyük değişiklikleri ifade eder. Bu dönem, çelik üretimi, petrol ve elektrik gibi yeni enerji kaynaklarının kullanımı ile karakterizedir. İkinci Sanayi Devrimi'nin teknolojik ve ekonomik ilerlemeleri, modern dünyanın temellerini oluşturan önemli bir dönüm noktasıdır.

1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü Sanayi Devrimi, bilgisayar teknolojisinin ve dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla 20. yüzyılın sonlarına doğru başlamış olan bir dönemi ifade eder. Bu dönem, bilgisayarlar, internet ve diğer dijital teknolojilerin kullanımı endüstriyel üretimden ticaret ve iletişim alanlarına kadar geniş bir alanda değişime yol açmıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimi'nin temel özelliklerinden biri, bilgisayar teknolojisinin ve dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıdır. Bilgisayarlar, iş dünyasında verimliliği artırmak ve iş süreçlerini otomatikleştirmek için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, internetin ortaya çıkmasıyla birlikte bilgi paylaşımı ve iletişim hızı önemli ölçüde artmıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimi'nin etkilerinden biri de küreselleşme sürecini hızlandırmasıdır. İnternet ve diğer dijital iletişim araçları, uzak bölgeler arasındaki ticareti ve iş birliğini kolaylaştırmıştır. Bu da şirketlerin ve bireylerin dünya genelinde daha kolay erişilebilir hale gelmesini sağlamıştır.

Ayrıca, Üçüncü Sanayi Devrimi, bilgi ekonomisinin yükselişine işaret etmektedir. Bilgi ve teknoloji artık ekonominin en önemli kaynaklarından biri haline gelmiştir. Bu da bilgi işlem ve iletişim teknolojilerine dayalı yeni endüstrilerin ve iş modellerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimi, teknolojik ve ekonomik değişimlerin yanı sıra toplumsal ve kültürel değişimleri de beraberinde getirmiştir. İnternetin ve dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte bilgiye erişim daha kolay hale gelmiş ve bilgi paylaşımı

artmıştır. Ancak, bu dönemin getirdiği teknolojik gelişmelerin etik ve güvenlik boyutları da dikkate alınmalıdır.

Üçüncü Sanayi Devrimi, bilgisayar teknolojisinin ve dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla iş dünyasında ve toplumda köklü değişimlere yol açmıştır. Bu dönemde teknolojik ilerlemelerin etkisiyle iş yapma şekilleri, iletişim yöntemleri ve ekonomik yapılar önemli ölçüde değişmiştir.

1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

Dördüncü Sanayi Devrimi, endüstriyel üretimdeki dijital dönüşümün ve teknolojik ilerlemelerin yeni bir aşamasını ifade eder. Bu dönem, yapay zeka, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), robotik ve diğer dijital teknolojilerin entegrasyonu ile karakterize edilir. Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan bu devrim, üretim süreçlerini daha akıllı, esnek ve verimli hale getirirken, iş dünyasında ve toplumda derin değişimlere yol açıyor.

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin temel özelliklerinden biri, dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonudur. Sensörler, cihazlar ve üretim ekipmanları arasındaki sürekli veri alışverişi, gerçek zamanlı karar alma süreçlerini mümkün kılarak üretimdeki hataları azaltır ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlar. Bu da üretkenliği artırırken, maliyetleri düşürür ve rekabet avantajı sağlar (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 5).

Endüstri 4.0 aynı zamanda ürünlerin ve süreçlerin müşteriye özel hale getirilmesini mümkün kılar. Kişiselleştirilmiş üretim olanakları, tüketicilerin isteklerine daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verilmesini sağlar. Bu da pazarlama stratejilerinin ve iş modellerinin değişmesine yol açar.

Dördüncü Sanayi Devrimi, sadece üretim alanını değil, aynı zamanda iş dünyasının ve toplumun diğer alanlarını da etkiler. Yapay zeka ve otomasyonun artmasıyla işgücü yapıları değişirken, eğitim ve yeteneklerin yeniden değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkar. Ayrıca, bu teknolojilerin etik ve güvenlik boyutları da dikkate alınmalıdır.

Dördüncü Sanayi Devrimi, dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu ile iş dünyasında ve toplumda köklü değişikliklere yol açan bir dönemdir. Bu dönemde

işletmelerin ve toplumun bu teknolojik değişime uyum sağlaması ve fayda sağlaması için sürekli olarak uyum sağlaması gerekmektedir (Chotia ve Rao, 2017: 25).

1.2. Endüstri 4.0 ve Teknolojik Gelişmeler

Endüstri 4.0 ve teknolojik gelişmeler, günümüz dünyasının belirleyici unsurlarından biridir. Endüstri 4.0, retim süreçlerini dijitalleştirmenin ve akıllı teknolojilerin entegrasyonunun bir sonucudur. Bu kavram, yapay zeka, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti, robotik ve otomasyon gibi dijital teknolojilerin endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılmasını ifade eder. Bu gelişmeler, iş dünyasını, ekonomiyi ve toplumu kökten değiştirmekte ve yeni fırsatlar ile zorluklar yaratmaktadır.

Endüstri 4.0'ın temelini, makineler arasındaki iletişim ve veri alışverişi oluşturur. Sensörler ve diğer akıllı cihazlar, üretim ekipmanlarından sürekli olarak veri toplarlar ve bu veriler analiz edilerek gerçek zamanlı kararlar alınır. Bu da üretim süreçlerini daha esnek, verimli ve ölçeklenebilir hale getirir. Endüstri 4.0, sadece üretimde değil, aynı zamanda tedarik zinciri yönetiminde, ürün tasarımı ve müşteri ilişkilerinde de büyük değişikliklere yol açar .

Teknolojik gelişmeler, iş dünyası için büyük fırsatlar sunarken, aynı zamanda çeşitli zorlukları da beraberinde getirir. Endüstri 4.0'ın yaygınlaşması, işgücü yapısında değişikliklere ve işgücü becerilerinde talep patlamasına neden olabilir. Ayrıca, bu teknolojilerin etik ve güvenlik boyutları da dikkate alınmalıdır. Veri gizliliği endişeleri ve otomasyonun iş kaybına yol açma potansiyeli, bu teknolojilerin benimsenmesini zorlaştırabilir (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 12).

Ancak, Endüstri 4.0 ve teknolojik gelişmelerin getirdiği potansiyel, iş dünyasını ve toplumu dönüştürme gücüne sahiptir. Verimlilik artışı, yenilikçilik ve rekabet avantajı gibi avantajlar, bu teknolojilerin benimsenmesini teşvik eder. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve çevresel etki gibi faktörler de göz önünde bulundurularak, teknolojik gelişmelerin topluma ve gezegene olumlu etkileri de olabilir (Zhang, 2021: 2).

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 ve teknolojik gelişmeler, iş dünyasında ve toplumda devrim niteliğinde değişikliklere yol açan önemli bir dönüm noktasını temsil eder. Bu teknolojilerin etkilerini anlamak ve yönetmek, işletmelerin ve toplumun geleceği için

kritik bir öneme sahiptir. Bu süreçte esneklik, adaptasyon ve sürekli öğrenme, başarı için temel unsurlardır.

1.2.1. Özgür Robotlar (Daha Özerk, Esnek ve İşbirlikçi)

Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde dijital dönüşümü ifade ederken, bu dönüşümün temel taşlarından biri de robot teknolojilerindeki gelişmelerdir. Özellikle, özgür robotlar olarak adlandırılan robotlar, daha fazla özerklik, esneklik ve iş birlikçi bir üretim ortamı sağlama potansiyeline sahiptir (Liu, Gao, Hu, Shi, Mohsin ve Naseem, 2022: 23).

Özgür robotlar, geleneksel endüstriyel robotlardan farklı olarak, daha fazla özerklik, esneklik ve iş birlikçilik özelliklerine sahiptirler. Bu robotlar, çevresel koşullara uyum sağlama yeteneği ile karakterizedirler ve insanlarla etkileşimde bulunabilme kabiliyetine sahiptirler. Sensörler, yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin entegrasyonu, özgür robotların bu özelliklerini destekler (Simachev, Fedyunina ve Kuzyk, 2020: 24).

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini dijitalleştirmenin ve akıllı teknolojilerin entegrasyonunun bir sonucudur. Özgür robotlar, bu dönüşümün önemli bir parçasını oluştururlar. Üretim tesislerindeki özgür robotlar, otomasyonun ve veri alışverişinin artırılmasıyla daha esnek ve verimli üretim süreçleri sağlarlar.

Özgür robotların endüstri 4.0 sürecindeki potansiyeli oldukça büyüktür. Daha özerk, esnek ve iş birlikçi olmaları, üretim süreçlerindeki verimliliği artırırken, işgücü ihtiyacını da azaltabilir. Ayrıca, özgür robotlar, insanların daha tehlikeli veya tekrarlayıcı görevlerden kurtulmasını sağlayarak, iş güvenliğini artırabilirler (Djebbouri, 2022: 28).

Endüstri 4.0 perspektifinde özgür robotlar, endüstriyel üretimdeki dijital dönüşümün önemli bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha özerk, esnek ve iş birlikçi bir yaklaşımla, özgür robotlar, üretim süreçlerini daha verimli hale getirme potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle, özgür robotların geliştirilmesi ve benimsenmesi, endüstri 4.0 dönüşümünün başarısı için önemli bir adımdır (Simachev, Fedyunina ve Kuzyk, 2020: 24).

1.2.2. Simülasyon

Simülasyon ve Endüstri 4.0, endüstriyel süreçlerin yönetiminde ve geliştirilmesinde önemli roller oynayan kavramlardır. Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde dijital dönüşümü

ifade ederken, simülasyon ise bu dönüşüm sürecinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. İki kavram arasındaki ilişki, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve ürün kalitesinin artırılması gibi amaçlara hizmet etmektedir.

Simülasyon, gerçek dünya süreçlerinin bilgisayar ortamında modellenmesi ve analizidir. Endüstri 4.0 bağlamında, simülasyon, üretim süreçlerinin dijital ortamda taklit edilmesini ve optimize edilmesini sağlar. Üretim hatlarının tasarımından üretim planlamasına, lojistik yönetiminden bakım stratejilerine kadar birçok alanda simülasyon kullanılabilir. Bu sayede, gerçek dünyada yapılan değişikliklerin potansiyel etkileri önceden belirlenebilir ve riskler minimize edilebilir (Djebbouri, 2020: 28).

Endüstri 4.0'ın temel unsurlarından biri olan Nesnelerin İnterneti (IoT), gerçek zamanlı veri toplama ve analizini mümkün kılar. Bu veriler, simülasyon modellerinin beslenmesi için önemli bir kaynak oluşturur. Örneğin, bir üretim hattındaki sensörlerden gelen veriler, simülasyon modellerinde gerçek zamanlı olarak işlenerek üretim süreçlerinin optimize edilmesine olanak tanır (Liu, Gao, Hu, Shi, Mohsin ve Naseem 2022: 23).

Simülasyon, aynı zamanda Endüstri 4.0'ın diğer unsurlarıyla da entegre bir şekilde çalışabilir. Yapay Zekâ ve Büyük Veri Analitiği gibi teknolojiler, simülasyon modellerinin daha akıllı hale gelmesini sağlar. Örneğin, bir üretim hattının veri analitiğiyle optimize edilmesi ve ardından simülasyon ortamında test edilmesi, üretkenlik ve verimlilikte önemli artışlar sağlayabilir.

Sonuç olarak, simülasyon ve Endüstri 4.0, endüstriyel süreçlerin yönetimde ve geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu kavramlar, üretim süreçlerinin dijital ortamda modellenmesini ve optimize edilmesini sağlar, böylece maliyetlerin düşürülmesi, ürün kalitesinin artırılması ve rekabet avantajının elde edilmesi mümkün olur.

1.2.3. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Yatay ve dikey sistem entegrasyonu, Endüstri 4.0'ın önemli kavramlarından biridir ve endüstriyel üretim süreçlerinin dijitalleşmesinde kritik bir rol oynar. Her ikisi de üretim sistemlerindeki farklı bileşenlerin birbirleriyle iletişim kurması ve entegre olmasıyla ilgilidir, ancak farklı yönlere odaklanırlar (Tiwari ve Bharadwaj, 2021: 30).

1.2.3.1. Yatay sistem entegrasyonu

Yatay sistem entegrasyonu, bir üretim sistem içerisinde farklı cihazlar, ekipmanlar ve işlemler arasındaki iletişimi ifade eder. Bu, bir üretim hattındaki farklı makinelerin, sensörlerin ve kontrol sistemlerinin birbirleriyle etkileşimde bulunabilmesini sağlar. Yatay entegrasyon, gerçek zamanlı veri paylaşımını, iş birliğini ve koordinasyonu teşvik ederek üretim süreçlerinin daha esnek, verimli ve hızlı olmasını sağlar. Örneğin, bir otomotiv fabrikasında, montaj hattındaki robotlar ve sensörlerin birbirleriyle iletişim kurması ve senkronize olması, üretim süreçlerinin optimize edilmesine yardımcı olabilir.

1.2.3.2. Dikey sistem entegrasyonu

Dikey sistem entegrasyonu ise, bir üretim sisteminin farklı seviyeleri veya katmanları arasındaki iletişimi ifade eder. Bu, üretim hattındaki saha cihazlarından, fabrika seviyesindeki yazılım sistemlerine ve işletme seviyesindeki planlama ve yönetim sistemlerine kadar olan iletişimi içerir. Dikey entegrasyon, üretim süreçlerinin üst seviyelerdeki planlama ve karar verme süreçleriyle bütünleşmesini sağlar. Örneğin, fabrika seviyesindeki bir üretim izleme ve kontrol sistemi, saha cihazlarından gelen verileri analiz edebilir ve üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izleyebilir, böylece üretim verimliliği artırılabilir ve kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılması sağlanabilir.

Endüstri 4.0'ın temel prensiplerinden biri, yatay ve dikey sistem entegrasyonunun bir araya gelmesidir. Bu, tüm üretim süreçlerinin dijital olarak entegre edilmesi ve birbiriyle iletişim kurması anlamına gelir. Bu sayede, gerçek zamanlı veri alışverişi, akıllı karar alma ve otomatikleştirilmiş üretim süreçleri mümkün hale gelir. Yatay ve dikey sistem entegrasyonu, Endüstri 4.0'ın temelinde yer alan dijital dönüşümün anahtar unsurlarından biridir ve rekabetçi bir üretim ortamında başarı için hayati öneme sahiptir.

1.2.4. Nesnelerin Endüstriyel İnterneti

Nesnelerin Endüstriyel İnterneti (IIoT), endüstriyel ekipmanları, cihazları ve sensörleri internete bağlayarak bu nesnelerin birbirleriyle ve merkezi bir veri tabanı ile iletişim kurmasını sağlayan bir ağıdır. Bu nesneler, üretim süreçlerinin farklı aşamalarında bulunabilir ve süreçlerle ilgili verileri toplar, işler ve paylaşır. Örneğin, bir üretim

hattındaki sensörler, makinaların performansını izler, ürün kalitesini kontrol eder ve makinalardaki arızaları tespit edebilir. Bu veriler, merkezi bir veri tabanına gönderilir ve burada analiz edilerek işletmeye değerli bilgiler sunar.

Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde dijital dönüşümü ifade eder ve bu dönüşümü sağlamak için çeşitli dijital teknolojileri entegre eder. IoT, Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biridir çünkü endüstriyel ekipmanları internete bağlayarak gerçek zamanlı veri toplama ve analizi sağlar. Bu da üretim süreçlerinin daha verimli, esnek ve ölçeklenebilir olmasını sağlar (Zhang, 2021: 2).

Örneğin, bir akıllı fabrika, IoT sensörleriyle donatılmış üretim hatlarına sahip olabilir. Bu sensörler, üretim sürecindeki farklı değişkenleri (sıcaklık, basınç, nem vb.) izler ve bu verileri merkezi bir veri tabanına gönderir. Endüstri 4.0 kapsamında bu veriler, büyük veri analitiği ve yapay zeka algoritmalarıyla işlenir ve üretim süreçlerinin optimize edilmesine olanak tanır. Örneğin, makina arızaları önceden tahmin edilebilir ve bakım süreçleri daha etkin bir şekilde planlanabilir.

Bu şekilde, Nesnelerin Endüstriyel İnterneti, Endüstri 4.0'ın başarısı için temel bir unsurdur çünkü bu teknoloji, üretim süreçlerindeki veri toplama, analiz ve işleme süreçlerini mümkün kılar. Bu da işletmelere daha iyi kararlar almaları ve daha verimli üretim süreçleri oluşturmaları için değerli bir fırsat sunar.

1.2.5. Siber Fiziksel Sistemler

Siber-fiziksel sistemler (CPS), fiziksel dünyadaki gerçek nesnelerin (nesneler, makineler, sensörler, vb.) bilgi işlem ve iletişim teknolojileriyle entegre edilmesini ifade eder. Bu sistemler, fiziksel dünya ile dijital dünya arasında bir köprü oluşturur ve gerçek zamanlı veri toplama, analiz etme ve karar alma yetenekleri sunar. Siber-fiziksel sistemler, Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi dijital dönüşüm kavramlarıyla sık sık ilişkilendirilir (Chotia ve Rao, 2017: 25).

Siber-fiziksel sistemlerin temel bileşenleri şunlardır:

- **Fiziksel Bileşenler:** Gerçek dünyadaki nesneler, makineler, sensörler ve diğer fiziksel ekipmanlar, siber-fiziksel sistemlerin fiziksel bileşenlerini oluşturur. Bu bileşenler, çeşitli ortamlarda bulunabilir ve çeşitli veri toplama ve algılama

görevleri yapabilirler.

- **Bilgi İşlem Bileşenleri:** Bilgi işlem bileşenleri, fiziksel dünyadan gelen verileri işleyen ve analiz eden yazılım ve algoritmaları içerir. Bu bileşenler, büyük veri analitiği, yapay zekâ, makine öğrenimi ve karar verme algoritmalarını içerebilir (Tiwari ve Bharadwaj, 2021: 30).
- **İletişim Altyapısı:** Siber-fiziksel sistemler, fiziksel bileşenlerin birbirleriyle ve dış sistemlerle iletişim kurmasını sağlayan iletişim altyapısına dayanır. Bu altyapı, kablosuz iletişim protokolleri, internet bağlantısı, sensör ağları ve diğer iletişim teknolojilerini içerir.
- **Kontrol ve Yönetim Sistemleri:** Siber-fiziksel sistemlerin merkezi bileşenleri, sistemlerin davranışlarını kontrol eden ve yöneten kontrol ve yönetim sistemleridir. Bu sistemler, gerçek zamanlı veri analizi ve geri bildirimle birlikte, süreçlerin optimize edilmesini ve istenilen hedeflere ulaşılmasını sağlar (Zhang, 2021: 30).

Siber-fiziksel sistemlerin endüstriyel uygulamaları oldukça geniştir. Örneğin, akıllı fabrikalar, otomotiv endüstrisindeki otomatik sürüş sistemleri, sağlık sektöründeki uzaktan sağlık izleme sistemleri ve akıllı şehirlerdeki trafik yönetim sistemleri gibi birçok alanda kullanılırlar.

Sonuç olarak, siber-fiziksel sistemler, fiziksel dünyayı dijital dünya ile bütünleştiren ve gerçek zamanlı veri analizi ve karar alma yetenekleri sunan önemli bir teknoloji alanıdır. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti gibi dijital dönüşüm kavramlarıyla birlikte, siber-fiziksel sistemler, endüstriyel süreçlerin daha akıllı, esnek ve verimli hale getirilmesine olanak tanır.

1.2.6. Bulut Bilişim Teknolojisi

Bulut bilişim teknolojisi, bilgisayar kaynaklarının (veri depolama, işlem gücü, uygulama hizmetleri, vb.) internet üzerinden paylaşılan ve isteğe bağlı olarak kullanılabilen bir hizmet olarak sunulmasını sağlayan bir modeldir. Bu model, kullanıcıların kendi bilgisayarlarına veya yerel sunuculara yatırım yapmak yerine, ihtiyaç duydukları

hizmetleri bulut hizmet sağlayıcılarından kiralamalarını sağlar. Bulut bilişim, esneklik, ölçeklenebilirlik, maliyet etkinliği ve erişilebilirlik gibi bir dizi avantaj sunar.

Bulut bilişimin temel bileşenleri şunlardır:

- **Bulut Altyapısı (Cloud Infrastructure):** Bulut bilişim altyapısı, veri merkezlerinden oluşur ve sunucular, depolama birimleri, ağ bileşenleri ve diğer donanım kaynaklarını içerir. Bu altyapı, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre esnek bir şekilde ölçeklenebilir.
- **Bulut Hizmetleri (Cloud Services):** Bulut bilişim, farklı hizmet modelleri sunar. Bunlar arasında altyapı hizmetleri (Infrastructure as a Service - IaaS), platform hizmetleri (Platform as a Service - PaaS) ve yazılım hizmetleri (Software as a Service - SaaS) bulunur. IaaS, kullanıcılara sanal sunucular, depolama alanı ve ağ kaynakları gibi temel altyapı bileşenlerini sağlar. PaaS, uygulama geliştirme ve dağıtım için bir platform sağlar. SaaS ise, kullanıcılara uygulamaları doğrudan kullanma olanağı sunar.
- **Dağıtım Modelleri (Deployment Models):** Bulut bilişimde yaygın olarak kullanılan iki dağıtım modeli vardır: genel bulut ve özel bulut. Genel bulut, birden çok müşteriye hizmet sunan, genellikle üçüncü taraf sağlayıcılar tarafından işletilen bir bulut ortamını ifade eder. Özel bulut ise, bir kuruluşun kendi veri merkezinde veya dış kaynaklardan kiraladığı bir altyapı üzerinde bulunan bir bulut ortamını ifade eder (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 12).

Bulut bilişimin avantajları arasında şunlar bulunur:

- **Esneklik ve Ölçeklenebilirlik:** Kullanıcılar ihtiyaçlarına göre kaynakları artırabilir veya azaltabilir, bu da işletmelerin değişen gereksinimlere daha hızlı yanıt vermesini sağlar.
- **Maliyet Etkinliği:** Kullanıcılar sadece kullandıkları hizmetler için ödeme yaparlar, böylece donanım ve altyapı yatırımlarından tasarruf ederler (Liu, Gao, Hu, Shi, Mohsin ve Naseem, 2022: 30).
- **Erişilebilirlik ve Paylaşım:** Bulut hizmetleri internet üzerinden erişilebilir olduğu için, kullanıcılar herhangi bir yerden ve herhangi bir cihazdan verilere

erişebilirler.

- **Yedekleme ve Felaket Kurtarma:** Bulut bilişim sağlayıcıları, veri yedekleme ve felaket kurtarma hizmetleri sunarak, veri kaybını en aza indirir ve iş sürekliliğini sağlarlar.

Sonuç olarak, bulut bilişim teknolojisi, günümüzün dijital dünyasında önemli bir role sahiptir ve işletmelerin daha verimli, esnek ve maliyet etkin bir şekilde çalışmasını sağlar.

1.2.7. Katkı (Eklemeli Üretim) Üretimi

Katkı (eklemeli) üretim, parçaların veya ürünlerin katman katman eklenerek üretildiği bir üretim sürecidir. Bu yöntem, geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak, bir tasarım dosyası veya dijital model kullanılarak bir ürünün katmanlarının tabakalanmasıyla gerçekleştirilir. Bu katmanlar, genellikle 3 boyutlu yazıcılar veya benzeri eklemeli imalat cihazları (EIC) kullanılarak oluşturulur.

Katkı üretimi, birçok endüstride geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Özellikle prototip üretiminden son ürün imalatına kadar birçok alanda kullanılır. İşte katkı üretiminin bazı temel özellikleri:

- **Esneklik ve Özelleştirme:** Katkı üretimi, esnek tasarım ve üretim süreçleri sunar. Bu, ürünlerin özelleştirilmesini ve kişiselleştirilmesini kolaylaştırır. Bir dijital modelde yapılan değişiklikler, ürünün hızlı ve kolay bir şekilde yeniden tasarlanmasını sağlar (Chotia ve Rao, 2018: 29).
- **Maliyet Etkinliği:** Katkı üretimi, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha az atık üretir ve malzeme kullanımını optimize eder. Ayrıca, daha az işgücü gerektirir ve üretim süreçlerini basitleştirir. Bu da maliyetleri düşürür ve rekabet avantajı sağlar (Chotia ve Rao, 2018: 28).
- **Hızlı Prototipleme:** Katkı üretimi, tasarımın hızlı prototiplerinin üretilmesini sağlar. Bu, ürün tasarımının ve geliştirilmesinin hızlanmasına ve pazara çıkış sürelerinin kısaltılmasına olanak tanır (Liu, Gao, Hu, Shi, Mohsin ve Naseem, 2022: 30).
- **Kompleks Geometrilerin İmalatı:** Geleneksel yöntemlerle zor veya maliyetli

olan karmaşık geometrilerin üretimi, katkı üretimi ile daha kolay hale gelir. Bu, daha işlevsel ve estetik olarak karmaşık tasarımların gerçekleştirilmesini sağlar.

Katkı üretiminin geleceği oldukça parlak görünmektedir. Sürekli olarak gelişen teknolojiler, daha büyük ölçekli üretim ve endüstriyel uygulamalar için katkı üretiminin yaygınlaşmasını desteklemektedir. 3D yazıcılar gibi ekipmanların daha hızlı ve daha hassas hale gelmesi, katkı üretiminin daha geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlar. Bu nedenle, katkı üretimi, gelecekte daha da önemli bir rol oynayacak ve endüstrinin çeşitli alanlarında kullanılacaktır.

Katkı (eklemeli) üretim, Endüstri 4.0'ın önemli bir bileşeni olarak kabul edilir çünkü dijital dönüşümü ve akıllı üretim süreçlerini destekler. İşte katkı üretiminin Endüstri 4.0 ile ilişkili bazı yönleri:

- **Dijitalleşme ve Esneklik:** Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini ve esnekliğini vurgular. Katkı üretimi, dijital bir tasarım modeli kullanarak ürünlerin katman katman üretilmesini sağlar. Bu, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini sağlar ve ürün tasarımında esneklik ve özelleştirme imkânı sunar.
- **Büyük Veri ve Analitik:** Endüstri 4.0, büyük veri analitiği ve gerçek zamanlı veri kullanımını vurgular. Katkı üretimi sürecinde kullanılan dijital tasarım verileri, gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve analiz edilebilir. Bu veriler, üretim süreçlerinin optimize edilmesine ve verimliliğin artırılmasına yardımcı olur (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 12).
- **Yatay ve Dikey Entegrasyon:** Endüstri 4.0'ın bir diğer önemli prensibi, yatay ve dikey sistem entegrasyonudur. Katkı üretimi süreci, dikey olarak üretim hattındaki farklı aşamalar arasında entegrasyonu sağlar. Aynı zamanda, farklı üretim sistemleri ve bileşenler arasında yatay entegrasyonu da destekler (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 26).
- **Akıllı Üretim ve Otomasyon:** Endüstri 4.0, akıllı üretim ve otomasyonun önemini vurgular. Katkı üretimi, otomatikleştirilmiş bir şekilde gerçekleştirilir ve üretim süreçlerini insan müdahalesi olmadan yürütebilir. Bu, hızlı ve verimli bir üretim süreci sağlar.

Sonuç olarak, katkı üretimi, Endüstri 4.0'ın hedeflerine ulaşmak için önemli bir araç olarak kabul edilir. Dijitalleşme, veri analitiği, sistem entegrasyonu ve otomasyon gibi Endüstri 4.0'ın temel prensipleri, katkı üretimi sürecinde etkin bir şekilde uygulanabilir ve endüstriyel üretimde daha akıllı ve verimli bir yaklaşım sunar.

1.2.8. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik (AR), gerçek dünyayı dijital olarak genişleten ve gerçek zamanlı olarak bilgi veya içerik ekleyen bir teknolojidir. AR, kullanıcıların fiziksel gerçekliği görmelerine ve aynı zamanda bu gerçekliğe dijital olarak oluşturulan öğelerin eklenmesine olanak tanır. Bu, kullanıcıların gerçek dünya ile sanal dünya arasında etkileşimde bulunmasını sağlar (Saidi ve Hammami, 2015: 24).

AR teknolojisinin temel bileşenleri şunlardır:

- **Algılama ve Tanıma:** AR uygulamaları, kullanıcının gerçek dünyayı algılamasını ve tanımasını sağlayan sensörler ve kamera sistemleri kullanır. Bu sistemler, kullanıcının çevresini tarar ve gerçek dünyadaki nesneleri tanımlar (Zhang, 2021: 26).
- **Konum Belirleme ve İzleme:** AR uygulamaları, kullanıcının konumunu belirlemek ve hareketini izlemek için GPS, hızlandırıcılar, jiroskoplar ve manyetometreler gibi sensörleri kullanır. Bu sayede, dijital içerikler gerçek dünya ile uyumlu bir şekilde yerleştirilebilir ve kullanıcının hareketine göre etkileşim sağlanabilir (Saidi ve Hammami, 2015: 24).
- **Görüntüleme ve Ekran:** AR içeriği, kullanıcının gerçek dünyayı görebileceği bir ekranda veya gözlüklerde görüntülenir. Bu ekranlar genellikle akıllı telefonlar, tabletler veya özel AR gözlükleri olabilir.
- **İnteraksiyon ve Kontrol:** AR uygulamaları, kullanıcının dijital içeriklerle etkileşime girmesini sağlayan kontrol mekanizmaları sunar. Bu kontrol mekanizmaları, dokunmatik ekranlar, hareket algılama teknolojisi veya sesli komutlar gibi çeşitli arayüzler olabilir (Chang, Deale, Gupta, Hefer, Lotz ve Kengne, 2017: 11).

Artırılmış Gerçeklik, birçok farklı endüstride geniş bir uygulama alanına sahiptir. Örneğin:

- **Eğitim ve eğlence:** Artırılmış gerçeklik, eğitim materyallerini zenginleştirebilir ve interaktif öğrenme deneyimleri sunabilir. Ayrıca, eğlence endüstrisinde, AR oyunları ve etkileşimli hikayeler gibi uygulamalara olanak tanır.
- **Perakende ve Pazarlama:** Perakendeciler, AR kullanarak ürünlerini sanal olarak deneyimleyebilir ve müşterilere interaktif alışveriş deneyimleri sunabilirler. Pazarlama kampanyalarında da kullanılabilir, müşterilere ürünleri daha etkili bir şekilde tanıtmak için AR içerikler kullanılabilir.
- **Sağlık ve Bakım:** Sağlık sektöründe, artırılmış gerçeklik cerrahi planlama, tıbbi eğitim ve hastane yönetimi gibi birçok alanda kullanılabilir. Örneğin, cerrahlar ameliyat öncesi bir görüntüyü artırılmış gerçeklikle inceleyerek operasyonlarını daha iyi planlayabilirler.

Sonuç olarak, Artırılmış Gerçeklik, gerçek dünyayı dijital olarak genişleterek kullanıcılara yeni ve etkileşimli deneyimler sunan heyecan verici bir teknolojidir. Bu teknolojinin birçok endüstride geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır ve gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

1.2.9. Büyük Veri Analizi

Büyük Veri Analizi, büyük miktarda yapılandırılmamış veya yapılandırılmış veriyi işleyerek anlamlı bilgiler elde etmeyi amaçlayan bir süreçtir. Bu veri genellikle hızlı bir şekilde oluşur, çok çeşitli kaynaklardan gelir ve geleneksel veri işleme yöntemleri ile işlenmesi zor olabilir. Büyük veri analizi, veri madenciliği, makine öğrenimi, istatistiksel analiz ve veritabanı yönetimi gibi birçok farklı disiplini içerir (Zhang, 2021: 28).

- **Veri Kaynakları ve Çeşitliliği:** Büyük Veri Analizi, genellikle çok çeşitli kaynaklardan gelen büyük miktarda veriyi içerir. Bu kaynaklar arasında sosyal medya platformları, web siteleri, mobil uygulamalar, sensörler, akıllı cihazlar, işletme sistemleri ve diğer veri kaynakları bulunur. Bu veri genellikle yapılandırılmış veya yapılandırılmamış formatta olabilir.

- **Veri Depolama ve Yönetimi:** Büyük veri, geleneksel veritabanları ile yönetilemeyecek kadar büyük olabilir. Bu nedenle, büyük veri depolama ve yönetimi için ölçeklenebilir sistemler gereklidir. Büyük veri depolama sistemleri genellikle dağıtılmış dosya sistemleri, sütun tabanlı veritabanları veya NoSQL veritabanları gibi teknolojileri içerir.
- **Veri İşleme ve Analiz:** Büyük veri işleme ve analizi, büyük miktardaki veriyi hızlı bir şekilde işlemeyi ve analiz etmeyi amaçlar. Bu süreçte paralel hesaplama, dağıtılmış hesaplama ve bulut bilişim gibi teknolojiler kullanılabilir. Veri analizi genellikle veri madenciliği, makine öğrenimi, yapay zeka ve istatistiksel analiz gibi teknikleri içerir (Zhang, 2021: 26).
- **Veri Güvenliği ve Mahremiyet:** Büyük Veri Analizi sürecinde, veri güvenliği ve mahremiyeti önemli bir konudur. Büyük miktarda veri toplandığında, bu verilerin güvenli bir şekilde depolanması, işlenmesi ve korunması gereklidir. Veri güvenliği önlemleri, kimlik doğrulama, erişim kontrolü, şifreleme ve diğer güvenlik önlemlerini içerebilir.
- **Uygulama Alanları:** Büyük Veri Analizi, birçok farklı endüstri ve iş alanında çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Bu alanlar arasında pazarlama ve reklamcılık, finansal hizmetler, sağlık, perakende, telekomünikasyon, enerji, ulaşım ve lojistik, bilgi güvenliği, hükümet ve kamu hizmetleri gibi alanlar bulunur (Chang, Deale, Gupta, Hefer, Inglesi-Lotz, Kengne, 2017: 11).

Büyük Veri Analizi, günümüzün veri odaklı dünyasında organizasyonlar için rekabet avantajı elde etmek ve daha iyi kararlar almak için kritik bir öneme sahiptir. Verilerin analizi, organizasyonların müşteri davranışlarını anlamalarına, operasyonel süreçlerini optimize etmelerine ve yeni iş fırsatlarını keşfetmelerine yardımcı olabilir. Bu nedenle, büyük veri analizi, organizasyonlar için stratejik bir araç haline gelmiştir (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 26).

İKİNCİ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE BRICS-T ÜLKELERİ

Endüstri 4.0, dünya genelinde sanayi ve üretim süreçlerinde devrim niteliğinde bir dönüşümü ifade eder. Dijital teknolojilerin, otomasyonun, yapay zekanın ve nesnelerin internetinin entegrasyonu, geleneksel sanayi yapısı kökten değişmekte ve daha verimli, esnek ve akıllı üretim sistemleri ortaya çıkmaktadır. Bu dönüşüm, ekonomik, sosyal ve teknolojik alanlarda büyük etkilere sahiptir (Chotia ve Rao, 2017: 25).

BRICS-T olarak adlandırılan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye gibi yükselen ekonomiler, Endüstri 4.0'ın etkilerini deneyimleyen ve bu yeni döneme uyum sağlamaya çalışan ülkeler arasında yer alır. Bu ülkeler, geniş nüfusları, hızla büyüyen ekonomileri ve teknolojiye olan artan yatırımlarıyla dikkat çekerler. Endüstri 4.0, BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyüme stratejilerine entegre edilmiş durumdadır ve bu ülkeler, dijital teknolojilere yönelik yatırımları ve dijital dönüşüm politikalarıyla bu yeni döneme uyum sağlamaya çalışmaktadırlar (Rasool, Maqbool, Tarique, 2021: 22).

Endüstri 4.0 ve BRICS-T ülkeleri arasındaki ilişki, bu ülkelerin ekonomik büyüme potansiyelini artırma ve küresel rekabet güçlerini artırma amacını taşır. Bu ülkeler, dijital teknolojilere olan yatırımları artırarak ve sanayi yapılarını dönüştürerek Endüstri 4.0'ın getirdiği fırsatları değerlendirme yolunda önemli adımlar atmaktadırlar. Ancak, bu sürecin başarılı olması için bu ülkelerin politika yapıcıları, iş dünyası temsilcileri ve toplumun tüm paydaşlarının iş birliği yapması ve sürdürülebilir bir dijital ekonomi ve endüstriyel dönüşüm stratejileri oluşturması gerekmektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0 ve BRICS-T ülkeleri arasındaki ilişki, küresel ekonominin geleceğini şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır.

2.1. Brezilya

Brezilya, Güney Amerika'nın en büyük ülkesi ve dünyanın beşinci en büyük ülkesi olarak coğrafi ve demografik açıdan oldukça çeşitli bir yapıya sahiptir. Brezilya, sahip olduğu zengin doğal kaynaklar, büyük nüfusu ve çeşitlilik gösteren ekonomisiyle dikkat çeker (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 30).

Ekonomik açıdan Brezilya, gelişmekte olan bir ülke olmasına rağmen, dünya genelinde önemli bir ekonomik aktör konumundadır. Brezilya'nın ekonomisi, tarım, endüstri ve

hizmet sektörlerinden oluşur. Tarım, ülkenin ekonomisinde önemli bir role sahiptir ve tarımsal ürünler, Brezilya'nın ihracat gelirlerinin önemli bir kısmını oluşturur. Aynı zamanda, Brezilya'nın endüstriyel sektörü de oldukça gelişmiştir ve otomotiv, havacılık, petrol ve gaz gibi alanlarda önemli üretim faaliyetleri yürütür. Hizmet sektörü ise, ekonominin önemli bir bölümünü oluşturur ve turizm, finans, iletişim ve eğitim gibi alanlarda faaliyet gösterir.

Endüstri 4.0, Brezilya ekonomisi için önemli bir dönüşümü ifade eder. Brezilya, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital teknolojileri ve otomasyonu benimseyerek, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve rekabetçi hale getirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda, Brezilya'da dijital teknolojilere yönelik yatırımlar artmakta, endüstriyel tesislerde otomasyon sistemleri yaygınlaşmakta ve yapay zekâ gibi ileri teknolojiler kullanılmaktadır. Bu dönüşüm, Brezilya'nın endüstriyel altyapısını güçlendirerek, ekonomik büyümeyi ve rekabet gücünü artırmayı amaçlamaktadır (Djebbouri, 2022: 6).

Brezilya'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi, ülkenin ekonomik ve endüstriyel dönüşümünde belirleyici bir rol oynamaktadır. Dijital teknolojilere yönelik yatırımlar ve endüstriyel dönüşüm çabaları, Brezilya'nın rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, Brezilya'nın endüstriyel altyapısının güçlendirilmesi, işgücü dinamiklerinin değiştirilmesi ve uluslararası ticaret ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesi gibi önemli adımlar atılmaktadır. Bu bağlamda, Brezilya'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi, ülkenin ekonomik ve endüstriyel geleceğini belirleyen önemli bir faktördür (Chotia ve Rao, 2017: 28).

2.2. Rusya

Rusya Federasyonu, Avrupa ve Asya'nın kesişiminde bulunan geniş bir ülkedir ve dünya üzerindeki en geniş yüzölçümüne sahip ülkelerden biridir. Hem Avrupa hem de Asya'nın bir parçası olan Rusya, kültürel ve tarihi açıdan zengin bir mirasa sahiptir (Djebbouri 2022: 6).

Rusya'nın ekonomisi, genellikle enerji kaynaklarına dayalıdır. Ülke, dünya üzerindeki en büyük doğal gaz rezervlerinden birine ve önemli petrol yataklarına sahiptir. Bu nedenle, enerji sektörü Rusya ekonomisinin belkemiğini oluşturur ve ülkenin büyük ölçüde dış

ticaret dengesini etkiler. Petrol, doğal gaz, madencilik ve diğer enerji kaynakları Rusya'nın en önemli gelir kaynakları arasındadır.

Endüstri 4.0, Rusya'nın ekonomik dönüşümü için önemli bir fırsat ve zorluklarla dolu bir alan sunar. Rusya, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital teknolojileri benimseyerek ve endüstriyel süreçlerini akıllı ve verimli hale getirerek ekonomik büyümeyi ve rekabet gücünü artırmayı hedeflemektedir. Ancak, bu dönüşüm sürecinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır.

Rusya'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi, ülkenin ekonomik ve endüstriyel dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Dijital teknolojilere yönelik yatırımlar ve endüstriyel dönüşüm çabaları, Rusya'nın rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, Rusya'nın endüstriyel altyapısının güçlendirilmesi, işgücü dinamiklerinin değiştirilmesi ve uluslararası ticaret ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesi gibi önemli adımlar atılmaktadır (Rasool, Maqbool ve Tarique, 2021: 30).

Ancak, Rusya'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Ülkenin altyapı eksiklikleri, teknolojiye erişimdeki kısıtlamalar ve endüstriyel modernizasyon sürecinin yavaş ilerlemesi, Rusya'nın bu dönüşümü tam anlamıyla benimsemesini engelleyebilir. Bu nedenle, Rusya'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi, ülkenin ekonomik ve endüstriyel geleceğini belirleyen önemli bir faktördür ve bu dönüşüm sürecindeki başarı, Rusya'nın ulusal rekabet gücü ve uluslararası konumunu belirleyen kritik bir rol oynayacaktır (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 23).

2.3. Hindistan

Hindistan, Güney Asya'nın en büyük ülkesi ve dünyanın en kalabalık ikinci nüfusuna sahip olan bir ülkedir. Hindistan, tarih boyunca zengin bir kültürel mirasa ve çeşitli dini ve etnik gruplara ev sahipliği yapmıştır. Modern Hindistan, demokratik bir cumhuriyet olarak, dinamik bir ekonomi ve hızla büyüyen bir nüfusa sahiptir.

Hindistan'ın ekonomisi, geniş bir hizmet sektörüne, tarım endüstrisine ve giderek artan bir ölçekte endüstriyel üretime dayanmaktadır. Hizmet sektörü, Hindistan ekonomisinin belkemiğini oluşturur ve bilgi teknolojisi, telekomünikasyon, finans ve sağlık gibi alanlarda önemli faaliyetler yürütür. Tarım, Hindistan'ın kırsal bölgelerinde hala önemli

bir gelir kaynağıdır ve ülkenin büyük bir nüfusunu geçindirir. Endüstriyel üretim ise, Hindistan'ın ekonomik büyümesini destekleyen bir diğer önemli sektördür ve otomotiv, tekstil, ilaç ve elektronik gibi alanlarda faaliyet gösterir (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 30).

Endüstri 4.0, Hindistan için önemli bir fırsat ve dönüşüm alanı sunar. Hindistan, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital teknolojileri ve otomasyonu benimseyerek, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve rekabetçi hale getirmeyi hedeflemektedir. Ülke, bu dönüşümü desteklemek için çeşitli politika önlemleri ve teşvikler uygulamaktadır (Rasool, Maqbool ve Tarique, 2021: 22).

Endüstri 4.0 yatırımları, Hindistan'ın ekonomik ve endüstriyel dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Dijital teknolojilere yönelik yatırımlar ve endüstriyel dönüşüm çabaları, Hindistan'ın rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, Hindistan'ın endüstriyel altyapısının güçlendirilmesi, işgücü dinamiklerinin değiştirilmesi ve uluslararası ticaret ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesi gibi önemli adımlar atılmaktadır.

Ancak, Hindistan'ın Endüstri 4.0 ile ilişkisi bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Ülkenin altyapı eksiklikleri, teknolojiye erişimdeki kısıtlamalar ve işgücü becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği gibi faktörler, Hindistan'ın bu dönüşümü tam anlamıyla benimsemesini engelleyebilir. Ancak, Hindistan hükümeti ve özel sektör, bu zorlukları aşmak için çeşitli politika önlemleri ve programlar geliştirmektedir.

2.4. Çin

Çin, dünyanın en kalabalık ülkesi ve tarihi ve kültürel açıdan zengin bir geçmişe sahip olan Doğu Asya ülkesidir. Çin hem geleneksel hem de modern öğeleri bir araya getiren bir kültürel mirasa sahiptir ve dünya üzerindeki en eski medeniyetlerden birine ev sahipliği yapmıştır. Modern Çin, güçlü bir ekonomiye, büyük bir endüstriyel üretime ve hızla büyüyen bir teknoloji sektörüne sahiptir (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 30).

Çin'in ekonomisi, son yıllarda hızlı bir büyüme göstermiş ve dünyanın en büyük ikinci ekonomisi haline gelmiştir. Ülkenin ekonomisi, çeşitli sektörlerden oluşur; bunlar arasında imalat, tarım, hizmetler ve teknoloji yer alır. İmalat sektörü, Çin'in ekonomisinde büyük bir paya sahiptir ve dünya çapında üretim üssü olarak bilinir. Tarım sektörü,

özellikle pirinç, buğday, mısır ve diğer tarım ürünleriyle önemli bir gelir kaynağıdır. Hizmet sektörü ise, son yıllarda hızla büyümüş ve bankacılık, telekomünikasyon, turizm ve e-ticaret gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Teknoloji sektörü ise, özellikle yapay zekâ, telekomünikasyon, e-ticaret ve yüksek teknoloji ürünleri gibi alanlarda hızla büyümektedir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 27).

Endüstri 4.0, Çin için hem büyük bir fırsat hem de büyük bir zorluk sunmaktadır. Çin, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital teknolojileri ve otomasyonu benimseyerek, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve rekabetçi hale getirmeyi hedeflemektedir. Ülke, bu dönüşümü desteklemek için çeşitli politika önlemleri ve teşvikler uygulamaktadır.

Endüstri 4.0 yatırımları, Çin'in ekonomik ve endüstriyel dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Dijital teknolojilere yönelik yatırımlar ve endüstriyel dönüşüm çabaları, Çin'in rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, Çin'in endüstriyel altyapısının güçlendirilmesi, işgücü dinamiklerinin değiştirilmesi ve uluslararası ticaret ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesi gibi önemli adımlar atılmaktadır (Yan-li, 2011a: 30).

Ancak, Çin'in Endüstri 4.0 ile ilişkisi bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Ülkenin altyapı eksiklikleri, teknolojiye erişimdeki kısıtlamalar ve işgücü becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği gibi faktörler, Çin'in bu dönüşümü tam anlamıyla benimsemesini engelleyebilir. Ancak, Çin hükümeti ve özel sektör, bu zorlukları aşmak için çeşitli politika önlemleri ve programlar geliştirmektedir (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 23).

2.5. Güney Afrika

Güney Afrika, Afrika'nın güney ucu boyunca yer alan ve çeşitli etnik grupların ve kültürlerin bir arada yaşadığı bir ülkedir. Ülke, tarihi ve doğal güzellikleriyle dikkat çekerken, aynı zamanda karmaşık bir tarihe ve güçlü bir demokratik mirasa sahiptir (Simachev, Fedyunina ve Kuzyk, 2020: 30).

Güney Afrika'nın ekonomisi, çeşitli sektörlerden oluşur ve Afrika'nın en gelişmiş ekonomilerinden biridir. Ülkenin ekonomisi, imalat, madencilik, tarım, turizm, hizmetler ve teknoloji gibi çeşitli alanlarda faaliyet gösterir. İmalat sektörü, özellikle otomotiv, tekstil ve elektronik gibi alanlarda önemli bir gelir kaynağıdır. Madencilik sektörü, dünya çapında önemli miktarda mineral rezervlerine sahip olan Güney Afrika'nın ekonomisinin

belkemiğini oluşturur. Özellikle altın, platin, elmas, kömür ve manganez gibi minerallerin çıkarımı, ülkenin dış ticaret dengesine büyük katkı sağlar. Tarım sektörü, özellikle mısır, şeker kamışı, üzüm ve narenciye gibi ürünlerle önemli bir gelir kaynağıdır. Turizm, Güney Afrika'nın doğal güzellikleri, vahşi yaşamı ve kültürel çeşitliliği sayesinde önemli bir sektördür. Hizmetler sektörü ise, finans, iletişim, eğitim ve sağlık gibi alanlarda faaliyet gösterir (Mussaiyib ve Pradhan, 2023: 23).

Endüstri 4.0, Güney Afrika için önemli bir fırsat ve dönüşüm alanı sunmaktadır. Ülke, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital teknolojileri ve otomasyonu benimseyerek, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve rekabetçi hale getirmeyi hedeflemektedir. Güney Afrika, bu dönüşümü desteklemek için çeşitli politika önlemleri ve teşvikler uygulamaktadır (Djebbouri, 2022: 17).

Endüstri 4.0 yatırımları, Güney Afrika'nın ekonomik ve endüstriyel dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Dijital teknolojilere yönelik yatırımlar ve endüstriyel dönüşüm çabaları, Güney Afrika'nın rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, Güney Afrika'nın endüstriyel altyapısının güçlendirilmesi, işgücü dinamiklerinin değiştirilmesi ve uluslararası ticaret ilişkilerinin yeniden şekillendirilmesi gibi önemli adımlar atılmaktadır.

Ancak, Güney Afrika'nın Endüstri 4.0 ile ilişkisi bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Ülkenin altyapı eksiklikleri, teknolojiye erişimdeki kısıtlamalar ve işgücü becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği gibi faktörler, Güney Afrika'nın bu dönüşümü tam anlamıyla benimsemesini engelleyebilir. Ancak, Güney Afrika hükümeti ve özel sektör, bu zorlukları aşmak için çeşitli politika önlemleri ve programlar geliştirmektedir.

2.6. Türkiye

Türkiye, coğrafi olarak Asya ve Avrupa kıtalarının kesişiminde bulunan, köklü tarihi, zengin kültürel mirası ve stratejik konumuyla dikkat çeken bir ülkedir. Başkenti Ankara olan Türkiye, İstanbul gibi önemli bir kültürel ve ekonomik merkeze de ev sahipliği yapmaktadır.

Türkiye ekonomisi, çeşitli sektörlerden oluşur ve son yıllarda dinamik bir büyüme sergilemiştir. İmalat, tarım, hizmetler, turizm ve inşaat gibi alanlar ekonominin temelini oluşturur. İmalat sektörü, otomotiv, tekstil, gıda, kimya ve savunma gibi alt sektörlerle

sahiptir. Tarım sektörü, ülkenin farklı bölgelerinde çeşitli ürünlerin yetiştirilmesiyle önemli bir gelir kaynağıdır. Hizmet sektörü, finans, iletişim, eğitim, sağlık ve turizm gibi alanlarda faaliyet gösterir. Turizm, Türkiye'nin doğal güzellikleri, tarihi zenginlikleri ve kültürel çeşitliliği nedeniyle önemli bir gelir kaynağıdır. İnşaat sektörü ise, altyapı projeleri, konut ve ticari yapılar gibi alanlarda büyük ölçekte faaliyet göstermektedir.

Türkiye'nin ekonomisi hem iç pazarın büyüklüğü hem de stratejik konumu nedeniyle yabancı yatırımcılar için çekici bir destinasyondur. Özellikle son yıllarda yapılan altyapı yatırımları ve ekonomik reformlar, ülkenin rekabet gücünü artırmıştır. Türkiye, güçlü bir sanayi altyapısına ve genç, eğitilmiş bir iş gücüne sahiptir. Ayrıca, Türkiye'nin stratejik konumu, Orta Doğu, Avrupa ve Asya arasında bir ticaret köprüsü olmasını sağlar (Chakravarty ve Mandal, 2016: 3).

Ancak, Türkiye ekonomisi bazı zorluklarla da karşılaşmaktadır. Özellikle döviz kurlarındaki oynaklık, enflasyon ve cari açık gibi makroekonomik dengesizlikler, ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, siyasi ve jeopolitik faktörler de ekonomik istikrar üzerinde etkili olabilir. Bununla birlikte, Türkiye'nin ekonomik potansiyeli ve çeşitliliği, uzun vadeli büyüme ve sürdürülebilir kalkınma için önemli bir zemin oluşturur.

Türkiye, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşümü benimseyerek sanayi ve üretim sektörlerinde çeşitli yatırımlar yapmaktadır. Bu yatırımlar, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve rekabetçi hale getirmeyi amaçlamaktadır. İşte Türkiye'nin Endüstri 4.0'a yönelik yatırımlarından bazıları:

- **Dijital Altyapı Yatırımları:** Türkiye, dijital altyapıyı güçlendirmek için geniş kapsamlı yatırımlar yapmaktadır. Özellikle fiber optik altyapının genişletilmesi ve 5G gibi yeni nesil mobil teknolojilerin yaygınlaştırılması bu çabaların bir parçasıdır. Bu, veri iletişimini hızlandırarak endüstriyel süreçlerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar (Awolusi ve Mbonigaba, 2020: 30).
- **Akıllı Üretim Sistemleri:** Türkiye, fabrikalarda ve üretim tesislerinde akıllı üretim sistemlerini uygulamak için çaba harcamaktadır. Bu sistemler, sensörler, veri analizi ve yapay zekâ gibi teknolojilerin entegrasyonunu içerir. Bu sayede üretim süreçleri otomatik hale gelir, verimlilik artar ve hata oranları düşer.

- **Endüstriyel IoT Yatırımları:** Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi, Türkiye'de endüstriyel süreçlerin izlenmesi ve optimize edilmesi için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Sensörler ve akıllı cihazlar, üretim ekipmanlarının durumunu izler ve veri toplar, bu da bakım süreçlerinin iyileştirilmesine ve üretim verimliliğinin artırılmasına olanak tanır (Chakravarty ve Mandal, 2016: 3).
- **Yapay Zeka ve Veri Analizi:** Türkiye, yapay zeka ve büyük veri analizi gibi ileri analitik teknolojilerine yatırım yapmaktadır. Bu teknolojiler, üretim verilerinin analiz edilerek operasyonel verimliliğin artırılmasına ve daha akıllı üretim kararlarının alınmasına olanak sağlar (Liu, Gao, Hu, Shi, Mohsin ve Naseem, 2022: 27).
- **Dijital Yetenek Geliştirme:** Türkiye, Endüstri 4.0'a uyum sağlamak için iş gücünün dijital yeteneklerini geliştirmeye odaklanmaktadır. Bu kapsamda, dijital becerilerin geliştirilmesi için eğitim programları ve sertifikasyonlar sağlanmakta, ayrıca üniversiteler ve endüstri iş birliği içinde dijital teknolojilerin öğretilmesi teşvik edilmektedir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 3).
- Bu yatırımların yanı sıra, Türkiye'de hükümet ve özel sektör arasında Endüstri 4.0'ın teşvik edilmesi ve benimsenmesi için çeşitli politika önlemleri ve teşvikler de bulunmaktadır. Özellikle Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın yürüttüğü Endüstri 4.0 Strateji Belgesi ve Eylem Planı, ülkenin dijital dönüşüm sürecini desteklemek için önemli bir çerçeve oluşturur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLEYİCİLERİ

Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini anlamak için birçok belirleyici faktör göz önüne alınır. Bunlardan bazıları, Ar-Ge harcamaları, patent başvuruları, ticari hizmet ithalatı ve ihracatı, nihai tüketim harcamaları, iş gücü ve geniş para arzıdır. Bu faktörler, ekonomik büyüme üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileriyle Endüstri 4.0'ın etkisini şekillendirir.

Ar-Ge harcamaları, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve benimsenmesinde kritik bir rol oynar. Endüstri 4.0, sürekli olarak yenilik ve teknolojik ilerleme gerektirir. Bu nedenle, yüksek düzeyde Ar-Ge harcamaları, yeni ürünlerin ve hizmetlerin ortaya çıkmasını teşvik eder ve ekonomik büyümeyi destekler. Patent başvuruları da önemli bir göstergedir. İnovasyon ve teknolojik ilerleme, sıklıkla patentlerle korunur ve teşvik edilir. Endüstri 4.0, yeni buluşların ve teknolojilerin geliştirilmesine yol açar, bu da artan patent başvurularıyla sonuçlanır ve ekonomik büyümeyi tetikler (Banday ve Ismail, 2017: 30).

Ticari hizmet ithalatı ve ihracatı, ekonomik büyüme için kritik bir faktördür. Endüstri 4.0, dijitalleşme ve küreselleşmeyi artırarak ticaretin genişlemesine katkıda bulunur. Gelişmiş dijital altyapı ve iletişim teknolojileri, ticaretin daha verimli ve etkili hale gelmesini sağlar, bu da ekonomik büyümeyi teşvik eder (Banday ve Ismail, 2017: 28).

Nihai tüketim harcamaları, ekonomik büyüme için önemli bir itici güçtür. Endüstri 4.0, tüketicilere daha fazla seçenek sunar ve daha verimli üretim süreçleriyle maliyetleri düşürür, bu da tüketici harcamalarını artırır ve ekonomik büyümeyi destekler.

İş gücü, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini belirleyen bir diğer önemli faktördür. Dijitalleşme ve otomasyon, işgücü dinamiklerini değiştirir ve yeni beceri ve uzmanlık alanlarının ortaya çıkmasına yol açar. Bu nedenle, iş gücünün nitelikleri ve yetkinlikleri, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini belirler.

Son olarak, geniş para arzı, ekonomik büyüme üzerinde etkili olan bir faktördür. Endüstri 4.0, finansal sistemlerin dijitalleşmesini teşvik eder ve para politikalarının etkinliğini etkileyebilir. Bu nedenle, geniş para arzı ve para politikaları, ekonomik büyüme üzerinde belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkar.

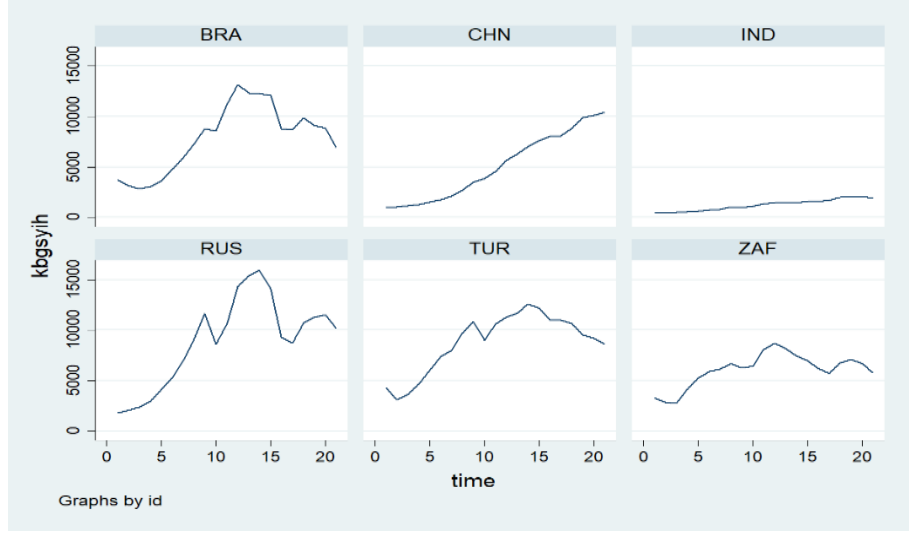
Tüm bu belirleyici faktörler, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini anlamak ve yönetmek için önemlidir. Ar-Ge harcamaları, patent başvuruları, ticari hizmet ticareti, tüketim harcamaları, iş gücü ve para arzı gibi faktörlerin etkileşimi, ekonomik büyümeyi şekillendirir ve sürdürülebilir kalkınma için kritik öneme sahiptir.

3.1. Kişi Başı Gayri Safi Harcamaları ve Endüstri 4.0

Kişi başı gayri safi milli hasıla (Kişi Başı GSMH), bir ülkenin gayri safi milli hasılasının (GSMH) toplam nüfusa bölünmesiyle elde edilen bir ekonomik göstergedir. Bu gösterge, bir ülkenin ekonomik refahının veya üretkenliğinin nüfus büyüklüğüne göre ne kadar olduğunu anlamamıza yardımcı olur.

Kişi başı GSMH, genellikle dolar cinsinden ifade edilir ve nominal veya satın alma gücü paritesi (SAGP) doları olarak hesaplanabilir. Nominal kişi başı GSMH, ülkenin GSMH'sının cari fiyatlarla bölünmesiyle elde edilirken, SAGP doları cinsinden kişi başı GSMH, ülkeler arasında satın alma gücü paritesine dayalı olarak hesaplanan bir göstergiyi ifade eder. SAGP doları, farklı ülkelerde aynı miktarda mal ve hizmet satın alabilme yeteneğini gösterir (Banday ve Ismail, 2017: 30).

Kişi başı GSMH'nın yüksek olması genellikle bir ülkenin vatandaşlarının genel refahının göstergesi olarak kabul edilir, ancak bu tek başına bir ülkenin yaşam standardı hakkında tam bir resim sunmaz. Örneğin, kişi başı GSMH, gelir dağılımı, sosyal hizmetlerin kalitesi, eğitim ve sağlık gibi diğer faktörleri dikkate almadığından dolayı bir gösterge olarak kabul edilir. Bu nedenle, bir ülkenin ekonomik refahını değerlendirirken, kişi başı GSMH'nın yanı sıra diğer sosyal ve ekonomik göstergeler de göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 1. Kişi başı gayri safi harcamalar

Kişi başı gayri safi harcamalar göstergesini incelediğimizde, en çok hareketlilik olan ülkeler sırasıyla Rusya, Brezilya, Türkiye, Çin, Güney Afrika olurken, Hindistan'ın bu ülkelere göre daha pasif ve stabil bir artış gösterdiği görülmektedir. Bu da demek oluyor ki; sıralamadaki ülkeler alım gücüne sahip ülkelerdir. Alım gücü payına en çok sahip olan ülkeler olan Rusya ve Brezilya'nın benzer dönemlerde yükseliş ve düşüş yaşamış olmaları ortak bir paydadır ve küresel bir sebebe dayalı olabilir. Öte yandan son zamanlarda yükselişte olan tek ülke Çin'dir.

3.2. AR&GE Harcamaları ve Endüstri 4.0

Ar-Ge (Araştırma ve Geliştirme) harcamaları, Endüstri 4.0'ın gelişiminde ve yayılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Endüstri 4.0, dijital teknolojilerin, otomasyonun ve yapay zekanın hızla geliştiği bir dönemi ifade eder. Bu teknolojilerin yenilikçi uygulamaları ve yeni ürünlerin ortaya çıkması için Ar-Ge harcamaları önemlidir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 27).

Ar-Ge harcamaları, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve mevcut sistemlerin iyileştirilmesi için yapılan yatırımları ifade eder. Endüstri 4.0, sürekli olarak yenilik ve teknolojik ilerleme gerektirir. Bu nedenle, Ar-Ge harcamaları, yeni ürünlerin ve hizmetlerin ortaya çıkmasını teşvik eder ve ekonomik büyümeyi destekler (Chotia ve Rao, 2017: 25).

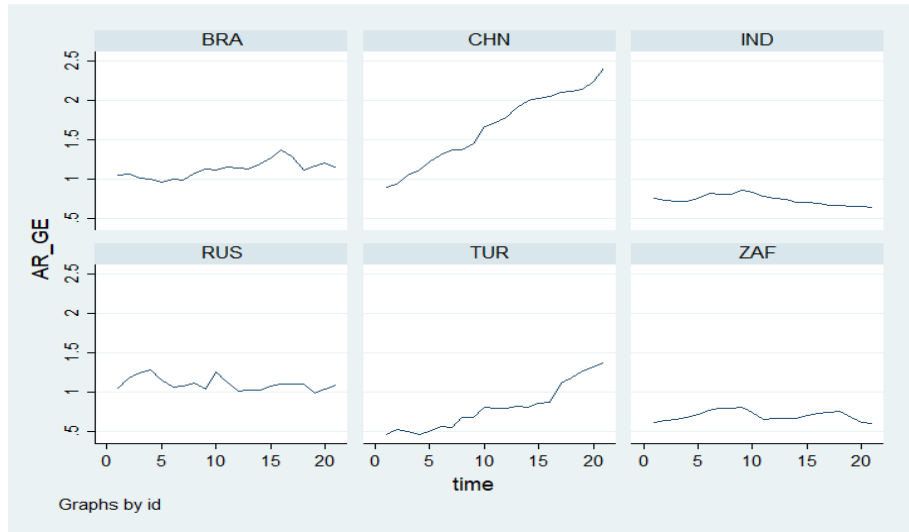
Endüstri 4.0'ın belirgin özelliklerinden biri, sürekli olarak gelişen ve iyileşen teknolojilerin kullanımıdır. Bu teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması, rekabetçi bir

avantaj sağlamak için önemlidir. Ar-Ge harcamaları, bu sürekli yenilik ve gelişme sürecini destekleyerek, firmaların ve ülkelerin Endüstri 4.0 dönemine uyum sağlamasını kolaylaştırır.

Ar-Ge harcamaları aynı zamanda iş birliği ve ortaklık olanaklarını da artırabilir. Endüstri 4.0, farklı sektörlerin ve disiplinlerin bir araya gelmesini gerektirir. Bu nedenle, Ar-Ge harcamaları, farklı paydaşlar arasında iş birliği ve ortaklık fırsatlarının keşfedilmesini teşvik eder.

Endüstri 4.0'ın yayılması ve benimsenmesi, Ar-Ge harcamalarının yoğun olduğu alanlarda daha hızlı gerçekleşebilir. Bu, birçok ülkenin ve kuruluşun Endüstri 4.0 dönemine geçişini hızlandırmak için Ar-Ge harcamalarına odaklanmasını teşvik edebilir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 3).

Sonuç olarak, Ar-Ge harcamaları, Endüstri 4.0'ın gelişiminde ve yayılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması için yapılan bu yatırımlar, ekonomik büyümeyi teşvik eder, rekabetçi bir avantaj sağlar ve Endüstri 4.0 dönemine uyum sağlamayı destekler. Bu nedenle, Ar-Ge harcamalarının önemi, Endüstri 4.0'ın etkilerini anlamak ve yönetmek için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.



Şekil 2. Ar&Ge harcamaları

Ar-Ge çalışmaları kapsamında yapılan harcamalarda en çok pay Çin'e aitken diğer ülkeler Çin'i şu sıra ile takip etmektedir, Brezilya, Rusya, Türkiye, Güney Afrika ve Hindistan. Brezilya, Hindistan ve Güney Afrika'nın son yıllarda düşüşte olması yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması konusunda eksiklikler ifade ederken, Çin,

Rusya ve Türkiye bu gelişimi anlamış ve özellikle son yıllardaki yükselişleri ile rakipleri olan diğer ülkelerden önde bir yol kat etmişlerdir. Ar-Ge çalışmalarının önemini kavrayan ülkeler arasında olan Çin gelişim ve ekonomik büyüme gerçekleştirmiştir.

3.3. Patent Başvuruları ve Endüstri 4.0

Patent başvuruları, Endüstri 4.0'ın gelişiminde ve yayılmasında önemli bir belirleyici faktördür. Endüstri 4.0, dijitalleşme ve teknolojik ilerlemenin hızla gerçekleştiği bir dönemi ifade eder. Bu dönemde, yeni buluşların ve teknolojilerin korunması ve teşvik edilmesi için patentler kritik bir rol oynar.

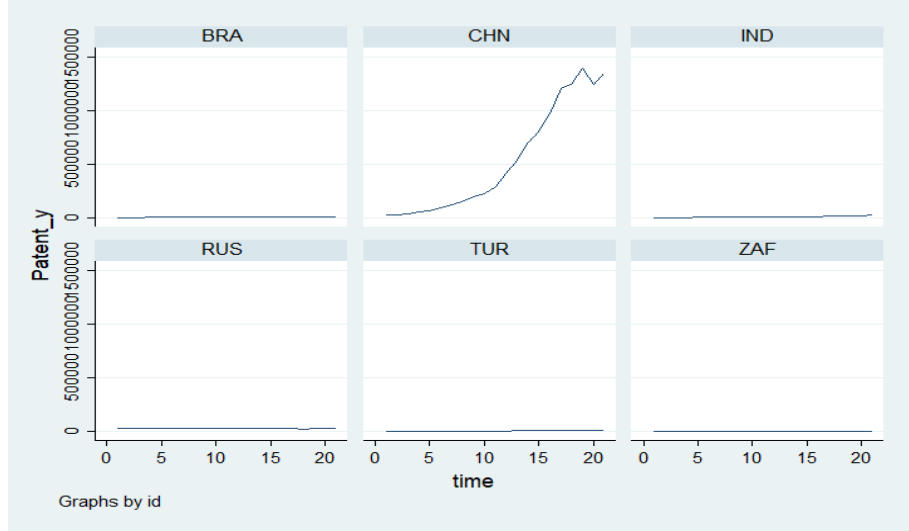
Endüstri 4.0, sürekli olarak yenilik ve teknolojik ilerleme gerektirir. Yeni buluşlar, süreçlerin daha verimli hale getirilmesini sağlar, rekabetçi avantajlar yaratır ve ekonomik büyümeyi teşvik eder. Patentler, bu yenilikçi fikirlerin korunmasını ve sahiplerine rekabet avantajı sağlamasını sağlar (Simachev, Fedyunina ve Kuzyk, 2020: 22).

Patent başvuruları aynı zamanda teknolojik gelişmenin ve yenilikçiliğin ölçülebilir bir göstergesi olarak da kullanılabilir. Bir ülkedeki veya bir sektördeki yüksek patent başvuruları, o ülkenin veya sektörün yenilikçi kapasitesini ve teknolojik liderliğini yansıtabilir. Bu da o ülkenin veya sektörün Endüstri 4.0'e daha hızlı adapte olmasını ve rekabet avantajı elde etmesini sağlayabilir.

Patent başvurularının artması, genellikle Ar-Ge harcamalarının ve yenilikçiliğe yönelik yatırımların arttığının bir göstergesi olarak da kabul edilir. Bu da ekonomik büyümeyi ve teknolojik ilerlemeyi teşvik eder.

Endüstri 4.0'ın yayılması ve benimsenmesi, patent sistemlerinin etkin ve adil bir şekilde işlemesine dayanır. Patentler, yenilikçi fikirlerin korunması ve sahiplerine rekabet avantajı sağlanması açısından önemlidir. Bu nedenle, etkin bir patent sistemi, Endüstri 4.0'ın gelişimine ve yayılmasına önemli bir katkı sağlar (Sasana ve Ghozali, 2017: 30).

Sonuç olarak, patent başvuruları, Endüstri 4.0'ın gelişiminde ve yayılmasında kritik bir rol oynar. Yenilikçi fikirlerin korunması ve teşvik edilmesi için önemli bir araç olan patentler, teknolojik ilerlemeyi teşvik eder, rekabet avantajı sağlar ve ekonomik büyümeyi destekler. Bu nedenle, patent başvurularının artması, bir ülkenin veya bir sektörün Endüstri 4.0'e uyum sağlama ve rekabet avantajı elde etme kabiliyetini yansıtan önemli bir göstergedir.



Şekil 3. Patent başvuruları

İlgili grafikte en çok patent başvurusu alan ülke Çin iken diğer ülkelerin bu konuda aktif olmadığı görülmektedir. Çin diğer ülkelere nazaran öndedir ve bu da Çin'in ülke olarak gelişen ve değişen Dünya teknolojisinde yeni fikirlere açık ve gelişim odaklı olduğunu gösterir. Öte yandan Brezilya, Rusya, Türkiye, Hindistan ve Güney Afrika bu konuda faaliyet içindedir ancak, Çin'in bu alandaki tutumu ve istikrarlılığı, özellikle 2010 yılı ve sonraki yükselişi ile grafikte yer alan diğer ülkelerin patent başvuruları konusunda epeyce zaman ve emek harcamalarını gerektirecektir. Türkiye 2013 – 2023 yıllarında, 2000 – 2013 yıllarına göre daha aktiftir. Rusya 2018 – 2019 yıllarında diğer yıllara göre bu alanda pasif kalmıştır ancak hemen sonrasında tekrar eski formuna dönerek çalışmalarına devam etmiştir. Güney Afrika stabil bir yaklaşım izlerken, Brezilya 2005 yılı sonrasında stabil kalmaya devam etmiştir. Hindistan 2000 – 2005 – 2017 ve 2021 yıllarında gelişme göstererek basamak şeklinde bir grafik ile ilerlemeye devam etmiştir.

3.4. Ticari Hizmet İthalatı ve Endüstri 4.0

Ticari hizmet ithalatı, Endüstri 4.0'ın gelişimi ve yayılması üzerinde önemli etkilere sahip olan bir belirleyici faktördür. Endüstri 4.0, dijitalleşme ve teknolojik ilerlemenin hızla gerçekleştiği bir dönemi ifade eder. Bu dönemde, ticari hizmetlerin ithalatı, dijitalleşme ve teknolojik yeniliklerle birlikte büyük bir artış gösterebilir.

Endüstri 4.0'ın temelini dijital teknolojilerin ve otomasyonun oluşturduğu düşünüldüğünde, ticari hizmetlerin ithalatı da bu teknolojilerin benimsenmesi ve

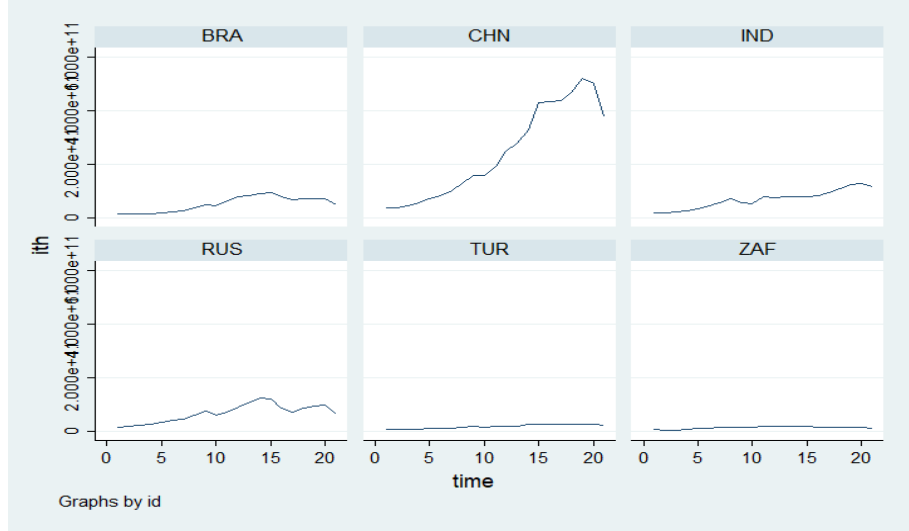
kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle bilişim, yazılım geliştirme, danışmanlık, dijital pazarlama gibi alanlarda hizmet sağlayıcılarının artan talebi, ticari hizmet ithalatını etkileyen faktörler arasındadır (Sharma, 2010: 19).

Endüstri 4.0'ın yayılmasıyla birlikte, işletmelerin ve endüstrilerin dijitalleşmesi artmakta ve bu da ticari hizmetlere olan talebi artırmaktadır. Örneğin, yapay zekâ tabanlı analitik hizmetler, bulut bilişim, büyük veri analizi gibi alanlarda talep artışı gözlemlenebilir. Bu da ticari hizmet ithalatının artmasına neden olabilir.

Ticari hizmet ithalatındaki artış, işletmelerin rekabet gücünü artırabilir. Yeni teknolojilerin ve dijital çözümlerin kullanımı, işletmelerin daha verimli hale gelmesini sağlar ve dolayısıyla rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olur. Bu da üretkenliği artırabilir ve ekonomik büyümeyi teşvik edebilir.

Ancak, ticari hizmet ithalatındaki artış aynı zamanda yerel işgücüne ve yerel hizmet sağlayıcılarına da bir tehdit oluşturabilir. Yerel işletmelerin, yetersiz rekabet koşulları altında uluslararası hizmet sağlayıcılarıyla rekabet etmeleri zorlaşabilir. Bu nedenle, ticari hizmet ithalatının artışıyla birlikte yerel işletmelerin rekabet edebilirliğini artırmak için politika önlemleri alınması gerekebilir.

Sonuç olarak, ticari hizmet ithalatının Endüstri 4.0'ın gelişimi ve yayılması üzerinde önemli etkileri vardır. Dijitalleşme ve teknolojik yeniliklerin artmasıyla birlikte, ticari hizmetlerin ithalatında artış gözlemlenebilir. Bu durum, işletmelerin rekabet gücünü artırabilirken aynı zamanda yerel işletmeler için de zorluklar yaratabilir. Bu nedenle, ticari hizmet ithalatının etkilerini anlamak ve bu değişime uyum sağlamak için dikkatli bir şekilde politika yapılması önemlidir.



Şekil 4. Ticari hizmet ithalatı

Ticari hizmet ithalatında Çin'in gerekli teknolojik alt yapıyı sağladığını ve bu alanın gerekliliğin farkında olduğu görülmektedir. 2010 yılı ve sonrasında gelişmeye devam eden Çin, 2020 yılı sonrasında gelişen dünya teknolojisinde gerilemeye başlamıştır. Brezilya, Rusya ve Hindistan teknolojik gelişmeler kapsamında Türkiye ve Güney Afrika'dan önde iken, Çin bu sıralamada hala açık ara öndedir, bu da Çin'in Dünya'da gelişime açık en iyi ülkelerden olduğunu tartışmasız ortaya koyar.

3.5. Ticari Hizmet İhracatı ve Endüstri 4.0

Ticari hizmet ihracatı, Endüstri 4.0'ın gelişimi ve yayılması üzerinde önemli etkilere sahip olan bir belirleyici faktördür. Endüstri 4.0, dijitalleşme ve teknolojik ilerlemenin hızla gerçekleştiği bir dönemi ifade eder. Bu dönemde, ticari hizmetlerin ihracatı, dijitalleşme ve teknolojik yeniliklerle birlikte büyük bir artış gösterebilir (Chotia ve Rao, 2017: 25).

Endüstri 4.0'ın temelini dijital teknolojilerin ve otomasyonun oluşturduğu düşünüldüğünde, ticari hizmetlerin ihracatı da bu teknolojilerin benimsenmesi ve kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle bilişim, yazılım geliştirme, danışmanlık, dijital pazarlama gibi alanlarda hizmet sağlayıcılarının artan talebi, ticari hizmet ihracatını etkileyen faktörler arasındadır.

Endüstri 4.0'ın yayılmasıyla birlikte, işletmelerin ve endüstrilerin dijitalleşmesi artmakta ve bu da ticari hizmetlere olan talebi artırmaktadır. Yeni teknolojilerin ve dijital

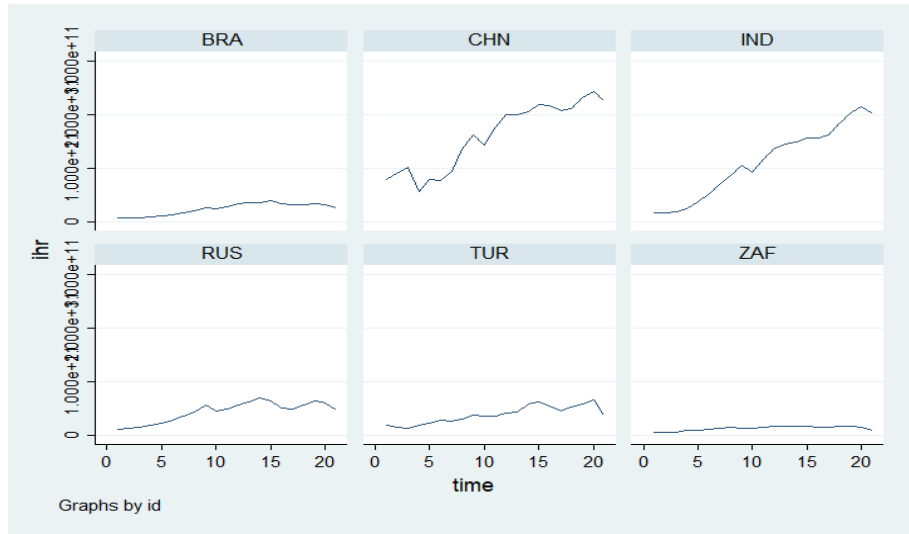
çözümlerin kullanımı, işletmelerin daha verimli hale gelmesini sağlar ve dolayısıyla ihracat potansiyellerini artırabilir.

Ticari hizmet ihracatındaki artış, bir ülkenin ekonomik büyümesine ve uluslararası rekabet gücüne olumlu bir etki yapabilir. Yüksek katma değerli hizmetlerin ihraç edilmesi, ülkenin dış ticaret dengesini olumlu yönde etkileyebilir ve uluslararası pazarda daha güçlü bir konum elde etmesine yardımcı olabilir.

Ancak, ticari hizmet ihracatında başarılı olabilmek için dijital yeteneklerin ve teknolojik altyapının güçlü olması gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın gerektirdiği dijital dönüşümü gerçekleştirebilmek ve uluslararası pazarda rekabet edebilmek için, işletmelerin ve hükümetlerin bu alanda yatırım yapmaları önemlidir.

Ayrıca, ticari hizmet ihracatındaki artışın, işgücü piyasasında da değişikliklere neden olabileceği unutulmamalıdır. Yüksek katma değerli hizmetlerin ihraç edilmesi, bazı sektörlerde iş gücü talebini artırabilirken, diğer sektörlerde ise iş gücü ihtiyacını azaltabilir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 15).

Sonuç olarak, ticari hizmet ihracatının Endüstri 4.0'ın gelişimi ve yayılması üzerinde önemli etkileri vardır. Dijitalleşme ve teknolojik yeniliklerin artmasıyla birlikte, ticari hizmetlerin ihracatında artış gözlemlenebilir. Bu durum, bir ülkenin ekonomik büyümesini ve uluslararası rekabet gücünü artırabilir, ancak uygun teknolojik altyapı ve dijital yeteneklerin sağlanması önemlidir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 15).



Şekil 5. Ticari hizmet ihracatı

Ticari hizmet ihracatı göstergesinde, Çin'in aldığı teknolojik hizmetlerin yanı sıra, ihraç ettiği teknolojik çalışmalar da dikkat çekiyor. Teknolojik hizmetler de başta olmak üzere Çin'in hem alışı hem satış alanında diğer ülkelere nazaran piyasadaki payı oldukça büyüktür ve bu pay pazarı yönetebilme eğilimi dahi sağlayabilir. Çin'i takip eden Hindistan'ın da ticari hizmetleri anlayıp bu alanda gelişmiş olduğu görülmektedir. Türkiye, Rusya, Brezilya ve Güney Afrika son yıllarda bu alanda gerileme kaydetmiştir.

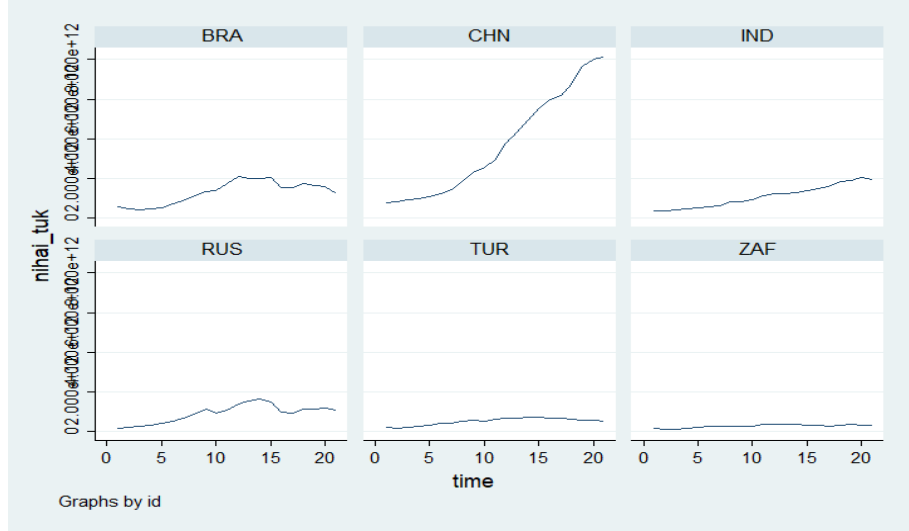
3.6. Nihai Tüketim Harcamaları ve Endüstri 4.0

Nihai tüketim harcamaları, ekonomi literatüründe tüketicilerin mal ve hizmetlere yönelik gerçekleştirdiği son harcamaları ifade eder. Bu harcamalar, tüketicilerin gelirlerini kullanarak piyasadaki mal ve hizmet satın almalarını içerir. Nihai tüketim harcamaları, bir ekonominin genel talebini belirleyen önemli bir faktördür ve genellikle milli gelirin önemli bir bileşenidir (Khan, Muhammad, Chenggang, Hussain, Bano ve Khan, 2020: 19).

Nihai tüketim harcamaları, genellikle bireysel tüketim ve toplam tüketim olarak iki ana kategoride incelenir. Bireysel tüketim, hane halkının mal ve hizmetlere yönelik harcamalarını ifade ederken, toplam tüketim ise toplumun genelindeki nihai tüketim harcamalarını kapsar. Bu harcamalar, gıda, konut, ulaşım, eğitim, sağlık gibi çeşitli alanlarda gerçekleşebilir.

Nihai tüketim harcamaları, ekonominin büyüme ve istikrarı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Tüketicilerin harcama eğilimleri, ekonomik büyüme ve istihdam seviyeleri üzerinde doğrudan etkili olabilir. Ayrıca, nihai tüketim harcamalarındaki değişimler, ekonominin genel talep düzeyini ve fiyatlarını etkileyebilir.

Endüstri 4.0 döneminde, dijitalleşme ve teknolojik ilerlemelerin hızla gerçekleştiği bir ortamda, tüketici tercihleri ve harcama alışkanlıkları da değişebilir. Örneğin, dijital ürün ve hizmetlere olan talep artabilirken, geleneksel perakende sektöründe de dönüşümler yaşanabilir. Bu nedenle, nihai tüketim harcamalarının Endüstri 4.0 ile ilişkisi, tüketicilerin teknolojiye uyum sağlama ve dijital platformlarda harcama yapma eğilimlerini içerir.



Şekil 6. Nihai tüketim harcamaları

Nihai tüketim harcamaları grafiklerine bakıldığında, tabii ki pazar payı en yüksek olan Çin'in özellikle 2005 ve sonrasındaki yükselişi ile birlikte bu alanda en büyük yatırımı yaptığını görebiliriz. Hindistan sürekli ve yavaş bir ilerleme kaydederken, Brezilya ve Rusya belli aralıkla yükseliş ve düşüş kaydederek piyasadaki hareketliliklerini göstermiştir. Türkiye ve Güney Afrika ise yavaş bir ilerleme göstermektedir.

3.7. İş Gücü ve Endüstri 4.0

İş gücü, bir ekonominin üretim süreçlerinde yer alan ve işgücü piyasasında istihdam edilen bireylerin toplamıdır. İş gücü, çalışma çağındaki insanlar arasında iş arayanlar ve çalışanlar olarak iki ana gruba ayrılır. İş arayanlar, iş bulmak için aktif olarak işgücü piyasasında yer alırken, çalışanlar ise bir işveren tarafından istihdam edilen ve ücret karşılığında çalışan kişileri ifade eder (Khan, Muhammad, Chenggang, Hussain, Bano ve Khan, 2020: 19).

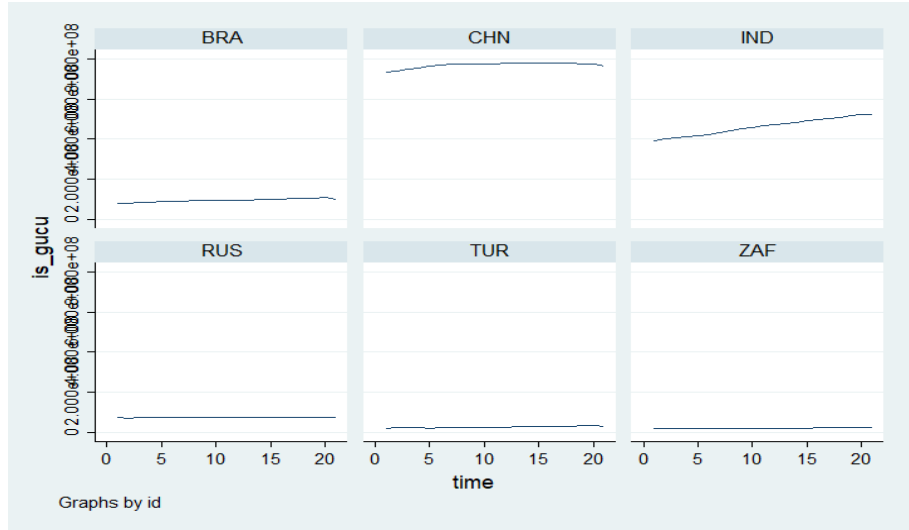
Endüstri 4.0 ise dijitalleşmenin ve teknolojik ilerlemelerin ön planda olduğu bir sanayi dönüşümüdür. Bu dönüşüm, yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik, büyük veri analizi gibi teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonunu içerir. Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde otomasyonun ve dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla iş gücü üzerinde önemli etkilere sahip olabilir.

Endüstri 4.0'ın iş gücü üzerindeki etkileri karmaşıktır ve çeşitli faktörlerden etkilenir. Teknolojik ilerlemeler ve otomasyonun yaygınlaşması, bazı geleneksel işlerin yerini

otomatik sistemlerin almasına ve dolayısıyla iş gücü talebinin değişmesine neden olabilir. Bu durum, belirli becerilere sahip olan iş gücünün talebinin artması veya azalması şeklinde ortaya çıkabilir (Yan-li, 2011a: 9).

Ancak, Endüstri 4.0 aynı zamanda iş gücünün verimliliğini artırabilir ve yeni iş olanakları yaratabilir. Otomasyon sayesinde, tekrarlayıcı ve düşük katma değerli işler otomatik hale gelirken, insan kaynağı daha yaratıcı ve karmaşık görevlere odaklanabilir. Bu da iş gücünün niteliğini artırabilir ve rekabet gücünü destekleyebilir.

Sonuç olarak, iş gücü Endüstri 4.0'ın belirleyicilerinden biridir çünkü bu dönüşüm, iş gücü piyasasını doğrudan etkiler. Ancak, Endüstri 4.0'ın iş gücü üzerindeki etkileri çeşitli faktörlerden etkilenir. İş gücü dönüşümü ve Endüstri 4.0'a uyum sağlaması için eğitim, yeniden eğitim ve politika önlemleri önemlidir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 15).



Şekil 7. İş gücü

İş gücü alanında en çok istihdam elde eden ülkeler sırasıyla Çin, Hindistan, Brezilya, Rusya, Türkiye ve Güney Afrika'dır. İş gücünde diğer ülkelere Çin liderlik etmekte olup Hindistan onu takip etmektedir. Diğer 4 ülkeye bakıldığında istihdam alanlarında ilk 2 ülkeye nazaran geridedir ve bu alandaki payları oldukça düşüktür.

3.8. Geniş Para Arzı ve Endüstri 4.0

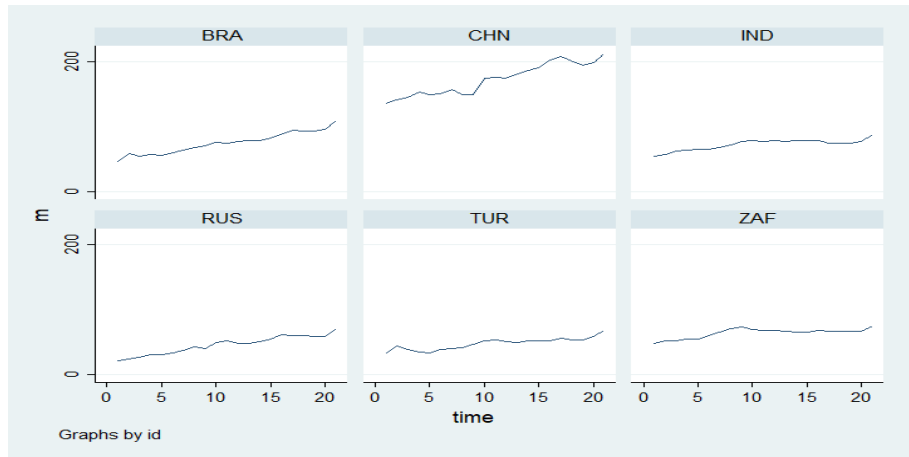
Geniş para kavramı, ekonomi literatüründe dolaşımdaki nakit paranın yanı sıra bankalardaki mevduatları ve çekleri de içeren bir terimdir. Geniş para, merkez bankası

tarafından kontrol edilebilen ve ekonomide likiditeyi sağlayan toplam para arzını ifade eder. Bu para arzı, ekonomideki para miktarını ve dolaşımdaki nakit parayı da içerir.

Endüstri 4.0 ise dijitalleşmenin ve teknolojik ilerlemelerin ön planda olduğu bir sanayi dönüşümüdür. Bu dönüşüm, yapay zeka, nesnelerin interneti, robotik, büyük veri analizi gibi teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonunu içerir. Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde otomasyonun ve dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla iş gücü üzerinde önemli etkilere sahip olabilir.

Geniş para, ekonomideki para arzının bir bileşeni olduğu için Endüstri 4.0 ile doğrudan ilişkilendirilemez. Ancak, Endüstri 4.0 döneminde ekonomik süreçlerdeki dijitalleşme ve teknolojik ilerlemeler, para arzını etkileyebilir. Örneğin, dijital ödeme sistemlerinin ve sanal para birimlerinin yaygınlaşması, geleneksel nakit paranın yerini kısmen alabilir ve dolayısıyla geniş para kavramını da etkileyebilir.

Endüstri 4.0'ın para arzı üzerindeki etkileri, ekonomideki teknolojik değişimlerin ve dijitalleşmenin ekonomik süreçleri nasıl etkilediğiyle ilgilidir. Ancak, bu etkiler genellikle dolaylıdır ve direkt olarak geniş para kavramıyla ilişkilendirilmez. Bununla birlikte, teknolojik ilerlemeler ve dijitalleşme, para arzını etkileyen faktörler arasında yer alabilir ve dolayısıyla Endüstri 4.0 döneminde para politikalarının ve para arzının yönetilmesinde önemli bir rol oynayabilir (Yan-li, 2011a: 9).



Şekil 8. Geniş para arzı harcamaları

Geniş para harcamaları yapan ülkelerin gösterildiği grafikte de görüldüğü üzere 6 ülke de bu alanda aktif faaliyettedir. Sırası ile Çin, Brezilya, Hindistan, Rusya, Güney Afrika ve Türkiye geniş para harcamaları skalasında yer almaktadır. Çin'in aktif bir yükselişte

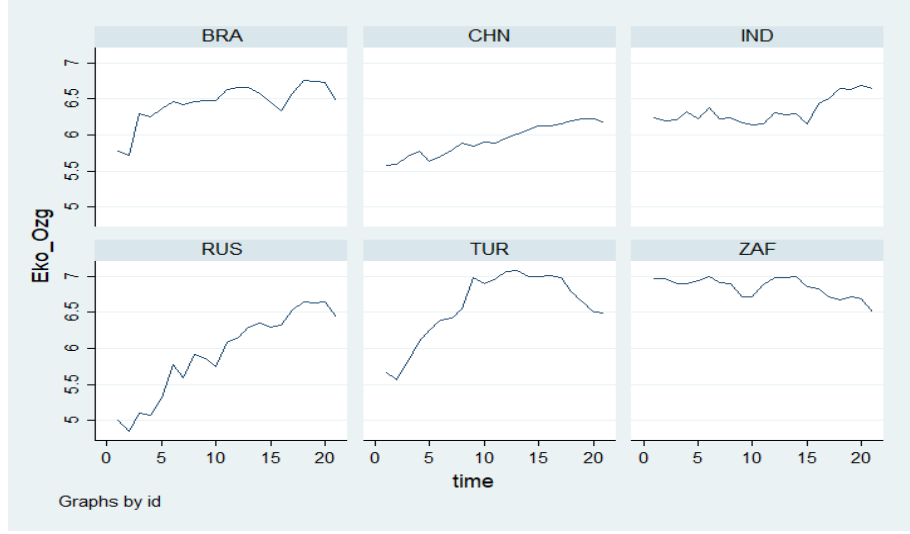
olduğu grafikte, diğerk ÷lkeler belirli standarda göre ilerleyerek grafiklerinde geniş bir aralık oluşturmamaktadır.

3.9. Ekonomik Özgürlük ve Endüstri 4.0

Ekonomik özgürlük, bireylerin ve işletmelerin ekonomik faaliyetlerini serbestçe yürütebildikleri, devletin müdahaleci düzenlemelerinin veya kısıtlamalarının minimum düzeyde olduğu bir ortamı ifade eder. Ekonomik özgürlük kavramı, genellikle ekonomik büyüme, yenilikçilik ve bireylerin refah düzeyini artırma potansiyeli ile ilişkilendirilir. Bu çerçevede, devletin ekonomik faaliyetlere sadece asgari düzeyde müdahale etmesi ve piyasa güçlerinin serbestçe işlemesine izin verilmesi, ekonomik özgürlüğün sağlanmasında temel bir ilkedir (Chakravarty ve Mandal, 2016: 27).

Ekonomik özgürlük ve Endüstri 4.0 arasındaki ilişki şu şekilde açıklanabilir:

- Endüstri 4.0 teknolojileri, üretim süreçlerindeki verimliliği artırarak ekonomik büyümeyi teşvik edebilir. Dijital otomasyon ve yapay zeka gibi teknolojiler, işletmelerin üretim süreçlerini daha hızlı ve daha verimli hale getirerek kaynak kullanımını optimize eder. Bu da ekonomik özgürlüğü destekleyen rekabetçi bir iş ortamı yaratabilir.
- Endüstri 4.0, iş gücünün beceri setlerini değiştirir ve geliştirir. Dijitalleşme ve otomasyon, bazı geleneksel işleri dönüştürebilir veya ortadan kaldırılabirirken, aynı zamanda yeni dijital yeteneklere ve iş fırsatlarına da kapı açabilir. Bu, bireylerin ekonomik olarak daha fazla bağımsızlık kazanmasına ve işletmelerin daha esnek çalışma modelleri benimsemesine olanak tanır.
- Endüstri 4.0 teknolojileri, üretim ve ticaretin küresel düzeyde daha entegre olmasını sağlar. Bu da serbest ticaretin ve ekonomik özgürlüğün önemini vurgular. Ülkeler, bu teknolojilere yatırım yaparak küresel pazarda rekabet avantajı elde edebilirler.



Şekil 9. Ekonomik özgürlük

Ülkelerin ekonomik özgürlükleri baz alındığında, sırasıyla Güney Afrika, Hindistan, Brezilya, Türkiye, Rusya ve Çin yer almaktadır. Üretim süreçlerindeki verimlilik grafikteki ülkelerde yoğun şekilde görülmekte olup, 2020 yılı sonrası ülkelerde genel bir düşüş görülmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: PANEL VERİ MODELLERİ

Panel veri analizi, birden fazla gözlem zamanına ve birden fazla gözlem birimine sahip veri setlerinin analizinde kullanılan güçlü bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, zaman serisi ve kesit verilerinin birleşiminden oluşur ve bu sayede hem zaman hem de birimlere özgü etkileri kontrol edebilir. Panel veri modelleri, bu birleşik veri yapısını dikkate alarak daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi amaçlar. Ayrıca, panel veri analizi ile bireysel heterojenliklerin ve zaman dinamiklerinin etkilerini de gözlemlemek mümkündür.

Panel veri analizinin en önemli avantajlarından biri, daha fazla veri noktası kullanarak model tahminlerinin doğruluğunu artırmasıdır. Bu yöntem, hem zaman serisi hem de kesit verileri içerdiği için, zaman içinde ve birimler arasındaki değişiklikleri dikkate alarak daha kapsamlı analizler yapılmasına olanak tanır. Ayrıca, bu yöntemle, verilerdeki eksik gözlemler ve ölçüm hataları gibi sorunlar daha etkili bir şekilde ele alınabilir.

Panel veri modelleri, genellikle iki ana kategoriye ayrılır: sabit etkili (fixed effects) ve rassal etkili (random effects) modeller. Sabit etkili modeller, her birimin kendi sabit etkisini içerirken, rassal etkili modeller bu etkilerin bir ortalama etrafında rastgele dağıldığını varsayar. Bu iki model arasında seçim yaparken Hausman testi kullanılır. Hausman testi, sabit ve rassal etkili modeller arasındaki farklılıkları belirleyerek uygun modelin seçilmesine yardımcı olur.

Panel veri analizinin önemli bir bileşeni olan sabit ve rassal etkili modeller, farklı varsayımlar ve yöntemlerle çalışır. Sabit etkili modeller, her birim için farklı sabit etkiler içerirken, rassal etkili modeller bu etkilerin rastgele olduğunu varsayar. Hausman testi ile bu iki modelin uygunluğu karşılaştırılarak doğru model seçimi yapılır.

4.1. Sabit Etkili ve Rassal Etkili Panel Veri Modelleri

Sabit etkili modeller, her bir gözlem biriminin kendi sabit etkisini içerir ve bu etkilerin zaman içinde değişmediğini varsayar. Rassal etkili modeller ise, birimlere özgü etkilerin rastgele olduğunu ve genel bir ortalama etrafında dağıldığını varsayar. Hausman testi, sabit ve rassal etkili modeller arasındaki farkları değerlendirerek hangi modelin daha uygun olduğunu belirlemeye yardımcı olur.

4.1.1. Hausman Testi

Hausman testi, sabit ve rassal etkili modeller arasındaki uygun modeli seçmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu test, iki model arasındaki tahmin edicilerin tutarlılığı ve verimliliği arasındaki farkı ölçer (Hausman, 1978: 1251). Hipotezler şu şekilde ifade edilir:

- Null Hipotezi (H0): Rassal etkili model tutarlıdır.
- Alternatif Hipotez (H1): Sabit etkili model tutarlıdır ve rassal etkili model tutarsızdır.

Test istatistiği, iki model arasındaki tahmin edicilerin farkının varyansının hesaplanması ile bulunur ve şu formülle ifade edilir:

$$\chi^2 = (\beta_{FE} - \beta_{RE})'[Var(\beta_{FE}) - Var(\beta_{RE})] - 1(\beta_{FE} - \beta_{RE}) \quad (1)$$

Burada, β_{FE} sabit etkili modelin tahmin edicilerini, β_{RE} ise rassal etkili modelin tahmin edicilerini ifade eder. Elde edilen test istatistiği, ki-kare dağılımına sahip bir kritik değer ile karşılaştırılır. Eğer test istatistiği kritik değerden büyükse, null hipotezi reddedilir ve sabit etkili modelin daha uygun olduğu sonucuna varılır (Greene, 2003: 283).

4.1.2. Sabit Etkili Panel Veri Modelleri

Sabit etkili modeller (FEM), her bir gözlem biriminin kendi sabit etkisini içerir ve bu etkilerin zaman içinde sabit olduğunu varsayar. Bu modeller, birimlerin kendine özgü etkilerini kontrol ederek içsel heterojenliği dikkate alır. Sabit etkili modelin genel denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$Y_{it} = \alpha_{0i} + \beta_{kit}X_{kit} + u_{it} \quad (2)$$

Burada α sabit parametre, β katsayı vektörü, Y bağımlı değişken, X açıklayıcı değişken vektörü ve u hata terimidir. $i = 1, \dots, n$ ifadesiyle birim etkisi ve $t = 1, \dots, T$ ifadesi ile zaman etkisini ifade eder. Sabit etkili modeller, her bir gözlem birimi için farklı sabit etkiler içerdiğinden, bu modelde birim içi değişiklikler analiz edilir (Wooldridge, 2010: 210).

4.1.3. Rassal Etkili Panel Veri Modelleri

Rassal etkili modeller (REM), gözlem birimlerine özgü etkilerin rastgele olduğunu ve genel bir ortalama etrafında dağıldığını varsayar. Bu modeller, birim içi ve birimler arası değişiklikleri birlikte analiz eder. Rassal etkili modelin genel denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Burada α sabit parametre, β katsayı vektörü, Y bağımlı değişken, X açıklayıcı değişken vektörü, $i = 1, \dots, n$ ile birim etkisini ve $t = 1, \dots, T$ ile zaman etkisini ifade etmektedir. Tesadüfi birim etkisi ($u_{it} + \varepsilon_{it}$) toplamı ile hata terimine yansımaktadır.

4.2. Dinamik Panel Veri Modelleri: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi

Dinamik panel veri modelleri, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini içeren ve zaman içinde değişen etkileri analiz eden modellerdir. Bu modeller, genellikle zaman serisi ve panel verilerinin birleşiminden oluşur ve zaman dinamiklerini daha iyi anlamak için kullanılır. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM), dinamik panel veri modellerinde kullanılan yaygın bir tahmin yöntemidir. Bu yöntem, içsel değişkenler ve heteroskedastikliği kontrol ederek daha tutarlı ve verimli tahminler elde etmeyi amaçlar (Arellano ve Bond, 1991: 277).

4.2.1. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi

Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM), panel veri modellerinde tahmin edicilerin tutarlılığını ve verimliliğini artırmak için kullanılan bir yöntemdir. GMM, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini ve içsel değişkenleri dikkate alarak tahmin yapar. GMM'nin genel denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$E[Z_i'(Y_i - X_i\beta)] = 0 \quad (4)$$

GMM, enstrümental değişkenlerin kullanımı ile içsel değişkenlerin etkilerini kontrol eder ve daha güvenilir tahminler elde eder (Blundell ve Bond, 1998: 115).

4.2.2. Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi

Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (Sistem GMM), Arellano ve Bover (1995) ile Blundell ve Bond (1998) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini ve içsel değişkenleri kullanarak daha tutarlı ve verimli tahminler elde etmeyi amaçlar. Sistem GMM'nin genel denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$\Delta Y_{it} = a\Delta Y_{it-1} + \beta\Delta X_{it} + \Delta u_{it} \quad (5)$$

Burada i birim etkisini, t zaman etkisini, Δ fark işlemcisini, Y_{it} bağımlı değişkeni, Y_{it-1} bağımlı değişkenin gecikmeli değerini, X_{it} açıklayıcı değişkenler vektörünü ve u hata terimini ifade etmektedir. Sistem GMM, birinci fark denklemlerinin yanı sıra düzey denklemlerini de kullanarak daha güçlü ve güvenilir tahminler elde eder (Roodman, 2009: 140).

Rassal etkili modeller, gözlem birimlerine özgü etkilerin rastgele olduğu varsayımıyla daha geniş bir genelleme sağlar (Baltagi, 2005: 163).

Literatür Çalışması

Endüstri 4.0 ile dijital ekonominin dünya genelinde ve Türkiye'de ileri teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı ve yenilik gibi teknolojik gelişmeler bağlamında gerçekleştirilen uygulamalı çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda sunulmuştur.

Endüstri 4.0'ın ekonomik ve sosyal etkilerini anlamak, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde geniş çaplı araştırmalara ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda çeşitli çalışmalar, Endüstri 4.0'ın farklı boyutlarının istihdam, dış ticaret, yüksek teknoloji üretimi, ve sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Aydın (2018) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de Endüstri 4.0 çerçevesinde teknolojik ilerlemenin istihdam yapısıyla olan ilişkisi ele alınmıştır. Araştırma, AR-GE harcamaları ve bilgi iletişim teknolojisi ihracatının, yükseköğretim mezunu istihdamı üzerindeki etkilerini analiz ederek, teknolojik ilerlemenin nitelikli iş gücü talebini artırdığını ve eğitim düzeyini etkilediğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, teknolojik ilerlemenin iş gücü piyasasındaki nitelikli iş gücü talebini desteklediğini gösterir.

Bulut (2019) çalışmasında ise, Endüstri 4.0'ın istihdam ve gelir eşitsizliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, AR-GE harcamalarının istihdam üzerinde negatif etkiler

yarattığını ancak ileri teknoloji ürün ihracatının pozitif etkiler sağladığını göstermiştir. Ayrıca, gelişmiş ülkelerde ileri teknoloji ihracatının gelir eşitsizliği üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. AR-GE harcamalarının gelir eşitsizliği üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Öztürk ve Alaşahan (2019) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise Türkiye'nin Endüstri 4.0 alanındaki gelişiminde karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Çalışmanın bulguları, Türkiye'nin teknoloji ihracatını artırması ve yüksek teknoloji üretimini desteklemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, eğitim ve AR-GE yatırımlarına odaklanmanın önemini de ortaya koymaktadır.

Pehlivan ve Efeoğlu (2019) çalışmasında, Endüstri 4.0'ın dış ticaret üzerindeki etkileri patent başvuruları ve ileri teknoloji ihracat verileri üzerinden değerlendirilmiştir. Analizler, teknolojik gelişmelerin dış ticaret yapısını olumlu yönde etkilediğini ve patent başvurularının dış ticareti en fazla etkileyen değişken olduğunu ortaya koymuştur.

Anuşlu ve Fırat (2020) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışma, Endüstri 4.0 araçlarının sürdürülebilir kalkınma ve çevresel performans üzerindeki etkilerini incelemiştir. Analizler, Endüstri 4.0 göstergelerinin genellikle sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif etkiler yarattığını, ancak bazı göstergelerin olumsuz etkiler de gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Balan ve Koyuncu (2020) tarafından yapılan araştırma ise yüksek teknolojili ürün ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkileri incelemiştir. Sonuçlar, bazı ülkelerde yüksek teknolojili ürün ihracatından işgücü verimliliğine doğru, bazı ülkelerde ise tam tersi yönde nedensel ilişkiler bulunduğunu göstermiştir.

Yavuz (2021) çalışmasında, Endüstri 4.0 araçlarının ileri teknoloji ürün ihracat ve ithalatına olan etkilerini ele almıştır. Bulgular, yurt içi tasarrufların ileri teknoloji ürün ihracatını artırdığını, patent sayısının ise ithalatı artırıp ihracatı azalttığını göstermektedir. AR-GE harcamaları ise ileri teknoloji ihracatını olumlu yönde etkilemiştir.

Son olarak, Guliyev (2023) çalışması yapay zekanın işsizlik üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemiştir. Yapay zekanın işsizlik üzerinde anlamlı etkiler yarattığı belirlenmiştir ve bu bulgular, yapay zekanın işsizlik üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için önemli veriler sağlamaktadır.

Bu çalışmaların genelinde, Endüstri 4.0'ın çeşitli boyutlarının ekonomik ve sosyal etkileri üzerinde karmaşık ve çok boyutlu etkiler yarattığı görölmektedir. Teknolojik ilerlemelerin ve Endüstri 4.0'ın yüksek teknoloji üretimi, dış ticaret, iş gücü piyasası ve çevresel performans üzerindeki etkileri, ölkeler bazında farklılık gösterebilmektedir. Bu da, politikaların ve stratejilerin ölkelerin spesifik ihtiyaçlarına göre şekillendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM: BRICS-T ÜLKELERİNDE ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PANEL VERİ ANALİZİ

Ekonomik büyüme üzerinde etkili olan parametrelerin saptanması iktisadi bağlamda önemli bir konudur. 1980'lere kadar emek ve sermayeye dayalı büyüme modelleri ele alınırken, Romer (1986) ve Lucas (1988) ile teknolojiye dayalı büyüme modellerinden söz edilmeye başlanmıştır. Grossman ve Helpman (1991)'ın teknolojik yeniliklere dayalı büyüme modeli, büyümeyi dış ticaret ve dışa açıklık ile açıklamaktadır. Aghion ve Howitt (1991), Schumpeter (1970)'in piyasaya sürülen yeni üretim ve tüketim mallarına dayanan “yaratıcı yıkım” teorisini geliştirmiş, yeni üretilen malların sürekli artan üretim kalitelerinin ekonomik büyümenin açıklayıcısı olduğu teorisini ileri sürmüşlerdir. Young (1991) araştırma geliştirme faaliyetlerinin dikey yenilikçi modellerinin düzey etkisini ve yatay yenilikçi modellerinin ölçek etkilerini bir arada ele almıştır (Özer ve Çiftçi, 2009: 226). Jones (1997) büyümeyi özel sektörün teknoloji yatırımlarına dayandırmıştır. Rivera-Batiz ve Romer (1991) modeli inovatif bilgi ve teknolojilerin ticaretinin üretimde artışa neden olarak ekonomik büyümeye neden olduğu görüşünü savunmaktadır. Acemoğlu-Zilibotti (2001) 'e göre yeni teknolojilerin gelişmiş zengin sanayi ülkelerinin ihtiyaçlarına dayanmakta ve bu durum ekonomik büyümede fakir ülkeler ile zengin ülkeler arasında büyük farka neden olmaktadır. Literatürde yer alan ve iktisatçıların özellikle 1980 yılından sonra ortaya attığı modeller teknolojinin büyüme üzerindeki etkisini vurgulamaktadır (Yan-li, 2011b: 9).

Bu bölümde, BRICS-T ülkeleri olarak adlandırılan; Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye için endüstri 4.0. ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele almak amacıyla panel veri modellerinin tahminini gerçekleştirilecektir. Model tahmini aşamasına geçilmeden önce, veri setinde yer alan değişkenlere yatay kesit bağıllığı ve birim kök testleri uygulanacak ve sonuçlar sunulacaktır.

5.1. Veri seti

Endüstri 4.0.'ın BRICS-T ülkelerinde ekonomik büyüme üzerinde belirleyici olan faktörlerinin ampirik olarak araştırılması için panel veri analizinde kullanılan bağımlı ve bağımsız (açıklayıcı) değişkenlere ait veri kaynakları aşağıda Tablo 1 ile sunulmuştur.

Tablo 1. Veri kaynakları tablosu

Değişken	Değişken Tanımı	Birim	Kaynak
GSYİH	Kişi başı Gayrisafi Yurtiçi Hasıla	ABD Doları	WDI
AR&GE	Araştırma Geliştirme Harcamaları	ABD Doları	WDI
PATENT_Y	Patent Sayısı (Yerleşik)	Sayı	WDI
PATENT_YO	Patent Sayısı (Yerleşik olmayanlar)	Sayı	WDI
İŞGÜCÜ	İş Gücü	Sayı	WDI
NİHAİ-TUK	Nihai Tüketim Harcamaları	ABD Doları	WDI
M	Para Arzı	% GSYİH	WDI
EKO_OZG	Ekonomik Özgürlük Endeksi	Puan	Economic Freedom of the World Index
İTH	İthalat (Hizmet)	ABD Doları	WDI
İHR	İhracat (Hizmet)	ABD Doları	WDI

Panel veri seti 6 ülkenin 2000-2020 yılları arası yıllık kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla, araştırma geliştirme harcamaları, bölge sakinlerine ait patent başvuru sayısı, yerleşik olmayanlara ait patent başvuru sayısı, toplam iş gücü, nihai tüketim harcamaları, dolaşımdaki paranın GSYİH'ye oranı, ekonomik özgürlük endeksi, hizmet ithalatı ve hizmet ihracatı değişkenlerinden oluşmaktadır. Gözlemleri birbirine yakınlaştırma, volatilitiyi azaltma ve ölçeklendirme için değişkenlere logaritmik dönüşüm gerçekleştirilmiş ve tanımlayıcı istatistikler Tablo 2 ile sunulmuştur.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Max.
InGSYİH	8.447997	0.900794	6.091389	9.678757
Gruplar arası		0.766399	6.986549	9.014322
Grup içi		0.563951	7.008528	9.454467
InAR&GE	0.687129	0.182289	0.382074	1.225732
Gruplar arası		0.165728	0.531737	0.963505
Grup içi		0.100788	0.361871	0.968543
InPATENT-y	9.05702	2.033309	5.624018	14.14756
Gruplar arası		2.05355	6.667854	12.50438
Grup içi		0.76942	6.693016	10.70019

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler (devam)

Değişken	Ort.	Std. Sapma	Min.	Max.
InPATENT-yo	9.205697	1.773506	5.075174	11.96459
Gruplar arası		1.859322	5.873756	11.403
Grup içi		0.491304	7.932057	11.389
InİŞGÜCÜ	18.47619	1.345682	16.73554	20.47571
Gruplar arası		1.465325	16.87335	20.46073
Grup içi		0.08504	18.29995	18.71054
InNİHAİ- TÜK	27.39206	0.963324	25.35387	29.72619
Gruplar arası		0.824263	26.227	28.64804
Grup içi		0.597737	25.84873	28.47021
InM	4.245594	0.493736	3.0638	5.356075
Gruplar arası		0.491553	3.766886	5.143442
Grup içi		0.202016	3.542508	4.726196
InEKO-ÖZG	1.844565	0.077908	1.578979	1.957274
Gruplar arası		0.057938	1.775719	1.923081
Grup içi		0.057008	1.647825	1.961958
InİTH	24.44514	1.089537	22.35616	26.97952
Gruplar arası		0.966488	23.26977	25.8842
Grup içi		0.634387	22.87039	25.54046
InİHR	24.41329	1.013431	22.27673	26.21539
Gruplar arası		0.911352	23.19551	25.70715
Grup içi		0.573907	22.74811	25.34013
N	126			
N	6			
T	21			

Tablo 2 incelendiğinde 6 ülke ve 21 yıl için panel boyutunun $N=6.21=126$ olduğu; tüm değişkenler için genel ortalama, grup içi ortalama ve gruplara arası ortalama değerlerinin birbirine yakın olduğu ve çok yüksek bir sapma göstermediği görülmektedir.

5.2. Panel Birim Kök Testleri

Panel veri setleri birim boyutunun yanı sıra zaman boyutunu da içermektedir. Bu nedenle durağanlığın sağlanması oldukça önemlidir. Ortalamasıyla varyansı zaman içinde değişmeyen ve iki dönem arasındaki ortak varyansı bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olan olasılıklı süreçler için durağandır seriler denilmektedir (Gujarati, 1999). Panel veri setlerinde durağanlığın incelenmesi amacıyla 1. Nesil ve 2. Nesil birim kök testleri olmak üzere 2 özel tip birim kök testi geliştirilmiştir. Bu ayrıştırma temelinde birimler arası bağıllıkla ilişkilidir. Ekonometri teorisinde bu ilişki yatay kesit bağıllığı olarak adlandırılmaktadır. Yatay kesit bağıllığının araştırılması, birimlerin olası şoklardan aynı derecede etkilenip etkilenmediğinin incelenmesidir. Bu amaçla, panelde yer alan her bir serinin hatalara dayalı korelasyonlarının sıfıra eşitliğinin test edilmesine dayanan yöntemler kullanılmaktadır. Korelasyonun olması birim kök testlerinin sonuçlarını etkileyebileceğinden; korelasyonun olmaması durumunda 1. Nesil panel birim kök testleri, birimler arası korelasyonun olması durumunda ise 2. Nesil panel birim kök testleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada, panel veri setine birimler arası yatay kesit bağıllığı olmadığına karşılık birimler arası yatay kesit bağıllığı olduğunu savunan Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 3 ile sunulmuştur.

Tablo 3. Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı testi sonuçları

Değişken	CD-test	P-Value	Corr	Abs(Corr)
InGSYİH	15.83	0.00*	0.892	0.892
InAR&GE	-0.21	0.83	-0.012	0.422
InPATENT_y	3.89	0.00*	0.219	0.655
InPATENT_yo	5.45	0.00*	0.307	0.671
InİŞGÜCÜ	12.88	0.00*	0.726	0.726
InNİHAİ-TÜK	16.08	0.00*	0.906	0.906
InM	15.32	0.00*	0.863	0.863
InEKO-OZG	5.06	0.00*	0.285	0.602
InİTH	16.27	0.00*	0.916	0.916
InİHR	16.02	0.00*	0.903	0.903

(*)(**)(***) %1, %5, %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 3'te yer alan Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı sonuçlarına göre; InGSYİH, InPATENT_y, InPATENT_yo, InİŞGÜCÜ, InNİHAİ-TÜK, InM, InEKO-OZG, InİTH ve InİHR değişkenleri için temel hipotezi reddedilmiş ve birimler arası yatay kesit bağıllığı olduğu sonucu elde edilmiştir. Buna karşılık InAR&GE değişkeni için ise temel hipotez reddedilememiş ve araştırma geliştirme harcamaları için birimler arası bağımlılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Pesaran (2004) yatay kesit bağıllığı testi sonuçlarından yola çıkılarak InAR&GE değişkenine 1. Nesil panel birim kök testi, InGSYİH, InPATENT_y, InPATENT_yo, InİŞGÜCÜ, InNİHAİ-TÜK, InM, InEKO-OZG, InİTH ve InİHR değişkenlerine ise 2. nesil panel birim kök testi uygulanmıştır.

InAR&GE değişkenine bütün birimlerde aynı otoregresif parametrenin birim kök içerdiği temel hipotezine karşılık, birim kök içermediğini savunan alternatif hipotezi 1. Nesil Levin-Lin-Chu (2002) panel birim kök testi ile test edilmiş ve sonuçları Tablo 4 ile sunulmuştur.

Tablo 4. Levin-Lin-Chu (2002) panel birim kök testi sonuçları

Değişken	Parametre	Test İstatistiği		P-value	Sonuç
InAR&GE	C	T	-2.3013	0.1432	I(1)
		Ayarlanmış t	-1.0662		
	C,T	T	-5.9441	0.0061*	I(0)
		Ayarlanmış t	-2.5039		

(*)(**)(***)sırasıyla %1, %5, %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4'te yer alan test sonuçlarına göre sabit parametre içeren test modeline göre temel hipotez reddedilememiş ama hem sabit hem de trend parametresi içeren model için temel hipotez reddedilmiş ve InAR&GE değişkeninin durağanlık koşulunu sağladığı görülmektedir.

Diğer değişkenler yatay kesit bağıllığı altında ilk fark ortalamasını içeren Pesaran (2007) panel birim kök testi uygulanmıştır. Bu test ile serilerin homojen durağan olmadığı temel hipotezine karşılık, durağan olduğunu savunan alternatif hipotez test edilmektedir. Serilere ait Pesaran (2007) panel birim kök testi sonuçları aşağıda Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Pesaran (2007) panel birim kök testi sonuçları

Değişkenler	Parametre	CIPS Test İstatistiği	Kritik Değerler			Sonuç
			10%	5%	1%	
InGSYİH	C	-2.53	-2.12	-2.25	-2.51	I(I)
	C,T	-3.107	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InPATENT_y	C	-2.328	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-3.107	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InPATENT_yo	C	-2.261	-2.1	-2.22	-2.44	I(0)
	C,T	-2.606	-2.67	-2.82	-3.1	I(0)
InİŞGÜCÜ	C	-1.662	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-1.147	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InNİHAİ_TUK	C	-2.593	-2.12	-2.25	-2.51	I(1)
	C,T	-2.907	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InM	C	-2.102	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-2.205	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InEko-Ozg	C	-1.532	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-2.371	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InİTH	C	-2.319	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-2.462	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)
InİHR	C	-1.764	-2.12	-2.25	-2.51	I(0)
	C,T	-2.241	-2.76	-2.94	-3.3	I(0)

Tablo 5'te yer alan Pesaran (2007) panel birim kök test sonuçlarına göre, InGSYİH, InNİHAİ_TÜK ve InEKO_OZG değişkenleri sadece sabitin yer aldığı modelde durağan değilken hem trendli hem de sabitli model için durağanlık koşulunu sağlamaktadır. InPATENT_y, InPATENT_yo, InİŞGÜCÜ, InM, InİTH ve InİHR değişkenleri ise sadece sabitli ve hem trendli hem sabitli olmak üzere her iki model yaklaşımı için durağan bulunmuştur. Çalışmada, değişkenlerin durağanlık incelemesinin ardından model tahminlerine yer verilmektedir.

5.3. Model Tahmin Sonuçları

Bu aşamada, Endüstri 4.0.'ın BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisi klasik panel veri modellerinden Hausman testi sonrasında sabit etkili panel veri modeli

ve dinamik panel veri modellerinden GMM ve Sistem GMM modelleriyle araştırılmıştır ve sonuçlar tablolar ile sunulmuştur.

5.3.1. Hausman (1978) Testi Sonuçları

Panel veri setine rassal etkili ve sabit etkili panel veri modelleri uygulanmış, katsayılar da farklılığın sistematik olmadığı temel hipotezine karşılık sistematik olduğu alternatif hipotezi Hausman (1978) testi ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Hausman (1978) testi sonuçları

$\begin{aligned} \chi^2(9) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 1250.20 \\ \text{Prob}>\chi^2 &= 0.0000 \end{aligned}$
--

Test sonucunda katsayılar da farklılığın sistematik olmadığını savunan temel hipotez reddedilmiş ($\text{Prob}(\chi^2) = 0.0000 < 0,05$) ve tahmin sürecine sabit etkili panel veri modeli ile devam edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

5.3.2. Sabit Etkili Panel Veri Modeli Tahmin Sonuçları

Endüstri 4.0.'ın BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin ölçüldüğü katsayılar da anlamlılığın sağlandığı sabit etkili panel veri model tahmin modeli;

$$\ln gsyih_{it} = \alpha_i + \beta_{1it} \ln AR_GE_{it} + \beta_{2it} \ln Patent_yo_{it} + \beta_{3it} \ln is_gucu_{it} + \beta_{4it} \ln Nihai_tuk_{it} + \beta_{5it} \ln m_{it} + \beta_{6it} \ln Eko_Ozg_{it} + \beta_{7it} \ln ihr_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Burada α_i $i = 1, \dots, 6$ birim boyutu için regresyon sabiti, $\beta_{kit} = \beta_{it}$ tüm $k = 1, \dots, p$ parametre boyutu ve $t = 1, \dots, T$ zaman boyutu için eğim katsayısı, ε_{it} ise hata terimidir. Modele ilişkin tahmini sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Sabit etkili panel veri modeli tahmin sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T	P> t	[95% Güv. Aralıkları]	
lnAR&GE	0.3467052	0.0505394	6.86	0.00	0.246578	0.446833
lnPATENT_yo	0.0277417	0.0097143	2.86	0.01	0.008496	0.046987

InİŞGÜCÜ	-0.7089355	0.0766455	-9.25	0.00	-0.86078	-0.55709
InNİHAİ-TUK	0.8846718	0.0208225	42.49	0.00	0.843419	0.925925
InM	-0.1521488	0.0348774	-4.36	0.00	-0.22125	-0.08305
InEKO-OZG	0.4822729	0.1227769	3.93	0.00	0.23903	0.725516
InİHR	0.0915626	0.0220457	4.15	0.00	0.047886	0.135239
Sabit	-5.65914	1.311919	-4.31	0.00	-8.25829	-3.05999
R ²						0.9256
R ² (Grup içi)						0.9955
R ² (Gruplar arası)						0.995
F(7,113)						3545.45 (0.0000)

Tablo 6'daki tahmin sonuçları incelendiğinde, modeldeki tüm katsayıların %5 hata payı düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, regresyonun, grup içi ve gruplar arası tahmincinin sırasıyla %92,56, %99,55 ve %99,50 determinasyon katsayısı değerleriyle modeli yüksek düzeyde açıkladığı, modelin F-test istatistiğinin 3545,45 değeri ile %5 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Modelin geçerliliği için değişen varyans ve otokorelasyon temel varsayımlarının sağlanması gerekmektedir. Panel veri modellerinde birim etkisinden dolayı değişen varyans, zaman etkisinden dolayı otokorelasyon sorunu görülebilmektedir. Bu nedenle model tahmin sonuçlarına sabit etkili panel veri modellerinde gruplar arası değişen varyansın araştırılması için geliştirilmiş Modifiye Wald değişen testi uygulanmıştır. Wald testinde her birimin varyansının panel ortalamasına eşitliğinin savunan temel hipoteze karşılık, birim bazında değişen varyansın olduğunu savunan alternatif hipotez test edilmektedir. Modifiye Wald Değişen varyans testi sonuçları Tablo 8 ile sunulmuştur.

Tablo 8. Modifiye Wald değişen varyans testi

chi ² (6)	=	166.35
Prob>chi ²	=	0.0000

Tablo 8'de yer alan test sonucuna göre test istatistiği %5 hata payı düzeyinde anlamlı bulunmuş ve temel hipotez reddedilerek modelde birimler arası değişen varyansın varlığı tespit edilmiştir. Otokorelasyonun araştırılması için Modifiye Bhargava et al. (1982) ve

Baltagi-Wu (1999) LBI 1. Mertebeden otokorelasyon testleri uygulanmıştır. Testler, Otokorelasyonun olmadığı temel hipotezine karşılık, 1. Mertebeden otokorelasyonun olduğu alternatif hipotezi test etmektedir. Uygulanan testlere ilişkin istatistikler sırasıyla Tablo 9 ve Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 9. Modifiye Bhargava et al. (1982) Durbin-Watson panel otokorelasyon testi

Durbin-Watson = 0.50737111

Tablo 10. Baltagi-Wu (1999) LBI (yerel en iyi değişmez) panel otokorelasyon testi

Baltagi-Wu LBI =0.63517165

Test sonuçlarına göre her iki test istatistiği (0,50737111; 0,63517165), 2 değerinden uzak elde edilmiştir. Test sonuçlarına göre temel hipotez reddedilerek modelde otokorelasyonun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.3.3. Dinamik Panel Veri Modeli: GMM ve Sistem GMM Model Tahmin Sonuçları

Çalışmada sabit etkili panel veri modeli, sabit varyans ve otokorelasyon olmaması temel varsayımlarını sağlamamaktadır. Bu durumda model, değişen varyans ve otokorelasyon olması durumunda da uygulanabilen sabit etkili dinamik panel veri modellerinden GMM ve Sistem GMM ile tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları Tablo 11 ve Tablo 12’de sunulmuştur.

Tablo 11. Dinamik panel veri modeli: GMM tahmin sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	Z	P> z	[95% Güv. Aralıkları]	
InGSYİH(-1)	-0.0647748	0.019246	-3.37	0.00	-0.1025	-0.027053
InAR&GE	0.3029237	0.031122	9.73	0.00	0.241926	0.363922
InPATENT_yo	0.0276051	0.006296	4.38	0.00	0.015266	0.039944
InİŞGÜCÜ	-0.7939471	0.042488	-18.69	0.00	-0.87722	-0.710672
InNİHAİ-TÜK	0.9039434	0.0204	44.31	0.00	0.863961	0.943926
InM	-0.1104585	0.022595	-4.89	0.00	-0.15474	-0.066173
InİHR	0.1471432	0.014543	10.12	0.00	0.11864	0.175646

InEKO_ÖZG	0.3578589	0.068595	5.22	0.00	0.223415	0.492303
Wald chi ² (8)	78401.00 (0.000)					

Tablo 11'deki sonuçlara göre, 78401.00 Wald test istatistiği değeri ile %5 hata payı düzeyinde geçerli bir model elde edilmiştir. GMM yönteminin etkinliği özellikle 2. Mertebeden otokorelasyonun olmaması ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle model sonuçlarına, Arellano-Bond (1991) testi ile hem 1. Mertebeden hem de 2. Mertebeden otokorelasyon testi uygulanmıştır. Testin hipotezleri 1. Mertebeden ve 2. Mertebeden otokorelasyonun olmadığı temel hipotezine karşılık, otokorelasyonun olduğu alternatif hipotezi savunmaktadır. Sonuçlar Tablo 12'de yer almaktadır.

Tablo 12. Arellano-Bond (1991) otokorelasyon testi

Mertebe	Z	Prob > z
1	-0.6736	0.5006
2	-0.93133	0.3517

Tablo 12'deki olasılık ve z-istatistiği sonuçlarına göre temel hipotez %5 hata payına göre reddedilmektedir. Modelde hem 1. mertebeden hem de 2. mertebeden otokorelasyon bulunmamaktadır.

GMM tahmininin ardından, daha etkin tahmincilerin elde edilmesi amacıyla model Arellano ve Bover'in 1995, Blundell ve Bond'un 1998 yıllarında literatüre kazandırdıkları Sistem Genelleştirilmiş Momentler (Sistem GMM) yöntemiyle tahmin edilmiştir. Sonuçlar Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. Dinamik panel veri modeli: Sistem GMM tahmin sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	z	P> z	[95% Güv. Aralıkları]
InGSYİH(-1)	0.06723	0.017434	3.86	0.00	0.033061 0.101399
InPATENT_y	0.059772	0.006954	8.6	0.00	0.046143 0.073402
InPATENT_yo	0.021763	0.005252	4.14	0.00	0.01147 0.032056
InİŞGÜCÜ	-0.91362	0.023295	-39.22	0.00	-0.95927 -0.86796
InNİHAİ_TÜK	0.808368	0.020324	39.77	0.00	0.768534 0.848202
InM	-0.14514	0.022888	-6.34	0.00	-0.19 -0.10028
InİTH	0.078124	0.018963	4.12	0.00	0.040957 0.11529

InİHR	0.068383	0.014073	4.86	0.00	0.040801	0.095965
InEKO-ÖZG	-0.30369	0.068671	-4.42	0.00	-0.43828	-0.1691
InAR&GE	0.087105	0.051084	1.71	0.09	-0.01302	0.187228
Sabit	-0.58132	0.252901	-2.3	0.02	-1.077	-0.08565
Wald chi ² (10)	81843.84 (0.00)					

Tablo 13'te yer alan tahmin sonuçlarına göre model, 81843,84 Wald test istatistik değeri ile %5 hata payı düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sistem GMM yaklaşımıyla panel veri setinde yer alan tüm açıklayıcı değişkenler ve gecikmeli açıklayıcı değişkenin (InGSYİH (-1)) için katsayılar da anlamlılık sağlanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijital dönüşümünü temsil eden ve bu dönüşümle birlikte ekonomik büyüme üzerinde derin etkiler yaratan bir kavramdır. BRICS-T ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) hızlı büyüyen ekonomileri ve teknolojiye olan artan yatırımlarıyla Endüstri 4.0'ın etkilerinin gözlemlendiği önemli ülke grupları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, 2000-2020 yılları arasındaki veriler kullanılarak Endüstri 4.0'ın BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Panel veri analizi yöntemi kullanılarak, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler arasında AR-GE harcamaları, patent sayıları, iş gücü, nihai tüketim harcamaları, para arzı, ekonomik özgürlük endeksi, ithalat ve ihracat miktarları yer almaktadır. Analiz sonucunda elde edilen bulgular şu şekildedir:

1. **AR-GE Harcamaları ve Patent Sayıları:** AR-GE harcamalarının ve patent sayılarının kişi başı GSYH üzerinde pozitif etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, yenilikçiliğin ve teknolojik gelişmelerin ekonomik büyümeye olan katkısını vurgulamaktadır. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması, verimlilik artışı sağlamak ve rekabet gücünü artırmaktadır.
2. **İş Gücü ve Nihai Tüketim Harcamaları:** İş gücünün kişi başı GSYH üzerinde negatif bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, nitelikli iş gücünün yetersizliği veya iş gücü piyasasındaki verimsizliklerle açıklanabilir. Öte yandan, nihai tüketim harcamalarının pozitif etkisi, tüketici talebinin ekonomik büyüme üzerindeki önemli rolünü göstermektedir.
3. **Para Arzı ve Ekonomik Özgürlük Endeksi:** Para arzının ekonomik büyüme üzerinde negatif etkisi olduğu, ekonomik özgürlük endeksinin ise pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Para arzındaki artış, enflasyonist baskılar yaratabilir ve ekonomik istikrarı olumsuz etkileyebilir. Ekonomik özgürlük ise yatırım ortamını iyileştirerek ve piyasa verimliliğini artırarak büyümeye katkıda bulunmaktadır.

4. **İthalat ve İhracat:** İthalat ve ihracat miktarlarının ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu görülmüştür. Dış ticaret, teknoloji transferi ve kaynakların daha verimli kullanımını sağlayarak büyümeyi desteklemektedir. İhracat gelirleri, döviz rezervlerini artırarak ekonomik istikrarı güçlendirmektedir.

Öneriler

Çalışmanın bulguları doğrultusunda BRICS-T ülkelerine yönelik çeşitli politika önerileri geliştirilmiştir. Bu öneriler, Endüstri 4.0'ın getirdiği fırsatları değerlendirmek ve karşılaşılan zorlukları aşmak amacıyla stratejik yaklaşımlar içermektedir.

1. **AR-GE ve Yenilikçilik Teşvikleri:** AR-GE harcamalarının ve patent başvurularının ekonomik büyümeye olan pozitif etkisi göz önünde bulundurularak, bu alandaki yatırımların artırılması teşvik edilmelidir. Hükümetler, özel sektörün AR-GE faaliyetlerini desteklemek için vergi indirimleri, hibe programları ve iş birliği platformları oluşturmalıdır. Üniversiteler ve araştırma kurumları ile sanayi arasındaki iş birlikleri güçlendirilmelidir.
2. **Eğitim ve İş Gücü Gelişimi:** İş gücü piyasasındaki verimsizlikleri gidermek ve nitelikli iş gücünü artırmak amacıyla eğitim sistemleri yenilikçi ve dijital yetkinliklere odaklanmalıdır. Mesleki eğitim programları, teknoloji kullanımını ve dijital becerileri geliştirecek şekilde güncellenmelidir. Aynı zamanda yaşam boyu öğrenme fırsatları sunularak çalışanların sürekli gelişimi desteklenmelidir.
3. **Ekonomik Özgürlüğün Artırılması:** Ekonomik özgürlüğün büyüme üzerindeki pozitif etkisi dikkate alınarak, piyasa düzenlemeleri ve iş yapma kolaylığı artırılmalıdır. Bürokratik engellerin azaltılması, mülkiyet haklarının korunması ve yolsuzlukla mücadele gibi önlemler alınmalıdır. Bu, yatırım ortamını iyileştirerek yerli ve yabancı yatırımların artmasını sağlayacaktır.
4. **Dış Ticaretin Desteklenmesi:** İthalat ve ihracatın büyümeye olan katkısını artırmak amacıyla ticaret politikaları gözden geçirilmelidir. Ticaret anlaşmaları ve bölgesel iş birlikleri yoluyla pazar erişimi genişletilmelidir. Ayrıca ihracat teşvikleri ve destek programları ile yerli üreticilerin uluslararası pazarlara erişimi kolaylaştırılmalıdır.

5. **Dijital Altyapının Güçlendirilmesi:** Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi için dijital altyapının güçlendirilmesi gerekmektedir. Hızlı ve güvenilir internet erişimi, bulut bilişim ve veri merkezi altyapıları gibi kritik unsurların geliştirilmesi önemlidir. Ayrıca siber güvenlik önlemleri artırılarak dijital dönüşüm süreçlerinin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.
6. **Kamu-Özel Sektör İş Birliği:** Endüstri 4.0 dönüşümünün başarılı olabilmesi için kamu ve özel sektör iş birliği güçlendirilmelidir. Ortak projeler ve platformlar oluşturularak bilgi paylaşımı ve ortak yatırımlar teşvik edilmelidir. Bu iş birlikleri, kaynakların daha verimli kullanılmasını ve dönüşüm süreçlerinin hızlanmasını sağlayacaktır.

Gelecekteki Araştırmalar İçin Öneriler

Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın BRICS-T ülkelerindeki ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemiş ve önemli bulgular elde etmiştir. Ancak, gelecekteki araştırmalar için çeşitli öneriler de sunulabilir:

1. **Sektörel Analizler:** Gelecekteki araştırmalar, Endüstri 4.0'ın farklı sektörler üzerindeki etkilerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilir. Örneğin, otomotiv, sağlık, finans ve tarım gibi sektörlerde dijital dönüşümün etkileri ayrı ayrı analiz edilebilir.
2. **Ülke Karşılaştırmaları:** BRICS-T ülkelerinin yanı sıra diğer gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerdeki Endüstri 4.0 uygulamaları karşılaştırılabilir. Bu, farklı ülkelerdeki uygulamaların ve politikaların etkilerini anlamak için faydalı olacaktır.
3. **Sosyal ve Çevresel Etkiler:** Endüstri 4.0'ın sosyal ve çevresel etkileri de gelecekteki araştırmaların konusu olabilir. Özellikle iş gücü piyasasındaki değişimler, gelir dağılımı ve çevresel sürdürülebilirlik gibi konular ele alınabilir.
4. **Uzun Vadeli Etkiler:** Endüstri 4.0'ın uzun vadeli ekonomik etkileri üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır. Teknolojik değişimlerin ve yeniliklerin uzun vadede ekonomik büyüme, iş gücü dinamikleri ve toplumsal refah üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

5. **Politika Etkinlikleri:** Farklı ülkelerde uygulanan Endüstri 4.0 politikalarının etkinlikleri karşılaştırılabilir. Bu, hangi politikaların daha etkili olduğunu belirlemek ve en iyi uygulamaları yaygınlaştırmak için önemli bilgiler sunacaktır.

Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın BRICS-T ülkelerinde ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini panel veri analizi yöntemiyle incelemiş ve çeşitli politika önerileri sunmuştur. AR-GE ve yenilikçilik teşvikleri, eğitim ve iş gücü gelişimi, ekonomik özgürlüğün artırılması, dış ticaretin desteklenmesi, dijital altyapının güçlendirilmesi ve kamu-özel sektör iş birliği gibi stratejik yaklaşımlar, BRICS-T ülkelerinin Endüstri 4.0 dönüşümünden maksimum fayda sağlamaları için kritik öneme sahiptir. Gelecekteki araştırmalar, bu dönüşüm sürecini daha derinlemesine anlamak ve stratejik planlamaları daha etkin hale getirmek için önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acemoglu, D., & Zilibotti, F. (2001). Productivity differences. *Quarterly Journal of Economics*, 116(3), 563-606.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1991). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Anuşlu, D. M., & Fırat, S. Ü. (2020). Ülkelerin endüstri 4.0 seviyesinin sürdürülebilir kalkınma düzeylerine etkisinin analizi. *Endüstri Mühendisliği*, 31, 44-58.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297.
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51.
- Aydın, M. (2018). Türkiye’de endüstri 4.0 çerçevesinde teknolojik ilerlemenin istihdam yapısıyla olan ilişkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Awolusi, O. D., & Mbonigaba, J. (2020). Economic growth and environmental sustainability within the BRICS countries: A comparative analysis. *International Journal of Green Economics*, 14(3), 207-246.
- Balan, S., & Koyuncu, M. (2020). Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkiler. *Yüksek Teknoloji ve İşgücü Dergisi*, 9(1), 34-50.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric analysis of panel data* (3rd ed.). Wiley.
- Baltagi, B. H., & Wu, H. (1999). Unequally spaced panel data regressions with AR(1) disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814-823.
- Banday, U. J., & Ismail, S. (2017). Does tourism development lead positive or negative impact on economic growth and environment in BRICS countries? A panel data analysis. *Economics Bulletin*, 37(1), 553-567.
- Bhargava, A., Franzini, L., & Narendranathan, W. (1982). Serial correlation and the fixed effects model. *The Review Of Economic Studies*, 49(4), 533-549.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.
- Bulut, C. (2019). *Endüstri 4.0’ın istihdam ve gelir eşitsizliği üzerindeki etkileri* (Yayımlanmamış Doktora tezi). Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Chakravarty, D., & Mandal, S. (2016). Estimating the relationship between economic growth and environmental quality for the BRICS economies - a dynamic panel data approach. *The Journal of Developing Areas*, 50(5), 119-130.
- Chang, T., Deale, D., Gupta, R., Hefer, R., Inglesi-Lotz, R., & Simo-Kengne, B. D. (2017). The causal relationship between coal consumption and economic growth in the BRICS countries: Evidence from panel-Granger causality tests. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(2), 138-146.

- Chotia, V., & Rao, N. (2017). Examining the impact of public investment and private investment on economic growth: Empirical evidence from BRICS nations. *International Journal of Economics and Business Research*, 14(2), 128-137.
- Djebbouri, K. W., Boutouatou, A., Khorev, A., & Ivliyev, M. N. (2022). The effect of innovation on economic growth in the BRICS countries using panel data estimation. *Vestnik Voronežskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inženernyh Tehnologij*, 84(1), 329-336.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis* (5th ed.). Prentice Hall.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press.
- Gujarati, D. N. (1999). *Basic econometrics* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Guliyev, F. (2023). Yapay zekanın işsizlik üzerindeki etkileri. *Yapay Zeka ve Ekonomi Dergisi*, 6(1), 23-42.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251. doi:10.2307/1913827
- Jones, C. I. (1997). Technology, growth, and the cross-country income differences. *The Journal of Economic Perspectives*, 11(3), 95-110.
- Khan, A., Muhammad, F., Chenggang, Y., Hussain, J., Bano, S., & Khan, M. A. (2020). The impression of technological innovations and natural resources in energy-growth-environment nexus: A new look into BRICS economies. *The Science of the Total Environment*, 727, 138265.
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1-24.
- Liu, S., Gao, L., Hu, X., Shi, J., Mohsin, M., & Naseem, S. (2022). Does industrial eco-innovative development and economic growth affect environmental sustainability? New evidence from BRICS countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 955173.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Mussaiyib, A. M., & Pradhan, K. (2023). Examining the impact of innovations on economic growth in BRICS countries. *Global Business Review*. <https://doi.org/10.1177/09721509231152032>
- Özer, M., & Çiftçi, M. (2009). Teknolojik yenilikler ve ekonomik büyüme. *Ekonomi Dergisi*, 20(4), 215-234.
- Öztürk, M., & Alaşahan, A. (2019). Türkiye'nin endüstri 4.0 alanındaki gelişiminde karşılaştırmalı bir analiz. *Ekonomi ve Teknoloji Dergisi*, 12(3), 45-67.
- Pehlivan, E., & Efeoğlu, A. (2019). Endüstri 4.0'ın dış ticaret üzerindeki etkileri. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Dergisi*, 8(2), 101-120.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical economics*, 60(1), 13-50.

- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.
- Rasool, H., Maqbool, S., & Tarique, M. (2021). The relationship between tourism and economic growth among BRICS countries: A panel cointegration analysis. *Future Business Journal*, 7(1), 1.
- Rivera-Batiz, L. A., & Romer, P. M. (1991). Economic integration and endogenous growth. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 531-555.
- Roodman, D. (2009). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *The stata journal*, 9(1), 86-136.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Saidi, K., & Hammami, S. (2015). The impact of CO2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries. *Energy Reports*, 1, 62-70.
- Sasana, H., & Ghozali, I. (2017). The impact of fossil and renewable energy consumption on the economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7, 194-200.
- Schumpeter, J. A. (1970). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Row.
- Sharma, S. (2010). The relationship between energy and economic growth: Empirical evidence from 66 countries. *Applied Energy*, 87, 3565-3574.
- Simachev, Y., Fedyunina, A., & Kuzyk, M. (2020). Industrial revolution 4.0 in the BRICS countries: What are the challenges for industrial policy? *BRICS Journal of Economics*, 1, 4-22.
- Tiwari, A., & Bharadwaj, T. (2021). Assessing the impact of institutions on economic growth in the BRICS countries. *BRICS Journal of Economics*, 2(4), 30-46.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.
- Yan-li, J. (2011a). Convergence analysis of the economic growth and energy consumption intensity of BRICS nations. *Journal of Yunnan University of Finance and Economics*.
- Yan-li, L. (2011b). The impact of technological innovation on economic growth. *Journal of Economic Research*, 34(2), 1-15.
- Yavuz, O. (2021). Üretimde kullanılan endüstri 4.0 araçlarına olan ilgi düzeyinin yüksek teknoloji ürünleri ihracatı üzerine etkisi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 825-843.
- Young, A. (1991). Learning by doing and the dynamics of international trade. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 369-405.
- Yu-xi, L. (2012). A contrastive study on the impact of import and export and FDI on the economic growth of the BRIC five countries. *Journal of International Trade*.
- Zhang, H. (2021). Technology innovation, economic growth and carbon emissions in the context of carbon neutrality: Evidence from BRICS. *Sustainability*, 13(20), 11138.