

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

Bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tezin hazırlanması aşamasında yardımlarını esirgemeyen, ilgi ve birikimlerini benimle paylaşan Danışman hocam Doç. Dr. İzzet KARAKURT'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Değerli vakitlerinden feragat ederek tezimin jüri üyeliğini kabul eden Doç. Dr. Cem YÜCEL ve Doç. Dr. Gökhan AYDIN hocalarıma en kalbi duygularıyla teşekkür ederim. Ayrıca, lisans ve lisansüstü eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan bütün hocalarıma teşekkür ederim. Son olarak, hayatımın her aşamasında yanımda olarak desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Furkan YILDIRIM

Trabzon, 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Fosil Yakıt Kaynaklı Karbondioksit Emisyonlarının Çoklu Regresyon Analiziyle Modellenmesi ve Tahmini: BRICS ve MINT Ülkeleri Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. İzzet KARAKURT’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.
26/11/2020

Furkan YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
2. BRICS VE MINT ÜLKELERİ	4
2.1. BRICS VE MINT Ülkelerinin Enerji Görünümleri	5
2.2. BRICS Ülkelerinin Karbondioksit Emisyonları.....	9
3. LİTERATÜR ÖZETİ	11
3.1. Tez Çalışmasının Amacı	14
4. MODELLEME ÇALIŞMALARI.....	15
4.1. Data ve Metodoloji.....	15
4.2. Model Geliştirilmesi/Önerilmesi	20
4.2.1. Önerilen Modellerin İstatistiksel Doğruluğunun Test Edilmesi.....	21
4.2.2. Önerilen Modellerin Tahmin Performanslarının Ölçülmesi	23
4.2.3. Önerilen Modeller ile BRICS ve MINT Ülkelerinin Gelecek Yıllardaki Fosil Yakıt Kaynaklı Karbondioksit Emisyonlarının Tahmin Edilmesi	26
5. SONUÇLAR	28
6. ÖNERİLER	31
7. KAYNAKLAR.....	32
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

FOSİL YAKIT KAYNAKLI KARBONDİOKSİT EMİSYONLARININ ÇOKLU REGRESYON ANALİZİYLE MODELLENMESİ ve TAHMİNİ: BRICS ve MINT ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

Furkan YILDIRIM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İzzet KARAKURT
2020, 43 Sayfa

Dünya, ülkelerin ekonomik özellikleri ve jeopolitik konumları nedeniyle gün geçtikçe önemli değişiklikler ile karşılaşmaktadır. Dünya'nın en hızlı gelişen/yükselen ekonomileri olarak gösterilen BRICS ve MINT ülkeleri; büyük nüfusa sahip olmaları, güçlü ve etkili yönetimleri, yeraltı zenginlikleri, bölgelerinde yükselen bir aktör olmaları ve küresel pazarlarda yer alma istekleri nedeniyle bu değişimlerden ortaya çıkan bir sonuçtur. Bu tez çalışması kapsamında, BRICS ve MINT ülkelerinin sosyo-ekonomik durumlarına, enerji görünümüne ve fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarına yönelik bir istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonları, ilgili ülkelerin bazı sosyo-ekonomik göstergelerine bağlı olarak çoklu regresyon analizi ile modellenmiştir. Geliştirilen/Önerilen modellerin istatistiksel geçerliliği; determinasyon katsayısı, F ve t testleri ile gerçekleşen-tahmin edilen veri setleri gibi çeşitli testlerle doğrulanmıştır. Ayrıca, BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarını istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenler de tespit edilmiştir. Ek olarak, önerilen modeller ile BRICS ve MINT ülkelerinin gelecekteki fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarının miktarına yönelik tahminler yapılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları, önemli üstünlükleri nedeniyle BRICS ve MINT ülkelerinin yakın bir gelecekte dünya ekonomisine yön verecek bir pozisyona geleceğine yönelik tespitler sunmuştur. Modelleme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, geliştirilen modellerin güçlü bir uygulanabilirlik potansiyellerinin olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca; geliştirilen modeller ile gerçekleştirilen öngörme sonuçları, BRICS ve MINT ülkelerinin gelecekteki toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarında önemli artışların beklendiğini açıkça göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Fosil Yakıtlar, CO₂ Emisyonları, BRICS ve MINT Ülkeleri, İstatistiksel Analiz

Master Thesis

SUMMARY

MODELING AND FORECASTING THE FOSSIL FUEL-RELATED CARBON DIOXIDE EMISSIONS BY MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS: THE CASE OF BRICS and MINT COUNTRIES

Furkan YILDIRIM

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Mining Engineering Program
Supervisor: Assoc. Prof. İzzet KARAKURT
2020, 43 Pages

The world is facing significant changes day by day due to the economic characteristics and geopolitical positions of the countries. Due to their large population, strong and effective management, natural resources, being a rising actor in their regions and their desire to take part in global markets, BRICS and MINT countries, which are shown as the fastest developing / rising economies of the world, are a result of these changes. In this thesis, a statistical analysis of the socio-economic status, energy outlook and fossil fuel-related carbon dioxide emissions of the BRICS and MINT countries is carried out. In addition, fossil fuel-related carbon dioxide emissions of the BRICS and MINT countries are modeled by multiple regression analysis depending on some socio-economic indicators of the related countries. The developed/proposed models are statistically validated by various tests such as the coefficient of determination, F- and t tests and actual versus predicted data sets. Moreover, the most significant variables that statistically affect the fossil fuel-related carbon dioxide emissions of the BRICS and MINT countries are determined. Furthermore, the future fossil fuel-related carbon dioxide emissions of the BRICS and MINT countries are forecasted using the proposed models. Statistical analysis results provide that BRICS and MINT countries will come to a position that will guide the world economy in the near future due to their significant superiorities. The modeling results reveal that the developed models have a strong practical applicability potential. Also; forecasting results clearly demonstrate that significant increases are expected in the future total fossil fuel-related CO₂ emissions of the BRICS and MINT countries.

Key Words: Energy, Fossil fuels, CO₂ Emissions, BRICS and MINT Countries, Statistical Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Dünya birincil enerji tüketiminde yakıt türlerinin payı (BP, 2020)	1
Şekil 2.1. BRICS ve MINT ülkelerinin fosil, nükleer ve hidroelektrik enerji kaynakları (BP, 2020)	7
Şekil 2.2. BRICS ve MINT ülkelerinin rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları (BP, 2020)	8
Şekil 2.3. BRICS ve MINT ülkelerinin Dünya birincil enerji tüketimindeki payları (BP, 2020)	9
Şekil 2.4. BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO ₂ emisyonları (IEA, 2019). 9	
Şekil 4.1. Çalışmada kapsamında BRICS ve MINT ülkelere ait değişkenlerin tarihsel gelişimi (IEA, 2019; WBI, 2020)	16
Şekil 4.2. Çalışmada izlenen metodolojiye ait akış şeması	18
Şekil 4.3. BRICS Ülkelerinin gerçekleşen ve tahmin edilen F-CO ₂ emisyonları	24
Şekil 4.4. MINT Ülkelerinin gerçekleşen ve tahmin edilen F-CO ₂ emisyonları.....	25
Şekil 4.5. BRICS ve MINT ülkelerinin öngörülen toplu F-CO ₂ emisyonları	27

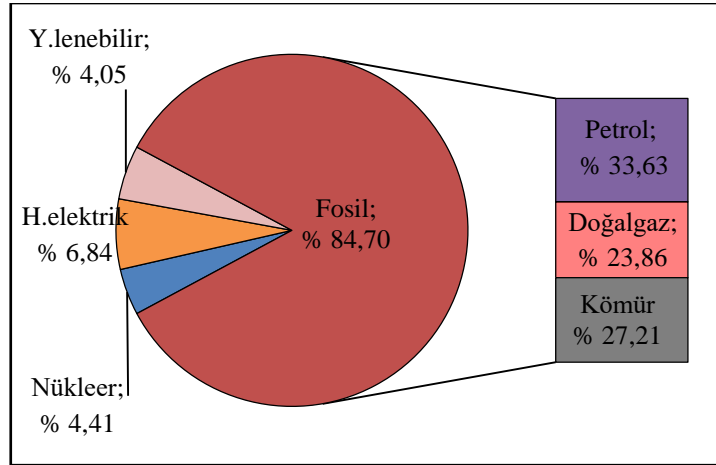
TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. BRICS ve MINT ülkelerinin bazı ekonomik ve demografik göstergeleri (WBI, 2020)	5
Tablo 3.1. Literatür özeti	12
Tablo 4.1. 1971–2017 dönemine ait değişkenler için bazı istatistiksel değerler	17
Tablo 4.2. BRICS ülkelerinin bağımlı ve bağımsız değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları	19
Tablo 4.3. MINT ülkelerinin bağımlı ve bağımsız değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları	19
Tablo 4.4. Modellerdeki bağımsız değişkenlerin ilgili modele katkı oranları (%)	21
Tablo 4.5. Geliştirilen modellere ait istatistiksel sonuçları	22
Tablo 4.6. MAPE ve PER için başarı ölçüsü (Es ve Hamzacebi, 2020)	24
Tablo 4.7. Önerilen modellerin MAPE ve PER değerleri	25
Tablo 4.8. BRICS ve MINT ülkelerinin öngörülen bireysel F-CO ₂ emisyonları	26

1. GENEL BİLGİLER

Ülkelerin nüfuslarındaki artışı, kentsel gelişimi ve sanayileşmesi, daha iyi yaşam standartlarının sağlanması ve sürdürülebilir bir ekonomik büyüme gerekliliği ile birlikte dünyada enerji tüketimi de gün geçtikçe hızla artmaktadır (Bianco vd., 2009). Enerjiye olan bu talep, ülkelere göre farklı oranlarda olsa da küresel ölçekte bakıldığında sürekli artış gösteren bir eğilimdedir. Hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve nükleer gibi farklı enerji kaynakları arasında fosil yakıtlar, ulaşım, inşaat, sanayi, konut ve elektrik üretimi gibi çeşitli ekonomik faaliyetler için hayati bir rol oynamaya devam etmektedir (Narayan vd., 2009). 2019 yılsonu verilerine dünya enerji tüketimi 13,9 milyar ton eşdeğer petrole (TEP) ulaşmıştır. Bu miktarın % 33,63'ü petrol, % 23,86'sı doğalgaz ve % 27,21'i kömür olmak üzere toplam % 84,70'i fosil türü yakıtlardan, geriye kalan bölümü ise sırasıyla hidroelektrik, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmıştır (Şekil 1.1). Aynı yıl, Çin Halk Cumhuriyeti % 24,27'lik payıyla dünyanın en büyük enerji tüketicisi konumunu korumuştur. Bu ülkeyi sırasıyla % 16,01; % 5,83; % 5,10 ve % 3,20 paylarla Amerika Birleşik Devletler (ABD), Hindistan, Rusya Federasyonu ve Japonya izlemiştir (BP, 2020). Bu oranlar, ilgili ülkeleri dünya birincil enerji tüketiminin % 54,41'inden sorumlu hale getirdiğinin göstergesidir.



Şekil 1.1. Dünya birincil enerji tüketiminde yakıt türlerinin payı (BP, 2020)

Güncel verilerden de anlaşılacağı üzere son yıllardaki önemli teknolojik ilerlemelere rağmen, fosil yakıtlar dünyanın en önemli birincil enerji kaynağı olmaya devam

etmektedir. IPCC (2013); IEA (2014) ve BP (2020) gibi önemli enerji kuruluşlarının enerjinin geleceğine yönelik hazırladığı senaryolar/raporlar, nükleer enerji yâda yenilenebilir enerji kaynakları gibi karbon dışı enerji kaynaklarının payının yavaş yavaş artmasına rağmen fosil yakıtların dünya enerjisinde hakim yakıt olmaya devam edeceğini işaret etmektedir.

Küresel enerji tüketiminde fosil yakıtlara olan talebin artma eğiliminde olması ciddi çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Çünkü yoğun karbon içeriğinden dolayı (özellikle kömür) bu yakıtlar, önemli oranlarda sera gazı emisyonlarının (karbondioksit başta olmak üzere) açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Chai vd., 2019). 2017 yılsonu verileri, fosil yakıt kaynaklı küresel karbondioksit (CO₂) emisyonlarının 32,8 milyar ton CO₂'te ulaştığını göstermektedir. Bu miktara en büyük katkıyı yapan ülkeler sırasıyla Çin Halk Cumhuriyeti (9,3 milyar ton, %28,35), ABD (4,8 milyar ton, %14,63), Hindistan (2,2 milyar ton, %6,71), Rusya Federasyonu (1,5 milyar ton, %4,57) ve Japonya (1,1 milyar ton, %3,35) olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, Çin Halk Cumhuriyeti gibi kömürü yoğun olarak kullanan ülkeler başta olmak üzere küresel bazda sürdürülebilir bir yaşam standardının oluşturulmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Kömür başta olmak üzere fosil yakıt tüketiminin kontrol edilmesi aynı zamanda bu yakıt ile yakın ilişkili CO₂ emisyonlarının azaltılması bakımından atılacak adımların da önceden belirlenmesi anlamına gelmektedir. Fosil yakıt tüketiminin kontrol edilmesine (buna bağlı olarak CO₂ emisyonlarının azaltılmasına) yönelik yapılan kısa, orta ve uzun dönemli politikalar, farklı çalışmalardan ve/veya senaryolardan yararlanılarak yapılsa da hala bu politikaların uygulanmasında çeşitli belirsizlikler söz konusu olabilmektedir. Bundan dolayı da konuya yönelik yapılacak her bir yeni çalışma, mevcut belirsizliklerin ortadan kaldırılmasına ciddi katkılar sunacaktır. Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinin temel amacı da bu yönde şekillendirilmiştir. Çalışmada, fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının güncel bir istatistiksel analizinin sunulması ve bu emisyonların kontrol edilmesine yönelik pratikte kullanılabilecek istatistiksel modellerin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, son yıllarda gelişen ekonomileri başta olmak üzere öne çıkan bazı özellikleri nedeniyle çok yakın bir gelecekte dünyanın önemli bir ekonomik gücü haline gelecek olan Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika Cumhuriyeti (BRICS Ülkeleri) ile Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye (MINT Ülkeleri) çalışma kapsamına alınmıştır. Bu gruptaki ülkelerin çalışma kapsamına alınmasının bir diğer önemli nedeni ise

bu ülkelerin grup olarak küresel fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının yaklaşık yarısından (% 46,20) sorumlu olmalarıdır.



2. BRICS VE MINT ÜLKELERİ

Dünya, ülkelerin ekonomik özellikleri ve jeopolitik konumları nedeniyle gün geçtikçe önemli değişiklikler ile karşılaşmaktadır. Ekonomist Jim O’Neill tarafından 2000’li yılların başında ortaya atılan ve dünyanın en hızlı gelişen/yükselen ekonomileri olarak gösterilen Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin Halk Cumhuriyeti ülkelerinin İngilizce baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşan BRIC kavramı da bu değişimlerden ortaya çıkan bir sonuçtur. Bu kavram, 2010 yılında Güney Afrika Cumhuriyeti’nin katılımı ile BRICS adını almıştır (Bozma vd., 2018). Hindistan ve Çin Halk Cumhuriyeti’nin son yıllardaki özellikle küresel kriz ve/veya Covid-19 salgını gibi etkiler nedeniyle düşen büyüme performansları, alternatif piyasa arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda yine O’Neill tarafından 2013 yılı sonunda dünya ekonomisinin “Yeni Dörtlü”sü olarak gösterilen Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye’den oluşan MINT grubu ülkeler ortaya atılmıştır. Büyük nüfusa sahip olmaları, güçlü ve etkili yönetimleri, yeraltı zenginlikleri, bölgelerinde yükselen bir aktör olmaları ve küresel pazarlarda yer alma istekleri nedeniyle BRICS ve MINT ülkelerinin, çok yakın bir gelecekte geleceğin ekonomileri arasında olacağı ileri sürülmektedir (Hayaloğlu, 2015). Hatta, Dünyanın en gelişmiş yedi ekonomisi olarak bilinen G7 ülkelerinin (Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya) ekonomik gücünü geçeceği yönünde tahminler yoğunlaşmaktadır (Pao ve Tsai, 2010; Şengönül ve Koşaroğlu, 2018).

Uluslararası organizasyonlar olarak BRICS ve MINT ülkeleri, buldukları bölgenin en büyük ekonomilerinden birine sahiptirler ve hızlı gelişen ülkelerdirler. Çin Halk Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonu dışında büyüyen ve genç ağırlıklı bir nüfusa sahiptirler. Türkiye’nin Avrupa Birliği’nin kuyusunda olması, Meksika’nın Amerika’nın kapı komşusu olması, Nijerya’nın Afrika’nın ekonomi merkezi olma potansiyeline sahip olması, Meksika, Endonezya ve Nijerya’nın hammadde üreticisi konumunda olmaları nedeniyle de birçok avantaja sahiptirler. Çin Halk Cumhuriyeti’nin nüfusa bağlı sorunları ve son yıllardaki yavaş büyümesi gibi bazı olumsuz gelişmelere rağmen ekonomik ve demografik ölçekleri nedeniyle BRICS ve MINT ülkeleri küresel pazarlarda etkili olmaya devam etmektedirler. Bu gruptaki ülkelere ait bazı ekonomik ve demografik özelliklerin sunulduğu Tablo 2.1’deki göstergelerde de bahsedilen avantajları açıklar niteliktedir. Şöyle ki; ilgili Tablo incelendiğinde her iki grupta yer alan ülkelerin, Dünya’da önemli bir

konumda olduğu söylenebilir. Yaklaşık 25 trilyon dolarlık toplam gayri safi yurtiçi hasılları ile BRICS ve MINT ülkeleri sırasıyla Dünya ekonomisinin % 24,07 ve % 4,08'ini; Dünya nüfusunun % 41,4 ve % 7,9'unu ve Dünya yüz ölçümünün ise % 38,1 ve % 4,3'ünü oluşturmaktadırlar.

Tablo 2.1. BRICS ve MINT ülkelerinin bazı ekonomik ve demografik göstergeleri (WBI, 2020)

Grup	TP (Milyon)	GDP (Milyar \$)	GDP _{kişi başı} (ABD \$)	GDP Yıllık büyüme oranı (%)	Yüzölçümü (km ²)
BRICS					
Brezilya	211,049	1.839,758	8920,76	1,14	8358140
Rusya Federasyonu	144,373	1.699,876	11288,87	1,34	16376870
Hindistan	1366,417	2.875,142	2009,98	5,02	2973190
Çin Halk Cumhuriyeti	1397,715	14.342,902	9770,85	6,11	9388210
Güney Afrika	58,558	351,431	6374,03	0,16	1213090
MINT					
Meksika	127,575	1.258,286	9863,072	-0,15	1943950
Endonezya	270,625	1.119,190	4135,569	5,02	1811570
Nijerya	200,963	448,120	2229,858	2,21	910770
Türkiye	83,429	754,411	9370,17	0,88	769630
Dünya	7673,533	87.697,519	11312,44	2,47	127343220

TP (Milyon): Toplam Nüfus; GDP (Milyar \$): Gayri Safi Yurtiçi Hasıla; GDP_{kişi başı} (ABD \$): Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla

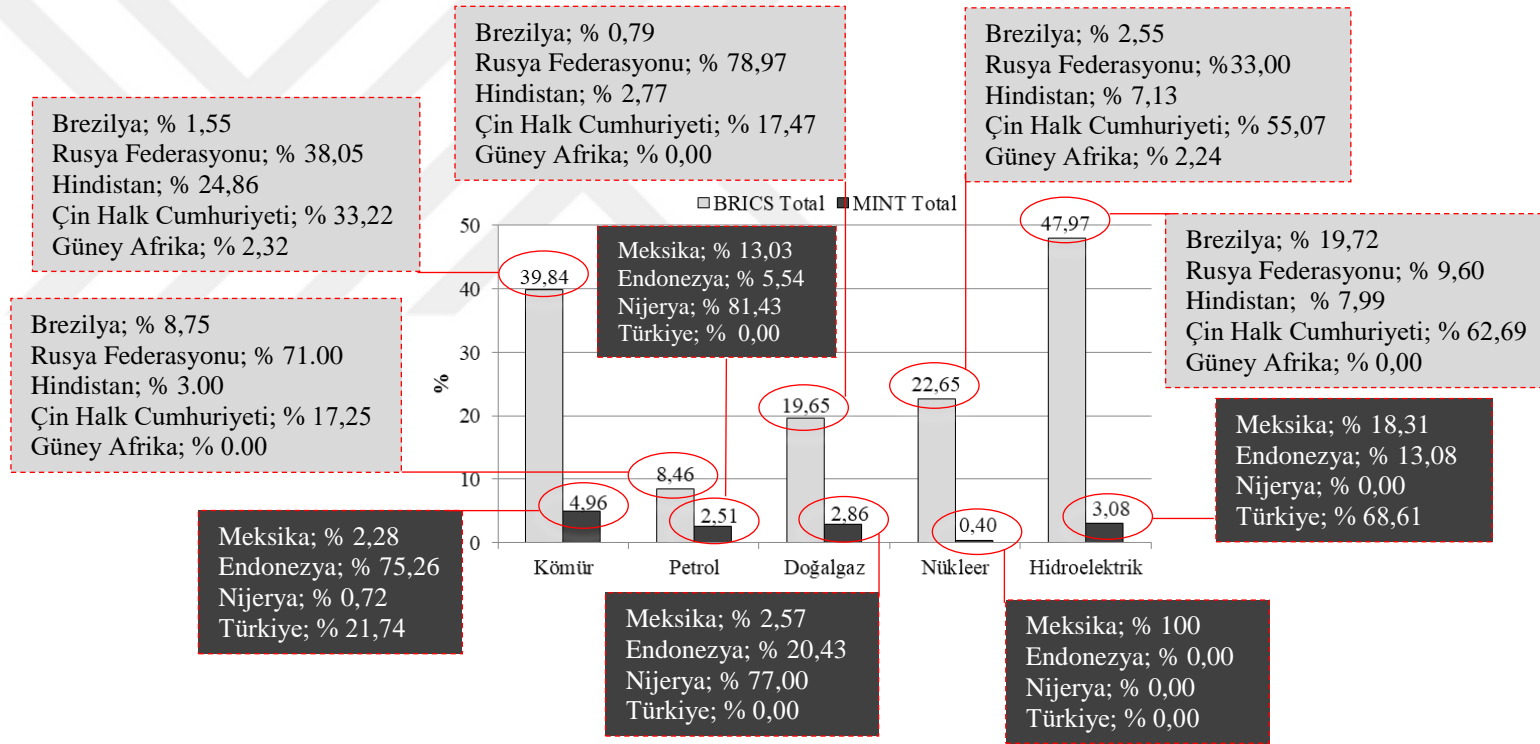
Tablo 2.1, Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan ve Endonezya gibi nüfus olarak yoğun olan ülkelerin yıllık büyüme oranlarının Dünya ortalamasının oldukça üzerinde olduğu da göstermektedir. Ayrıca Nijerya'nın yıllık büyüme oranı, Dünya ortalamasına oldukça yakındır. Gruptaki diğer ülkelerin yıllık büyüme oranları ise Dünya ortalamasının altında kalmıştır. Hatta Meksika ekonomisinde diğer ülkelerin aksine 2019 yılında bir küçülme meydana gelmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında en etkin faktör olarak, Aralık 2019'da Çin Halk Cumhuriyeti'nden Dünyaya yayılan Covid-19 salgının yol açtığı düşünülebilir. Tüm bu gelişmeler, BRICS ve MINT ülkeleri ekonomilerinin son yıllardaki küresel ekonomik büyümeye katkılarının % 30'lara ulaştığını göstermektedir.

2.1. BRICS ve MINT Ülkelerinin Enerji Görünümleri

Giderek büyüyen ekonomi olmaları nedeniyle BRICS ve MINT ülkeleri, küresel enerji denkleminde de önemli bir yere sahiptirler. Çünkü ülkelerin kalkınmalarında etkin rol oynayan faktörlerin başında gelen enerji, BRICS ve MINT ülkelerinin ekonomik büyümelerinde de aktif rol almaktadır. BRICS ve MINT ülkeleri Dünya'nın bilinen petrol

rezervlerinin % 10,97'sine; doğalgaz rezervlerinin % 22,51'ine ve kömür rezervlerinin ise % 44,8'ine sahiptir (Şekil 2.1). BRICS ülkelerindeki en büyük petrol rezervleri, % 71 ile Rusya Federasyonu ve % 17,25 ile Çin Halk Cumhuriyeti'nde bulunmaktadır. MINT ülkelerindeki en büyük petrol rezervleri ise % 81,43 ile Nijerya ve % 13,03 ile Meksika'da bulunmaktadır. Gruplardaki ülkeler arasında Güney Afrika ve Türkiye petrol rezervlerine sahip olmayan iki ülke konumundadır. BRICS ülkelerinin petrol rezervlerine benzer şekilde, gruptaki doğalgaz rezervlerinin çoğu Rusya Federasyonu (%78,97) ile Çin Halk Cumhuriyeti'nde (% 17,47) bulunmaktadır. MINT ülkelerinde durum Nijerya (% 77) ve Endonezya (% 20,43) lehinedir. Gruplardaki ülkelerin tamamının kömür rezervine sahip olduğu söylenebilir. Fosil yakıtlarının yanı sıra BRICS ve MINT ülkeleri hatırı sayılır oranlarda nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına da sahiptir. Dünyanın toplam nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sırasıyla % 23,05, % 51,05 ve % 39,15'i BRICS ve MINT ülkelerinde bulunmaktadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Çin Halk Cumhuriyeti'nin yenilenebilir, hidroelektrik ve nükleer enerji kaynakları temelinde BRICS ülkeleri arasında belirgin bir üstünlüğü vardır. Bu ülkeyi nükleer enerji kaynağı ile Rusya Federasyonu izlerken hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarında Brezilya izlemektedir. Öte yandan, MINT ülkeleri arasında Meksika nükleer enerji kaynaklarına sahip tek ülkedir. Ayrıca, hidroelektrik enerji kaynağı açısından Türkiye grupta belirgin bir üstünlüğü sahip iken yenilenebilir enerji kaynakları açısından ise Meksika ve Endonezya'da Türkiye ile birlikte önemli rezervlere sahiptir. MINT grubu ülkeleri arasında Nijerya, nükleer enerji kaynağının yanı sıra hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına da sahip olmayan tek ülkedir. Ek olarak, MINT ülkeleri arasında Türkiye'de iki nükleer santralin kurulması için çalışmalar başlatılmıştır (Kok ve Benli, 2017).

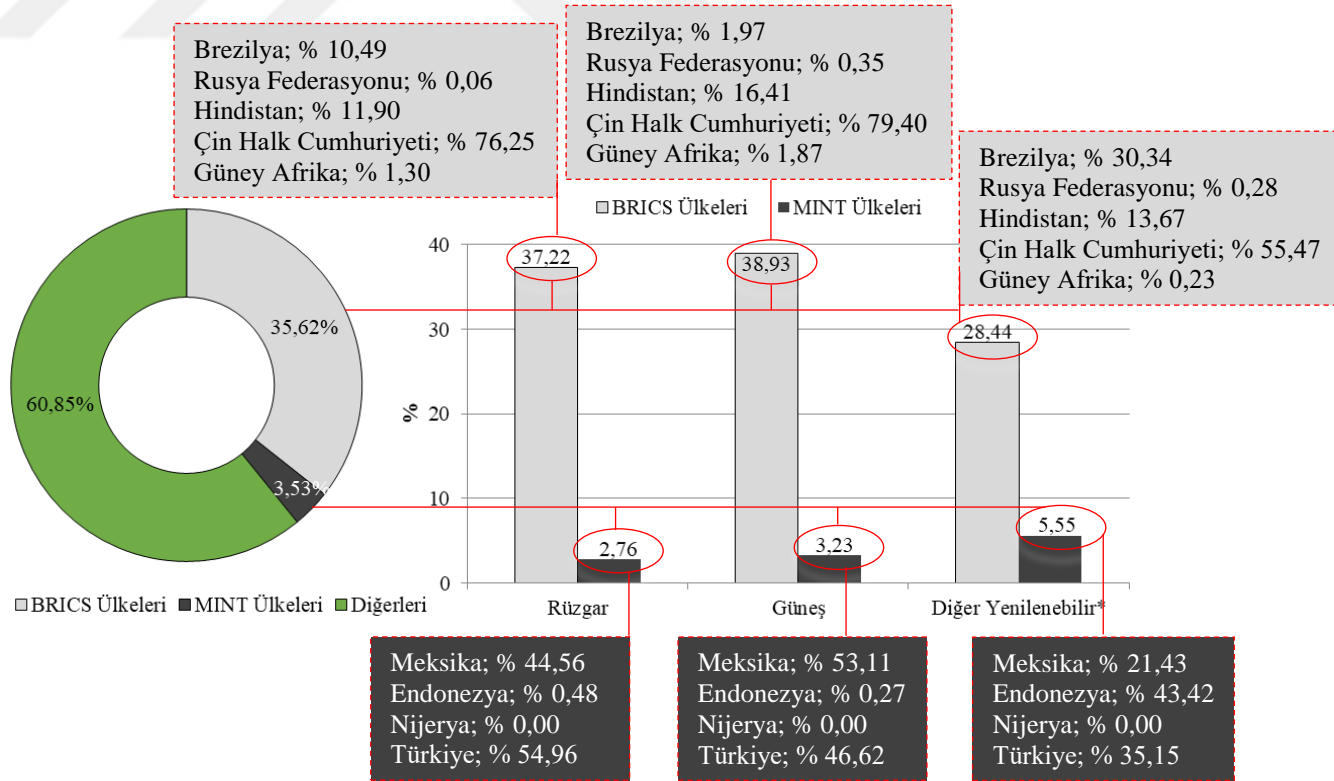
BRICS ve MINT ülkeleri, gelişen ve büyüyen ekonomiler olduğundan giderek artan bir şekilde enerji talebiyle de karşı karşıyadırlar. Bu ülkelerin bazılarının enerji ithalatçısı bazılarının da enerji ihracatçısı olduğu söylenebilir. Bu gruplardaki ülkelerin fosil yakıt türü enerji kaynakları temelinde bir değerlendirme yapıldığında Rusya Federasyonu'nun üç yakıt türünde de enerji ihracatçısı olduğunu söylemek mümkündür. Boru hatlarıyla doğalgaz ihracatında dünya lideri konumundaki Rusya Federasyonu, ihraç ettiği doğalgaz miktarı 2018 yılsonu itibarı ile yaklaşık 215 milyar metreküp olarak gerçekleşmiştir. Bu rakamlar, Rusya Federasyonu'nun BRICS ülkeleri özelinde enerji ihracatında söz sahibi olduğunun bir göstergesidir.



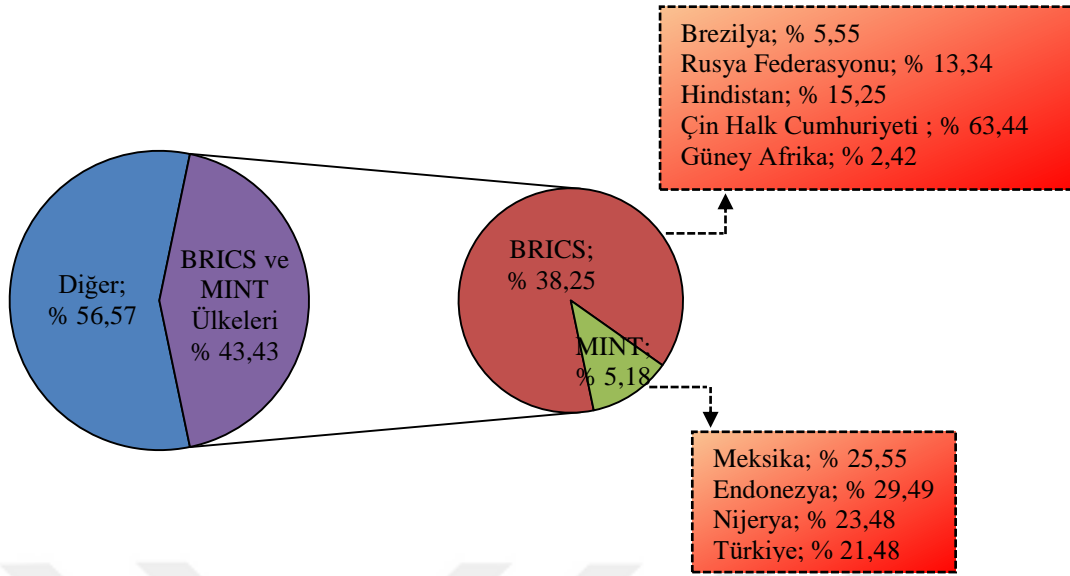
Şekil 2.1. BRICS ve MINT ülkelerinin fosil, nükleer ve hidroelektrik enerji kaynakları (BP, 2020)

Bunun yanı sıra BRICS ülkeleri dünya toplam kömür rezervlerinin % 44,8'ini barındırması nedeniyle de küresel kömür tüketiminde önemli bir yere sahiptir. 2019 yılsonu itibarı ile dünya birincil enerji tüketimi 13,9 milyar TEP iken aynı yıl BRICS ve MINT ülkelerinin toplam birincil enerji tüketimleri sırasıyla 5,3 ve 0,70 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir. Yani, dünya toplam birincil enerji tüketiminin % 38,25'i BRICS ülkelerine ait iken % 5,18'i MINT ülkelerine aittir (Şekil 2.3). Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan bu oranlara en büyük katkıyı yapan ilk iki ülke olarak BRICS ülkeleri arasında ön plandadır. MINT ülkelerinde ise birincil enerji tüketimine ilgili ülkelerin katkı oranları birbirine

çok yakın gerçekleşmiştir. Öte yandan, 2019 yılında BRICS ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin % 84,91'i, MINT ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin ise % 88,02'si fosil türü enerji kaynaklarından karşılanmıştır. BRICS ve MINT ülkelerinin her ikisi için fosil yakıtları sırasıyla hidroelektrik, yenilenebilir ve nükleer enerji kaynakları izlemiştir. Fosil yakıtlar içerisinde kömür, BRICS ülkeleri enerji tüketiminin neredeyse yarısından (% 48,50) sorumlu iken MINT ülkeleri enerji tüketiminin çoğunluğunu (% 42,50) petrol oluşturmuştur (BP, 2020).



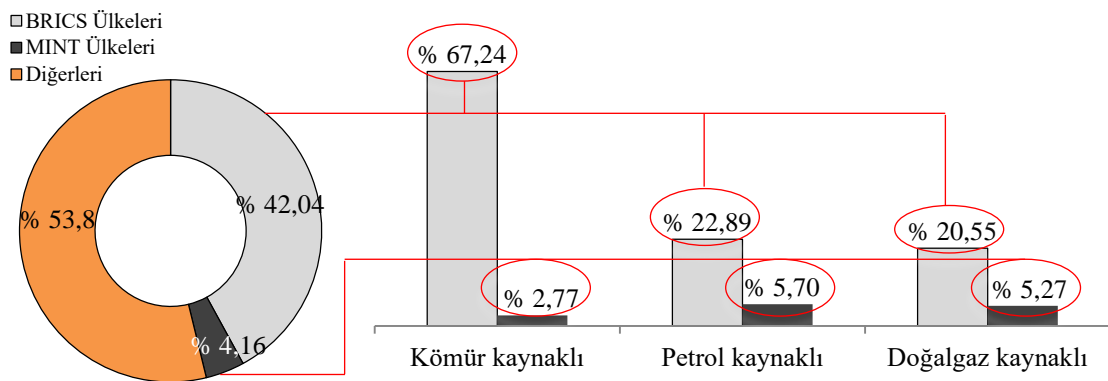
Şekil 2.2. BRICS ve MINT ülkelerinin rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları (BP, 2020)



Şekil 2.3. BRICS ve MINT ülkelerinin Dünya birincil enerji tüketimindeki payları (BP, 2020)

2.2. BRICS Ülkelerinin Karbondioksit Emisyonları

BRICS ve MINT ülkelerinin enerji tüketimleri dikkate alındığında, ilgili ülkelerin enerji kaynaklı küresel sera gazı emisyonlarına da önemli bir katkıda bulunduğunu söylemek mümkündür. 2017 yılı verilerine göre, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonları 32,8 milyon ton iken BRICS ve MINT ülkelerinden açığa çıkan fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyon miktarı 15,17 milyon tondur (IEA, 2019). Bu oran, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonların % 46,2'sinin BRICS ve MINT ülkelerinden geldiğinin bir göstergesidir. Fosil yakıt türüne göre değerlendirme yapıldığında, kömür % 70,01 ile lider konumda yer almıştır. Bir başka deyişle, kömür kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının % 70,01'i BRICS ve MINT ülkeleri kaynaklıdır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları (IEA, 2019)

Kömürü, % 28,59 ile Petrol ve % 25,82 doğalgaz takip etmiştir. Kömür kaynaklı CO₂ emisyonları temelinde gruplar içindeki ülkeler, kendi aralarında kıyaslandığında Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan BRICS ülkeleri için en yüksek oranlara sahip iken Endonezya ve Türkiye ise MINT ülkeleri için en yüksek orana sahip ülkeler olarak ön plana çıkmaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan, Endonezya ve Türkiye sahip oldukları bu potansiyel ile aynı zamanda küresel kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının sırasıyla % 51,33; % 10,39; % 1,34 ve % 1,08'inden sorumludurlar.



3. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde bu güne kadar istatistiksel yöntemlerden yapay sinir ağlarına, gri tahmin yöntemlerinden karınca kolonisi yöntemine kadar çok sayıda modelleme ve tahmin yöntemleri birçok farklı alanda kullanılmış ve/veya uygulanmıştır. Bu çalışmalar içinde BRICS ve MINT ülkelerini toplu veya bireysel olarak inceleme alanına alan çok sayıda çalışmada gerçekleştirilmiştir. Literatürün ilgili alandaki güncel çalışmalardan bazı örnekler, Tablo 3.1’de özetlenmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde, ülkelerin özelliklerinden dolayı farklı sonuçlar elde edildiğini söylemek mümkündür. Hatta aynı ülke örneği seçilerek farklı yöntemlerin kullanıldığı araştırmalarda bile farklı sonuçlar elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu da, ülkelerin ulusal ve/veya uluslararası politikalarının düzenlenmesinde kullanılabilecek çok değişkenli parametreler ile geliştirilen tahmin modellerine hala ihtiyaç olduğunun bir göstergesidir. Böylelikle, ülkelerin başta CO₂ emisyonları olmak üzere gelecekteki sera gazı emisyonlarının tahmin edilmesi sağlanacak ve buna yönelik mücadele yöntemleri şekillenebilecektir. Literatür özetinden de anlaşılacağı üzere bu yönde yapılacak çalışmalar için kullanılabilecek çok sayıda modelleme tekniği mevcuttur. Bunlar; kullanım amaçları, pratiklikleri, değişken sayıları gibi parametreler temelinde tercih edilebilmektedir. Ancak, ilgili tekniklerin kompleks yapıları model üretilmesinde ve üretilen modellerin kullanımlarında problemlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Buda geliştirilen modellerin kolayca anlaşılmasını ve pratikte kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Çünkü bir modelin basitliği, kolayca anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesi de doğruluğu ve/veya başarılı bir tahmin yapabilmesi kadar önemlidir. Eğer tahmin edilen değişken, karmaşık planlama sürecinin bir parçası ise bu durumlarda ilgili modelin basitliği, kolay anlaşılabilirliği veya uygulanabilirliği modelin doğru tahmin derecesine göre ön planda da olabilmektedir (Bianco vd., 2009). Ayrıca; literatürde tercih edilen modelleme teknikleri uzun vadeli eğilimler olgusunu doğru bir şekilde tanımlama avantajına sahip olsalar da daha fazla gözlem gerektirme ve test edilmesi zor olan çok sayıda varsayım ve karmaşık hesaplama denklemlerine ve büyük hatalara sahip olma gibi bazı sınırlamaları da vardır. Bu durumlarda, özellikle tahmin modülünün karmaşık bir planlama sürecinin bir parçası olması durumunda daha basit ve daha az hassas modelleme tekniklerinin kullanılması önerilmektedir (Bianco vd., 2009).

Çeşitli tahmin teknikleri arasında, regresyon analizi (RA), farklı değişkenler arasındaki ilişkileri tahmin etmek için en yaygın kullanılan istatistiksel süreçlerden biridir

Tablo 3.1. Literatür özeti

Araştırmacı(lar)	Ülke (ler)	Yöntem(ler)	Değişken(ler)	Veri aralığı
Sari ve Soytaş (2004)	Türkiye	Granger nedensellik Genelleştirilmiş öngörülü hata varyans ayrıştırması	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla İş oranı	1960–1999
Yuan vd. (2008)	Çin Halk Cumhuriyeti	Johansen-Juselius; eş bütünleşme Genelleştirilmiş yanıt analizi	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla İş gücü	1963–2005
Pao ve Tsai (2010)	BRIC	Birim kök testi, eş bütünleşme testi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1971–2005
Menyah ve Rufael (2010)	Güney Afrika Cumhuriyeti	Eş bütünleşmeye bağlı sınır testi yaklaşımı	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1965–2006
Ozturk ve Acaravci (2010)	Türkiye	Eş bütünleşmeye bağlı sınır testi yaklaşımı	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1968–2005
Pao ve Tsai (2011a)	BRIC	Panel eş bütünleşme tekniği	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım	1980–2007
Pao ve Tsai (2011b)	Brezilya	Gri tahmin yöntemi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1980–2007
Wang vd. (2011)	Çin Halk Cumhuriyeti	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1995–2007
Pao vd. (2011)	Rusya Federasyonu	Eş bütünleşme tekniği ve nedensellik testi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji kullanımı	1990–2007
Pao vd. (2012)	Çin Halk Cumhuriyeti	Geliştirilmiş grey modeli	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1980–2009
Cowan vd. (2014)	BRICS	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, elektrik tüketimi, ekonomik büyüme	1990–2010
Lin ve Wesseh (2014)	Güney Afrika Cumhuriyeti	Granger nedensellik analizi	Ekonomik büyüme, enerji tüketimi	1971–2010
Bildirici ve Bakirtas (2014)	BRICS-T ülkeleri	Dağıtılmış gecikmeli otoregresif sınır testi	Kömür tüketimi Petrol tüketimi Doğalgaz tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla	1980–2011
Srinivasan ve Ravindra (2015)	Hindistan	Birim kök testi, eş bütünleşme testi, vektör hata düzeltme modeli	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticaret	1970–2012
Zakarya vd. (2015)	BRICS	Birim kök testi, eş bütünleşme testi, vektör hata düzeltme modeli	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımı	1990–2012

Tablo 3.1. Devam

Wu vd. (2015)	BRICS	Çok değişkenli gri tahmin yöntemi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, kentsel nüfus	2004–2010
Hayaloğlu (2015)	MINT ülkeleri	Panel veri analiz yöntemi	Özel sektöre verilen yurtiçi krediler Gayri safi sabit sermaye yatırımı Dışa açıklık Enflasyon oranı Polity demokrasi endeksi ICRG demokrasi endeksi Reel GSYH	1990-2012
Maryam vd. (2017)	BRICS	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla	1991–2011
Lin vd. (2018)	Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan	ADRL sınır testi	CO ₂ emisyonları, kömür tüketimi, ekonomik büyüme	1969–2015
Azevedo vd. (2018)	BRICS	Regresyon	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme	1980–2011
Bozma vd. (2018)	BRICS ve MINT ülkeleri	Westerlund eşbütünleşme testi	Kişi başına GSYH Elektrik enerjisi tüketimi	1990-2014
Karakurt ve Aydın (2020)	BRICS-T ülkeleri	Regresyon analizi	CO ₂ emisyonları Gayri safi yurtiçi hasıla Toplam nüfus Kentsel nüfus	1971–2016
Karakurt (2020)	BRICS-T ülkeleri	Regresyon analizi	Enerji tüketimi Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla Toplam nüfus Kentsel nüfus	1965–2017
Karakurt vd. (2020)	BRICS-T ülkeleri	Regresyon analizi	Kömür tüketimi Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla Toplam nüfus Kentsel nüfus	1965-2018

ve bu nedenle birçok araştırma alanında tahmin denklemleri geliştirmek için yaygınlıkla tercih edilmektedir (Karakurt vd., 2012; Karakurt vd., 2013; Aydın vd., 2013; Yazar, 2017). Bundan dolayı; bu tez çalışması kapsamında BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarını tahmin etmeye yönelik modellerin geliştirilmesi süreçlerinde RA tercih edilmiştir.

3.1. Tez Çalışmasının Amacı

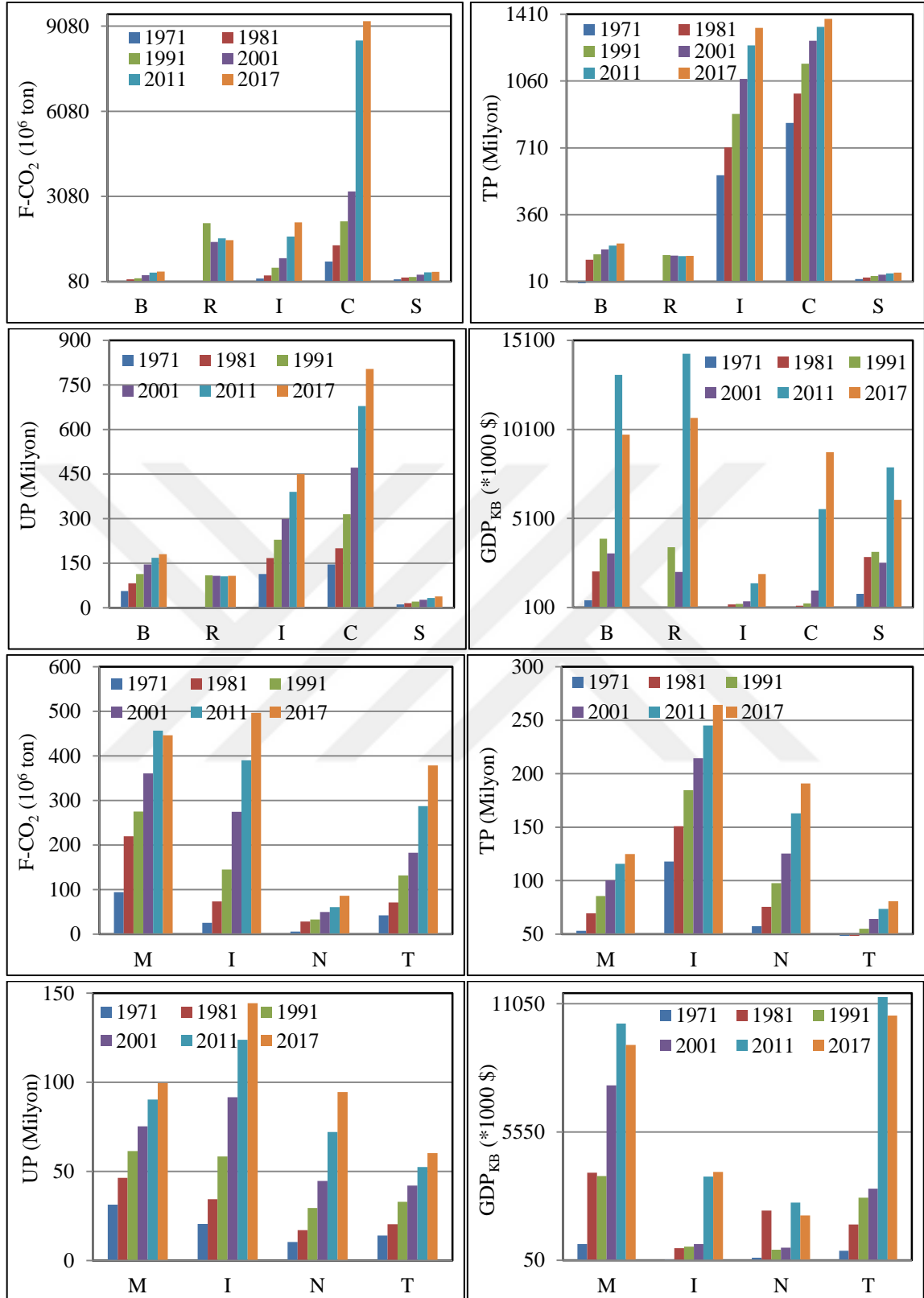
Uluslararası birer organizasyon olarak BRICS ve MINT ülkelerinin, ekonomik ve demografik ölçekleri nedeniyle küresel pazarlardaki etkinlikleri gün geçtikçe artmaktadır. Gelişen ve büyüyen ekonomileri, bu ülkelerin enerjiye olan talepleri ile enerji kullanımından kaynaklı çevresel problemlerinde artmasına yol açmaktadır. Sera gazı emisyonlarına en büyük katkıyı veren CO₂ emisyonları, bu çevresel problemlerin başında yer almaktadır. Bu emisyonlar başta olmak üzere ülkelerin enerji kullanımından kaynaklı çevresel problemlerinin azaltılmasına, kontrol altına alınmasına ve ulusal yada uluslararası politikalarının düzenlenebilmesine yönelik tahmin modellerine ihtiyaç vardır. Böylelikle ülkelerin başta CO₂ emisyonları olmak üzere gelecekteki sera gazı emisyonlarının tahmin edilebilmesi sağlanacak ve buna yönelik mücadele yöntemleri geliştirilebilecektir. Bu tez çalışmasının temel amacı da bu yönde şekillendirilmiştir. Bir başka deyişle; bu tez çalışmasında, gün geçtikçe gelişen ve büyüyen ekonomiler olarak BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının güncel durumuna yönelik istatistiksel bir analizin gerçekleştirilmesi ve gelecekteki fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarını öngörmeye kullanılacak tahmin modellerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla; tez çalışmasında aşağıda sunulan bazı önemli üstünlükleri nedeniyle RA, modelleme çalışmalarında tercih edilmiştir.

- Hemen hemen bütün istatistiksel yazılımların bir regresyon araç çubuğu vardır. Bu nedenle, bir tahmin modelinin oluşturulması kolaydır.
- Bağımlı değişken, bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edildiğinden geliştirilen model daha basit ve anlaşılırdır.
- Yapay zekâ uygulamalarında olduğu gibi model oluştururken fonksiyonun yapısı hakkında herhangi bir fikir vermeyecek bir içeriğe sahip değildir.
- Nihai denklem oluşturulduğunda, herhangi bir senaryoya veya projeksiyona kolaylıkla uygulanabilir (Şen vd., 2016).

4. MODELLEME ÇALIŞMALARI

4.1. Data ve Metodoloji

Enerji talepleriyle aralarındaki yüksek ilişkileri ve zaman serilerine yönelik verilerine birçok istatistik veri tabanından kolayca erişilebilir olmaları gibi önemli özellikleri nedeniyle çalışma kapsamında; BRICS ve MINT ülkelerine ait kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (GDP_{KB}), toplam nüfus (TP) ve kentsel nüfus (UP) verileri bağımsız değişkenler, fosil yakıt kaynaklı CO_2 emisyonları ($F-CO_2$) bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Ayrıca, mevcut literatürde yapılan enerjiye yönelik çalışmaların çoğunda da bu değişkenler tercih edilmiştir. Ek olarak; Kavaklıoğlu vd. (2009) ile Kankal vd. (2011) çalışmalarında ilgili değişkenler için yaptıkları tespitler, bu değişkenlerin çalışma kapsamına alınmasında etkili olmuştur. Bu tespitler şu şekildedir. *i*) kentsel alanlarda yaşayan insanlar başta olmak üzere nüfus artışının bir sonucu olarak çok sayıda insan faaliyetinin enerji kaynaklarına daha fazla ihtiyaca yol açmaktadır. *ii*) kentsel alanlarda yaşayan insanlar, bu alanlardaki endüstri yapısını, istihdamını, yaşam koşullarını ve sosyal kamu hizmetlerini doğrudan etkilemektedirler. *iii*) kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, enerji tüketimini güçlü bir şekilde etkileyen ekonomik faaliyet ve yaşam standartlarının bir ölçüsüdür. Rusya Federasyonu hariç BRICS ve MINT ülkelerinin 1971–2017 dönemine ait bu veriler, Dünya Bankası (WBI, 2020) ve Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA, 2019) güncel veri tabanlarından elde edilmiştir. Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından 1990'lı yıllarda ülkenin kurulması nedeniyle Rusya Federasyonu için veri serisi 1990-2017 olarak temin edilmiştir. Çalışma kapsamında BRICS ve MINT ülkelerine ait değişkenlerin seçilen dönemdeki tarihsel değişimi 10'ar yıllık periyotlar halinde Şekil 4.1'de verilmiştir. Buna göre, BRICS ülkeleri içerisinde Rusya Federasyonu hariç diğer ülkelerin $F-CO_2$ 'lerinde sürekli bir artış meydana gelmiştir. Rusya Federasyonu'na ait $F-CO_2$ emisyonlarında ise bir dalgalanma olmasına rağmen diğer ülkelere nazaran bir düşüş eğilimi gerçekleşmiştir. Benzer durum MINT ülkelerinin $F-CO_2$ emisyonları içinde geçerlidir. 2017 yılında Meksika'nın $F-CO_2$ emisyonlarında önceki yıla göre yaklaşık % 2'lik bir düşüş olsa da ülkelerin tamamının $F-CO_2$ artış göstermiştir. BRICS ve MINT ülkelerinin TP ve UP verilerinin gelişimi incelendiğinde ise yine Rusya Federasyonu haricindeki ülkelerin TP ve UP'ları seçilen dönem süresince bir artış eğiliminde olmuştur.



Şekil 4.1. Çalışmada kapsamında BRICS ve MINT ülkelerine ait değişkenlerin tarihsel gelişimi (IEA, 2019; WBI, 2020)

BRICS ve MINT ülkelerinin seçilen değişkenleri arasında GDP_{KB} verileri, seçilen dönem içerisinde diğer verilere göre daha çok dalgalanma göstermiştir. Ancak, genel eğilimin artış yönünde olduğu söylenebilir. BRICS ve MINT ülkelerine ait bağımlı ve bağımsız değişkenlerin seçilen dönemdeki değişimlerinin birbirleri ile kıyaslanması için “*Değişim Katsayısı*”ndan da yararlanılmıştır. Bu DK değerleri bazı istatistiksel değerlendirmelerinin sunulduğu Tablo 4.1’de verilmiştir. İlgili Tablo incelendiğinde, BRICS ülkeleri içerisinde Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan’ın F-CO₂ emisyonlarında en büyük değişimler meydana gelirken MINT ülkeleri içerisinde bu en büyük değişim Endonezya ile Türkiye’de gerçekleşmiştir. BRICS ülkelerinin TP’larına ait DK değerleri, Hindistan ve Güney Afrika’daki değişiminin diğer ülkelere göre yüksek olduğu göstermektedir. MINT ülkelerinin TP’larına ait DK değerleri ise Nijerya’daki değişimin yüksek olduğu işaret etmektedir.

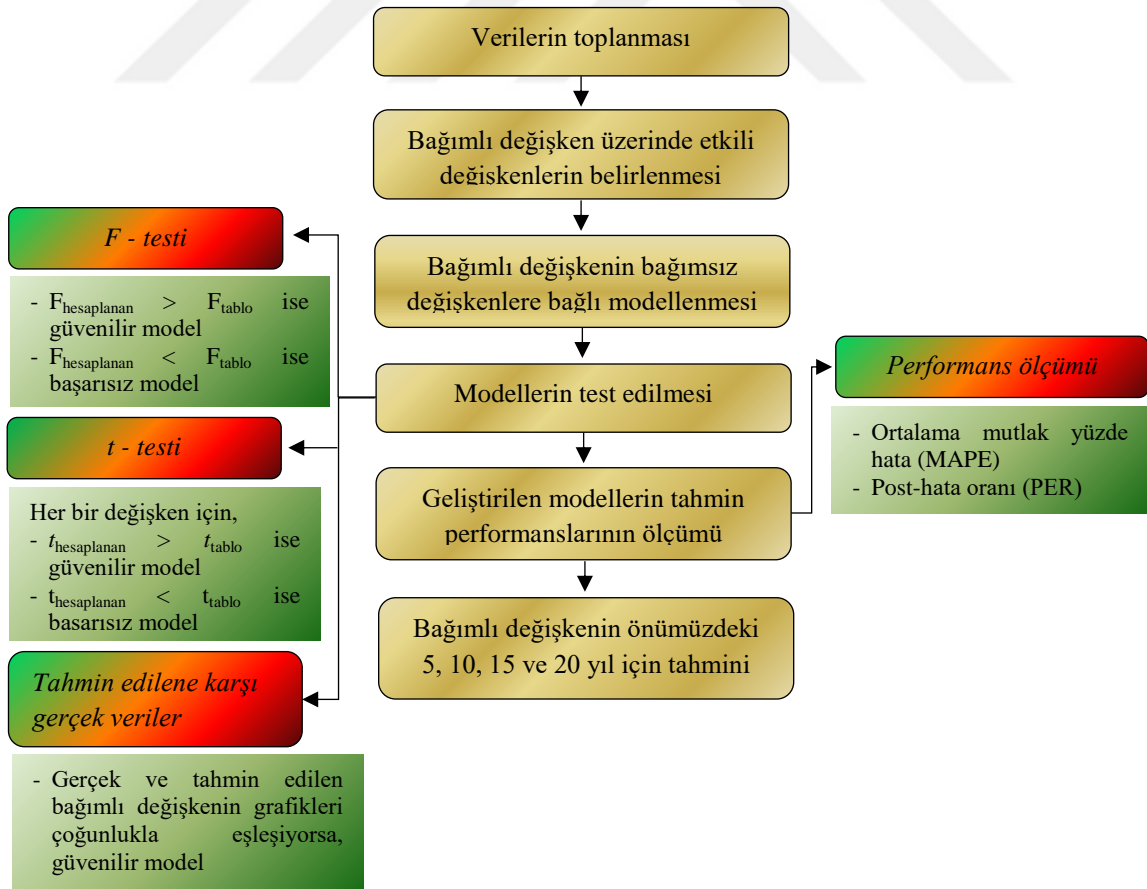
Tablo 4.1. 1971–2017 dönemine ait değişkenler için bazı istatistiksel değerler

	F-CO ₂ emisyonu (Milyon ton CO ₂)					TP (Milyon)				
	Ort.	Max	Min	SS	DK	Ort.	Max	Min	SS	DK
B	247,70	477,79	87,48	107,17	43,27	158,80	209,29	100,14	33,63	21,18
R	1584,95	2163,53	1406,59	194,45	12,27	142,89	148,69	131,16	4,88	3,41
I	822,98	2161,57	181,06	596,79	72,52	946,48	1339,18	566,22	238,73	25,22
C	3691,89	9257,93	780,19	2845,51	77,07	1159,87	1386,40	841,11	166,23	14,33
S	287,31	442,49	157,11	88,36	30,76	40,46	56,72	23,48	10,08	24,92
M	301,47	459,46	93,75	112,22	37,22	89,50	124,78	53,08	21,23	23,72
I*	207,57	496,41	25,21	145,02	69,87	192,25	264,46	117,88	43,41	22,58
N	40,02	88,92	5,70	21,20	52,97	111,51	190,87	57,30	39,13	35,09
T	164,38	378,63	41,74	90,92	55,31	57,56	80,75	35,72	13,16	22,86
	UP (Milyon)					GDP _{KB} (ABD \$)				
	Ort.	Max	Min	SS	DK	Ort.	Max	Min	SS	DK
B	122,48	180,00	57,96	38,33	31,30	4475,19	13167,47	503,48	3580,62	80,01
R	102,70	109,12	83,00	7,36	7,16	6469,43	16007,09	1330,76	4728,61	73,09
H	260,07	449,96	113,19	99,75	38,36	596,69	1979,36	118,95	506,25	84,84
C	399,16	803,56	145,44	206,39	51,71	1823,94	8826,99	118,65	2586,47	141,81
GA	22,75	37,35	11,24	7,98	35,08	3648,72	7967,68	865,92	1865,95	51,14
M	65,62	99,57	31,31	19,98	30,45	5220,63	10922,38	738,56	3308,25	63,37
I*	73,01	144,39	20,39	38,95	53,35	1218,98	3837,65	79,18	1166,52	95,70
N	39,37	94,48	10,37	24,43	62,04	1099,35	3222,69	160,25	863,82	78,58
T	35,24	60,28	13,91	14,04	39,85	4569,02	12542,72	455,11	3921,85	85,84

B: Brezilya; **R:** Rusya Federasyonu; **I:** Hindistan; **C:** Çin Halk Cumhuriyeti; **S:** Güney Afrika; **M:** Meksika; **I*:** Endonezya; **N:** Nijerya; **T:** Türkiye **DK (%)**: Değişim katsayısı; **SS:** Standart sapma

Öte yandan; BRICS ve MINT ülkelerinin UP’larına ait DK değerleri BRICS için Çin Halk Cumhuriyeti’nde, MINT için ise Nijerya’da yüksek değişimlerin olduğunu ortaya koymuştur. Ek olarak; BRICS ve MINT ülkelerine ait GDP_{KB} ’ya ait DK değerleri,

ülkelerin tamamında yüksek değişimlerin meydana geldiğini göstermiştir. Tablo 4.1'deki DK ve diğer bazı istatistiksel analizlerin yanısıra, BRICS ve MINT ülkelerine yönelik seçilen bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin derecesi için de ayrı ayrı korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları da Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'de sunulmuştur. İlgili tablolar, Rusya Federasyonu hariç diğer ülkelerin tamamının değişkenlerinin kendi aralarında yüksek korelasyona (0.80'nin üzerinde) sahip olduğunu göstermektedir. Rusya Federasyonu'na ait değişkenler arasında ise orta düzeyde bir korelasyon (0,50 üzeri) elde edilmiştir. Sonuç olarak, çalışma kapsamında BRICS ve MINT ülkeleri için seçilen verilerin, Ostrom (1990) tarafından önerilen regresyon modeli oluşturmak için gerekli temel varsayımlardan biri olan doğrusallığı, tarihsel eğilimlerden bazı istisnalar dışında sağladığı sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında izlenen yöntemin bir akış şeması, Şekil 4.2'de sunulmuştur. Seçilen döneme ait, F-CO₂ emisyonları iki gruba ayrılmıştır. 1971–2010 yılları arasındaki ilk grup regresyon modellerin geliştirilmesinde kullanılırken 2011–2017 yılları arasındaki ikinci grup da geliştirilen modellerin test edilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Çalışmada izlenen metodolojiye ait akış şeması

Tablo 4.2. BRICS ülkelerinin bağımlı ve bağımsız değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları

	B				R				I				C				S			
	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}
FCO ₂	1	0,97	0,97	0,85	1	0,56	0,59	0,56	1	0,97	0,98	0,94	1	0,86	0,96	0,96	1	0,93	0,95	0,89
TP	0,97	1	0,99	0,82	0,56	1	0,99	0,57	0,97	1	0,99	0,86	0,86	1	0,96	0,72	0,93	1	0,99	0,85
UP	0,97	0,99	1	0,82	0,59	0,99	1	0,57	0,98	0,99	1	0,89	0,96	0,96	1	0,87	0,95	0,99	1	0,87
GDP _{KB}	0,85	0,82	0,82	1	0,56	0,57	0,57	1	0,94	0,86	0,89	1	0,96	0,72	0,87	1	0,89	0,85	0,87	1

Tablo 4.3. MINT ülkelerinin bağımlı ve bağımsız değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları

	M				I				N				T			
	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}	FCO ₂	TP	UP	GDP _{KB}
FCO ₂	1	0,99	0,99	0,95	1	0,97	0,99	0,84	1	0,93	0,90	0,92	1	0,98	0,98	0,92
TP	0,99	1	0,99	0,94	0,97	1	0,99	0,82	0,93	1	0,99	0,92	0,98	1	0,99	0,86
UP	0,99	0,99	1	0,94	0,99	0,99	1	0,85	0,90	0,99	1	0,94	0,98	0,99	1	0,86
GDP _{KB}	0,95	0,94	0,94	1	0,84	0,82	0,85	1	0,92	0,92	0,94	1	0,92	0,86	0,86	1

Çalışma kapsamında tahmin modellerinin üretilmesinde SPSS v17.0 istatistiksel programınının “Çoklu Regresyon” seçeneğinden faydalanılmıştır. Çoklu regresyon analizinde, model oluşturulurken kullanılan bağımsız değişkenlerden bazılarının modele katkısı az ya da ihmal edebilecek kadar önemsiz olabilmektedir. Bu durumda modelin en uygun bağımsız değişkenlerle belirlenmesi gerekebilir. Buda, katkısı az olan ve ihmal edilebilecek kadar önemsiz olan bağımsız değişkenlerin modelden çıkarılmasını gerektirir (Yavuz, 2009; Kayaalp vd. , 2015). Bu işlem için geliştirilen yöntemler arasında “geriye doğru seçim yöntemi” bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Bu yöntemde model oluşturulurken tüm bağımsız değişkenler işleme dâhil edilir. İşlem sırasında her defasında bir tane olmak üzere en düşük kısmi F değerine sahip olan bağımsız değişken atılmak sureti ile işleme devam ettirilir. Atılan değişkenin istatistiksel katkısının önemi yüksek ise işlem durdurulur ve model oluşturulur. Geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluğu/geçerliliği ile tahmin edilen değişkenlerin istatistiksel önemi çeşitli istatistiksel testler kullanılarak tespit edilmiştir. Bunlar; modellerin gerçekleşen F-CO₂ emisyonları ne kadar iyi açıkladığını değerlendirmede kullanılan determinasyon katsayısı (R^2), bağımsız ve bağımlı değişkenler arasında anlamlı ilişkilerin varlığını doğrulamak

için F -testi, modelde yer alan katsayıların her birinin gücünü test etmek için t -testi ile gerçekleşen F -CO₂ emisyonları ile tahmin edilen F -CO₂ emisyonlarının grafiksel gösterimleridir. Ayrıca, geliştirilen modellerin tahmin performans ölçümleri de ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) ve Post-hata oranı (PER) ile tespit edilmiştir.

4.2. Model Geliştirilmesi/Önerilmesi

Modelleme için veri uygunluğunun belirlenmesinin ardından BRICS ve MINT ülkelerinin F -CO₂ emisyonlarının tahmininde kullanılabilecek regresyon modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen/önerilen modeller aşağıdaki eşitliklerde (eşitlik [4.1 – 4.9]) sunulmuştur. Önerilen modeller, bağımlı değişken F -CO₂ emisyonlarının birden fazla bağımsız değişkenin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiğini göstermektedir. Aydın vd. (2013) ile Karakurt vd. (2013) tahmin modellerindeki bağımsız değişkenlerin ilgili modele katkı oranının, değişkenler arasında öncelik sırasına yönelik bir değerlendirme sunacağını ifade etmişlerdir. Böylelikle, önerilen modelde bağımlı değişkeni istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenleri tanımlamak mümkün olabilecektir. Bundan dolayı, çalışmada önerilen modeller için bağımlı değişkeni istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenler için katkı oranları da belirlenmiş ve Tablo 4.4’de verilmiştir. Buna göre; BRICS ülkeleri arasında Hindistan, Brezilya ve Güney Afrika için UP, sırasıyla % 57,98; % 53,70 ve % 56,32 oranları ile F -CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişken olarak tespit edilmiştir. Yine BRICS ülkelerinden Rusya Federasyonu için istatistiksel olarak en önemli değişken % 58,86 ile TP iken Çin Halk Cumhuriyeti için % 50,98 oranı ile GDP_{KB} olmuştur. Diğer taraftan, MINT ülkeleri arasında Endonezya ve Türkiye için F -CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişken % 78,16 ve % 71,56 ile UP olurken, Nijerya ve Meksika için % 53,85 ve % 83 oranları ile TP istatistiksel olarak F -CO₂ emisyonlarını etkileyen en önemli değişkendir.

$$B - FCO_2 = (531,305) - (10,714).TP + (11,342).UP + (0,005).GDP_{KB} \quad [4.1]$$

$$R - FCO_2 = (-12,727) + (7,493).TP + (0,052).GDP_{KB} \quad [4.2]$$

$$I - FCO_2 = (941,851) - (4,931).TP + (17,459).UP \quad [4.3]$$

$$C - FCO_2 = (-44,404) + (5,976).UP + (0,913).GDP_{KB} \quad [4.4]$$

$$S - FCO_2 = (191,919) - (13,323).TP + (26,413).UP + (0,011).GDP_{KB} \quad [4.5]$$

$$M - FCO_2 = (-140,31) + (4,615).TP + (0,006).GDP_{KB} \quad [4.6]$$

$$E - FCO_2 = (45,569) - (0,985).TP + (4,951).UP - (0,011).GDP_{KB} \quad [4.7]$$

$$N - FCO_2 = (-80,471) + (1,982).TP - (2,793).UP + (0,004).GDP_{KB} \quad [4.8]$$

$$T - FCO_2 = (-20,480) + (4,244).UP + (0,007).GDP_{KB} \quad [4.9]$$

Burada; $B - FCO_2$; $R - FCO_2$; $I - FCO_2$; $C - FCO_2$ ve $S - FCO_2$ BRICS ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarını (milyon ton); $M - FCO_2$; $E - FCO_2$; $N - FCO_2$ ve $T - FCO_2$ MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarını (milyon ton); TP toplam nüfusu (milyon); UP kentsel nüfusu (milyon); GDP_{KB} ise kişi başı gayri safi milli hasıla (ABD \$)'dir.

Tablo 4.4. Modellerdeki bağımsız değişkenlerin ilgili modele katkı oranları (%)

Gruplar/Ülkeler	BRICS					MINT			
	B	R	I	C	S	M	I	N	T
TP	44,71	58,86	42,02	-	38,42	83,00	18,39	43,40	71,56
UP	53,70	-	57,98	49,02	56,32	-	78,16	2,75	28,44
GDP _{KB}	1,59	41,14	-	50,98	5,26	17,00	3,45	53,85	-

4.2.1. Önerilen Modellerin İstatistiksel Doğruluğunun Test Edilmesi

Önerilen modellere ait toplu istatistiksel sonuçlar Tablo 4.5'de verilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde, BRICS ve MINT ülkeleri için önerilen modellerin determinasyon katsayılarının, R^2 , oldukça yüksek olduğu görülmektedir. En düşük R^2 değeri 0,91 ile Rusya federasyonu için elde edilmiştir. En yüksek R^2 değerleri de Hindistan, Endonezya ve Türkiye için 0,99 olarak elde edilmiştir. Bu değerler, bağımlı değişken F-CO₂ ile bağımsız değişkenler TP, UP ve GDP_{KB} arasında yüksek derecede bir ilişki olduğunun göstergesidir. Bir başka deyişle, 1'e oldukça yakın olan R^2 değerleri, önerilen modellerin bağımlı değişkeni açıklama gücünün çok yüksek olduğunu işaret etmektedir. Ancak, önerilen modellerin yüksek determinasyon katsayısına sahip olması bu modellerin istatistiksel doğruluğu için tek başına yeterli değildir. Bunun için diğer doğrulama testlerinin sonuçlarının da birbirini ve R^2 değerlerini destekler nitelikte olması gerekir. Tablo 4.5'deki diğer doğrulama testlerinin sonuçlarına bakıldığında; önerilen modellerin R^2 değerlerini destekler nitelikte verilerin olduğu görülmektedir. Şöyle ki; geliştirilen modellerin

tamamının $F_{hesaplanan}$ değerleri, F_{tablo} değerlerinden büyüktür. Ayrıca ilgili modellerde yer alan değişkenlerin $t_{hesaplanan}$ değerlerinin de tamamının t_{tablo} değerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu kriterlere göre de önerilen modellerin istatistiksel doğruluk/uygunluk testinden başarı ile geçtiği söylenebilir.

Tablo 4.5. Geliştirilen modellere ait istatistiksel sonuçları

	Değişkenler	Katsayı	Standart hata	Tahminin std. hatası	$t_{hesaplanan}$	t_{tablo}	$F_{hesaplanan}$	F_{tablo}	R^2
B	Sabit	531,305	124,361	14,202	-	2,010	375,353	3,211	0,97
	TP (milyon)	-10,714	2,449		-4,375				
	UP (milyon)	11,342	2,170		5,226				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,005	0,002		2,948				
R	Sabit	-12,727	4070,718	180,472	-	2,086	6,453	3,493	0,91
	TP (milyon)	7,493	27,381		3,560				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,052	0,021		2,484				
I	Sabit	941,851	142,349	39,437	-	2,010	1883,558	3,211	0,99
	TP (milyon)	-4,931	0,485		-10,155				
	UP (milyon)	17,459	1,247		13,992				
C	Sabit	-44,404	126,826	249,154	-	2,010	1098,745	3,211	0,98
	UP (milyon)	5,976	0,505		11,834				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,913	0,074		12,240				
S	Sabit	191,919	26,862	15,255	-	2,010	286,441	3,211	0,96
	TP (milyon)	-13,323	2,494		-5,342				
	UP (milyon)	26,413	3,518		7,507				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,011	0,003		3,233				
M	Sabit	-140,31	17,041	11,177	-	2,010	1593,591	3,211	0,98
	TP (milyon)	4,615	0,289		15,930				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,006	0,001		3,436				
I*	Sabit	45,569	23,733	8,399	-	2,010	2396,775	3,211	0,99
	TP (milyon)	-0,985	0,218		-4,504				
	UP (milyon)	4,951	0,283		17,485				
	GDP _{KB} (ABD \$)	-0,011	0,004		-2,673				
N	Sabit	-80,471	10,099	3,592	-	2,010	196,305	3,211	0,94
	TP (milyon)	1,982	0,221		8,937				
	UP (milyon)	-2,793	0,397		-7,026				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,004	0,001		3,937				
T	Sabit	-20,480	3,935	6,784	-	2,010	1976,902	3,211	0,99
	UP (milyon)	4,244	0,181		23,364				
	GDP _{KB} (ABD \$)	0,007	7,497		9,642				

Önerilen modellerin istatistiksel doğruluğunun veya uygulanabilirliğinin test edilmesinin bir diğer yolu, gerçekleşen ve tahmin edilen emisyon değerlerindeki trendin incelenmesidir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de sırasıyla BRICS ve MINT ülkelerinde gerçekleşen F-CO₂ emisyonları ile bu ülkeler için önerilen modellerden elde edilen F-CO₂ emisyonları değerlerinin bir karşılaştırması sunulmuştur. Buna göre, BRICS ve MINT ülkeleri için gerçekleşen ve tahmin edilen FCO₂ emisyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Buda, önerilen modellerin yeterli oranda tahmin verebileceğinin bir göstergesidir. Sonuç olarak, doğrulama testlerinin önerilen modellerin istatistiksel olarak geçerli olduğunu ve BRICS ile MINT ülkelerinde F-CO₂ emisyonlarının bu modellerle yüksek tahmin gücü ile tahmin edilebileceğini söylemek mümkündür.

4.2.2. Önerilen Modellerin Tahmin Performanslarının Ölçülmesi

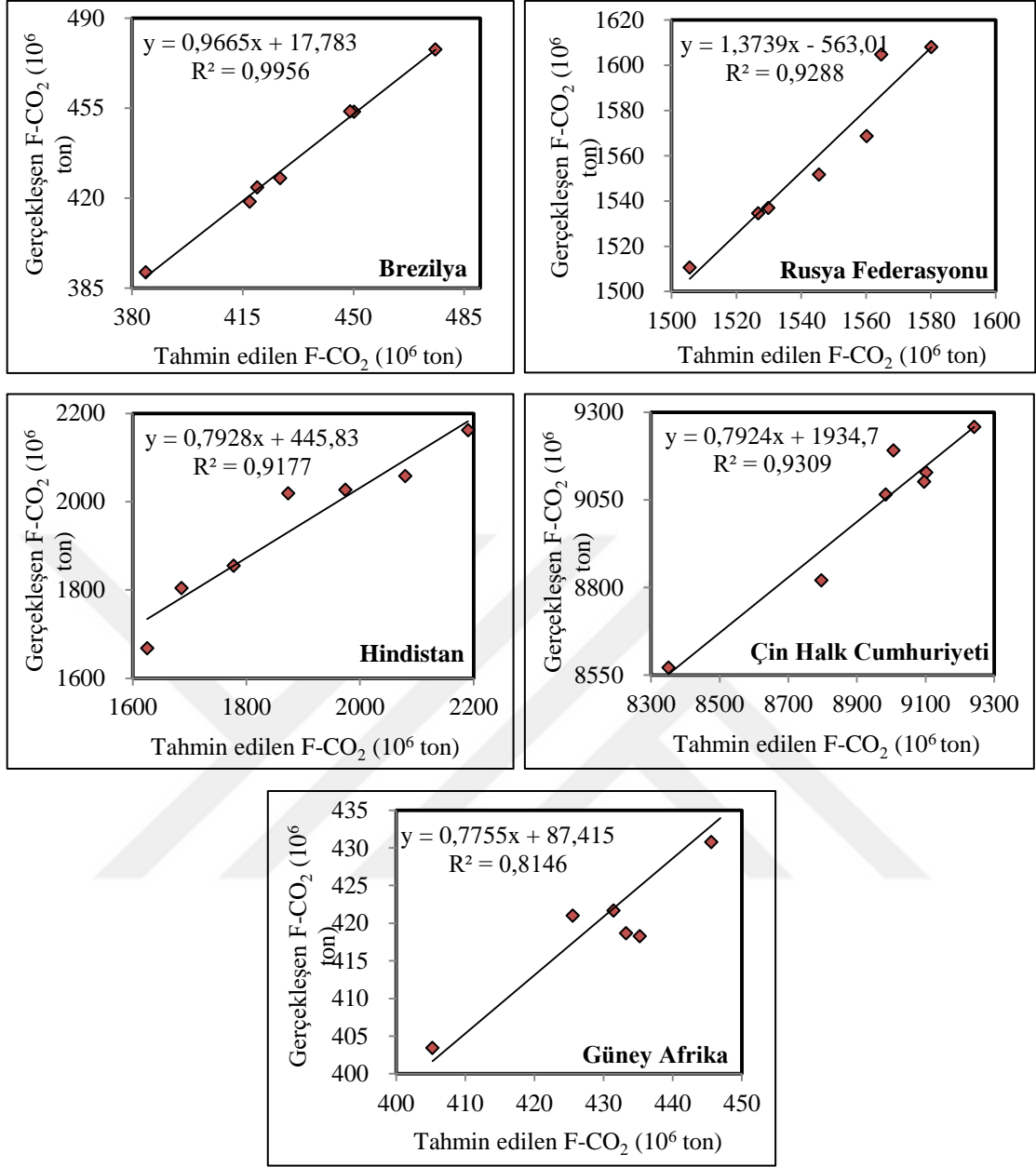
Önerilen modellerinin tahmin performanslarının ölçümleri, ilgili modellerin tahmindeki hata oranı temelinde gerçekleştirilmiştir. Modellerin hata oranlarının tespiti için ise literatürdeki birçok yaklaşım arasında yaygınlıkla tercih edilen ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) tercih edilmiştir. Ayrıca, önerilen modellerle yapılan tahminlerdeki hataların standart sapmasının gerçek değerlerin standart sapmasına oranı olarak ifade edilen post-hata oranı (PER)'ından da yararlanılarak önerilen modellerin tahmin performans ölçümleri yapılmıştır. Tahmin performans ölçümleri için tercih edilen kriterlerin matematiksel ifadeleri eşitlik [10] ve [11]'de sunulmuştur.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|e_i|}{y_i} \right) \cdot 100 \quad [10]$$

$$PER = \frac{s_2}{s_1} \quad [11]$$

Burada n toplam ölçüm sayısını; e_i ve y_i sırasıyla i 'nin hatasını ve gerçek değerlerini; s_1 ve s_2 sırasıyla gerçek verilerin standart sapmasını ve hataların standart sapmasını göstermektedir.

MAPE ve PER için başarı ölçekleri Tablo 4.6'da, önerilen modellerin [10] ve [11] eşitlikleri aracılığı ile hesaplanan MAPE ve PER değerleri de Tablo 4.7'de sunulmuştur. Buna göre; önerilen modellerden Brezilya, Rusya Federasyonu ve Çin Halk Cumhuriyeti'ne ait olanların MAPE değerlerinin 1'in altında olduğu ve bu kriterlere göre ilgili modellerin "*Mükemmel*" tahmin yapabildiği sonucuna varılabilmektedir. Nijerya haricindeki diğer ülkeler için önerilen modellerin MAPE değerleri 1'den büyük 5'den küçüktür. Bu haliyle ilgili modellerin "*iyi*" tahmin ölçeğinde yer aldığı görülmektedir. Nijerya'ya ait tahmin modelinin MAPE değeri 5'in üzerinde olduğundan bu modelin "*kabul edilebilir*" tahmin ölçeğinde yer aldığını söylemek mümkündür. Önerilen modellerin PER değerleri incelendiğinde; Brezilya, Endonezya ve Nijerya için önerilen

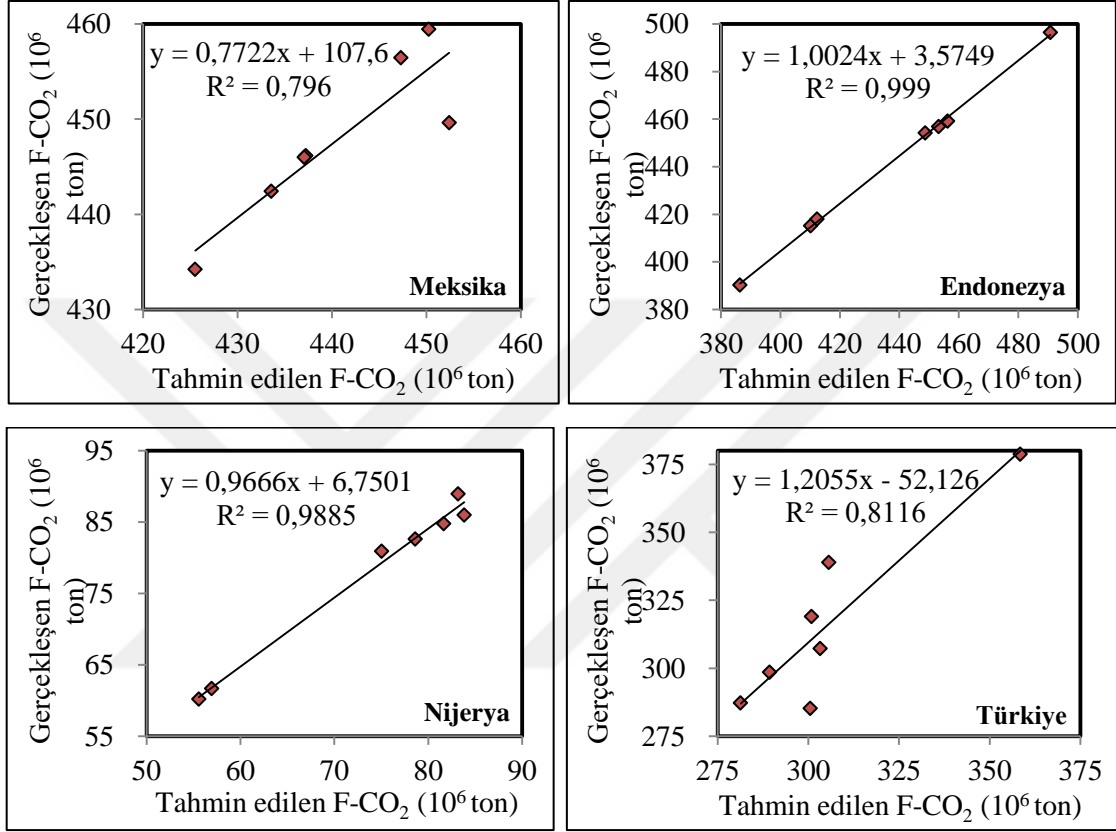


Şekil 4.3. BRICS Ülkelerinin gerçekleşen ve tahmin edilen F-CO₂ emisyonları

Tablo 4.6. MAPE ve PER için başarı ölçüsü (Es ve Hamzacebi, 2020)

Skala	MAPE (%)	PER
Mükemmel	≤ 1	$\leq 0,35$
İyi	≤ 5	$\leq 0,50$
Kabul edilebilir	≤ 10	$\leq 0,65$
Yetersiz	> 10	$> 0,65$

modellerin “Mükemmel” tahmin ölçüğünde, Meksika dışındaki ülkeler için önerilen modellerin ise “iyi” tahmin ölçüğünde yer aldığı görülmektedir. Meksika için önerilen modelin PER değeri de ilgili modelin “kabul edilebilir” tahmin ölçüğünde yer aldığı göstermektedir.



Şekil 4.4. MINT Ülkelerinin gerçekleşen ve tahmin edilen F-CO₂ emisyonları

Tablo 4.7. Önerilen modellerin MAPE ve PER değerleri

Ülke	MAPE (%)	PER
Brezilya	0,78	0,07
Rusya Federasyonu	0,92	0,37
Hindistan	3,86	0,38
Çin Halk Cumhuriyeti	0,89	0,36
Güney Afrika	2,26	0,50
Meksika	1,80	0,52
Endonezya	1,05	0,03
Nijerya	5,69	0,11
Türkiye	4,64	0,46

4.2.3. Önerilen Modeller ile BRICS ve MINT Ülkelerinin Gelecek Yıllardaki Fosil Yakıt Kaynaklı Karbondioksit Emisyonlarının Tahmin Edilmesi

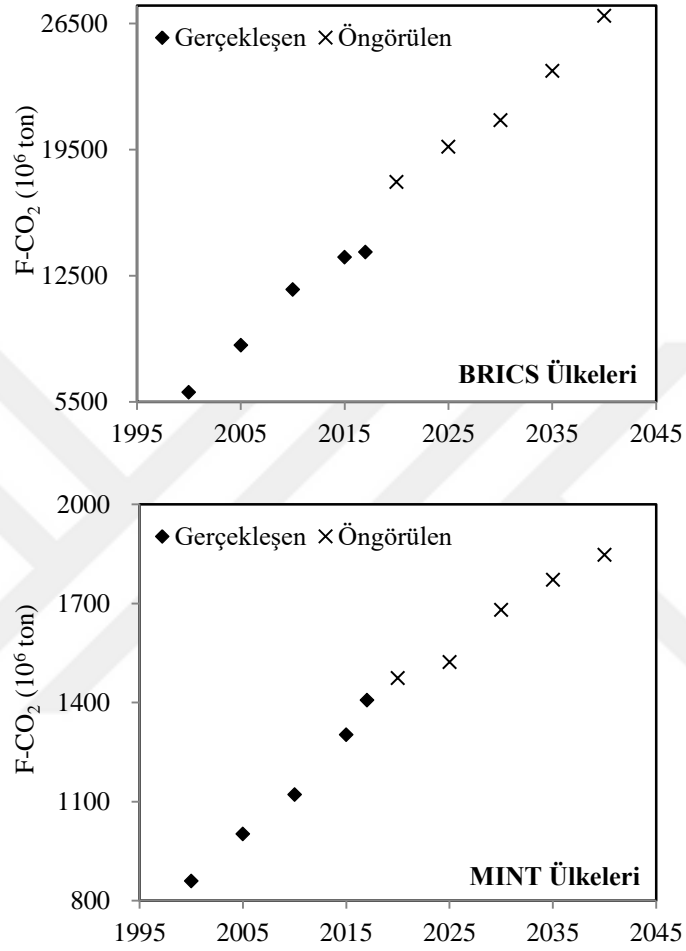
Birleşmiş Milletler (2018) ve OECD'nin (2020) dünya ülkelerinin sosyo-ekonomik verilerine yönelik 2050 yılına kadar olan öngörülerinden yararlanılarak, BRICS ve MINT ülkelerinin çalışmada seçilen bağımsız değişkenleri (TP, UP ve GDP_{KB}) tespit edilmiştir. Bu sayede, BRICS ve MINT ülkelerinin gelecek yıllardaki F-CO₂ emisyonları 5'er yıllık periyotlarda tahmin edilmiştir. BRICS ve MINT ülkelerinin gelecek 5, 10, 15 ve 20 yıllık periyotlardaki F-CO₂ emisyonları toplu olarak Şekil 4.5'de, gruplardaki ülkelerin ilgili periyotlardaki F-CO₂ emisyonlarının bireysel olarak ise Tablo 4.8'de verilmiştir. Sonuçlar, önümüzdeki yıllarda BRICS ve MINT ülkelerinin toplam F-CO₂ emisyonlarında önemli artışların beklendiğini açıkça göstermektedir. Bir başka deyişle, 2017'de yaklaşık 13,8 milyar ton olan BRICS ülkelerinin toplam F-CO₂ emisyonlarının 2030'da 21,1 milyar tona, 2040'ta ise 26,9 milyar tona çıkması beklenmektedir. Öte yandan 2017'de yaklaşık 14,07 milyar ton olan MINT ülkelerinin toplam F-CO₂ emisyonlarının ise 2030'da 16,8 milyar tona, 2040'ta ise 18,5 milyar tona çıkması öngörülmektedir.

Tablo 4.8. BRICS ve MINT ülkelerinin öngörülen bireysel F-CO₂ emisyonları

Tahmin Dönemi	F-CO ₂ emisyonu (Milyon ton CO ₂)								
	B	R	I	C	S	M	I*	N	T
2020	404,05	1610,66	2555,73	12607,74	533,22	536,25	494,62	97,96	395,50
2025	431,22	1627,83	3258,63	13742,88	589,93	517,49	550,25	88,95	450,56
2030	457,20	1669,56	4084,91	14273,51	647,01	608,33	606,98	78,77	486,34
2035	482,75	1710,88	5019,74	15956,55	704,73	640,41	657,24	67,11	512,62
2040	506,78	1761,70	6021,97	17879,99	762,80	670,47	698,71	52,37	535,75

Bu rakamlar; BRICS ülkelerinin toplam F-CO₂ emisyonlarında 2030 ve 2040 yıllarında sırasıyla % 53,07 ve % 95,09 oranlarında artış anlamı taşımaktadır. Benzer şekilde; MINT ülkelerinin toplam F-CO₂ emisyonlarında da 2030 ve 2040 yıllarında sırasıyla % 19,43 ve % 31,29 oranlarında artış beklendiğinin göstergesidir. Gruplardaki ülkelerin bireysel F-CO₂ emisyonlarındaki artış oranlarına bakıldığında BRICS ülkeleri arasında en yüksek artış oranlarının Hindistan, Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Afrika için gerçekleşeceğini söylemek mümkün iken MINT ülkeleri arasında ise Endonezya ve Meksika için en yüksek oranlarda artış gerçekleşeceğini söylemek mümkün olabilmektedir. Diğer taraftan BRICS ülkeleri arasında en düşük artış oranı Rusya Federasyonu için öngörülürken MINT ülkeleri arasında da Nijerya için F-CO₂ emisyonlarında önümüzdeki

yıllarda bir düşüş beklendiği öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, BRICS ve MINT ülkelerindeki enerji görünümüyle ilgili projeksiyonlarla uyumlu sonuçların elde edildiği sonucuna varılabilmektedir.



Şekil 4.5. BRICS ve MINT ülkelerinin öngörülen toplu F-CO₂ emisyonları

5. SONUÇLAR

BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının güncel durumuna yönelik istatistiksel bir analizin gerçekleştirildiği ve ilgili ülkelerin gelecekteki fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının öngörülmesinde kullanılabilecek tahmin modellerinin geliştirildiği bu tez çalışmasının başlıca sonuçları, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- i. Yaklaşık 25 trilyon dolarlık toplam gayri safi yurtiçi hasılları ile BRICS ve MINT ülkeleri sırasıyla Dünya ekonomisinin % 24,07 ve % 4,08'ini; Dünya nüfusunun % 41,4 ve % 7,9'unu ve Dünya yüz ölçümünün ise % 38,1 ve % 4,3'ünü oluşturdukları tespit edilmiştir.
- ii. BRICS ve MINT ülkeleri, Dünya'nın bilinen petrol rezervlerinin % 10,97'sine; doğalgaz rezervlerinin % 22,51'ine ve kömür rezervlerinin ise % 44,8'ine sahip oldukları görülmüştür.
- iii. Sonuçlar; BRICS ülkelerindeki en büyük petrol rezervlerinin % 71 ile Rusya Federasyonu ve % 17,25 ile Çin Halk Cumhuriyeti'nde bulunduğunu, buna karşın MINT ülkelerindeki en büyük petrol rezervlerinin ise % 81,43 ile Nijerya ve % 13,03 ile Meksika'da bulunduğunu ortaya çıkarmıştır.
- iv. BRICS grubundaki doğalgaz rezervlerinin çoğunun Rusya Federasyonu (%78,97) ile Çin Halk Cumhuriyeti'nde (% 17,47) yer aldığı, MINT ülkelerinde ise durumun Nijerya (% 77) ve Endonezya (% 20,43) lehine olduğu görülmüştür. Brezilya ve Nijerya'da oldukça az oranlarda olmasına rağmen her iki gruptaki ülkelerin tamamının kömür rezervine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- v. Dünyanın toplam nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sırasıyla % 23,05, % 51,05 ve % 39,15'i BRICS ve MINT ülkelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.
- vi. Dünya birincil enerji tüketimi 13,9 milyar TEP iken aynı yıl BRICS ve MINT ülkelerinin toplam birincil enerji tüketimleri sırasıyla 5,3 ve 0,70 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir. Yani, dünya toplam birincil enerji tüketiminin % 38,25'i BRICS ülkelerine ait iken % 5,18'i MINT ülkelere ait olduğu sonucuna varılmıştır.
- vii. BRICS ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin % 84,91'i, MINT ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin ise % 88,02'si fosil türü enerji kaynaklarından

- karşılandığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, BRICS ve MINT ülkelerinin her ikisi için fosil yakıtları sırasıyla hidroelektrik, yenilenebilir ve nükleer enerji kaynakları izlediğini göstermiştir.
- viii. Fosil yakıtlar içerisinde kömür, BRICS ülkeleri enerji tüketiminin neredeyse yarısından (% 48,50) sorumlu iken MINT ülkeleri enerji tüketiminin çoğunluğunu (% 42,50) petrol oluşturmuştur.
- ix. Fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının 32,8 milyon tona ulaştığı yıl, BRICS ve MINT ülkelerinden açığa çıkan fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyon miktarının 15,17 milyon ton olduğu görülmüştür. Bu oran, ile fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonların % 46,2'sinin BRICS ve MINT ülkelerinden geldiğini işaret etmiştir.
- x. Fosil yakıt türüne göre değerlendirme yapıldığında, kömür % 70,01 ile lider konumda yer almıştır. Bir başka deyişle, kömür kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının % 70,01'i BRICS ve MINT ülkeleri kaynaklı olduğu tespiti yapılmıştır. Kömürü, % 28,59 ile Petrol ve % 25,82 doğalgaz takip etmiştir.
- xi. BRICS ve MINT ülkelerinin gelecekteki fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının eğilimleri hakkında bilgi vermesine yönelik geliştirilen modellerin tamamı istatistiksel doğrulama testlerinden başarı ile geçmiştir. Bu sonuç, geliştirilen modellerin tahmin gücünün oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur.
- xii. Geliştirilen modellerde bağımlı değişken CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenin BRICS ülkeleri arasında Hindistan, Brezilya ve Güney Afrika için UP olarak tespit edilirken Rusya Federasyonu için TP, Çin Halk Cumhuriyeti içinde GDP_{KB} olarak tespit edilmiştir. MINT ülkeleri arasında Endonezya ve Türkiye için geliştirilen modellerde istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişken UP olurken, Nijerya ve Meksika için ise TP olmuştur.
- xiii. Önerilen modellerin tahmin performansları, ilgili modellerin “Mükemmel, iyi ve kabul edilebilir” tahminler yaptığını göstermiştir.
- xiv. Öngörme sonuçları, BRICS ve MINT ülkelerinin gelecekteki toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarında önemli artışların beklendiğini açıkça göstermiştir. Bir başka deyişle, yaklaşık 13,8 milyar ton olan BRICS ülkelerinin toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının 2030'da 21,1 milyar tona, 2040'ta ise 26,9 milyar tona çıkması öngörüldürken, yaklaşık 14,07 milyar ton olan MINT ülkelerinin toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının ise 2030'da 16,8 milyar tona, 2040'ta ise

18,5 milyar tona çıkması öngörülmektedir. Bu rakamlar; BRICS ülkelerinin toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarında 2030 ve 2040 yıllarında sırasıyla % 53,07 ve % 95,09 oranlarında artış beklenildiğinin, MINT ülkelerinin toplam fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarında da 2030 ve 2040 yıllarında sırasıyla % 19,43 ve % 31,29 oranlarında artış beklendiğinin bir göstergesi olmuştur.

Özetle çalışma sonuçları, sahip oldukları önemli üstünlükleri nedeniyle BRICS ve MINT ülkelerinin yakın bir gelecekte dünya ekonomisine yön verecek bir pozisyona geleceğine yönelik tespitler sunmuştur. Ayrıca sonuçlar, modelleme çalışmalarında tercih edilen RA yönteminin basit, kolay anlaşılabilir ve güçlü tahminler yapabildiğini göstermiştir.



6. ÖNERİLER

Ülkelerin enerji üretimlerinin/tüketimlerinin kontrol edilmesine, öngörülmesine ve CO₂ emisyonları gibi enerji kaynaklı çevresel problemlerin azaltılmasına yönelik yapılan kısa, orta ve uzun dönemli politikalar, farklı çalışmalardan/senaryolardan yararlanılarak yapılsa da hala bu politikaların uygulanmasında çeşitli belirsizlikler söz konusu olabilmektedir. Bundan dolayı da konuya yönelik yapılacak her bir yeni çalışma, mevcut belirsizliklerin ortadan kaldırılmasına ciddi katkılar sunacaktır. Bu çalışma kapsamında örnek olarak sunulan BRICS ve MINT ülkeleri başta olmak üzere farklı ülke veya gruplar için de aynı yada farklı değişkenler ile benzer çalışmaların yapılması ve farklı modelleme teknikleri kullanılarak tahmin modellerin oluşturulması ileriye dönük belirsizlikleri önemli ölçüde ortadan kaldırılacaktır. Ayrıca, ileriye dönük gerçekleştirilecek çalışmalar için bu çalışma kapsamında kolay, basit ve anlaşılabilir olması nedeniyle tercih edilen regresyon analizi dışındaki modelleme teknikleri ile de BRICS ve MINT ülkelerinin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarına yönelik tahmin modellerinin oluşturulup sonuçların karşılaştırılması da önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Aydin, G., Karakurt, I. ve Aydiner, K., 2013. Investigation of the Surface Roughness of Rocks Sawn by Diamond Sawblades, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 61, 171-182.
- Azevedo, V.G., Sartori, S. ve Campos, L.M.S., 2018. CO₂ Emissions: A Quantitative Analysis among the BRICS Nations, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 107–115.
- Bianco, V., Manca, O. and Nardini, S., 2009. Electricity Consumption Forecasting in Italy using Linear Regression Models, Energy, 34 1413–1421.
- Bildirici, M.E. and Bakirtas, T., 2014. The Relationship among Oil, Natural Gas and Coal Consumption and Economic Growth in BRICTS (Brazil, Russian, India, China, Turkey and South Africa) Countries, Energy, 65, 134-144.
- Bozma, G., Aydın, R. ve Kolçak, M., 2018. BRICS ve MINT Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi İlişkisi, Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15, 323–338.
- BP., Technical Report on BP Energy Outlook 2035. Available at <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2014.pdf>, Erişim 12 Nisan 2020.
- BP., Statistical Review of World Energy 2019. Published by British Petroleum. <https://www.bp.com/>, Erişim 21 Ağustos 2020
- Chai, J., Du, M., Liang, T., Sun, X.C. and Zhang, Z.G., 2019. Coal Consumption in China: How to Bend Down the Curve?, Energy Economics, 80, 38-47.
- Cowan, W.N., Chang, T., Lotza, R.I. and Gupta, R., 2014. The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in the BRICS Countries, Energy Policy, 66, 359-368.
- Es, H.A. and Hamzacebi, C., Exploring CO₂ Emissions According to Planned Energy Investments and Policies: The Case of Turkey. Soft Computing, DOI: 10.1007/s00500-020-05208-9.
- Hayaloğlu, P., 2015. MINT Ülkelerinde Demokrasi Ekonomik Büyüme Nasıl Etkilenmektedir?, Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi, 1,1 17-29
- IEA., World Energy Outlook 2019. International Energy Agency, available at <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>, Erişim 19 Nisan 2020.

- IPCC., 2013. Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK), NY (USA): Cambridge University Press.
- Kankal, M., Akpınar, A., Komurcu, I.M. and Ozsahin, S.T., 2011. Modeling and Forecasting of Turkey's Energy Consumption using Socio-economic and Demographic Variables, Applied Energy, 88, 1927–1939.
- Karakurt, I., Aydin, G. and Aydiner, K., 2012 A Study on the Prediction of Kerf Angle in Abrasive Waterjet Machining of Rocks, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Part B: Journal of Engineering Manufacture, 226,9 1489-1499.
- Karakurt, I., Aydin, G. and Aydiner, K., 2013. Experimental and Statistical Analysis of Cutting Force acting on Diamond Sawblade in Sawing of Granitic Rocks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Part B: Journal of Engineering Manufacture, 227,2 286-300.
- Karakurt, I., 2020. Energy Consumption Modelling using Socio-economic Indicators: Evidence from the BRICS-T Countries, The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 120,7 425-431.
- Karakurt, I. ve Aydin, G., 2020. Kömür Kaynaklı CO₂ Emisyonlarının Tahminine Yönelik Model Geliştirilmesi: BRICS-T Ülkeleri Örneği, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 10,1 214-229.
- Karakurt, I., Aydin, G. ve Amiri, M.R., 2020. BRICS-T Ülkelerinin Kömür Tüketimlerinin Çoklu Regresyon Analizi ile Tahmini, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 5,1 32-45.
- Kavaklıoğlu, K., Ceylan, H., Ozturk, K.H. and Canyurt, E.O., 2009. Modeling and Prediction of Turkey's Electricity Consumption using Artificial Neural Networks, Energy Conversion and Management, 50, 2719–2727.
- Kayaalp, T.G., Güney, Ç.M. ve Cebeci, Z., 2015. Çoklu Doğrusal Regresyon Modelinde Değişken Seçiminin Zootehniye Uygulanışı, Çukurova Üniversitesi Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 30,1 1–8.
- Kok, B. and Benli, H., 2017. Energy Diversity and Nuclear Energy for Sustainable Development in Turkey, Renewable Energy, 111, 870-877.
- Lin, B. ve Wesseh, P.K., 2014. Energy Consumption and Economic Growth in South Africa Reexamined: A Nonparametric Testing Approach, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 840-850.

- Lin, F.L., Lotz, R.I. and Chang, T., 2018. Revisit Coal Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth Nexus in China and India using a Newly Developed Bootstrap ARDL Bound Test, Energy Exploration & Exploitation, 36,3 450–463.
- Maryam, J., Mittal, A. and Sharma, V., 2017. CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRICS: An Empirical Analysis, IOSR Journal Of Humanities And Social Science, 22,2 53-58.
- Menyah, K., and Rufael, Y.W., 2010. Energy Consumption, Pollutant Emissions and Economic Growth in South Africa, Energy Economics, 32,6 1374-1382.
- Narayan, S., Le, T., Rath, N.B. and Doytch, N., 2019. Petroleum Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence from the Indian States, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), 26,1 21-65.
- OECD., OECD Data, available at <https://data.oecd.org>, Erişim 29 Nisan 2020.
- Ostrom, C.W., 1990. Time Series Analysis, Regression Techniques. 2nd ed.: Quantitative Applications in the Social Sciences, Newbury Park: Sage Publications.
- Ozturk, I. and Acaravci, A., 2010. CO₂ Emissions, Energy Eonsumption and Economic Growth in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14,9 3220-3225.
- Pao, H.T., Fu, H.C. and Tseng, C.L., 2012. Forecasting of CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China using An Improved Grey Model, Energy, 40,1 400-409.
- Pao, H.T., and Tsai, C.M., 2011a. Multivariate Granger Causality between CO₂ Emissions, Energy Consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from A Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries, Energy, 36,1 685-693.
- Pao, H.T. and Tsai, C.M., 2010. CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries, Energy Policy, 38, 7850–60.
- Pao, H.T. and Tsai, C.M., 2011b. Modeling and Forecasting the CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth in Brazil, Energy, 36,5 2450-2458.
- Pao, HT., Yu, HC. and Yang, Y.H., 2011. Modeling the CO₂ Emissions, Energy Use, and Economic Growth in Russia, Energy, 36,8 5094-5100.
- Sari, R. and Soytaş, U., 2004. Disaggregate Energy Consumption, Employment and Income in Turkey, Energy Economics, 26, 335-344.

- Sen, P., Roy, M. and Pal, P., 2016. Application of ARIMA for Forecasting Energy Consumption and GHG Emission: A Case Study of an Indian Pig Iron Manufacturing Organization, Energy, 116,Part 1 1031-1038.
- Srinivasan, P. and Ravindra, I.S., 2015. Causality among Energy Consumption, CO₂ Emission, Economic Growth and Trade: A Case of India, Foreign Trade Review, 50,3 168–189.
- Şengönül, A. ve Koşaroğlu, Ş.M., 2018. Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS Ülkeleri için Bir Uygulama. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 19,2 431-447.
- UN., United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2018. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition.
- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P. and Wang, Q.W., 2011. CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis, Energy Policy, 39,9 4870–4875.
- WBI., Worldbank Indicators 2020. <https://data.worldbank.org/indicator>, Erişim 8 Eylül 2020.
- Wu, L., Liu, S., Liu, D., Fang, Z. and Xu, H., 2015. Modelling and Forecasting CO₂ Emissions in the BRICS (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) Countries using A Novel Multi-variable Grey Model, Energy, 79,1 489-495.
- Yavuz, S., 2009. Regresyon Analizinde Doğrusala Dönüştürme Yöntemleri ve Bir Uygulama, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23,1 165-179.
- Yazar, I., Yavuz, H.S. and Yavuz, A.A., 2017. Comparison of Various Regression Models for Predicting Compressor and Turbine Performance Parameters, Energy 140, 1398-1406.
- Yuan, J.H., Kang, J.G., Zhao, C.H. and Hu, Z.G., 2008. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from China at Both Aggregated and Disaggregated Levels, Energy Economics 30, 3077- 3094.
- Zakarya, G.Y., Mostefa, B., Abbes, S.M. and Seghir, G.M., 2015. Factors Affecting CO₂ Emissions in the BRICS Countries: A Panel Data Analysis. Procedia Economics and Finance, 26, 114 – 125.

ÖZGEÇMİŞ

19.10.1993'de Erzurum'da doğan Furkan YILDIRIM, ilk, orta ve lise'yi Erzurum'da tamamladı. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (K.T.Ü.), Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde Lisans eğitime başladı ve 2018 yılı Haziran ayında "Maden Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. Lisans eğitimi süresince Açık ocak, yeraltı ve cevher hazırlama/zenginleştirme tesis işletmeciliğine yönelik mesleki stajlarını farklı firmalarda yaptı. 2018 yılında K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladı. 2020 yılı Ocak ayından beri Solar Patlayıcı Maddeler A.Ş.'de *Doğu Karadeniz Bölge Sorumlusu* olarak görev yapmaktadır. Yabancı dil olarak İngilizce bilen Furkan YILDIRIM, 2020 yılı Kasım ayı itibarı ile halen yüksek lisans eğitime devam etmektedir.