



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

BRICS-T Ülkelerinin Kömür Tüketimlerinin Çoklu Regresyon Analizi ile Tahmini

Prediction of Coal Consumption of the BRICS-T Countries by Multiple Regression Analysis

Yazar(lar) (Author(s)): İzzet KARAKURT¹, Gökhan AYDIN², Mohammad Reza AMIRI³

¹ ORCID ID: 0000-0002-3360-8712

² ORCID ID: 0000-0002-6670-6458

³ ORCID ID: 0000-0002-1710-6034

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Karakurt I., Aydın G., Amiri M.R., "BRICS-T Ülkelerinin Kömür Tüketimlerinin Çoklu Regresyon Analizi ile Tahmini", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5(1): 32-45, (2020).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



BRICS-T Ülkelerinin Kömür Tüketimlerinin Çoklu Regresyon Analizi ile Tahmini

İzzet KARAKURT^{1,*}, Gökhan AYDIN¹, Mohammad Reza AMIRI^{1,2}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Ortahisar/Trabzon

²Balkh Üniversitesi, Maden ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Mezar-ı Şerif/Afganistan

Öz

Bu çalışmada, BRICS-T ülkelerinin ekonomik ve demografik verileri kullanılarak regresyon analizi ile kömür tüketimlerinin tahminine yönelik istatistiksel modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluğu ve tahmin performansları, çeşitli istatistiksel yaklaşımlar vasıtasıyla test edilmiştir. Bunun yanı sıra, geliştirilen modellerde ilgili ülkelerin kömür tüketimini istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenler de tespit edilmiştir. Modelleme çalışmalarına ek olarak, BRICS-T ülkelerine ve bu gruptaki ülkelerin enerji görünümüne yönelik bir değerlendirmede sunulmuştur. Çalışma sonuçları, BRICS-T ülkelerinin küresel enerji denkleminde hatırı sayılır bir yerde olduğunu ve bu ülkelerin çok yakın bir gelecekte dünya ekonomisine yön verecek bir pozisyona geleceğini göstermiştir. Sonuçlar ayrıca, geliştirilen/önerilen modellerin güçlü bir uygulanabilirlik potansiyellerinin olduğunu da ortaya koymuştur.

Makale Bilgisi

Başvuru: 11/10/2019
Düzeltilme: 09/03/2020
Kabul: 23/03/2020

Anahtar Kelimeler

BRICS-T Ülkeleri
Kömür Tüketimi
Modelleme

Prediction of Coal Consumption of the BRICS-T Countries by Multiple Regression Analysis

Keywords

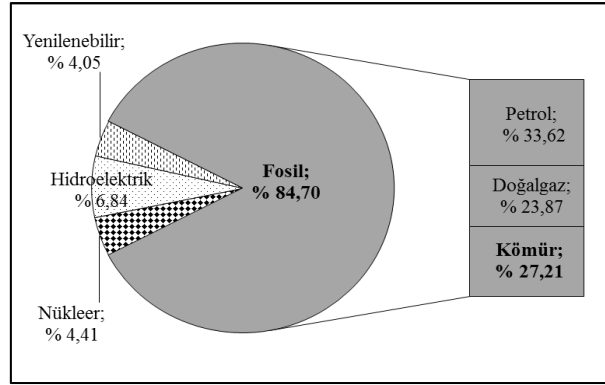
BRICS-T Countries
Coal Consumption
Modelling

Abstract

In this study, statistical models for prediction of coal consumption were developed by regression analysis using economic and demographic variables of the BRICS-T countries. The statistical accuracy of the developed models and their prediction performances were tested by various statistical approaches. Additionally, the most significant variables affecting the coal consumption of the related countries in the developed models were determined. In addition to modeling studies, an assessment on both BRICS-T countries and their energy outlook was presented as well. The results of the study showed that BRICS-T countries are in a considerable place in the global energy balance and will soon be in a position governing the world economy. The results also revealed that the developed models have a strong applicability potential.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

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 [1]. Enerjiye olan bu talep, ülkelere göre farklı oranlarda olsa da küresel ölçekte bakıldığında sürekli artış gösteren bir eğilimdedir. 2018 yılsonu verilerine dünya enerji tüketimi 13,8 milyar ton eşdeğer petrole (TEP) ulaşmıştır. Bu miktarın % 33,62'si petrol, % 23,87'si 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). Görüldüğü üzere son yıllardaki üstün teknolojik ilerlemelere rağmen, fosil yakıtlar dünyanın en önemli birincil enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Bu yönde yapılan senaryolar, fosil yakıtların yakın bir gelecekte de mevcut konumunu önemli ölçüde koruyacağını, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji kaynakları içindeki payının artacağını işaret etmektedir [2,3].



Şekil 1. Dünya enerji tüketiminde yakıt türlerinin payı [4]

Kömür, olumsuz çevresel etkilerine rağmen dünyadaki en yaygın bulunan ve nispeten düşük maliyetli olan fosil yakıt türüdür. Dünyada yaklaşık 75 ülkenin çeşitli kömür rezervlerine sahip olduğu bilinmektedir. Dünya kömür rezervlerinin dörtte üçü; Amerika Birleşik Devletleri, Rusya Federasyonu, Avustralya, Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'da bulunmaktadır. Bu ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, dünya kömür rezervlerinin % 23,7'sini barındırması nedeniyle lider ülke konumundadır. Amerika Birleşik Devletleri'ni % 15,2 ile Rusya Federasyonu, % 14 ile Avustralya, % 13,2 ile Çin Halk Cumhuriyeti ve % 9,6 ile Hindistan izlemektedir [4]. Dünya kömür rezervlerinin büyük bir bölümünü barındıran bu ülkeler, dünya kömür üretim ve tüketiminde de lider olan ülkeler arasında yer almaktadırlar. Tablo 1'de 2018 yılsonu itibarı ile dünya kömür üretiminde ve tüketiminde lider olan ilk beş ülkeye ait veriler sunulmuştur. Buna göre, Çin Halk Cumhuriyeti dünya kömür üretiminde ve tüketiminde sırasıyla 1,8 ve 1,9 milyar TEP ile lider ülke konumundadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni kömür üretiminde Amerika Birleşik Devletleri, kömür tüketiminde de Hindistan takip etmektedir. Öte yandan, aynı yıl dünya toplam kömür tüketimi 3,7 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir. Bu tüketimde en büyük pay % 50,5 ile Çin Halk Cumhuriyeti'ne aittir. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla % 12 ve % 8,4 ile Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir. Bu rakamlardan da görüleceği üzere, Çin Halk Cumhuriyeti başta olmak üzere çoğu ülkenin birincil enerji tüketiminde kömür etkin bir rol oynamaktadır. Bu durum ayrıca fosil yakıtlar içerisinde yaklaşık 147 yıllık bir ömrü olduğu tahmin edilen [5] kömüre olan talebin yakın bir gelecekte süreceğini de göstermektedir.

Tablo 1. Dünyanın en büyük beş kömür üreticisi ve tüketicisi konumundaki ülkeler [4]

Sıra	Ülke	Üretim (Milyar TEP)	Sıra	Ülke	Tüketim (Milyar TEP)
1	Çin Halk Cumhuriyeti	1,828	1	Çin Halk Cumhuriyeti	1,906
2	Amerika Birleşik Devletleri	0,364	2	Hindistan	0,452
3	Endonezya	0,323	3	Amerika Birleşik Devletleri	0,317
4	Hindistan	0,308	4	Japonya	0,117
5	Avustralya	0,301	5	Rusya Federasyonu	0,088
Dünya		3,916	Dünya		3,772

Küresel enerji tüketiminde kömüre olan talebin artma eğiliminde olması özellikle yakıt maliyeti açısından avantaj sağlasa da ciddi çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Çünkü yoğun karbon içeriğinden dolayı bu yakıt, önemli oranlarda sera gazı emisyonlarının (karbondioksit başta olmak üzere) açığa çıkmasına sebep olmaktadır [6]. Bu durum, Çin Halk Cumhuriyeti gibi kömürü yoğun olarak kullanan ülkeler başta olmak üzere küresel bazda sürdürülebilir bir yaşam standardının oluşturulmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle kömür tüketiminin kontrol edilmesi aynı zamanda bu yakıt ile yakın ilişkili CO₂ emisyonlarının azaltılması bakımından atılacak adımların da belirlenmesi anlamına gelmektedir. Kömür 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 çalışmanın gerçekleştirilmesinin temel amacı da bu yönde şekillendirilmiştir. Çalışmada, kömür tüketiminin kontrol edilmesine yönelik pratikte kullanılacak 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 ve Türkiye (BRICS-T ülkeleri) çalışma kapsamına alınmıştır. Bu gruptaki ülkelerin çalışma kapsamına alınmasının bir diğer önemli nedeni ise bu ülkelerin grup olarak küresel kömür tüketiminin yaklaşık % 70'inden sorumlu olmalarıdır. Bu kapsamda ilgili ülkelerinin kömür tüketimleri, ekonomik ve demografik verilere bağlı olarak çoklu regresyon yöntemi ile modellenmeye çalışılmıştır.

2. BRICS-T ÜLKELERİ ve ENERJİ GÖRÜNÜMLERİ (BRICS-T COUNTRIES and THEIR ENERGY OUTLOOK)

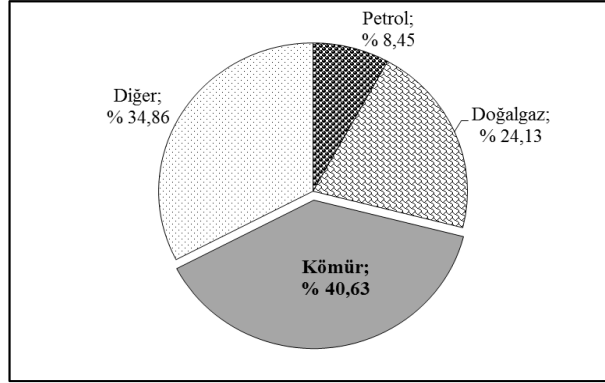
Son yıllarda gelişen ve/veya büyüyen ekonomilerin enerji tüketimindeki hızlı artışlar, küresel enerji piyasalarının belirleyici başlıca özelliklerinden biridir. Bu ekonomilerin hızlı büyüme oranları, enerji tüketimlerinde artışı da beraberinde getirmiştir. Bu artışların büyük bir bölümü 2000'li yılların başında Brezilya, Rusya Federasyonu, Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'ın İngilizce baş harflerinin bir araya gelmesiyle tanımlanan BRIC ülke grubunda yoğunlaşmıştır [7]. Bu kavram, 2010 yılında Güney Afrika Cumhuriyeti'nin katılımı ile BRICS adını almıştır [8]. Son yıllarda; hızla büyüyen ekonomileri, büyük nüfusa sahip olmaları, güçlü ve etkili yönetimleri ve küresel pazarlarda yer alma istekleri nedeniyle BRICS ülkeleri, çeşitli platformlarda söz sahibi olma yolunda hızla ilerlemektedir. Önümüzdeki 50 yıl boyunca dünya ekonomisinde itici bir güç rolü üstleneceği tahmin edilen BRICS ekonomilerinin, yakın gelecekte dünyanın en gelişmiş yedi ekonomisinden (G7 ülkeleri) ve Avrupa Birliği ekonomilerinden daha güçlü olacağına yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır [9]. Ekonomik büyüme potansiyeli, nüfustaki artışı ve bölgesinde yükselen bir aktör olması gibi özellikleri dikkate alındığında Türkiye'nde gruptaki ülkelere benzer bir seyir gösterdiği söylenebilir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında BRICS ülkeleri ve Türkiye (T) için BRICS-T kısaltması kullanılacaktır. Yaklaşık 21 trilyon dolarlık gayri safi yurtiçi hasılası ile BRICS-T ülkeleri, dünya ekonomisinin % 24.41'ini, dünya nüfusunun % 42,66'sını ve dünya yüzölçümünün ise % 30,1'ini oluşturmaktadır (Tablo 2). Tablo incelendiğinde, gruptaki ülkeler arasında Hindistan ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin yıllık büyüme oranlarının dünya ortalamasının oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, Rusya Federasyonu ile Türkiye'nin yıllık büyüme oranları ise dünya ortalamasına yakın bir seviyededir. Buna karşın, Brezilya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nin büyüme oranları dünya ortalamasının oldukça altında kalmıştır. Bu ülkelere yönelik görülen bu sonuçların muhtemel sebepleri arasında 2008–2009 döneminde yaşanan küresel krizden etkilenen ekonomilerinin henüz iyileşmeye başlamış olması sayılabilir. BRICS-T ülkelerinin son on yıldaki küresel ekonomik büyümeye katkıları % 50'lere ulaşmıştır. Tüm bu göstergeler, BRICS-T ülkelerini küresel ekonomik kalkınmada hayati öneme sahip hale getirmiştir [10,11].

Tablo 2. BRICS-T ülkelerinin 2018 yılındaki ekonomik ve demografik göstergeleri [12]

Ülke	TP (Milyon)	GDP (Milyar \$)	Kişi Başı GDP (\$)	GDP Yıllık büyüme oranı (%)	Yüzölçümü (km ²)
Brezilya	209,469	1.868,626	8920,76	1,12	8358140
Rusya	144,478	1.657,554	11288,87	2,25	16376870
Hindistan	1352,617	2.718,732	2009,98	6,81	2973190
Çin Halk Cumhuriyeti	1392,730	13.608,152	9770,85	6,57	9388210
G. Afrika Cumhuriyeti	57,779	348,872	6374,03	0,79	1213090
Türkiye	82,319	771,350	9370,17	2,83	769630
Dünya	7594,270	85.909,727	11312,44	2,97	127343220

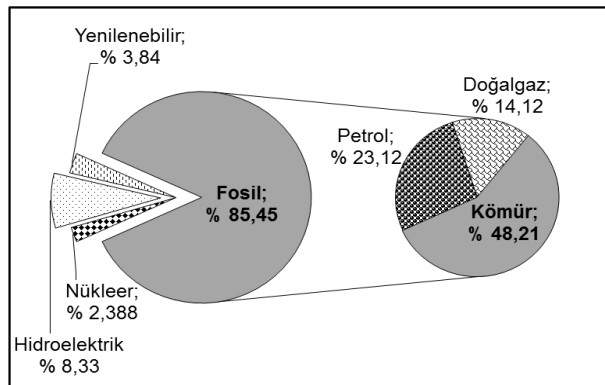
BRICS-T ülkelerinin enerji kaynaklarına yönelik değerlendirmeler, bu grubun küresel enerji denkleminde de önemli bir yere sahip olduğunu işaret etmektedir. BRICS-T ülkeleri dünyanın bilinen petrol rezervlerinin % 8,45'ine, doğalgaz rezervlerinin % 24.13'üne ve kömür rezervlerinin % 40,63'üne sahiptir (Şekil 2). Gruptaki ülkelerin petrol rezervleri, Rusya Federasyonu, Çin Halk Cumhuriyeti ve Brezilya'da sırasıyla yaklaşık % 70,49, % 17,06 ve % 9,06 oranları ile bulunmaktadır. Petrol rezervlerine benzer şekilde grubun sahip olduğu doğalgaz rezervlerinin çoğu Rusya Federasyonu (% 83,42) ve Çin Halk Cumhuriyeti'nde (% 13,01) bulunmaktadır. Gruptaki ülkelerin tamamı kömür rezervine sahiptir. Kömür rezervleri temelinde ilk üç sıra Rusya Federasyonu (% 37,42), Çin Halk Cumhuriyeti (%32,39) ve

Hindistan'a (% 23,65) aittir. Fosil yakıtların yanı sıra BRICS-T ülkeleri hatırı sayılır oranlarda nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına da sahiptir. Dünyanın toplam nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının % 34,86'sı BRICS-T ülkelerinde bulunmaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti'nin yenilenebilir, hidroelektrik ve nükleer enerji kaynakları temelinde gruptaki ülkeler arasında belirgin bir üstünlüğü vardır. Bu ülke gruptaki yenilenebilir enerji kaynaklarının % 66,87'sini, hidroelektrik enerji kaynaklarının % 60,72'sini ve nükleer enerji kaynaklarının da % 52,13'ünü barındırmaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni nükleer enerji kaynakları açısından Rusya Federasyonu, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından da Brezilya takip etmektedir [4,13].



Şekil 2. BRICS-T ülkelerinin enerji kaynaklarının dünya toplam enerji kaynakları içindeki payı (Diğer: Nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir) [4]

BRICS-T ülkeleri, gelişen ve büyüyen ekonomiler olduğundan giderek artan bir şekilde enerji talebiyle de karşı karşıyadırlar. Bu gruptaki 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-T ülkeleri içindeki enerji ihracatında söz sahibi olduğunun bir göstergesidir. Bunun yanı sıra BRICS-T ülkeleri dünya toplam kömür rezervlerinin % 40,60'ını barındırması nedeniyle de küresel kömür tüketiminde önemli bir yere sahiptir. 2018 yılsonu itibarı ile dünya birincil enerji tüketimi 13,8 milyar TEP iken aynı yıl BRICS-T ülkelerinin toplam birincil enerji tüketimi 5,4 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir. Yani, dünya toplam birincil enerji tüketiminin % 39,13'ü BRICS-T ülkelere aittir. Aynı yıl BRICS-T ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin % 85,45'i fosil türü enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Fosil yakıtlar içerisinde kömür, bu tüketimin yarısından sorumludur (Şekil 3). BRICS-T ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin yarısını kömürden sağlaması, bu ülkeleri dünya kömür tüketiminde de önemli bir yerde konumlandırmaktadır. 2018 yılsonu itibarı ile BRICS-T ülkeleri, dünya kömür tüketiminin yaklaşık % 70'inden de sorumludur. Bu orana katkı yapan ilk iki ülke % 50,55 ile Çin Halk Cumhuriyeti ve % 11,99 ile Hindistan'dır.



Şekil 3. BRICS-T ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinde yakıt türlerinin payı [4]

3. LİTERATÜR ÖZETİ (LITERATURE REVIEW)

Literatürde BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyümeleri ve enerji göstergeleri arasındaki ilişkinin açıklanmasına yönelik eleştirel derlemelerden modelleme ve tahmin çalışmalarına kadar çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Bunlardan bazıları BRICS-T ülkelerini grup olarak çalışma kapsamına alırken bazıları da gruptaki ülkeleri ayrı ayrı çalışma kapsamına almıştır. Son yıllardaki BRICS-T ülkelerinin kömür tüketimi başta olmak üzere enerji tüketimlerine yönelik yapılan güncel çalışmaların bir özeti Tablo 3’de verilmiştir. Literatür özetinden de görüleceği üzere modelleme ve tahmin çalışmalarında çeşitli tekniklerden yararlanılmıştır ve başarılı sonuçların elde edildiği araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Tablo 3. Literatür Özeti

Araştırmacı(lar)	Ülke(ler)	Veri dönemi	Yöntem(ler)	Değişken(ler)
Sari ve Soytaş [17]	Türkiye	1960–1999	Granger nedensellik Genelleştirilmiş öngörülü hata varyans ayrıştırması	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla İş oranı
Jinke vd. [18]	Çin Halk Cumhuriyeti Hindistan Japonya Güney Afrika Cumhuriyeti Güney Kore	1980–2005	Asimetrik eş bütünleşme Engle-Granger eş bütünleşme	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Yuan vd. [19]	Çin Halk Cumhuriyeti	1963–2005	Johansen-Juselius; eş bütünleşme Genelleştirilmiş yanıt analizi	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla İş gücü
Jinke vd. [20]	Çin Halk Cumhuriyeti Hindistan	1965–2006	Granger-nedensellik; eş bütünleşme	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Li ve Leung [21]	Çin Halk Cumhuriyeti	1985–2008	Panel eş bütünleşme ve hata düzeltme modeli	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Bloch vd. [22]	Çin Halk Cumhuriyeti	1977–2008 1965–2008	Eş bütünleşme ve vektör hata düzeltme modeli Granger nedensellik	İş gücü Kömür tüketimi Gelir Kömür fiyatı Sanayi üretim indeksi İş oranı
Chai vd. [6]	Çin Halk Cumhuriyeti	1965–2016	Regresyon analizi LMD ayrıştırma analizi Trend uydurma yöntemi	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla Nüfus

Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda, tercih edilen modelleme tekniklerinin doğru ve/veya başarılı tahminler üretebildiği ifade edilmektedir. Buna rağmen ilgili tekniklerin kompleks yapılarından dolayı model üretilmesinde ve üretilen modellerin kullanımlarında problemler ortaya çıkabilmektedir. Buda geliştirilen modellerin kolayca anlaşılmasını ve pratikte kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Çünkü bir modelin basitliği, kolayca anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliği 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 olabilir [1].

Tablo 3. Literatür Özeti (Devam)

Araştırmacı(lar)	Ülke(ler)	Veri dönemi	Yöntem(ler)	Değişken(ler)
Michieka and Fletcher [23]	Çin Halk Cumhuriyeti	1971–2009	Vektör otoregresyon modeli Granger nedensellik	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla Kentsel nüfus Elektrik üretimi
Hao vd. [24]	Çin Halk Cumhuriyeti	1995–2012	Regresyon Analizi	Kömür tüketimi Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla Şehirleşme oranı İkincil sanayi değeri oranı Ticaret açıklığı
Wang vd. [25]	Çin Halk Cumhuriyeti	1981–2015	Parçacık sürü optimizasyonu Eş bütünleşme yöntemleri	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla Yenilenebilir enerjinin birincil enerji tüketimine oranı Kömür sektörüne yatırım Sanayi yapı faktörü
Bildirici ve Bakirtas [26]	BRICS-T ülkeleri	1980–2011	Dağıtılmış gecikmeli otoregresif sınır testi	Kömür tüketimi Petrol tüketimi Doğalgaz tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Sasana ve Ghozali [27]	BRICS ülkeleri	1995–2014	Panel veri yöntemi Sabit etki modeli	Fosil yakıt tüketimi Yenilenebilir yakıt tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Lin vd. [28]	Hindistan Çin Halk Cumhuriyeti	1969–2015	ARDL Sınır test yöntemin	Kömür tüketimi CO ₂ emisyonları Gayri safi yurtiçi hasıla
Chang vd. [29]	BRICS ülkeleri	1985–2009	Panel-Granger nedensellik testleri	Kömür tüketimi Gayri safi yurtiçi hasıla
Ma vd. [30]	Güney Afrika Cumhuriyeti	2000–2016	Gri Tahmin yöntemi	Kömür tüketimi

Bu çalışma kapsamında tercih edilen regresyon analizi de aslında bu amaca hizmet eden bir modelleme tekniğidir. Çünkü regresyon analiz tekniği, hemen hemen bütün istatistiksel yazılım programlarında bulunması nedeniyle kolay yönetilebilir ve uygulanabilir bir tekniktir. Bu teknikte, bağımlı değişken bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edildiğinden geliştirilen model daha basittir ve kolay anlaşılabilir formdadır. Ayrıca, yapay zeka uygulamalarında olduğu gibi model oluşturulurken arka planda nelerin olduğuna yönelik belirsizlikler (kara kutu) regresyon tekniğinde yoktur. Ek olarak regresyon tekniği ile geliştirilen modeller hemen tahmin uygulamalarında kullanılabilir formattadır [14].

4. REGRESYON ANALİZİ (REGRESSION ANALYSIS)

Bu çalışmada, BRICS-T ülkelerinin kömür tüketimlerinin ekonomik ve demografik verilere bağlı olarak modellenmesi için regresyon analizi (RA) yöntemi kullanılmıştır. RA, aralarında sebep-sonuç ilişkisi

bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılan bir analiz yöntemidir [15]. Diğer bir deyişle RA, bağımsız bir veya birden fazla değişken ile bu değişkenlere bağlı bir diğer değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir [16]. Bir tek bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon, “tek değişkenli regresyon analizi”, birden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizi de “çok değişkenli regresyon analizi” olarak adlandırılır [31,32].

4.1. Tek Değişkenli Regresyon Analizi

Tek değişkenli regresyon analizi, bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen regresyon analizi tekniğidir. Bu analizle bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişki, aşağıda ifade edilen bir denklem ile ifade edilmektedir.

$$y_i = (a_0) + (a_1)x_i + e_i \quad (4.1)$$

Burada; y_i ve x_i sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenleri, a_0 ; regresyon eğrisinin y eksenini kesim noktası ve a_1 ; model katsayısını ve e_i ise hata değerini (tahmin edilen değerle gözlenen değer arasındaki fark) ifade etmektedir [33].

4.2. Çoklu Regresyon Analizi

Tek değişkenli RA, bağımlı değişkenin tek bir bağımsız değişkenden nasıl etkilenebildiğini gösterir. Bu metod sadece belirteç olarak X_i değişkenini ve sonuç olarak Y_i değişkenini içerir. Bu nedenle, tek değişkenli RA metodunda birincisi tahmin edicilerin sayısı, diğeri ise bağımsız değişkenler arasındaki en anlamlı X_i değişkeninin tahminiyle ilgili olmak üzere iki sıkıntılı durum söz konusudur. Örneğin, iki veya daha fazla bağımsız değişken ile yapılan tek değişkenli RA’de her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile ilişkisi ayrı ayrı gösterilir. Bu da, bağımsız değişkenler arasında üzerinde istatistiksel olarak en etkin bağımsız parametrenin belirlenememesi anlamına gelir [34]. Bundan dolayı çok değişkenli veya çoklu RA metodu, bu tür analizlerin yapılmasında güçlü bir modelleme tekniğidir ve karmaşık ilişkilerin söz konusu olduğu durumlarda daha faydalı sonuçlar üretir. Çok değişkenli regresyon analizinde ilişkiyi gösteren matematiksel model, n tane bağımsız değişken için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$y_i = a_0 + (a_1)x_1 + (a_2)x_2 \dots + (a_n)x_n + e_n \quad (4.2)$$

Burada; y_i ; bağımlı değişkeni ve x_1, x_2 ve x_n bağımsız değişkenleri, a_0 ; regresyon eğrisinin y eksenini kesim noktasını, a_1, a_2 ve a_n model katsayılarını ve e_i ise hata değerini (tahmin edilen değerle gözlenen değer arasındaki fark) ifade etmektedir [35,36].

5. MODELLEME ÇALIŞMALARI (MODELLING STUDIES)

Çalışma kapsamında; BRICS-T ülkelerine ait gayri safi yurtiçi hasıla (GDP), toplam nüfus (TP) ve kentsel nüfus (UP) verileri bağımsız değişkenler, kömür tüketimi de (CC) bağımlı değişken olarak seçilmiştir. İlgili ülkelere ait 1965–2018 dönemine ait bu veriler, Dünya bankasının ve British Petroleum’un güncel veri tabanlarından [4,12] elde edilmiştir. Seçilen döneme ait kömür tüketimleri, iki gruba ayrılmıştır. 1965–2010 yılları arasındaki ilk grup istatistiksel modellerin geliştirilmesinde kullanılırken 2011–2018 yılları arasındaki ikinci grup da geliştirilen modellerin performans ölçümlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Sovyetler Birliği’nin dağılmasının ardından 1990 başlarında resmi olarak kurulması nedeniyle Rusya Federasyonu için seçilen dönem 1990–2018 dönemidir. Çalışma kapsamında tahmin modellerinin üretilmesinde SPSS v17.0 istatistiksel paket programından 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 edebilecek kadar önemsiz olan bağımsız değişkenlerin modelden çıkarılmasını gerektirir [37]. Bu işlem için geliştirilen yöntemler arasında *geriye doğru seçim yöntemi* bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Bu yöntemde model

oluşturulurken tüm bağımsız değişkenler işleme dahil edilir. İşlem sırasında her defasında bir tane olmak üzere en düşük kısmi F değerine sahip olan bağımsız değişken atılmak suretiyle atılarak işleme ettirilir. Atılan değişkenin istatistiksel katkısının önemi yüksek ise işlem durdurulur ve model oluşturulur. Ek olarak; regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler gibi iki değişken arasındaki ilişkiyi belirleyecek model, her zaman doğrusal olmayabilir. Değişkenler arasında doğrusal ilişki yok iken doğrusal ilişki var gibi oluşturulan model, bu model için yapılan testler ve analizler yanıltıcı olabilmektedir. Doğrusal ilişki olmama durumunu ortadan kaldırmak için logaritmik, yarı logaritmik veya hiperbolik gibi basit matematiksel dönüşümler yapılabilmektedir. Doğrusal hale dönüştürülen bu modeller ile ilgili testler ve analizler aynen doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi yapılır [38]. Bundan dolayı çalışma kapsamında model oluşturulmadan önce tüm verilerin doğal logaritmaları alınmış ve modeller bu veriler temelinde geliştirilmiştir.

5.1. Geliştirilen Modeller

BRICS-T ülkelerinin kömür tüketimleri için geliştirilen tahmin modelleri aşağıda sunulmuştur (51-5.6 eşitlikleri). İlgili modeller incelendiğinde, her bir ülkenin kömür tüketiminin birden fazla bağımsız değişkenin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiğini söylemek mümkündür. Modellerde yer alan bağımsız değişkenlere yönelik elde edilen katkı oranları, bağımlı değişkenin tahmin edilmesinde dikkate alınması gereken değişkenler arasında öncelik sırasına yönelik bir değerlendirme sunar. Bu aynı zamanda geliştirilen model üzerinde en etkin bağımsız değişken hakkında da bilgi verir. Bu nedenle modellerde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkı oranları da hesaplanmıştır (Tablo 4). Buna göre; Brezilya, Rusya Federasyonu ve Türkiye için geliştirilen modellerde en etkin bağımsız değişken sırasıyla % 56,42; % 74,44 ve % 60,40 oranları ile kentsel nüfus (UP) olarak tespit edilmiştir. Öte yandan, Hindistan ve Güney Afrika Cumhuriyeti için geliştirilen modellerde istatistiksel olarak en etkin bağımsız değişken sırasıyla % 52,81 ve % 56,42 ile toplam nüfus (TP) olarak tespit edilmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti geliştirilen modelde ise etkin değişkenler eşit katkı oranları ile toplam nüfus (TP) ve gayri safi yurtiçi hasıla (GDP) olmuştur.

$$CC_B(Mtoe) = (5,369) - (8,861).TP + (7,269).UP \quad (5.1)$$

$$CC_R(Mtoe) = (-18,776) + (10,106).UP + (0,112).GDP \quad (5.2)$$

$$CC_H(Mtoe) = (-9,674) + (6,262).TP - (3,117).UP + (0,247).GDP \quad (5.3)$$

$$CC_Ç(Mtoe) = (-4,607) + (2,125).TP + (0,313).GDP \quad (5.4)$$

$$CC_{GA}(Mtoe) = (-0,934) + (2,562).TP - (1,216).UP + (0,132).GDP \quad (5.5)$$

$$CC_T(Mtoe) = (1,698) - (2,592).TP + (2,499).UP + (0,108).GDP \quad (5.6)$$

Burada; *CC*: İlgili ülkelerin kömür tüketimlerini (Milyon TEP, doğal logaritmalı), *TP*: İlgili ülkelerin toplam nüfusunu (milyon, doğal logaritmalı), *UP*: İlgili ülkelerin kentsel nüfusunu (milyon, doğal logaritmalı) ve *GDP*: İlgili ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılasını (milyar \$, doğal logaritmalı) ifade etmektedir.

Tablo 4. Modellerde yer alan bağımsız değişkenlerin ilgili modele katkı oranları

Değişken	Brezilya		Rusya		Hindistan		Çin		G. Afrika		Türkiye	
	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%
TP	3,26	43,58	-	-	2,63	52,81	0,50	50,00	1,76	56,42	0,99	33,22
UP	4,22	56,42	0,99	74,44	1,99	39,96	-	-	1,07	34,29	1,80	60,40
GDP	-	-	0,34	25,56	0,36	7,23	0,50	50,00	0,29	9,29	0,19	6,38

5.1.1. Geliştirilen modellerin doğruluğunun test edilmesi

BRICS-T ülkeleri için geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluğu; determinasyon katsayısı (R^2) ile t ve

F testleri ve gerçekleşen kömür tüketim değerleri ile tahmin edilen kömür tüketim değerleri arasındaki trendin analizi gibi istatistiksel yaklaşımlar ile test edilmiştir. R^2 değeri ve F testi, geliştirilen modelin bir bütün olarak istatistiksel önemi veya geçerliliği için tercih edilirken modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı uygunluk testi için ise t testi tercih edilmiştir. Burada; hesaplanan F ve t değerlerinin, % 95 güvenirlilik düzeyinde istatistiksel F ve t tablolarındaki ilgili değerlerden fazla olması beklenir. Geliştirilen modellere ait istatistiksel sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, geliştirilen modellerin R^2 değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu modeller arasında en düşük R^2 değeri 0,85 ile Rusya için elde edilirken en yüksek R^2 değer 0,99 ile Hindistan için elde edilmiştir. 1’e oldukça yakın olan R^2 değerleri, geliştirilen modelin bağımlı değişkeni yani kömür tüketimini açıklama gücünün çok yüksek olduğunu belirtmektedir. Ancak, bu değerler geliştirilen modellerin geçerlilikleri için tek başına yeterli bir kriter değildir. Bunun için diğer doğrulama testlerinin sonuçlarının da birbirini ve R^2 değerlerini destekler nitelikte olması gerekir. Tablo 5’deki diğer doğrulama testlerinin sonuçlarına bakıldığında; geliştirilen modellerin R^2 değerlerini destekler nitelikte verilerin olduğu görülmektedir. Şöyle ki; R^2 değeri diğer modellere göre düşük olan Rusya Federasyonu için geliştirilen model dahil modellerin tamamının $F_{\text{hesaplanan}}$ değerleri, F_{tablo} değerlerinden büyüktür. İlgili modellerde yer alan değişkenler, t testinden de başarılı olmuşlardır. Burada da $t_{\text{hesaplanan}}$ değerlerinin tamamı t_{tablo} değerinden büyük çıkmıştır. Geliştirilen modellerin genelliğinin veya uygulanabilirliğinin test edildiği bir diğer yaklaşım, gerçekleşen ve tahmin edilen kömür tüketimi değerlerindeki trendin incelenmesi ile ilgilidir. Şekil 4’de bu trende yönelik bir gösterim sunulmuştur. Buna göre, ülkeler için gerçekleşen ve tahmin edilen kömür tüketim değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Buda, geliştirilen modellerin yeterli oranda tahmin verebileceğinin bir göstergesidir. Sonuç olarak; doğrulama testleri, geliştirilen modellerin istatistiksel olarak geçerli olduğunu ve BRICS-T ülkelerinde kömür tüketimlerinin bu modellerle yüksek tahmin gücü ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Tablo 5. Geliştirilen modellere ait istatistiksel sonuçlar

Ülkeler	Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	Tahminin Standart Hatası	$t_{\text{hesaplanan}}$	t_{tablo}	$F_{\text{hesaplanan}}$	F_{Tablo}	R^2
Brezilya	Sabit	5,369	1,916	0,067	2,802	2,010	450,471	3,211	0,95
	TP (milyon)	-8,861	2,164		-4,095				
	UP (milyon)	7,269	1,369		5,307				
Rusya Federasyonu	Sabit	-18,776	3,575	0,052	-5,251	2,086	19,802	3,493	0,85
	UP (milyon)	10,106	1,713		5,901				
	GDP (milyar \$)	0,112	0,056		2,996				
Hindistan	Sabit	-9,674	1,200	0,029	-8,061	2,010	1422.330	3,211	0,99
	TP (milyon)	6,262	0,910		6,879				
	UP (milyon)	-3,117	0,681		-4,575				
Çin Halk Cumhuriyeti	Sabit	-4,607	0,631	0,047	-7,296	2,010	1170,045	3,211	0,98
	TP (milyon)	2,125	0,236		9,007				
	GDP (milyar \$)	0,313	0,034		9,141				
Güney Afrika Cumhuriyeti	Sabit	-0,934	0,275	0,028	-3,393	2,010	669,692	3,211	0,97
	TP (milyon)	2,562	0,425		6,031				
	UP (milyon)	-1,216	0,276		-4,412				
Türkiye	Sabit	1,698	0,985	0,033	1,724	2,010	1185,070	3,211	0,98
	TP (milyon)	-2,592	0,992		-2,613				
	UP (milyon)	2,499	0,456		5,485				
	GDP (milyar \$)	0,108	0,051		2,114				

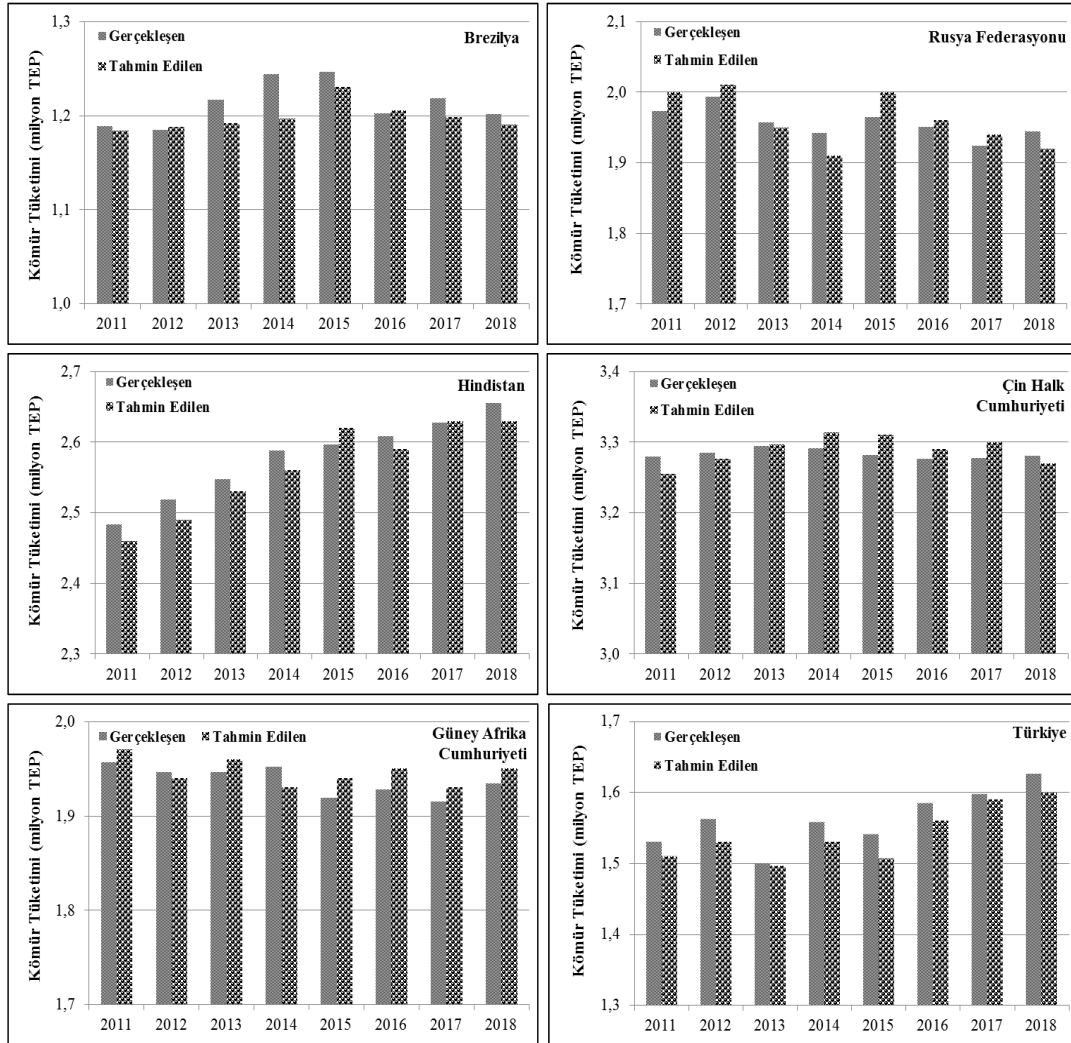
5.1.2. Geliştirilen modellerin tahmin performanslarının belirlenmesi

Geliştirilen modellerinin tahmin performanslarının ölçülmesinde farklı kriterler olmasına rağmen bu çalışmada ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) kriterinden yararlanılmıştır. Çünkü MAPE özellikle ortalamaya göre yüksek standart sapmaya sahip serilerde yüzde oranı olarak fikir vermesi nedeniyle diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir [39–41]. MAPE tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkın ortalama mutlak yüzdesidir. Bir başka deyişle tahmin doğruluğunun yüzde ölçüsüdür [14]. MAPE’nin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir. Diğer kriterler olduğu gibi MAPE değerlerinin de mümkün olduğunca sifıra yakın olması istenen bir durumdur. MAPE’ye yönelik değerlendirme

kriterleri Tablo 6’da, geliştirilen modellerin MAPE değerleri ise Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7’deki sonuçlar, geliştirilen modellerin tamamının tahmin gücünün yüksek modeller olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Model değerlendirmesi için tipik MAPE değerleri [42]

MAPE	Değerlendirme
$MAPE \leq \% 10$	Tahmin gücü yüksek
$\% 10 < MAPE \leq \% 20$	Tahmin gücü iyi
$\% 20 < MAPE \leq \% 50$	Kabul edilebilir/makul tahmin gücü
$MAPE > \% 50$	Yanlış/hatalı tahmin



Şekil 4. Gerçekleşen ve tahmin edilen kömür tüketimleri (kömür tüketim değerleri doğal logaritmalıdır)

Tablo 7. Geliştirilen modellerin MAPE değerleri

Ülke	MAPE (%)
Brezilya	1,34
Rusya Federasyonu	1,08
Hindistan	0,81
Çin Halk Cumhuriyeti	0,51
Güney Afrika Cumhuriyeti	0,83
Türkiye	1,41

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

(5.7)

Burada; n toplam örnek sayısını, *e_i* gerçekleşen ile tahmin edilen değer arasındaki farkı, *y_i* gerçekleşen değeri ifade etmektedir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- i. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin % 8,45'ine, doğalgaz rezervlerinin % 24,13'üne, kömür rezervlerinin % 40,63'üne ve nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının % 34,86'sına sahip olan BRICS-T ülkelerinin, bu potansiyelleri ile küresel enerji denkleminde hatırı sayılır bir yerde olduğu tespit edilmiştir.
- ii. Dünya toplam birincil enerji tüketiminin % 39,13'ü BRICS-T ülkelerine ait olduğu belirlenmiştir. BRICS-T ülkelerinin birincil enerji tüketimlerinin yarısını kömürden sağladıkları ve dünya kömür tüketiminin yaklaşık % 70'inden sorumlu oldukları görülmüştür. Çin Halk Cumhuriyeti ile Hindistan'ın BRICS-T ülkeleri içinde en çok kömür tüketen iki ülke konumunda olduğu tespit edilmiştir.
- iii. BRICS-T ülkelerinin gelecekteki kömür tüketim 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. Öte yandan; geliştirilen modelleri istatistiksel olarak etkileyen en önemli bağımsız değişken Brezilya, Rusya Federasyonu ve Türkiye için kentsel nüfus olarak tespit edilirken Hindistan ve Güney Afrika Cumhuriyeti için ise toplam nüfus olarak tespit edilmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti için geliştirilen modelde ise etkin değişkenler eşit katkı oranları ile toplam nüfus ve gayri safi yurtiçi hasıla olarak belirlenmiştir.

Özet olarak çalışma sonuçları, sahip oldukları önemli üstünlükleri nedeniyle BRICS-T ülkelerinin yakın bir gelecekte dünya ekonomisine yön verecek bir pozisyona geleceğine yönelik tespitler sunmuştur. Ayrıca sonuçlar, modelleme çalışmaları'nda tercih edilen regresyon analizi yönteminin basit, kolay anlaşılabilir ve güçlü tahminler yapabildiğini ve BRICS-T ülkelerinin kömür tüketimi gibi bazı göstergelerinin bu yöntemle modellenebileceğini de göstermiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Bianco, V., Manca, O. and Nardini, S., 2009. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. *Energ.* 34: 1413–1421.
- [2] Mohr, SH., Wang, J., Ellem, G., Ward, J. and Giurco D. 2015. Projection of world fossil fuels by country. *Fuel.* 141: 120-135.
- [3] ETB., 2017. Dünya ve Türkiye enerji ve tabii kaynaklar görünümü. https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%2FSayi_15.pdf, Erişim tarihi Nisan 2019.
- [4] BP., 2019. British Petroleum statistical review of world energy. <https://www.bp.com/>, Erişim Tarihi Temmuz 2019.
- [5] Satti, LS., Hassan, SM., Mahmood, H. and Shahbaz, M. 2014. Coal consumption: An alternate energy resource to fuel economic growth in Pakistan. *Econ. Model.* 36: 282-287.
- [6] Chai, J., Du, M., Liang, T., Sun, X.C. and Zhang, Z.G. 2019. Coal consumption in China: How to bend down the curve?. *Energ. Econ.* 80: 38-47.

- [7] Şengönül, A. ve Koşaroğlu, ŞM. 2018. Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS ülkeleri için bir uygulama. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 19(2): 431-447.
- [8] Bozma, G., Aydın, R. ve Kolçak, M. 2018. BRICS ve MINT ülkelerinde ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisi. Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 15: 323-338.
- [9] Gusarova., S. 2019. Role of China in the development of trade and FDI cooperation with BRICS countries. China Econ. Rev. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.01.010>.
- [10] Azevedo, VG., Sartori, S. and Campos, LMS., 2018. CO₂ emissions: A quantitative analysis among the BRICS nations. Renew. Sust. Energ. Rev. 81: 107–115.
- [11] Lin, B. and Wesseh, PK. 2014. Energy consumption and economic growth in South Africa reexamined: A nonparametric testing approach. Renew. Sust. Energ. Rev. 40: 840-850.
- [12] WBI., 2019. Worldbank Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator>, Erişim Tarihi Temmuz 2019.
- [13] MME., 2019. Ministry of Mines and Energy of Brazil. BRICS Energy Indicators.
- [14] Bianco, V., Scarpa, F. and Tagliafico, L.A., 2014. Analysis and future outlook of natural gas consumption in the Italian residential sector. Energ. Convers. Manag. 87: 754–764.
- [15] Atıcı, U. and Ersoy, A. 2009. Correlation of specific energy of cutting sawsand drilling bits with rock brittleness and destruction Energy. J. Mater. Process. Technol. 209: 2602–2612.
- [16] Durak, S. 2012. Türkiye sanayi ve konut elektrik enerji talebinin öngörülmesi ve konut elektrik tüketimini etkileyen parametrelerin belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 91s.
- [17] Sari, R. and Soytas, U. 2004. Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey. Energ. Econ. 26: 335-344.
- [18] Jinke, L., Hualing, S. and Dianming, G. 2008. Causality relationship between coal consumption and GDP: Difference of major OECD and Non-OECD countries. Appl. Energ. 85: 421-429.
- [19] Yuan, JH., Kang, J.G., Zhao, CH. and Hu, ZG. 2008. Energy consumption and economic growth: Evidence from China at both aggregated and disaggregated levels. Energ. Econ. 30: 3077- 3094.
- [20] Jinke, L. and Li, ZA. 2011. A causality analysis of coal consumption and economic growth for China and India. Nat. Resour. 2: 54-60.
- [21] Li, R. and Leung, GCK. 2012. Coal consumption and economic growth in China. Energy Policy. 40: 438-443.
- [22] Bloch, H., Rafiq, S. and Salim, R., 2012. Coal consumption, CO₂ emission and economic growth in China: Empirical evidence and policy responses. Energ. Econ. 34: 518-528.
- [23] Michieka, MN. and Fletcher, JJ. 2012. An investigation of the role of China's urban population on coal consumption. Energy Policy. 48: 668–676.
- [24] Hao, Y., Zhang, ZY., Liao, H. and Wei, YM. 2015. China's farewell to coal: A forecast of coal consumption through 2020. Energy Policy, 86, 444–455.

- [25] Wang, C., Li, BB., Liang, QM. and Wang, JC. 2018. Has China's coal consumption already peaked? A demand-side analysis based on hybrid prediction models. *Energy*. 162: 272-281.
- [26] 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.
- [27] Sasana, H. and Ghazali, 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*. 3: 194-200.
- [28] Lin, FL., Lotz, RI. 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. *Energ. Explor. Exploit.* 36(3): 450-463.
- [29] Chang, T., Deale, D., Gupta, R., Hefer, R., Lotz, R.L. and Kengne, B.S. 2017. The causal relationship between coal consumption and economic growth in the BRICS countries: Evidence from Panel-Granger Causality Tests. *Energ. Source. Part B*. 12(2): 138-146.
- [30] Ma, M., Su, M., Li, S., Jiang, F. and Li, R. 2018. Predicting coal consumption in South Africa based on linear (Metabolic Grey Model), nonlinear (Non-Linear Grey Model) and combined (Metabolic Grey Model-Autoregressive Integrated Moving Average Model) models. *Sustainability*. 10: 2552; doi:10.3390/su10072552.
- [31] Enayatollahi, I., Bazzazi, AA. and Asadi, A. 2014. Comparison between neural networks and multiple regression analysis to predict rock fragmentation in open-pit mines. *Rock Mech. Rock Eng.* 47(2): 799-807.
- [32] Esmaeili, M., Osanloo, M., Rashinidejad, F., Bazzazi AA. and Taji M. 2014. Multiple regression, ANN and ANFIS models for prediction of backbreak in the open pit blasting. *Eng. Comput.* 30(4): 549-558.
- [33] Yerel, S. and Ersen T. 2013. Prediction of the calorific value of coal deposit using linear regression analysis. *Energ. Source. Part A*. 35: 976-980.
- [34] Cohen, J., Cohen, P., West, SG. and Aiken, LS., 2003. *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates. Publishers Mahwah, New Jersey.
- [35] Kamıt, R. ve Baykan, NU. 2004. Bina yaklaşık maliyetinin çoklu doğrusal regresyon ile belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*. 7(4): 359-367.
- [36] Karakurt, I., Aydın, G. and Kaya, S. 2015. Modeling of Turkey's CO₂ emissions using economic and demographic variables. 24th. International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Antalya-Türkiye, pp. 1474-1479.
- [37] Kayaalp, TG., Güney, ÇM. ve Cebeci, Z. 2015. Çoklu doğrusal regresyon modelinde değişken seçiminin zootekniye uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 30(1): 1-8.
- [38] Yavuz, S. 2009. Regresyon analizinde doğrusala dönüştürme yöntemleri ve bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 23(1): 165-179.
- [39] Hamzaçebi, C. and Karakurt, I. 2015. Forecasting the energy-related CO₂ emissions of Turkey using grey prediction model. *Energ. Source., Part A*. 37(9): 1023-1031.

- [40] Aydin, G., Karakurt, I. and Hamzacebi, C.. 2015. Artificial neural network and regression Models for performance prediction of abrasive waterjet in rock cutting. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 75: 1321–1330.
- [41] Uysal, H. and Karabat, S. 2017. Forecasting and evaluation for raisin export in Turkey. *BIO Web of Conferences*, 40th. World Congress of Vine and Wine, Sofia, Bulgaria, Article number : 03002.
- [42] Lewis, C.D. 1982. *International and Business Forecasting Methods*. Butterworths, London.