

EKONOMİK KARMAŞIKLIK DÜZEYİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLE İLİŞKİSİ: YATAY KESİT BAĞIMLILIĞI ALTINDA PANEL VERİ ANALİZİ

Mehmet Mert TÜRK¹

Öz

Ekonomik karmaşıklık ülkelerin sahip olduğu üretim tekniği, beşerî sermaye ve rekabet gücü gibi kavramları içine alan değerler kümesini ifade etmektedir. Uluslararası ticaretin rekabetçi dinamik yapısı ülkeleri ürün kompozisyonlarında çeşitliliğe ittiği kadar üretilen ürünün ülkelere önel getiriler de sunmasını gerekli kılmaktadır. Bu yönüyle ekonomik büyümede önemli bir gösterge olan ihracat ekonomik karmaşıklık kavramı ile etkileşim halindedir. Ülke çıktılarında birincil ürünlerden sofistike ürün üretimine geçmek, gerektirdiği teknolojik düzey açısından enerji maliyeti başta olmak üzere çeşitli maliyet unsurlarını da beraberinde getirmektedir. Bu doğrultuda BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, Türkiye) grubu için 2000-2020 yıllarına ait veriler ile ekonomik karmaşıklık, birincil enerji tüketimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki yatay kesit bağımlılığını dikkate alan panel veri analizi metodu kullanılarak test edilmiştir. Modele uygulanan Emirmahmutoglu ve Kose (2011) nedensellik testi neticesinde ekonomik karmaşıklıktan enerji tüketimine doğru tespit edilen güçlü nedensellik, enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin ekonomik büyüme stratejilerinde ürün sofistikasyonu gerçekleştirmelerini yerine getirmede güçlükler yaşayacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Karmaşıklık, Birincil Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Panel Nedensellik Analizi

JEL Kodları: C23, F43, O14

THE RELATIONSHIP OF ECONOMIC COMPLEXITY LEVEL WITH ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: A PANEL DATA ANALYSIS UNDER CROSS-SECTIONAL DEPENDENCE

Abstract

Economic complexity implies a set of values that includes concepts such as production techniques, human capital and competitiveness. The competitive dynamic structure of international trade not only pushes countries to diversify their product compositions but also requires that the product produced offers subjective returns to countries. In this respect, exports, which are an important indicator of economic growth, interact with the concept of economic complexity. Shifting from primary products to sophisticated product production in country outputs brings along various cost elements, especially energy costs, in terms of the technological level it requires. Accordingly, the relationship between economic complexity, primary energy consumption and economic growth for the BRICS-T (Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey) group for the years 2000-2020 is tested using panel data analysis method that takes into account horizontal cross-sectional dependence. As a result of the Emirmahmutoglu and Kose (2011) causality test applied to the model, the strong causality from economic complexity to energy consumption indicates that energy-dependent countries will have difficulties in fulfilling the realization of product sophistication in their economic growth strategies.

Keywords: Economic Complexity, Primary Energy Consumption, Economic Growth, Panel Causality

JEL Codes: C23, F43, O14

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Turhal Uygulamalı Bilimler Fakültesi, mehmetmert.turk@gop.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0164-2131>



GİRİŞ

İktisat literatüründe önemli bir yere sahip klasik görüş, temelini Adam Smith'e referanslı iş bölümü ve uzmanlaşmaya dayandırmaktadır. Bu görüşün nüvesinde ise farklı uzmanlıklara sahip bireysel gayretlerin karmaşık ekonomik faaliyetlere evirileceği bunun da kalkınma ve refah adına bir yakınsama yaratacağı tezi yatmaktadır (Hidalgo ve Hausmann, 2009, s. 10571). Bireysel gayretlerden karmaşık ekonomik faaliyetlere doğru çizilen doğrusal çizgi, iktisadi değere sahip tüm ekonomik aktivitelerin ölçülmesinde niceliksel değerlemelerin yanında niteliksel ürün kompozisyonlarının önemine de atıf yapmaktadır. Hausmann, Hwang ve Rodrik (2007) zengin ve fakir olarak temayüze tabi tuttuğu ülkeleri ürettiği ürünlerin karmaşıklık derecesiyle ilişkilendirmiştir. Karmaşıklık derecesi yüksek ürün üretimi ile ekonomik refah düzeyi arasında kurulan bu bağ, ülkelerin yoksulluğu tabana yayma derecesi üzerinde ülke ürünlerinin karmaşıklık derecelerinin oldukça önemli olduğunu altını çizmektedir (Hausmann vd., 2007, s. 2).

Öyle ki Hausmann vd., (2011); “Ekonomik Karmaşıklık Atlası” adını verdikleri, ülkelerin ticaret verilerini karşılaştırmalı şekilde inceleyen bir model kurmuşlar ve ekonomik sofistikasyonun yükselmesi ile az gelişmişlik sarmalından kurtulmanın eş yönlü olduğunu iddia etmişlerdir. Ülkelerin ihracat sepetlerinin analizi yapılarak ekonomik karmaşıklığı hakkında bilgi edinilebilen ekonomik karmaşıklık atlası, 1963 senesinden itibaren 50 senelik çok sayıda ürün ve ülkeye ait detaylı veriye erişerek ekonomik karmaşıklık indeksinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu modele göre bir ülke ekonomisinin karmaşıklığı; ihracat sepetindeki ürünlerin başka dünya memleketlerinin sepetlerinde tam olarak yer almaması ve ürünlerin çeşitlilik göstermesi şeklinde iki temel sorunun cevabına göre şekillenecektir. Diğer bir ifade ile ülkelerin ekonomik karmaşıklık derecesi, karşılaştırmalı üstünlüğe sahip ülkelerin ihraç ettiği ürün sayısı, yaygınlığı ve toplam ülke sayısı gibi değişkenlere göre belirlenmektedir.

Hidalgo ve Hausmann (2009)'ın tasarladığı ekonomik karmaşıklık endeksi ise (economic complexity index) ülkelerin ve ürünlerin karmaşıklık kapasitesine dair detaylı bir öngörü elde etmemizi sağlamaktadır. Ekonomik karmaşıklık (kompleksite) olarak adlandırılan kavram bu açıdan yekpare bir yapı olmaktan ziyade bir değerler kümesini temsil etmektedir. Bu heterojenite içerisinde; teknolojik gelişme, nitelikli beşerî sermaye, ürün tasarımı, pazarlama, finansman, firmalar arası iş birliği, esnek ve organizasyonel üretim tekniği gibi birçok kavram yer almaktadır. Hidalgo ve Hausmann (2009) çalışmalarında ekonomik karmaşıklık endeksinin önemine vurgu yaparken bu endeksin; ülkelerin sahip olduğu üretim kabiliyeti kapasitesini, kişi başına düşen geliri, ülke ekonomisinin büyümede izleyeceği yörüngeyi ve sahip olduğu potansiyel ihracat hacmi konusunda kapsayıcı bir veri kümesini ifade ettiğinin altını çizmişlerdir (Hidalgo ve Hausmann, 2009, s. 10575). İçsel büyüme teorileri; bilgi birikimi ve beşerî sermayede araştırma



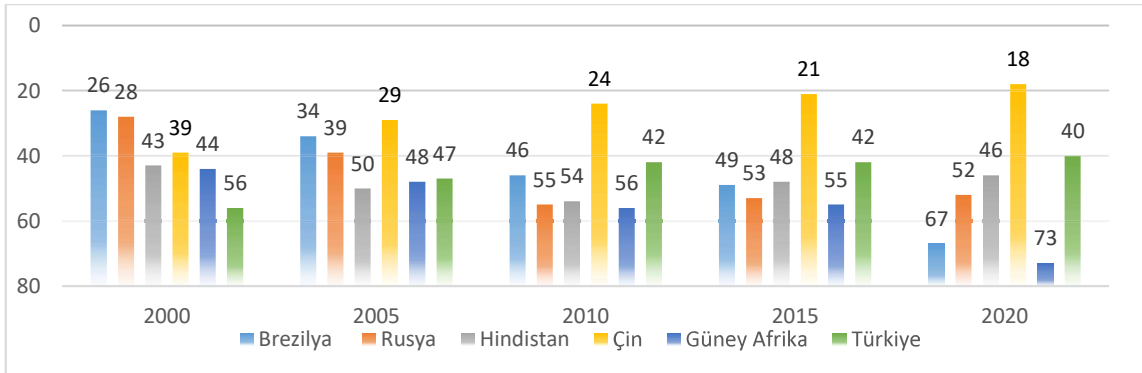
Ekonomik Karmaşıklık Düzeyinin Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme ile İlişkisi: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Veri Analizi

geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları ile gerçekleştirilecek kümülatif yığılımın, gelir eşitsizliği üzerinde teknolojik ilerlemeler yoluyla iyileştirmeler yaratacağını sıkça vurgulamaktadır. Bu yönüyle ekonomik karmaşıklık düzeyi yüksek ekonomilerin gelir eşitsizliğini giderme ve ekonomik büyümesinin istikrar kazanmasında önemli avantajlar elde edeceği literatürde ampirik yöntemlerle desteklenerek hakim görüş halini almıştır (Adam, Garas, Katsaiti ve Lapatinas, 2021; Bayar, 2022; Çeştepe ve Çağlar, 2017; Gozgor, 2018; Hartmann, Guevara, Jara-Figueroa, Aristarán ve Hidalgo, 2017; Hidalgo ve Hausmann, 2009; Zhu ve Li, 2017).

Ekonomik karmaşıklık ve ekonomik büyüme kavramlarına literatürde sıkça atıf yapılması, ekonomilerin üretim kabiliyet ve tekniklerine de ayrı bir ihtimam gösterilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Ülkelerde teknoloji yoğun ve kompleksitesi yüksek ürünlerin ihracat açısından payının artması, üretim yapısındaki dönüşümle beraber hem katma değer hem de maliyet odaklı stratejilerin gelişmesine yol açmıştır. Sanayi politikalarından başlayarak maliye politikalarına kadar uzanan üretilen ürün gamı değişimi, ülkelerde büyüme potansiyellerinin ortaya çıkması için önemli göstergelerden biri halini almıştır.

Dolayısıyla bir bakıma ekonomik karmaşıklığın diğer bir özelliği de ekonomik olarak uygulanabilir üretimin gerçekleştirilmesini sağlayan, parasal olmadığından ticarete konu edilmemiş yaratıcı değer veya kapasiteleri ifade etmesidir. Parasal olmayan bu değerleri ölçmek, ekonominin kilit unsurlarından biridir. Çünkü ülkenin gelecekteki ekonomik büyümesini yönlendirmek için baskılanmış potansiyel yetenekleri hakkında güncel doneler ortaya çıkarabilmektedir (Pietronero, Cristelli, ve Tacchella, 2013). Çalışmada kullanılan örneklem ülkelerinin ihraç ettikleri ürün sayısı ve karmaşıklığına göre tasnif edilmiş ekonomik karmaşıklık endeksi sıralamaları aşağıdaki gibidir:

Şekil 1: Ekonomik karmaşıklık endeksi sıralaması (BRICS-T ülkeleri)



Kaynak: Harvard Growth Lab, 2022

Endeks sıralamalarına bakıldığında en dikkat çekici ülke Çin'dir. Çin 2000 yılında ölçüme dahil edilen 134 kadar ülke içerisinde 39. iken 2020 yılında sıralamasını 18. sıraya kadar yükseltmeyi başarmıştır. Bunun yanında Rusya, Brezilya ve Güney Afrika ekonomik karmaşıklık endeksinde 20 yıllık süre göz önüne alındığında gerileme yaşamış ve 2000 yılında sırasıyla endekste 28., 26. ve 44. sıralardayken 2020 yılında 52, 67 ve 73. sıralara düşmüşlerdir. Türkiye ise BRICS-T ülkeleri arasında Çin'den sonraki pozitif ayrışan ülke olarak 2000 yılında 56. sıradayken 2020 yılında yerini 40. sıraya kadar yükseltmeyi başarmıştır.

Yüksek ekonomik karmaşıklığa sahip olmak için öncelikle ülkelerin uluslararası pazara yönelik mal ve hizmetlerinde bilgi birikiminin yüksek ve o mal ve hizmet tedarikinde ikame olabilecek ülke alternatifinin olmaması gerekmektedir. Bu anlamda ülkeler için büyümenin temel dinamiği, sahip olduğu ekonomik kompleksite ile eş yönlüdür. Hausmann vd., (2011) kurdukları modelde ekonomik karmaşıklık endeksinin hesaplamasını şu şekilde yapmıştır (Hausmann vd., 2011, ss. 24-25):

İlk olarak M_{cp} şeklinde bir matris ortaya koymuşlardır. Bu matrise göre "c" notasyonu ile simgelenen memlekete; "p" notasyonu ile simgelenmiş çıktıya toplam üretim hacminde yer veriyorsa 1, vermiyorsa 0 atanarak değerlendirmeye tabi tutulur. Matrisin satır ve sütunları toplandığında denklemsel ifadesi şu şekildedir:

$$\text{Çeşitlilik} = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (1)$$

$$\text{Sıradanlık} = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (2)$$

Üretimin çeşitliliği, kombinasyon farklılıklarını ve üretilen diğer ürünlerin yaygınlığını ölçmek için aşağıdaki matristen yola çıkılarak ekonomik karmaşıklık endeksinin eşitliğine ulaşılmaktadır:

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp}M_{c'p}}{k_{c,0}k_{p,0}} \quad (3)$$

$\tilde{M}_{cc'}$ matrisinin en büyük özdeğeri ile özvektörü etkileşim içindedir. Matris değerleri 1 olarak tanımlandığı için bilgi sunar özellik taşımaktadır. Bu sebeple ikinci maksimum özdeğere ait özvektör incelenmiş ve bu sayede ekonomik karmaşıklık endeksini şu şekilde tanımlamışlardır:

$$ECI = \frac{\bar{K} - \langle \bar{K} \rangle}{stdHata(\bar{K})} \quad (4)$$

$\langle \rangle$ ortalamayı, \bar{K} ikinci maksimum düzeydeki özdeğeri ifade eden $\tilde{M}_{cc'}$ 'nin özvektörünü simgelemektedir.



Fortunato ve Razo (2014) ülkelerde üretim teknolojisinde gerçekleşebilecek yapısal değişimin kademeli olduğunu, ekonominin mevcut imkânlarıyla üretilebilen ürünler üretmekten birdenbire çok daha yüksek düzeyde bilgi, beceri ve teknoloji gerektiren ürünler üretmeye geçemeyeceğini vurgulamışlardır (Fortunato ve Razo, 2014, s. 268). Ülkelerde sağlanacak bilgi, beceri ve teknolojideki verimlilik artışı, enerji kaynaklarının ülkelere eşit dağılmamasından ötürü gerçekleşmesi gereken yapısal dönüşüme şüphesiz bir maliyet yükü de ekleyecektir. Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve kalkınmanın ürün miktarının ve çeşitliliğinin artması gibi nedenlerle önemli göstergelerinden biri haline geldiği için, üretimin enerji faktörlerine bağımlılığı da eş yönlü artmaktadır (Karadaş, Koşaroğlu, ve Salıhoğlu, 2017, s. 131). Dolayısıyla teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşmasına bağlı olarak enerji talebi artmakta ve enerji kullanımı ile ekonomik faaliyet arasındaki ilişki dikkat çekmeye başlamaktadır. Gittikçe şiddetlenen enerjiye bağımlılık hem üretim üzerinde hem de ülke geneli ekonomik faaliyetler için kısıt olmaya başlayacaktır.

Sanayi Devrimi'nden sonra enerji hem üretimde hem de tüketimde gerek yurt içinde gerekse yurt dışında önemi gittikçe artan bir faktör olmaktadır. 21. yüzyılda üretimdeki hızlı artışın ardından sanayileşme ve teknolojide gerçekleşen hızlı atılımlar, ekonomilerin dinamizmine yetişmek için enerjiyi temel bir girdi faktörü haline getirmiştir (Uslu, 2014, s. 155). Enerji tüketimi için önemli rezervlerin varlığı/yokluğu, ülke ekonomisine katacağı maliyet avantaj/dezavantajların yanı sıra siyasi olarak da stratejik sahalara açmaktadır. Kısaca, uluslararası ekonomik ve sosyal ilişkileri belirleyen güç olarak enerji, sadece üretim faktörü değil aynı zamanda bireylerin yaşam kalitesini de belirleyen bir unsurdur.

Bireylerin enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu, enerji kullanımını değerlendirmek için kullanılan iki önemli göstergedir. Enerji yoğunluğu, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ve bir ülkenin Gayri Safi Milli Hasılası başına tüketilen birincil enerji miktarını gösteren bir ölçüdür. Bu gösterge genellikle ekonomik gelişme süreci boyunca artarken zamanla düşme eğilimine girmektedir. Özellikle, ülkeler sanayileşme evresinden uzaklaştıkça enerji talebinin gelir elastikiyeti de düşmektedir (Medlock ve Soligo, 2001, s. 9). Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) büyüme oranındaki artış, enerji tüketen sermaye stokunun dönüşüm olasılığını artırmaktadır. Bu durum, enerjinin sermaye faktörü ile tamamlayıcı bir ilişki içerisinde olduğundan dolayı enerji talebinde gözlemlenen bir artışa sebep olmaktadır.

OECD ülkelerinde birincil enerji tüketimi azalırken, gelişmekte olan ülkelerin büyüme oranı ile birlikte birincil enerji tüketimi artmaktadır. Bu büyümenin büyük bir kısmı, Jim O'Neill tarafından 2001'de BRIC (Brezilya, Rusya, Çin, Hindistan) olarak tanımlanan ve 2010 yılında Güney Afrika'nın da gruba katılmasıyla BRICS şeklinde anılan ülkeler grubunda gerçekleşmektedir. BRICS ülkelerinin yüzdesel olarak dünya ülkelerine kıyasla sahip olduğu toplam yüzölçümü (%26), nüfusu (%42) ve işgücü hacmi



(%46) gibi pozitif faktörler, bu grubun 2050 yılında dünyanın en büyük ekonomik gücü haline geleceği tahminini kuvvetlendirmektedir (Narin ve Kutluay, 2013, s. 40). BRICS grubu, günümüzde dünyanın en hızlı büyüyen bölgelerinden birini temsil etmektedir ve önümüzdeki yıllarda enerji tüketimini daha da arttırması beklenmektedir (Chakravarty ve Mandal, 2016, s. 194).

Çalışma kapsamında BRICS ülkelerinin yanına Türkiye eklenmiş ve BRICS-T ülke ekonomileri çalışmanın örneklem grubu olarak kabul edilmiştir. 2000-2020 dönemine ait ekonomik karmaşıklık, birincil enerji tüketimi (bir birim üretmek için gerekli enerji miktarı) ve kişi başı GSYH verileri kullanılarak değişkenler arasındaki ilişki panel nedensellik analizi yöntemiyle araştırılmıştır. Literatürde ekonomik karmaşıklık ve iktisadi büyüme konularına sıkça değinilmesine rağmen, ekonomik karmaşıklığın maliyetlerinden biri olduğunu düşündüğümüz enerji tüketimi sahası yeterince araştırılmamıştır. Bu yönüyle çalışmanın literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaya katkı yapacağı düşünülmektedir. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde ilgili alan yazını çalışmaların bulguları kısaca özetlenecektir. Sonraki bölümde çalışmaya ait veri seti ve yöntem (metodoloji) dair bilgiler sunulacaktır. Nihai olarak ise ampirik bulgular verildikten sonra sonuç bölümünde bulgulara dayalı değerlendirme ve öneriler ortaya konulacaktır.

LİTERATÜR

Ekonomik karmaşıklık iktisadi literatürde ekonomik kompleksite ya da ihracat niteliği gibi çeşitli kavramlarla ifade edilse de özünde belirttiği anlam aynıdır. Bu çerçevede, çalışmanın bu bölümünde ekonomik kompleksite ile alakalı çalışmalardan bahsedilecektir. Konuyu kapsayan yazınlarda ekonomik karmaşıklığın çoğunlukla ekonomik büyüme ve iklim değişikliği konularını temsil eden değişkenlerle analiz edildiği dikkat çekmektedir.

Hidalgo ve Hausmann (2009) ülkelerin ekonomik karmaşıklık düzeyini, yine o ülkelerin ihraç ettiği ürünleri içeren iki parçalı bir ağ olarak temsil edilen bir yapıyla tanımlamıştır. Ayrıca, bu karmaşıklık ölçüsünün milli gelir düzeyleriyle ilişkili olduğunu ve bu ilişkiden sapmaların bile gelecekteki büyüme yörüngelerini etkilediğini ve içsel ekonomik karmaşıklık derecesi tarafından belirlenen gelir düzeylerine yakınsadığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, sürdürülebilir büyüme ve refah için kalkınma çabalarının ekonomik karmaşıklık düzeyini iyileştirmeye yönelik olması gerektiğini altını çizmişlerdir.

Zhu ve Li (2017) ise ekonomik kompleksite kavramının beşerî sermaye üzerine yansımalarını ele alarak ekonomik büyüme ile arasındaki nedenselliği incelemişlerdir. 210 farklı gelir grubu üzerine odaklandıkları çalışmalarında özellikle ortaöğrenim düzeyinin önemine vurgu yapılarak nitelikli beşerî sermaye ve ekonomik kompleksitenin ekonomik büyüme üzerinde uzun ve kısa dönemde önemli etkileri olduğunu vurgulamışlardır.



Çeştepe ve Çağlar (2017) Türkiye dâhil 86 ülkeyi kapsayan, altılı dönemlerden oluşan ve beş yıla yayılmış çalışmalarında, kişi başına düşen GSYH ile ekonomik karmaşıklık göstergeleri arasındaki ilişkiyi incelemek için panel veri analizi uygulamışlardır. Ekonomik karmaşıklık endeksinin analize dâhil edilen ülkeler için kişi başına gelir üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve bu etkinin istatistiksel olarak anlam ifade ettiğini tespit etmişlerdir.

Gozgor (2018) ise 1965-2016 dönemi için Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de iklim değişikliği sorununu ekonomik kompleksite, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme modelleri üzerinden analiz etmiştir. ARDL modeli uyguladığı çalışmasında ilgili dönemde ABD'de gerçekleşen yüksek iktisadi büyüme oranlarının ekonomik karmaşıklık katsayısının yüksekliği ve yüksek yenilenebilir enerji tüketimine bağlı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Boğa (2019) 1995-2017 dönemi yıllık verilerini kullanarak ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklık ilişkisini bu sefer gelişmişlik düzeylerine göre iki sınıfa ayırdığı geçiş ekonomileri ülkeleri üzerinden analiz etmiştir. Gelişmişlik düzeyi yüksek olan ülkelerde ekonomik kompleksitenin iktisadi büyümenin temel aktörü olduğu, iktisadi gelişmişlik düzeyi zayıf kalmış ikinci gruba giren memleketlerdeyse ekonomik karmaşıklığın iktisadi büyüme düzeyinde dikkate alınabilecek bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

Yıldız ve Akbulut Yıldız (2019), iktisadi büyüme ile iktisadi karmaşıklık arasındaki etkileşimi test etmek için 1970-2016 dönemine ait 10 yeni sanayileşen ülkenin verilerini analiz etmişlerdir. Çalışmada, panel geneli için iktisadi kompleksiteden iktisadi büyümeye olacak şekilde tek yönlü bir ilişki tespit ederken, bireysel ülkeler için Meksika, Malezya ve Güney Afrika'nın tek yönlü ilişki gösterdiğini ve Çin'in ise çift yönlü nedensellik ilişkisi gösterdiğini saptamışlardır.

Uçar, Soyyiğit, Nişancı (2019) G8 ülkeleri iktisadi gelişmişlik ve ekonomik karmaşıklık etkileşimi üzerinden nedensellik analizi yaptıkları çalışmalarında kişi başı gelir düzeyi ve ihracattan ekonomik karmaşıklığa doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi saptamışlardır.

Khan, Khan, Khan (2020) Çin ekonomisi üzerine yaptığı çalışmada, Çin'deki ekonomik ivmenin arkasında beşerî sermaye ve doğrudan yabancı yatırımlardaki yüksek katma değerler ülkenin ekonomik kompleksitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. VECM ve ARDL yöntemi uyguladıkları çalışmada ekonomik kompleksite ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında uzun dönemli çift yönlü nedensellik saptarken, kısa vadeli nedenselliğin tek yönlü olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



Çoban (2020), E7 ülkelerindeki ekonomik kompleksite ile insani gelişmişlik arasındaki etkileşimi analiz etmek için 1993-2017 yılları arasındaki verileri kullanmıştır. Çalışmasında, değişkenler arasında herhangi bir eşbütünlük ilişkisi bulunmamasına rağmen, insani gelişmişlik değişkeninden ekonomik kompleksiteye olacak şekilde doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu tsaptamışlardır.

Doğan, Balsalobre-Lorente, Nasir (2020) 1995-2014 dönemini kapsayan ve 32 Avrupa ülkesini tahlil ettikleri çalışmalarında enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlara göre ekonomik büyüme üzerinde daha olumlu sonuçlar verdiğini ve ekonomik kompleksitede gerçekleşen artışın iktisadi büyüme üzerinde destekleyici etkileri bıraktığını saptamışlardır.

Shahzad, Fareed, Shahzad, Shahzad (2021) ise için 1965:Q1-2017:Q4 ABD verilerini kullanarak ekolojik ayak izi, ekonomik karmaşıklık ve fosil yakıtlardan elde edilen enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Çalışmada uygulanan Granger nedensellik analizine göre üç değişkenin de birbirleri ile çift yönlü nedensellik ilişkisine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Adam vd. (2021) ise ekonomik karmaşıklığın işgücü piyasası üzerine etkilerini tahlil ettikleri çalışmalarında 1985-2008 dönemi için OECD ülke verilerinden faydalanmışken 1990-2010 dönemi için 70 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke verisini kullanmışlardır. Ülke üretim çıktılarında sofistike ürünlerin ağırlığının artmasının işsizliği azalttığını ve istihdam üzerine olumlu katkılarda bulunduğunu ekonomik büyümeyi ivmelendirdiğini saptamışlardır.

Yapraklı ve Özden (2021) ise OECD ülkeleri arasından farklı kalkınma düzeylerine sahip ülkeleri 1996-2017 dönemi için analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre ekonomik karmaşıklığın, kalkınma ve gelişmişlik düzeyine ait gayri safi yurt içi hâsıla (GSYH), doğrudan yabancı yatırımları (DYY), Ar-Ge harcamaları gibi ekonomik göstergelerinden, insani gelişme, gelir eşitsizliği gibi sosyal göstergelerden ve üretime dayalı CO2 emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi ve sera gazı gibi çevresel göstergelerden önemli ölçüde etkilendiğini sonucuna ulaşmışlardır.

Breitenbach, Chisadza ve Clance (2022) 1984-2016 dönemi için yüksek ve düşük gelir grubu ülkeleri üzerine panel veri analizi yaptıkları çalışmalarında düşük gelir grubu ülkelerinde ürün sofistikasyonunun düşük olduğunu, bunun da herhangi bir dışsal şok olduğu durumda çıktı düzeylerinde yüksek volatilité yaşanmasına sebebiyet vereceğini tespit etmişlerdir. Yüksek gelir grubu ülkelerinde ise sahip oldukları yüksek kompleksite düzeyli ürünler sayesinde ekonomilerinin dışsal şoklara uyum sağlamada daha etkin ve hızlı davranacağı sonucuna ulaşmışlardır.



Ekonomik Karmaşıklık Düzeyinin Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme ile İlişkisi: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Veri Analizi

Kim, Duc Niem ve Mai (2022) 2000-2017 dönemi için ASEAN ülkeleri arasındaki ihracatın niteliğindeki farklılaşmayla ekonomik büyüme düzeyini karşılaştırmış ve iktisadi büyümeyle ihracat sepetlerindeki ürünlerin kompleksitesi arasında ilişki olduğunu ama bu ilişkinin ülkeden ülkeye değiştiğini (Tayland, Singapur ve Malezya'da zayıf, Vietnam, Kamboçya ve Filipinler'de güçlü) saptamışlardır.

Saad, Brahim, Schaffar, Guesmi ve Saad (2022) ise çalışmalarında ekonomik kompleksite üzerindeki değişkenlerin ağırlığını test etmişlerdir. 1984-2018 dönemi için 133 ülke verisini kullanarak yaptıkları analizde GSYH ve ekonomik kırılganlık gibi değişkenlerin bir ülkenin ekonomik karmaşıklığını güçlü bir şekilde etkilediğini, beşerî sermaye ve yenilik oranının ise daha az önemli olduğunu, doğal kaynaklar ile etkileşimin ise negatif yönlü olduğunu tespit etmişlerdir.

Osinubi ve Ajide (2022) 1991-2020 dönemi verilerini kullanarak MINT ve BRICS ülkelerini inceledikleri çalışmalarında doğrudan yabancı yatırımların ekonomik kompleksiteye etkisini analiz etmişlerdir. Ev sahibi ülkelerin ekonomik kompleksite düzeyleri ile teknik alanda yatırım teşvik politikalarından faydalanan doğrudan yabancı yatırımlar arasında pozitif bir ilişki olduğunu saptamışlardır.

Taghvaei, Nodehi ve Saboori (2022) OECD ülkelerini çevresel kuznets eğrisi kapsamında analiz etmiş ve karbon emisyonu ile ekonomik karmaşıklık ilişkisini sektörel düzeyde araştırmışlardır. Sonuçlara göre karbon emisyonu ve ekonomik karmaşıklık arasında pozitif bir ilişki varlığı ortaya konmuştur. Sektörel düzeyde ise hizmet sektörünün yüksek çevre tahribatı nedeniyle ekonomik kompleksite gelişiminde hizmet sektörü planlaması yapılırken dikkatli olunmasını önermişlerdir.

Karasoy (2022) 1970-2017 dönemi Türkiye ekonomisi için yaptığı analizde küreselleşme ekonomik kompleksite ve finansal kalkınma ilişkisini araştırmıştır. Çalışma neticesinde küreselleşmenin finansal kalkınma vasıtasıyla ekonomik kompleksite üzerinde etkili olduğunu ve küreselleşme ile finansal kalkınma arasında tespit edilen çift yönlü nedensellik ilişkisi vasıtasıyla küreselleşmenin ekonomik kompleksite üzerinde etkileyici bir güce sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye ekonomisi için doğrudan yabancı yatırım ve ekonomik kompleksite ilişkisini analiz eden Doru (2022) ise 1995-2020 dönemi yıllık verilerini kullanarak ekonomik kompleksiteden doğrudan yabancı yatırımlara doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Bayar (2022) 1995-2019 dönemi CIVETS ülkeleri verilerini kullandığı çalışmasında ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklık arasında panel geneli için pozitif ve anlamlı bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Bu ilişki Kolombiya, Türkiye ve Vietnam için ekonomik büyümeden kompleksiteye doğru tek

yönlü, Hindistan için ekonomik kompleksiteden büyümeye tek yönlü ve Mısır için ise çift yönlü ilişki tespit etmişken G. Afrika için değişkenler arası herhangi bir ilişkiye rastlayamamıştır.

Numan vd. (2023) çalışmalarında çevresel bozulmayı merkeze alarak enerji verimliliği (tüketim ve yenilenebilir enerji kaynakları), iktisadi büyüme (milli gelir) ve ekonomik karmaşıklık değişkenleriyle detaylı bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Örneklem dönemi olarak 1990-2020 dönemine odaklanan çalışmada 45 tane düşük, orta ve yüksek ekonomik kompleksiteye sahip ülke için temiz enerji kullanımı ile sürdürülebilir ve çevre dostu kalkınma hedeflerine yönelik politika önerileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yaptıkları analiz sonucunda enerji verimliliği, ekonomik kompleksite ve yenilenebilir enerji kaynaklarında oluşacak pozitif artışın ekolojik ayak izini dönem farkı olmaksızın düşüreceğini tespit etmişlerdir. Nedensellik analizine göre ise ekolojik ayak izinden enerji verimliliği ve milli gelire olacak şekilde tek yönlü, ekonomik kompleksite ile ise çift yönlü granger nedensellik bağı saptamışlardır. Çalışmada ulaşılan nedensellik ilişkilerine göre; ülkelerin sürdürülebilir çevre dostu (sıfır karbon ayak izi) kalkınma politikaları uygulayabilmeleri için ekonomik sofistifikasyonu artırıcı vergi politikaları ve enerji verimliliğini arttırmaya yönelik kamu teşvikleri uygulamaları önerilmektedir.

Literatür incelendiğinde ekonomik karmaşıklık kavramının ilişkilendirildiği değişkenler başlarda makro iktisadi göstergelerken, son yıllarda çevresel etkileri barındıran karbon ayak izi, enerji verimliliği gibi kavramlar da ilgili yazınlara fazlasıyla konu edilmektedir. Bu nedenle ekonomik karmaşıklık ile ilgili literatür çoğunlukla bu iki gruptan oluşmaktadır. Bu çalışmanın hem tercih ettiği üretim enerji maliyeti değişkeni hem de literatürde görece seyrek analiz edilmiş BRICS-T ülkeleri üzerine tatbik edilen ampirik metodolojisiyle alana katkı yapacağı düşünülmektedir.

VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada BRICS-T ülkeleri için ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin ihracat niteliği olarak literatürde tanımlanan ekonomik karmaşıklıkla (ekonomik kompleksite) aralarındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Verilere erişimde yaşanan kısıtlar ve dengeli panel veri şartlarının sağlanması için ampirik analiz 2000-2020 dönemini kapsamaktadır. Analizde Cobb-Douglas üretim fonksiyonu çerçevesinde modellenen doğrusal fonksiyon dönüşüme tabi tutulduğunda oluşan ampirik model;

$$ecv_{it} = \beta_0 + \beta_1gdpp_{it} + \beta_2pe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

($i=1, \dots, 6$) ve ($t=2000, \dots, 2020$).



Modelde yer alan t zamanı, i birimleri, β eğim parametresini ε ise hata terimini ifade etmektedir. Değişken olarak modele dâhil edilen; (ECI) ekonomik karmaşıklık endeksini, (GDPP) iktisadi büyüme göstergesi olarak kişi başına düşen milli geliri ve (PE) ise birincil enerji tüketimini temsil etmektedir. Kurulan modelde bağımlı değişken olarak kullanılan ECI serisi; “oec.world” (The Observatory of Economic Complexity) internet sitesinden alınmış ve karmaşık uzmanlık bilgisi gerektiren teknolojiye dayalı üretilen ürünlerin kalitesini ölçmekte kullanılan endeksi temsil etmektedir. Bağımsız değişkenlerden kişi başı milli gelir; Dünya Bankası veri tabanından (WDI-World Development Indicators) alınmış 2010 sabit fiyatlarla ABD doları cinsindedir. Diğer bağımsız değişken olan PE serisi ise bir birim ürün üretmek için gerekli enerji tüketimi göstergesi olarak modele dâhil edilmiş ve Dünya Bankası veri tabanından (WDI) alınmıştır. Uygulanacak testlerde PE serisinin oransal, ECI serisinin negatif değerler barındırması nedeniyle logaritmik dönüşüm uygulanmamış, GDPP serisi ise doğal logaritmik dönüşüme tabi tutulmuş ve LNGDPP şeklinde temsil edilmiştir.

Öncelikle, analizin başlangıcında uygulanacak birim kök testinin belirlenmesinde önem arz eden modelin yatay kesit bağımlılığı incelenmiştir. Yatay kesit bağımlılığı testi için CDLM-Adj (Pesaran, Ullah ve Yamagata, 2008) adlı sapması düzeltilmiş LM test istatistiği kullanılmıştır. Bunun ardından, değişkenlerin durağanlığını test etmek için ikinci nesil birim kök testlerinden CADF Panel Birim Kök Testi kullanılmıştır. Son olarak, panel nedensellik sınaması yapılarak değişkenler arasındaki yansızlık hipotezi geçerliliği Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) Panel Granger Nedensellik testi ile araştırılmıştır. Analizde E-views 10 ve Gauss 21 programları kullanılmış, bulgulara geçmeden önce uygulanan metodolojiye ilişkin teorik bilgiler açıklanmıştır.

Ekonometrik analizde ilk olarak tatbik edilen yatay kesit bağımlılığı testleri, panelin zaman (T) ve kesit (N) boyutuna göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada veri setinin kesit ve zaman boyutu dikkate alınarak, zaman boyutunun kısa ve $T > N$ olduğu için CD_{LM-Adj} (Pesaran vd., 2008) test istatistiği dikkate alınmıştır. Testlere ait hipotezler şu şekildedir:

H_0 : yatay kesit bağımlılığı yoktur,

H_1 : yatay kesit bağımlılığı vardır.

CD_{LM-Adj} (Pesaran vd., 2008) testine ait ve test istatistiğinin asimptomatik olarak normal dağıldığını ifade eden denklem şu şekildedir (Pesaran vd., 2008, s. 108):

$$LM_{Adj} = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij} \frac{(T-k)\rho_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}} \quad (6)$$

(6) numaralı eşitlikte k regresör katsayısını temsil etmektedir. μ_{Tij} , $(T - k)\rho_{ij}^2$ 'nin ortalamasını, v_{Tij}^2 ise $(T - k)\rho_{ij}^2$ 'nin varyansını simgelemektedir.

Ampirik analize geçilmeden önce serilerin durağanlık mertebelerinin bilinmemesi sahte regresyon gibi problemlerin ortaya çıkmasına sebep olacağı için uygulanan modelin tutarlılığını etkileyecektir. Panel veri metodolojisinde seriler arası yatay kesit bağımlılığının (korelasyonun) varlığına göre ya birinci kuşak birim kök testleri (yatay kesit bağımlılığı yoksa) ya da ikinci kuşak birim kök testleri (yatay kesit bağımlılığı var ise) uygulanmaktadır (Tatoğlu, 2013). Çalışmada ulaşılan yatay kesit bağımlılığı test sonuçları bulgular kısmında detaylı şekilde verilmekle birlikte, bu sonuçlara göre durağanlık araştırması için ikinci nesil birim kök testlerinden CADF testinin uygun olacağı kararlaştırılmıştır.

CADF testi, Pesaran tarafından 2007 yılında geliştirilen bir testtir. Bu test, paneli oluşturan tüm seriler için ayrı ayrı CADF test istatistik değerleri hesaplar. Hemen ardından bu katsayıların aritmetik ortalaması alınarak panel genelini temsil edecek CIPS (Cross-Sectionally Augmented IPS) test istatistik değerleri hesaplanır. Bu testin amacı, birim kök hipotezlerini test etmek ve panelin tamamı için durağanlık analizi yapmaktır. CADF testi, panel ülkelerinin her biri için ayrı durağanlık sınaması yaparken, CIPS testi panelin tümü için durağanlık analizi yapar. Bu testin formülü ve tahmin edilecek regresyon denklemi (7) numaralı eşitlikte Pesaran (2007) tarafından açıklanmıştır.

$$t(N, T) = \frac{\Delta y_i' \bar{M}_{iy_{i-1}}}{\bar{\sigma}^2 (\Delta y_{i-1}' \bar{M}_{iy_{i-1}})^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

$$\bar{M} = (\tau, \Delta \bar{y}, \bar{y}_{t-1}) \quad (8)$$

“ τ ” (Tau) ve diğer değerlerin istatistiksel ifadeleri ise;

$$\tau = (1, 1, \dots, 1) \quad (9)$$

$$\Delta \bar{y} = (\Delta \bar{y}_1, \Delta \bar{y}_2, \dots, \Delta \bar{y}_t)' \quad (10)$$

$$\bar{y}_{t-1} = (\bar{y}_0, \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{t-1})' \quad (11)$$

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\Delta y_i \bar{M}_{i,w} \Delta y_i}{T-4} \quad (12)$$



CADF için sınanan hipotezler:

H_0 : $b_i = 0$ birim kök vardır,

H_1 : $b_i < 0$ birim kök yoktur.

Eşitlik (7)'de verildiği gibi CADF test istatistiği değerleri hesaplandıktan sonra CIPS istatistik değerleri de aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$CIPS(N, T) = t \text{ bar} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (13)$$

Pesaran'ın (2007) geliştirdiği CADF ve CIPS testleri için hesaplanan katsayılar, Monte Carlo simülasyonları baz alınan kritik değer tablosuyla karşılaştırılır. Eğer hesaplanan istatistik değerleri mutlak değer olarak kritik değerden küçükse, birim kök hipotezi H_0 kabul edilir ve böylece birim kök varlığı tespit edilmiş olur.

Çalışmada nedensellik sınaması için Emirmahmutoglu ve Kose (2011) tarafından geliştirilen, nüvesini Toda Yamamoto (1995) tarafından zaman serilerine yönelik olarak tasarlanmış nedensellik testinin oluşturduğu Panel Fisher Testi tatbik edilmiştir. Serilerin entegrasyon derecelerine ihtiyaç duymayan, bu nedenle ön testler neticesinde gerçekleşebilecek sapmaları ortadan kaldıran Toda Yamamoto (1995) nedensellik testi Emirmahmutoglu ve Kose (2011) tarafından panel veri analizine uyarlanmıştır. Her birim için ayrı ayrı VAR parametreleri tahminleyen bu test için panel genelinin heterojen olması ve yatay kesit bağımlılığı bulunması şartı aranmaktadır. Her kesit için tahmin edilen VAR modeli (14) numaralı eşitlikte verilmiştir (Emirmahmutoglu ve Kose, 2011, ss. 870-872);

$$Z_{i,t} = U_i + A_{i1}Z_{i,t-1} + \dots + A_{ik}Z_{i,t-k_i} + \sum_{l=k_i+1}^{k_i+dmax_i} A_{il}Z_{i,t-1} + u_{i,t} \quad (14)$$

$$i= 1,2,3 \dots N, \quad t=1,2,3 \dots T$$

H_0 = seriler arasında nedensellik ilişkisi yoktur,

H_1 = en az 1 seri verileri arasında nedensellik vardır.

Panel Granger nedensellik hipotezi sınaması için, Fisher istatistiği (λ);

$$\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(\rho_i) \quad (15)$$

ρ_i her bir modifiye Wald istatistiğine karşılık gelen ρ değeridir. Fisher test istatistiği $2N$ serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahip ve geçerlilik koşulu olarak N 'in $T \rightarrow \infty$ şeklinde sabitlenmesi gerekmektedir. Ön yükleme yönteminden elde edilen panel istatistiği ampirik dağılımı ile eşzamanlı korelasyon uyumu yakalanması sayesinde Fisher test istatistiği sınır dağılımını ortadan kaldıran yatay kesitler arasındaki çapraz korelasyonların varlığı sorununu gidermektedir. Heterojen karma panellerde $k_i + dmax_i$ gecikmeli VAR modelleri (16) ve (17) nolu eşitlikte verilmiştir:

$$x_{it} = \mu_i^x + \sum_{j=1}^{k_i + dmax_i} A_{11,ij} x_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i + dmax_i} A_{12,ij} y_{i,t-j} + u_{i,t}^x \quad (16)$$

$$y_{i,t} = \mu_i^y + \sum_{j=1}^{k_i + dmax_i} A_{21,ij} x_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i + dmax_i} A_{22,ij} y_{i,t-j} + u_{i,t}^y \quad (17)$$

Yukardaki eşitliklerde yer alan $dmax_i$ her bir i için maksimum eşbütünleşme derecesini temsil etmektedir. (16) numaralı eşitlik y 'den x 'e nedenselliği, (17) numaralı eşitlik ise x 'ten y 'ye nedenselliği temsil etmektedir.

BULGULAR

Veri seti ve yöntem bölümünde teorik açıklaması verilen metodolojik yöntem ve testlerin ilki yatay kesit bağımlılığı test sonuçları Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1: Yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testi sonuçları

Regresyon modeli		
Yıllar	Veri 1	Veri 2
$ec_{it} = \beta_0 + \beta_1 gdp_{it} + \beta_2 pe_{it} + \varepsilon_{it}$	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LM (BP, 1980)	29.024	0.016
CD_{lm} (Pesaran, 2004)	2.560	0.005
CD (Pesaran, 2004)	-1.453	0.073
LM_{Adj} (PUY, 2008)	2.554***	0.005

Not: ***, %1 önem seviyesinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

CD_{LM-Adj} (Pesaran vd., 2008) test istatistiği sonuçları, seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğunu dolayısıyla H_0 hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Bu sonuç bir ülkede meydana gelen şokun diğer ülkeleri de etkilediği anlamına gelmektedir. Bu tespitin ardından analize, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinden CADF panel birim kök testi kullanılarak devam edilmiştir. Tablo 2'de sabitli ve trendli model için yapılan CADF test sonuçları görülmektedir:



Tablo 2: CADF panel birim kök testi sonuçları

Ülkeler	Test İstatistiği (Sabitli-Trendli Model)				
	ECI	LNGDPP	DLNGDPP	PE	DPE
Brezilya	-0.741	-2.191	-3.007	-1.386	-2.503
Rusya	-4.345**	-2.737	-4.758**	-1.526	-2.839
Hindistan	-2.010	-3.526	-4.008**	-1.700	-2.721
Çin	-2.857	-1.979	-3.167	-1.414	-2.261
G.Afrika	-4.323**	-1.602	-3.901*	-3.658*	-3.559*
Türkiye	-2.366	-2.449	-3.139	-2.196	-1.696
Panel(CIPS)	-2.774*	-2.414	-3.663***	-1.980	-2.797*

Not: *, **, ve *** belirteçleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade ederler. Maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiş ve Schwarz bilgi kriteri kullanılarak optimal gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Tabloda her ülke için bireysel kritik değerler, Pesaran (2007) çalışmasındaki Tablo I (c)'den, panelin geneli için kritik değerler ise aynı çalışmadaki Tablo II (c)'den elde edilmiştir.

Tablo 2'de yer alan panel geneline ait (CIPS) test istatistiklerine bakıldığında ECI değişkeni düzey değerlerinde durağan bulunmuşken, PE ve GDPP serisinin birinci farkta birim kökten arındığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre ECI serisi I(0), PE ve GDPP serileri serisi ise I(1) kabul edilerek analize devam edilecektir. Ülke bazlı bakıldığında ise ECI değişkeni için Rusya'nın %5 anlamlılık seviyesinde durağan olduğu görülmektedir. LNGDPP değişkeni için I(1) değerlerinde sadece Rusya, Hindistan ve G.Afrika ülkelerine ait seriler sırasıyla %5, %5 ve %10 anlamlılık seviyesinde durağan bulunmuştur. PE değişkenine bakıldığında ise sadece G.Afrika ülke serisinin hem I(0) hem de I(1) seviyelerinde %1 anlamlılık seviyesinde durağan olduğu tespit edilmiştir. Analizin bundan sonraki kısmına ECI'nın düzey değeriyle, GDPP(d) ve PE(d)'nin ise birinci farkı alınmış değerleriyle devam edilecektir. Değişkenlerin durağanlık mertebeleri tespit edildikten sonra Emirmahmutoglu ve Kose (2011) panel nedensellik testine geçilmiştir. Emirmahmutoglu ve Köse (2011) Panel Granger Nedensellik testleri farklı seviyelerde (I[0] ve I[1]) durağan olan ve aralarında eşbütünleşme bulunmayan değişkenlerin nedensellik ilişkilerini incelemeye imkân tanır. Tablo 3 ve 4'te teste ait sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3: ECI ve LNGDPP arasındaki nedensellik ilişkisi sonuçları

Ülkeler	Gecikme Sayısı	ECI=>LNGDPP	Olasılık Değeri	LNGDPP=>ECI	Olasılık Değeri
Brezilya	1.000000	0.001368	0.970499	0.004361	0.947347
Rusya	2.000000	0.052962	0.973867	0.122334	0.940666
Hindistan	1.000000	3.447916*	0.063332	0.372340	0.541732
Çin	3.000000	13.47915***	0.003707	25.46821	1.23E-05
G.Afrika	1.000000	0.107123	0.743444	0.022221	0.881502
Türkiye	1.000000	1.135632	0.286577	0.684660	0.407987
Fisher		19.91903*	0.068633	26.10979**	0.010356

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 3 incelendiğinde BRICS-T ülkeleri için ekonomik kompleksiteden ekonomik büyümeye doğru %10 anlamlılık seviyesinde nedensellik bağı tespit edilmişken, ekonomik büyümeden ekonomik kompleksiteye doğru %5 anlamlılık düzeyinde nedensellik bağı tespit edilmiştir. Buna göre iktisadi büyüme olmadan nitelikli ya da diğer bir deyişle teknolojik ürün ihracatı mümkün görünmemektedir. İktisadi kaynakların yeterli birikime ulaşip, sermayenin teknolojik üretim sahasına kayması ve dünya ticareti için kabul edilebilir ölçütlerde teknoloji üretmesi zamanla ihracatın niteliğini arttıracak ve ekonomik karmaşıklık olarak Türkçeye çevrilen ülke ekonomik kompleksite düzeyini arttıracaktır. Ekonomik kompleksiteden ekonomik büyümeye doğru tespit edilen zayıf nedensellik ise ekonomik gelişme olmaksızın doğrudan yabancı yatırım aracılığıyla artırılan ekonomik kompleksite düzeyinin ülke kaynaklarının birikimi üzerinde dikkate değer bir etki yapmadığı anlamına gelmektedir.

Ülke bazlı bakıldığında ise; ekonomik büyümeden ekonomik kompleksite yönlü nedensellik ilişkisinde yer alan serilerde anlamlı çıkan istatistiğe rastlanmazken, ekonomik kompleksiteden iktisadi büyümeye yönlü ilişki Hindistan için %10, Çin için ise %1 seviyesinde anlamlı iken diğer ülkeler için istatistiki bir anlamlılığa rastlanmamıştır. Ekonomik kompleksite ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi ise Tablo 4'te verilmiştir.

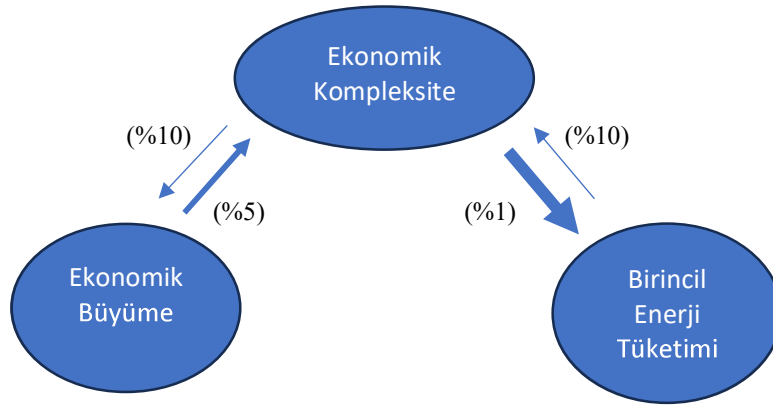
Tablo 4: ECI ve PE arasındaki nedensellik ilişkisi

Ülkeler	Gecikme Sayısı	ECI=>PE	Olasılık Değeri	PE=>ECI	Olasılık Değeri
Brezilya	3.000000	6.021279	0.110580	6.926831*	0.074267
Rusya	2.000000	7.027603**	0.029783	2.365898	0.306374
Hindistan	1.000000	0.528721	0.467145	0.905444	0.341326
Çin	3.000000	8.250756**	0.041104	9.607672**	0.022213
G.Afrika	1.000000	3.416195*	0.064560	0.184056	0.667911
Türkiye	1.000000	0.602025	0.437806	0.196615	0.657467
Fisher		26.46947***	0.009206	18.97598*	0.089110

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 4 incelendiğinde ekonomik kompleksite ve enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik bağı olduğu görülmektedir. Ekonomik kompleksiteden enerji tüketimine doğru %1 anlamlılık düzeyinde tespit edilen nedensellik ilişkisine ülke bazlı bakıldığında; Rusya ve Çin için %5, G. Afrika için ise %10 düzeyinde istatistiki anlamlılık tespit edilmişken diğer ülkelerde anlamlı sonuçlara rastlanmamıştır. Enerji tüketiminden ekonomik kompleksiteye doğru olan nedensellik ilişkisi ise %10 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisi ülke bazlı Brezilya için %10, Çin için ise %5 düzeyinde anlamlılığa sahipken diğer ülkelerde istatistiki anlamlılığa rastlanmamıştır. Çalışmada tespit edilen nedensellik ilişkileri Şekil 2’de gösterilmiştir:

Şekil 2: Tespit edilen nedensellik ilişkileri



Tespit edilen nedensellik ilişkilerindeki olasılıkların güçlülük derecelerine bakıldığında; ekonomik kompleksiteden enerji tüketimine yönlü nedenselliğin %1 gibi güçlü anlamlılık derecesiyle tespit edilmesi artan enerji kullanımında hane halkı tüketimlerinden ziyade teknoloji yoğun üretim gerçekleştiren sanayi



sektörünün etkili olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde ekonomik kompleksite denilen ileri teknoloji gerektiren üretim teknikleri ihracatın niteliğinde artış sağlarken enerji tüketimini de yükseltmektedir. Bu açıdan yorumlandığında nitelikli ihracatın yarattığı katma değere karşılık, özellikle enerjide dışa bağımlı ülkeler için artan tüketimle gelen yüksek enerji ithalatı ülkeleri seçim yapmaya zorlayıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

SONUÇ

Üretim ilişkilerinin yapısıyla modellenen toplumsal ilişkiler, son 300 yıldır üretim tekniğinde yaşanan gelişmelerle birçok toplumsal dönüşüme de katkı sunmuştur. Günümüz sanayileşmesinde 4.0 olarak adlandırılan, geliştirilen yazılım ve ağlar üzerinden otonom kontrol ya da optimizasyon imkânı sağlayan bu ileri teknikler, ülkelerin ürettiği mal ve ürünlerinde birbirinden ayrışmasını hızlandırmıştır. Endüstrileşmede yaşanan ilerlemeler ülke çıktı düzeylerini bir yandan arttırarak ülke iktisadi büyümelerinde yükselişlere neden olurken, üretilen sofistike ürünler ile de ürünlerin niteliklerini arttırmış ve ihracata konu mallarda ülkelere öznel avantajları beraberinde getirmiştir. İktisadi kaynakların yeterli birikime ulaşip beşerî sermayede nitelikli işgücünün yaygınlaşması, üretim faktörü olan sermayenin ileri teknoloji gerektiren üretim sahasına doğru kaymasına neden olacaktır. Bu da dünya ticareti için kabul edilebilir ölçütlerde sofistike ürün üretimini hızlandırarak ekonomik karmaşıklık olarak Türkçeye çevrilen ülke ekonomik kompleksite düzeyini zamanla arttıracaktır.

Mamullerin üretildiği ülke sayılarına bakıldığında az sayıda ülke tarafından üretilen ürünler aynı zamanda nitelikli ve katma değeri yüksek ürün olarak kabul edilmekte ve üretildiği ülke endüstrisi için ekonomik kompleksite düzeyini yukarı taşımaktadır. Çıktılarda yakalanan yüksek nitelik ve sofistike teknoloji için bir yandan beşerî sermayede bilgi ve teknolojik birikimin oluşması gerekliken diğer yandan enerji ihtiyacının da karşılanması ön koşul olmuştur. Bu yönüyle enerjide dışa bağımlı ülkeler üretim tekniğinde ne kadar ileri gitseler de ithal edilen enerji kaynakları nedeniyle nitelikli ihracata ya da ekonomik kompleksiteye ulaşamamaktadır.

Bu çerçevede ele alınan çalışmada 2000-2020 dönemi için iktisadi dinamikleri birbirine yakın olan BRICS-T ülke verileri üzerinden ekonomik kompleksite, iktisadi büyüme ve enerji kullanımı arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Panel veri metodolojisi takip edilen çalışmada yatay kesit bağımlılığı ve durağanlık testleri yapılmasının ardından panel nedensellik testine geçilmiştir. Anlamlılık düzeylerini %5 kabul ederek saptanan nedensellik ilişkilerini tahlil ettiğimizde karşımıza çıkan nedensellik bağları daha anlamlı hale gelecektir. Bu açıdan ekonomik büyümeden ekonomik kompleksiteye olan %5 ve ekonomik kompleksiteden enerji tüketimine doğru tespit edilen %1 anlamlılık seviyelerindeki tek yönlü nedensellik



bağı kavramların teorik arka planıyla ekonometrik bulguların uyduğuna işaret etmektedir. Tüm anlamlılık seviyeleri dikkate alınarak bakıldığında ise; ekonomik kompleksiteden ekonomik büyümeye %10, ekonomik büyümeden ekonomik kompleksiteye doğru %5 anlamlılık seviyesinde çift yönlü nedensellik ilişkisi, ekonomik kompleksiteden enerji tüketimine %1, enerji tüketiminden ekonomik kompleksiteye doğru ise %10 istatistiki anlamlılıkta yine çift yönlü bir nedensellik bağı tespit edilmiştir.

Emirmahmutoglu ve Köse (2011) Panel Granger nedensellik testi sonucunda ulaşılan bulgulara ülke bazlı bakıldığında ekonomik kompleksiteden ekonomik büyümeye doğru kurulan nedensellik ilişkisinde Hindistan %10, Çin'in ise %1 gibi kuvvetli bir istatistiki anlamlılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ters durum için ise hiçbir ülke verisinde anlamlı bir olasılık değerine rastlanmamıştır. Ekonomik kompleksiteden enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi içinde ise Rusya'nın %5, Çin'in %5 ve son olarak G.Afrika'nın %10 düzeyinde anlamlılık taşıdığı saptanmıştır. Enerji tüketiminden ekonomik kompleksiteye doğru tespit edilen ilişkide ise Brezilya %10, Çin ise %5 düzeyinde istatistiki anlamlılığa sahip olduğu yapılan analiz neticesinde ortaya konmuştur.

Ekonomik karmaşıklık ve enerji tüketimi ilişkisi ilgili yayınlarda net bir şekilde ortaya konmasa da çalışmada tespit edilen ekonomik karmaşıklık ve iktisadi büyüme arasındaki %5 olasılık değer kabulüyle var olan tek yönlü ilişki literatürdeki Adam vd. (2021), Çeştepe ve Çağlar (2017), Gozgor (2018), Hartmann vd.(2017), Hidalgo ve Hausmann (2009), Zhu ve Li (2017) çalışmalarının aksine ekonomik büyümeden ekonomik kompleksiteye doğru nedensellik ilişkisi varlığının en azından makalenin çalışma grubu için geçerli olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle Uçar vd. (2019) ve Saad vd. (2022)'nin çalışmalarına uyumlu olacak şekilde BRICS-T ülkeleri için kişi başı GSYH'nin ekonomik karmaşıklık üzerinde baskılayıcı bir etkiye sahip olduğu yapılan analiz sonucu tespit edilmiştir. Ulaşılan bu sonuca göre BRICS-T grubu için iktisadi büyüme olmadan nitelikli ya da diğer bir deyişle ileri teknoloji gerektiren ürün ihracatına geçişin mümkün olmadığı söylenebilir. Enerji tüketiminden ekonomik kompleksiteye doğru olan nedenselliğin aksi duruma göre daha zayıf olasılıkla tespit edilmesi artan enerji kullanımında hane halkı tüketimlerinden ziyade teknoloji yoğun üretim gerçekleştiren sanayi sektörünün etkili olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Diğer bir ifade ile ekonomik kompleksite ile enerji değişkeni olarak kullanılan birincil enerji tüketimi arasında tespit edilen kompleksiteden enerji tüketimine doğru %5 anlamlılıktaki nedensellik ilişkisi; ekonomik kompleksitenin ihracatın niteliğini arttırarak katma değer yaratması arkasında enerji tüketimini de yükselttiğini ortaya koymaktadır.

Ülke ekonomilerinin küreselleşme ile artan ve maliyet minimizasyonuna dayanan rekabetçi yapıları, ekonomik karmaşıklık endeksi kavramının ortaya çıkmasındaki temel motivasyonu oluşturmaktadır.



Dolayısıyla nitelikli ihracatın yarattığı katma değere karşılık, özellikle enerjide dışa bağımlı ülkeler için yüksek enerji maliyetleri ülkeleri seçim yapmaya zorlayacaktır. Analiz sonucu ortaya çıkan nedensellik ilişkileri göstermektedir ki; ekonomik getirisi yüksek sofistike üretim modellemesi yapılırken, enerjide dışa bağımlılığın getirdiği maliyet yükü önemli kısıtlardan biri olmaktadır. Bu yönüyle çalışma kapsamındaki ülke grupları için sadece teknolojik ve beşerî altyapının geliştirilmesi, beklenen ekonomik büyümeyi gerçekleştirmede tek başına yeterli olmayacaktır. Diğer bir çıkarım olarak fosil yakıtlara dayalı ulusal enerji kaynaklarından yeterli verimi alamayan ülkeler, büyüme hedeflerinde konvansiyonel enerji teknolojilerinden yenilenebilir enerji teknolojilerine geçişe hız vermelidir. Çalışmada örneklem olarak alınan ülkeler için; hem ekonomik büyüme değişkenini temsilen modele dâhil ettiğimiz kişi başı GSYH'nin hem de enerji maliyetlerinin ekonomik kompleksite üzerinde yoğunlaştırdığı baskılayıcı unsur, yüksek getiri hedefini gerçekçi kılan ürün sofistifikasyonunun ancak enerji maliyetleri minimize edildikten sonra ülke büyümesine katkı sunacağını göstermektedir.

YAZAR BEYANI / AUTHOR STATEMENT

Araştırmacı(lar) makaleye ortak olarak katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı(lar) herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKÇA

- Adam, A., Garas, A., Katsaiti, M.-S., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and jobs: An empirical analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 32(1), 1-28. doi: 10.1080/10438599.2020.1859751
- Bayar, İ. (2022). Ekonomik karmaşıklık endeksi ve ekonomik büyüme: CIVETS ülkelerinden ampirik kanıtlar. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 36, 237-251. doi: 10.18092/ulikidince.1052678
- Boğa, S. (2019). Ekonomik karmaşıklık seviyesinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: Geçiş ülkeleri için bir panel zaman serisi analizi. *Akademik Hassasiyetler*, 6(12), 357-386.
- Breitenbach, M. C., Chisadza, C., & Clance, M. (2022). The Economic Complexity Index (ECI) and output volatility: High vs. low income countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 31(4), 566-580. doi: 10.1080/09638199.2021.1995467
- Chakravarty, D., & Mandal, S. K. (2016). Estimating the relationship between economic growth and environmental quality for the brics economies—A dynamic panel data approach. *The Journal of Developing Areas*, 50(5), 119-130.
- Çeştepe, H., & Çağlar, O. (2017). Ürün sofistifikasyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 992-1000.



- Doğan, B., Balsalobre-Lorente, D., & Nasir, M. A. (2020). European commitment to COP21 and the role of energy consumption, FDI, trade and economic complexity in sustaining economic growth. *Journal of Environmental Management*, 273, 2-10. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111146
- Doru, Ö. (2022). Türkiye’de ekonomik karmaşıklık endeksi (ECI) ve doğrudan yabancı yatırım ilişkisi. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 235-251. doi: 10.55119/artuklu.1200656
- Emirmahmutoglu, F., & Kose, N. (2011). Testing for granger causality in heterogeneous mixed panels. *Economic Modelling*, 28(3), 870-876. doi: 10.1016/J.ECONMOD.2010.10.018
- Fortunato, P., & Razo, C. (2014). Export sophistication, growth and the middle-income trap. J. M. Salazar-Xirinachs, I. Nübler ve R. Kozul-Wright (Editörler), *Transforming economies—making industrial policy work for growth, jobs and development* (ss. 267-287) içinde. Geneva: International Labour Organization.
- Gozgor, G. (2018). A new approach to the renewable energy-growth nexus: Evidence from the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(17), 16590-16600. doi: 10.1007/s11356-018-1858-9
- Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions and income inequality. *World Development*, 93, 75-93. doi: 10.1016/j.worlddev.2016.12.020
- Harvard Growth Lab. (t.y.). *Country & product complexity rankings*. The Atlas of Economic Complexity website: <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings>
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., ... Yildirim, M. A. (2011). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Massachusetts: HKS Center for International Development and MIT Media Lab.
- Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1-25. doi: 10.1007/s10887-006-9009-4
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575. doi: 10.1073/pnas.0900943106
- Karadaş, H. A., Koşaroğlu, Ş. M., & Salihoğlu, E. (2017). Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 129-141.
- Karasoy, A. (2022). Examining the globalization-economic complexity-financial development nexus in Turkey. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 14, 485-499. doi: 10.20990/kilisibfakademik.1164750
- Khan, H., Khan, U., & Khan, M. A. (2020). Causal nexus between economic complexity and FDI: Empirical evidence from time series analysis. *The Chinese Economy*, 53(5), 374-394. doi: 10.1080/10971475.2020.1730554
- Kim, T., Duc Niem, L., & Mai, L. (2022). Economic complexity and economic development in ASEAN countries. *International Economic Journal*, 36(4), 556-568. doi: 10.1080/10168737.2022.2142643



- Medlock, K. B., & Soligo, R. (2001). Economic development and end-use energy demand. *The Energy Journal*, 22(2), 77-105.
- Narin, M., & Kutluay, D. (2013). *Değişen küresel ekonomik düzen: BRIC, 3G ve N-11 ülkeleri*. Ankara: Ankara Sanayi Odası Yayın Organı.
- Numan, U., Ma, B., Aslam, M., Bedru, H. D., Jiang, C., & Sadiq, M. (2023). Role of economic complexity and energy sector in moving towards sustainability in the exporting economies. *Energy Strategy Reviews*, 45, 1-12. doi: 10.1016/j.esr.2022.101038
- Osinubi, T., & Ajide, F. (2022). Foreign direct investment and economic complexity in emerging economies. *Economic Journal of Emerging Markets*, 14(2), 245-256. doi: 10.20885/ejem.vol14.iss2.art9
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312. doi: 10.1002/jae.951
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127. doi: 10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x
- Pietronero, L., Cristelli, M., & Tacchella, A. (2013). New metrics for economic complexity: Measuring the intangible growth potential of countries. *Plenary Conference of the Institute for New Economic Thinking'te sunulan bildiri*. Hong-Kong.
- Saad, M., Brahim, M., Schaffar, A., Guesmi, K., & Saad, R. (2022). Economic complexity, diversification and economic development: The strategic factors. *Research in International Business and Finance*, 64, 101840. doi: 10.1016/j.ribaf.2022.101840
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, K. (2021). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123806. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123806
- Taghvaei, V. M., Nodehi, M., & Saboori, B. (2022). Economic complexity and CO2 emissions in OECD countries: Sector-wise Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(02), 1-11. doi: 10.1007/s11356-022-21491-5
- Tatoğlu, F. Y. (2013). *İleri panel veri analizi: Stata uygulamalı*. İstanbul: Beta.
- Uçar, M., Soyyiğit, S., & Nişancı, M. (2019). Ülkelerin iktisadi gelişmişlik ve iktisadi karmaşıklık düzeyleri arasındaki ilişki: G8 ülkeleri örneği. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 138-148.
- Uslu, K. (2014). Avrupa Birliği'nde enerji ve politikaları. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 155-172.
- Yapraklı, S., & Özden, E. (2021). The effect of sustainable development on economic complexity in OECD countries. *International and Multidisciplinary Journal of Social Sciences*, 10(2), 51-80.
- Zhu, S., & Li, R. (2017). Economic complexity, human capital and economic growth: Empirical research based on cross-country panel data. *Applied Economics*, 49(38), 3815-3828. doi: 10.1080/00036846.2016.1270413