



Yazar/Author
Onur YAĞIŞ*

Makale Başlığı/Article Title

Ekonomik Karmaşıklığın Ekolojik Ayak İzine Etkisi Var mı? ASEAN 5 Ülkelerinden Yeni Kanıtlar

Does Economic Complexity Impact Ecological Footprint? New Evidence from ASEAN 5 Countries

ÖZ

Teknoloji ve yenilik kavramlarının ön plana çıkmaya başladığı 20 yy 'ın ikinci yarısından sonra üretim yapısında geleneksellikten karmaşık bir şekle dönüşüm başlamıştır. Üretimde çeşitlenme ve birçok pazarı elinde tutabilmek için farklı yeniliklerle üretimleri benzersiz bir hale getirme ihtiyaçları ekonomik karmaşıklık kavramını meydana getirmiştir. Öte yandan karmaşık ekonomilerin doğaya zararı özellikle ekolojik ayak izi bağlamında karbon emisyonlarının artmasına sebep olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisini 1998-2018 yıllık verileri kullanarak ASEAN 5 ülkeleri için Emirmahmutoğlu ve Köse nedensellik testi ile analiz etmektir. Bu nedenle çalışmada öncelikli olarak YKB (LM testi), daha sonra delta testleri, CADF birim kök testi ile Emirmahmutoğlu ve Köse nedensellik testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında %1 anlamlılık düzeyinde çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ülke olarak belirlenen analiz sonuçlarına göre; Endonezya, Filipinler ve Singapur'da ekonomik karmaşıklık ile ekolojik ayak izi arasında nedensellik ilişkisi bulunurken Endonezya, Malezya, Filipinler ve Singapur'da ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşık arasında nedensellik bağlantısı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Karmaşıklık, Ekolojik Ayak İzi, ASEAN 5, Panel Nedensellik Testi

ABSTRACT

After the second half of the 20th century, when the concepts of technology and innovation began to come to the fore, the production structure began to transform from traditional to complex. Diversification in production and the need to make production unique with different innovations in order to retain many markets have created the concept of economic complexity. On the other hand, the harm of complex economies to nature can lead to an increase in carbon emissions, especially in the context of ecological footprint. The aim of this study is to analyze the relationship between economic complexity and ecological footprint with the Emirmahmutoğlu and Köse causality test for ASEAN 5 countries using annual data from 1998-2018. For this reason, firstly YKB (LM test), then delta tests, CADF unit root test and Emirmahmutoğlu and Köse causality tests were applied in the study. As a result of the study, a bidirectional causality relationship was found between economic complexity and ecological footprint at the 1% significance level. According to the analysis results determined by country; While there is a causal relationship between economic complexity and ecological footprint in Indonesia, the Philippines and Singapore, it has been determined that there is a causal relationship between ecological footprint and economic complexity in Indonesia, Malaysia, the Philippines and Singapore.

Keywords: Economic Complexity, Ecological Footprint, ASEAN 5, Panel Causality Testing

Extended Abstract

The aim of this study is to analyze the relationship between economic complexity and ecological footprint with the Emirmahmutoglu and Köse causality test for ASEAN 5 countries using annual data from 1998-2018. For this reason, the LM test recommended by Breusch and Pagan (1980) was first applied in the study, then delta tests, CADF unit root test and Emirmahmutoglu and Köse causality tests were applied. The ecological footprint per capita (*EF*) dependent variable in the study was obtained from the Global Footprint Network database. Economic complexity index (*ECI*) values were obtained from Atlas Media database.

Since the 1980s, the importance of globalization and foreign trade has gradually increased. With foreign trade, countries have the opportunity to supply everything they need from other countries, from the simplest to the most complex products. While meeting changing needs over time can be achieved with knowledge and technology, sometimes it has not been possible. For this reason, countries have begun to prefer a more complex production and product structure than the traditional foreign trade approach. This change has brought about the concept of economic complexity. Economic complexity is a concept based on product diversity, explaining the development levels of countries and indicating the production capacities of countries. This concept is based on countries producing sophisticated goods and being among the most important producers. Environmental degradation may occur while countries produce such goods, and these degradations may spread throughout the world day by day. Ecological footprint is a measurement that calculates the disruptions that occur in the ecosystem as a result of activities carried out by humans and also indicates the level of biological capacity required to eliminate these disruptions. There is a close relationship between technological innovations and developments in the production of goods and services used in international trade and environmental degradation. This research was carried out considering the share of Asian tigers, especially ASEAN 5, in the global economy and environmental degradation. In this context, the aim of the study is to investigate the relationship between economic complexity and ecological footprint. The research was based on the period 1998-2018 for ASEAN 5 (Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore and Thailand) countries. Emirmahmutoglu and Köse causality test was used as a method. This research aims to contribute to the literature with its subject, country group, time period and analysis method.

According to individual country analysis results; A unidirectional causal link from ECI to EF was determined in Indonesia, the Philippines and Singapore. A one-way causality relationship from EF to ECI was detected in Indonesia, Malaysia, the Philippines and Singapore.

It is possible to say that in countries where there is causality from economic complexity to ecological footprint, changes that may occur in economic complexity will have serious effects on the ecological footprint. In countries where there is a double-causal relationship between economic complexity and ecological footprint, it is necessary to develop new products and techniques. It can be said that in countries where there is causality from ecological footprint to economic complexity, regulations regarding the ecological footprint may have effects on economic complexity.

While the causality from economic complexity to ecological footprint was significant for Indonesia, the Philippines and Singapore, it was found to be insignificant for Malaysia and Thailand. This indicates that changes in economic complexity may have significant effects on the ecological footprint. While causality from ecological footprint to economic complexity was significant for Indonesia, Malaysia, the Philippines and Singapore, it was found to be insignificant for Thailand. This situation may have effects on the economic complexity of the regulations regarding the ecological footprint. Bidirectional causality between economic complexity and ecological footprint is significant for Indonesia, the Philippines and Singapore, but insignificant for Malaysia and Thailand. In this case, it is possible to say that policies that reduce the ecological footprint and increase economic complexity should be followed, thus contributing to increased economic growth and development. In this context, policies that prioritize the environment must be implemented to ensure economic development. Complex products are produced using high

technology. The environmental friendliness of the technology used will contribute to an increase in complexity.

Regardless of its level of development, a country may initially harm the environment when it comes to producing a sophisticated product with a new facility. But the continuity of this effect is directly related to the development of the countries. While underdeveloped countries continue to produce and do not attach importance to environmental policies, their ecological footprint increases (usually); Developed countries can reduce their ecological footprint by implementing environmentally friendly policies (using filters in facilities, recycling waste, high carbon tax applications, etc.).

Based on the results obtained, some policy recommendations are made for ASEAN-5 countries:

- Politicians offer solutions to reduce the environmental impacts of economic complexity,
- Increasing educational activities,
- Minimizing the environmental damage caused by production by creating conscious societies,
- Establishing collaborations and agreements to improve environmental indicators in international arenas,
- Imposing serious sanctions on countries that do not comply with environmental and climate agreements,
- Establishing a global dialogue environment and structure regarding the environment,
- It is recommended to implement transparent environmental policies and programs.

Some limitations of this study are as follows. The first is the time period in the econometric application, the second is the country group considered and the third is the method used in the application used. In future studies, different countries, time periods and econometric applications can be investigated.

Giriş

Birleşmiş Milletler Raporu (UNDP 2021)'e göre, ülkeler yoksulluk, eşitsizlik, adaletsizlik ve iklim sorunlarıyla mücadele etmektedir. Ülkeler belirtilen bu problemlerin üstesinden gelmek için küresel iş birliğine ihtiyaç duymaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek adına sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak amaçlanmıştır (UNDP, 2021). Ülkelerin bu mücadelesi yüksek büyüme ve milli gelir elde etme amaçlarından kaynaklanmaktadır. Bu hedeflere ulaşmaya çalışan ülkeler çevreyi ikinci plana indirgeyen stratejiler ortaya koymaktadır. Bu süreçte meydana gelen çevresel tahribatlarla ve iklimsel sorunlarla mücadele edebilmek için farklı göstergelerin araştırılması zorunlu hale gelmiştir (Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, 2012: 6-12).

Ekolojik ayak izi(EF), göstergesi insan faktörünün ekosistemde ne derece bozulma meydana getirdiğini hesaplamaya yardımcı olmaktadır. Bozulmanın ortadan kalkması için biyolojik kapasite miktarı hesaplamalarından yararlanılmaktadır. Biyolojik kapasite, daha verimli su kaynakları ve topraklar olarak ifade edilir. Bu kapasite ayrıca yeni üretim göstergesidir. Ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite göstergelerinin hesaplanması altı alanın toplamından oluşmaktadır. Bu alanlar, balıkçılık ve orman faaliyet alanları, ekili, otlak ve yerleşik arazi alanları ile karbon talebinden meydana gelmektedir (Global Footprint Network(GFN), 2023a).

1990'lı yılların başında Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından ekolojik ayak izi kavramı sürdürülebilirliğin en temel şartlarını belirlemek için geliştirilmiştir (Ewing vd., 2010: 8). Ekolojik ayak izi, birey ya da faaliyetler sonucunda tüketilen kaynakların tekrardan üretimi ve neden oldukları atıkların yok edilmesi için ihtiyaç duyulan verimli biyolojik kara ve su alanlarını ifade etmektedir (Erdogan ve Okumus, 2021: 2).

İnsanoğlu toprağı kullanırken, doğal kaynakların tüketimini gerçekleştirirken, ihtiyaçlarını karşılarırken, yaşadığı dünyayı düşünmeden doğaya karşı duyarsız bir tutum içerisinde. Ekosistem dengelerinin alt üst olması sonucunda çevreyle ilgili tahribat meydana gelmektedir. Ekolojik problemler uzun vadede fark edilen ve oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Ekolojik tahribat endüstrileşme, şehirleşme, politik, ekonomik ve teknolojik gelişme gibi etmenler ile artmaktadır. Bu bakımdan çevreyle ilgili problemler toplumların ana gündem maddesi haline gelmektedir (Akıllı vd., 2008: 3-4).

Teknolojinin gelişmesi, nüfus artışı ve tüketimde meydana gelen artışlar doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. 20. yy ortalarından itibaren doğal kaynakların yok olma tehlikesinin fark edilmesinin ardından çevre kirliliğinin önemi gündeme gelmeye başlamıştır. Bunun akabinde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Üretim aşamasında kullanılan teknolojilerin doğaya zarar vermeden kullanılması, yanlış tüketim ve doğanın kirlenmesinin önlenmesi çevre eğitim faaliyetleriyle mümkün olabilir (Bener ve Babaoğul: 2008: 3). 20. ve 21. yy'da bilim ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmelerin akabinde üretim ve tüketimde artışlar yaşanmaktadır. Teknolojik gelişimlerle birlikte üretim ve tüketim artışları çevresel tahribatların artmasına neden olmaktadır (Ökmen, 1996: 4).

Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI), ülkelerin üretmiş oldukları malların çeşitliliğine dayanan, ülkelerin gelişmişlik seviyeleri ile ilgili bilgi elde edilmesine yardımcı olan ve ülkelerin üretim faaliyetleri hakkında bilgi veren bir kavramdır. Ekonomik karmaşıklık, ülkelerin verimlilik seviyelerini ortaya çıkarmakta ve üretim aşamasında yaratıcı bilginin kullanılmasıyla ürün çeşitliliğinin artacağını belirtmektedir (Hidalgo ve Hausmann, 2009: 10570-10575).

Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından literatüre kazandırılan ECI, ihracata konu olan ürünlerin kalitesini ürün gruplarına göre değerlendirmektedir. Bu endeks ülkeler tarafından üretilen ürünlerde teknolojiye bağlı olarak geliştirilen mal ve hizmetlerin çeşitliliğinin fazlalığı sayesinde karmaşıklık yapısını değerlendirmeyi sağlayan bir endekstir (Balland ve Rigby, 2016: 8; Şeker ve Şimdi, 2019: 661).

Ekonomik karmaşıklık, üretilen ürünlerin içerisinde barındırdığı bilginin ölçüsüdür. Bu ölçüm ekonomik karmaşıklık endeksini meydana getirmiştir (Atlas Medya, 2023a). Bu noktada ülkenin bir ürünün üretim aşamalarından ihraç edilmesine kadar geçen sürede kullanmış olduğu bilgi birikimi ve teknolojik yenilikler ekonomik karmaşıklık üzerinde büyük öneme sahiptir. Bu endeks ayrıca kalkınma, dış ticaret ve araştırma-geliştirme(Ar-ge) çalışmalarında popüler olarak kullanılmaya başlanmıştır (Soyyigit, 2019: 378-379).

20. yy ikinci yarısından itibaren gelişmekte olan teknoloji, üretimin artarak çeşitlenmesini sağlamıştır. Diğer yandan tüketim faaliyetleri ise çevresel bozulmalara yol açmaktadır (Rapport, 2000: 367). Ekonomik karmaşıklık ülkelerin ekonomik gelişmelerinin en önemli göstergeleri arasında yer almaktadır. Ülkeler gelişmelerini gerçekleştirirken çevreye vermiş oldukları tahribatları yok saymaktadır. Bu nedenle gelişim göstergesi ve bu gelişim göstergesinin çevre üzerindeki etkilerini incelemek için ekonomik karmaşıklık ve çevreyle ilgili ayak izi ilişkisinin araştırılmasını zorunlu hale gelmektedir.

Bu bağlamda araştırmanın diğer araştırmalardan özgün yönü ve literatüre katkısı ilk olarak ECI ve EF izi arasındaki ilişkinin ASEAN 5(Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland) ülkeleri için incelemesi yani ele aldığı ülke grubudur. İkinci olarak ise 1998-2018 dönemlerini

ele alması yani zaman aralığıdır. Üçüncü olarak ise Emirmahmutoglu ve Köse nedensellik testi ile incelenmesi yani ekonometrik tekniğidir. Dördüncü olarak her bir ülkeye dair ayrıntılı ve ele alınan araştırma konusuna dair bilgi ve politikalar için yol gösterici görevi üstlenmesidir. Araştırma geriye kalan kısımları giriş, teorik çerçeve, literatür taraması, ekonometrik analiz ile sonuç ve öneriler kısımlarından oluşmaktadır.

1. Teorik Çerçeve

Bu çalışmada kullanılan değişkenlerden biri olan ECI, ülkelerin ekonomilerinin karmaşıklığının hesaplanması için geliştirilmiş bir endekstir. Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından geliştirilen bu endeks, ülkelerin durumlarıyla ilgili olarak çeşitlilik ve yaygınlık kavramlarını kullanmaktadır. Çeşitlilik ülkenin ihracata konu olan mallarını kapsarken, yaygınlık ise mal ve hizmetleri ihraç eden ülkelerin sayısını göstermektedir. ECI hesaplaması yapılırken (c=ülke), (p=ürün) temsil eden M_{cp} matrisi varsayılmaktadır. C ülkesi p malının üretimini gerçekleştiriyorsa matris elemanı 1 değerine sahip olmakta, tam tersi durumda 0 değerini almaktadır. Matrisin satır ve sütun elemanları toplanmasıyla çeşitlilik ve yaygınlık elde edilir. Kavramların formülasyonları aşağıda belirtilmiştir (Hausmann vd., 2013: 24):

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

$$\text{Yaygınlık} = k_{p,0} = \sum_p M_{cp} (2)$$

Ülkede üretimi yapılan malın gerektirdiği nitelikleri ve ülkedeki yapabilirliğin ölçüsünü belirleyebilmek için ihracata konu olan mal ve hizmetlerin ortalama yaygınlığı ile ülkenin malı üretmedeki ortalama çeşitliliği; malın üretimini gerçekleştiren ülkelerin ortalama çeşitliliği ve ülkenin üretimini gerçekleştirdiği diğer malların ortalama yaygınlığının hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Bu hesaplama aşağıdaki formüllerde ifade edilmiştir:

Bu hesaplamalara ait formülasyonlar ise şu şekildedir

$$k_{c, N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp \cdot k_{p,N-1}} (3)$$

$$k_{p, N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_p M_{cp \cdot k_{c,N-1}} (4)$$

Yukarıda yer alan 3. ve 4. denklemden yola çıkarak 5 numaralı denkleme ulaşılmaktadır:

$$\tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} \cdot M_{c'p}}{k_{c,0} \cdot k_{p,0}} (5)$$

Denklemler hareketle hesaplaması yapılan ECI endeksine ait formül 6 numaralı denklemden yer almaktadır:

$$ECI = \frac{\overline{K} - \langle K \rangle}{\text{stdev}(K)} (6)$$

Yukarıdaki denklemden $\langle \rangle$, ortalamayı; stdev , standart sapmayı; \overline{K} , $\tilde{M}_{cc'}$ 'nin özvektörünü belirtmektedir (Bucak, 2022: 93-94).

Çalışmada yer alan değişkenlerden birisi olan ekolojik ayak izi bireyin yaşamını devam ettirebilmek için gerekli olan biyo-üretken kara ve deniz miktarının bir ölçütüdür. İnsanoğlunun gereksinim duyduğu besin maddesini üretmesi, atıkları yok etmesi ve CO₂ emilimi için ihtiyacı olan arazi miktarını içermektedir (Calcott & Bull, 2007, s. 5). EF, ülkede teknolojik yapı ve kaynakların idaresiyle bir faaliyetin tüketimini gerçekleştirdiği kaynakların üretiminde ya da

tüketiminde meydana gelen atığı yok etmek için zorunlu, biyolojik bakımdan verimli toprak ve su kaynaklarını belirtmektedir. Küresel hektar (kha) cinsinden ölçülmektedir. EF, verimli alanların kullanımlarına dair takiplerini sürdürmektedir. Bu alanlar karbon inşaat alan, tarım alanı, otlak alan, balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izi olarak 6 kategoride incelenmektedir. Biyolojik kapasite ise insanoğlunun doğadan aldıklarını tekrardan üretebilen üretici alanlardır. Ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite, kişi sayısı, tüketim, üretimde ve ekosistemde verimlilik ile değişiklik gösterebilmektedir (Kumar ve Kumar, 2019: 25). Ekolojik ayak izi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$EF = \sum_i \frac{C_i}{P_{y_i}} \times DQE_i \quad (7)$$

Yukarıdaki formülde ekolojik ayak izi EF, C_i tüketimi gerçekleştirilen i ürününün akışının yıllık ton miktarını, P_{y_i} i üretimi için dünya ortalama yıllık verimini, DQE_i ise i akışının üretimini gerçekleştiren arazinin eşitlik faktörünü göstermektedir (Mancini vd., 2015: 39 ; Ersungur vd., 2022: 275-276).

2. Literatür Taraması

Dünya da küreselleşmenin başlamasıyla birlikte çevresel bozulma konusuna dair araştırmalar artmıştır (Bucak, 2022: 3). Ekolojik ayak izi ise çevresel bozulmanın en önemli göstergelerinden birisidir. Bu nedenle son yıllarda bu konuya dair yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Küreselleşmeyle birlikte meydana gelen ekonomik büyümenin çevresel etkileri araştırmacılar tarafından yoğun ilgi görmektedir. Ekonomik karmaşıklık kavramı ve iktisadi büyüme yakın bir ilişkiye sahiptir. Bu araştırmada ise ECI ve EF arasındaki ilişki incelenmektedir. Bu konu hakkında literatür taraması yapıldığında, yapılan araştırmaların son dönemde yaygınlık kazandığı görülmektedir. Yapılan deneye dayalı araştırmalarda ilk zamanlarda çevresel kirliliği temsilen karbon emisyonlarının kullanıldığı görülürken daha sonraki güncel araştırmalarda karbon emisyonları yerine ekolojik ayak izinin kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Kimi çalışmalarda ECI ve EF arasında pozitif ilişki bulunurken kimi çalışmalarda negatif ilişki tespit edilmektedir. Bazı çalışmalarda ise herhangi bir anlamlı ilişkiye ulaşılamamaktadır. Literatür taramasında bu iki kavrama dair farklı ilişkileri ortaya koyan çalışmalara yer verilmektedir.

Wang vd. (2003), 2005 yılını ele alarak 155 ülke için GSYİH, EF ve Biyokapasite arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Mekânsal ekonometri yönteminin uygulandığı çalışmada, Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi (ÇKH) geçerli olmadığı bulunmuştur.

Can ve Gözgör (2016), 1966-2014 dönemi yıllık verileri ile Fransa için CO2 emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ECI ilişkine dair çıkarımda bulunmuştur. Zaman serisi analizi, DOLS yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ekonomik karmaşıklığın karbon emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu tahmin edilmiştir.

Aşıcı ve Acar (2016), gelir ve EF ilişkisine dair bir araştırma gerçekleştirmek için 116 ülkede 2004-2008 dönemini ele alarak inceleme yapmıştır. Sabit etkiler tahmin yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ÇKH geçerli olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Uddin vd. (2017), DOLS yöntemini uygulayarak 1991-2012 zaman aralığını ele alarak en çok emisyonu yol açan 27 ülke için EF ve reel gelir ilişkisine dair bir analiz gerçekleştirmiştir.

Çalışmada, EF ve reel gelir arasında olumlu bir etki, ticari açıklığın EF üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tahmin edilmiştir.

Ulucak ve Bilgili (2018), 1961-2013 dönemi yıllık verilerle orta ve yüksek gelirli 45 ülke için ET'in belirleyicilerinin tahminini gerçekleştirmiştir. CUP-FM, CUP-BC yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, ÇKH geçerli olduğu yargısına varılmıştır.

Neagu (2019), 25 AB ülkesi için 1995-2017 yıllık verilerle ECI ve EF ilişkisini ele alarak seçilmiş bir analiz gerçekleştirmiştir. Panel eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ECI'nın EF üzerindeki herhangi bir etkinin olmadığı belirtilmiştir.

Doğan vd (2020), 1990-2014 zaman aralığını ele alarak seçilmiş 28 OECD ülkesi için ECI ve çevresel bozulmalarla ilgili tahminde bulunmuştur. Panel veri analizi, Sabit etkiler(FE), Tamamen değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS), Dinamik En Küçük Kareler (DOLS), Otomatik Gerileyen Dağıtılmış Gecikme ARDL yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ECI ve çevresel bozulmalar arasında negatif bir etkiye bulunmuştur.

Yılcı ve Pata (2020), Çin için 1965-2016 yıllık verileriyle EF ile ECI ilişkisi için araştırma gerçekleştirmiştir. Eşbütünleşme testi ve nedensellik testi yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, yazarlar EF ile ECI arasında pozitif bir etkisinin var olduğunu kanıtlamıştır.

Shahzad vd. (2020), QARDL, Quantile Granger Nedensellik Testi yöntemlerini kullanarak ABD için EF ile ECI ilişkisine yönelik olarak tahminde bulunulmuştur. 1965Q1-2017Q4 çeyreklik verilerinin kullanıldığı çalışmada EF ve ECI'ya dair inceleme yapılmıştır. Çalışmada, değişkenlerin pozitif bir etkiye sahip olduğuna ulaşılmıştır. Ayrıca yazarlar iki değişken arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisini kanıtlamıştır.

He vd. (2021), ilk 10 enerji geçiş ekonomisi için ECI, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve küreselleşmenin CO₂ emisyonuna etkilerine dair araştırma yapmıştır. 1990-2018 yıllık verilerinin incelendiği çalışmada ikinci nesil birim kök testleri (CIPS ve CADF), Westerlund eşbütünleşme yaklaşımı ve uzun dönem tahminlerini kullanmıştır. ECI, yenilenebilir enerji ve küreselleşme ile CO₂ emisyonu arasında pozitif bir ilişki, ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu arasında negatif bir ilişki bulunmuştur.

Martins vd. (2021), 1993-2018 döneminde ECI'da ilk 7 ülke için ECI ve karbon emisyonları ilişkisine dair inceleme gerçekleştirmiştir. Homojenlik Testi, Eşbütünleşme Analizi, Eşbütünleşme tahmincisi, Panel nedensellik testi yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ECI ve karbon emisyonları arasında pozitif bir etkiye bulunmuştur.

Alvarado vd. (2021), Panel kantil regresyon analizi, En küçük kareler (OLS) yöntemlerini uygulayarak 17 Latin Amerika ülkesi ECI ve kişi başına düşen EF'i araştırmıştır. 1980-2016 yıllık verilerinin kullanıldığı çalışmada, yazarlar ECI ve kişi başına düşen EF'i ilişkisinin farklı gelir gruplarında farklı etkiler yaratabileceğini belirtmiştir.

Rafique vd. (2021), ECI endeksindeki ilk on ülke için ECI ve EF'e dair inceleme gerçekleştirmiştir. 1980-2017 döneminin ele alınarak Panel veri analizi, Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (S-GMM), FMOLS, DOLS yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, ECI ve EF arasında pozitif ilişki bulunmuştur.

Leitao vd. (2021), 1990-2015 dönemi yıllık verileri ile BRICS ülkeleri için EKC'ye dair inceleme gerçekleştirmiştir. FMOLS, DOLS, FE ve Panel Quantile Regresyon yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, (EKC) geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Khan vd. (2022), G-7 ülkeleri için 1996-2019 yıllık verileriyle tahminde bulunmuştur. Panel eşbütünleşme testinin uygulandığı çalışmada, EF ve enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca Khan vd. ECI'nın çevresel bozulmayı azalttığı ortaya koymuştur.

Bucak (2022), 1995-2017 döneminde G-8 ülkeleri ve Türkiye için EF ve enerji tüketimine yönelik olarak analiz yapmıştır. Toda Yamamoto Nedensellik Analizinin uygulandığı çalışmada, Türkiye dışındaki diğer ülkelerde EF ve enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Özbek ve Naimoğlu (2022) ilgili çalışmada, 1964-2018 yıllık verileri ile Türkiye için ECI ve EF ilişkisine dair tahminde bulunmuştur. Fourier ADL testinin uygulandığı çalışmada, enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Yazarlar ECI'nın kısa dönemde EF üzerinde artırıcı uzun dönemde ise azaltıcı bir etkiye sahip olduğu belirtmiştir.

Huang vd. (2022) araştırmasında, 1995-2018 yıllık verilerini kullanarak bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), yenilenebilir enerji, ECI, beşeri sermaye, finansal gelişme ve EF arasındaki ilişkiyi E-7 ve G-7 ülkeleri için ele almışlardır. Yatay kesit bağımlılığı ve ikinci nesil testlerin uygulandığı çalışmada, E-7 ülkeleri için ECI ve EF arasında pozitif ilişki, G-7 ülkelerinde ise finansal gelişme dışındaki diğer tüm değişkenlerle EF arasında negatif ilişkinin olduğunu kanıtlamıştır.

Wang vd. (2023) çalışmasında, 36 OECD ülkesi için ECI ve EF ilişkisini incelemiştir. Çoklu panel eşik regresyon tekniğinin kullanıldığı çalışmada 1998-2018 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Yazarlar araştırmalarının sonucunda ECI'da artışın çevresel iyileşme üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğunu belirtmiştir.

3. Ampirik Analiz

3.1. Veri

Bu çalışmada, 1998-2018 yıllık verileri kullanılarak ASEAN 5 (Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland) ülkeleri için ECI ve EF arasındaki ilişki Emirmahmutoğlu ve Köse nedensellik testi ile incelenmiştir. Çalışmada yer alan EF bağımlı değişkeni Küresel Ayak İzi Ağı veri tabanından temin edilmiştir (GFN, 2023). ECI değerleri Atlas Medya veri tabanından sağlanmıştır. Aşağıda Tablo 1'de çalışmada ele alınan değişkenler yer almaktadır. Değişkenler arasındaki ekonometrik ilişkinin gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$EF_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ECI_{it} + u_{it} \quad (8)$$

Yukarıdaki modelde doğrusal modelde t zaman boyutu, " u_{it} " hata terimini temsil etmektedir

Sembol	Veri Adı	Kaynak
EF	Kişi Başına Ekolojik Ayak İzi	Küresel Ayak İzi Ağı
ECI	Ekonomik Karmaşıklık	Atlas Medya

Tablo 1. Analizde kullanılan değişkenler

Tablo 1'de analizde kullanılan değişkenlere dair bilgiler yer almaktadır.

Sembol	EF	ECI
--------	----	-----

Ortalama	2.034	1.939
Medyan	1.650	1.960
Maksimum	4.440	2.940
Minimum	0.880	1.000
StandartHata	0.998	0.477
Gözlem	105	105

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmada kullanılan değişkenlerden EF, tanımlayıcı istatistik değerleri sonucuna göre ortalama değeri diğer değişkenlerin ECI ortalama değerlerinden daha fazladır. EF maksimum ve ECI minimum değerinin en yüksek olduğu değişkendir. ECI değişkeninin maksimum değeri EF'ye göre daha düşüktür. EF değişkeninin minimum değeri ECI değişkeninden küçüktür. Standart sapması düşük olan değişken ECI yüksek olan değişken ise EF değişkenidir.

3.2. Ekonometrik Yöntem Ve Bulgular

Modelde yatay kesit bağımlılığı probleminin tespit edilmesi için, Breusch-Pagan (1980) LM testi uygulanmıştır. Modelde bulunan serilerin durağanlıklarını tespit edebilmek için CIPS panel birim kök testi uygulanmıştır. Ardından çalışmada yatay kesit bağımlılığının varlığında ve heterojen panellerde kullanılabilinen ve aynı zamanda her bir yatay kesite ait sonuçlar verebilen Emirmahmutoglu ve Köse (2011) nedensellik testinin kullanılması tercih edilmiştir.

3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Panel veri analizinde, hangi birim kök testinin uygulanacağına karar verebilmek ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek için yatay kesit bağımlılık testi uygulanmaktadır. Her bir birim için yatay kesit bağımlılığının bulunup bulunmadığının incelenmesi, analizin ardından uygulanacak birim kök testi analizinin belirlenmesi hususunda bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Yatay kesit bağımlılığının bulunduğu durumlarda, bu durum göz ardı edilirse yanlış ve tutarsız sonuçlar elde edilir. Doğrusal Panel veri analizlerinde yatay kesit bağımlılığı testi analizin devamında yapılacak diğer testlerin belirlenmesi için ilk test konumundadır. Araştırmada (T>N) için Breusch ve Pagan (1980) LM testinin tercih edilmesine karar verilmiştir (Breusch ve Pagan, 1980: 239). LM istatistikleri aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir.

$$LM_{BP}T. \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \tilde{P}_{i,j}^2 \sim X_{N(N-1)/2}^2 \quad (9)$$

Testin hipotezleri ise;

H0: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H1: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Modelde yer alan değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı testleri sonucunda olasılık değerleri red olursa H0 hipotezi reddedilerek H1 hipotezi kabul edilmektedir. Eğer reddedilemez ise H0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu çalışma kapsamında serilere ait yatay kesit bağımlılık testi sonuçları Tablo 3'te yer aldığı gibidir;

CD Testi	EF	ECI
LM	63.15901(0.000)	166.0913(0.000)

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Modelde kullanılan bağımlı değişken ekolojik ayak izi ve bağımsız değişken ekonomik karmaşıklık endeksi değişkenleri için yapılan yatay kesit bağımlılığı testi sonucunda olasılık değerleri $p \leq 0.01$ olduğundan H_0 hipotezi %1 anlamlılık seviyesinde reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Bu sonuç paneli oluşturan ülkelerde ekonomik karmaşıklıkta, meydana gelebilecek şokların ekolojik ayak izini etkileyebileceğini belirtmektedir. Bu nedenle serilerin durağanlıklarının incelenmesi için yatay kesit bağımlılığını dikkate Alan CADF-CIPS birim kök testi kullanılmıştır. Yatay kesit bağımlılık testinin uygulanmasının ardından Delta Testleriyle Homojenlik sınaması gerçekleştirilmektedir. Tablo 5 ile gösterilmiştir;

3.2.2. Delta Testi

Değişkenlerin homojen veya heterojen bir yapıdan hangisine sahip olduklarına dair bilgi Delta testleri ile elde edilebilmektedir (Erataş vd., 2013: 23). Delta homojenlik testi Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından önerilmiştir. Bu test ile katsayıların homojenlik durumları sınanmaktadır. Bu test sayesinde homojen ya da heterojen katsayıya karar verilebilmekte ve tutarsız sonuçlar elde edilmesinin önüne geçilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 51). Delta testine ait denklem aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N}\pi \frac{N^{-1}\tilde{S}_k}{\sqrt{2k}} \quad (10)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \frac{\sqrt{NN^{-1}\tilde{S}_k}}{\sqrt{\text{Var}(T,k)}} \quad (11)$$

Hipotezler aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = \beta \quad (\text{tüm } \beta_i \text{'ler için})$$

$$H_1: \beta_1 = \beta_2 = \dots \neq \beta_n = \beta \quad (\text{en az bir } i \text{ için})$$

Uygulanan testin ardından olasılık değeri, $p \leq 0.05$ durumunda %5 anlamlılık seviyesinde H_0 hipotezi (modelin homojen bir yapıda bulunduğu) reddedilmekte ve H_1 hipotezi (modelin heterojen bir yapıda bulunduğu) kabul edilmektedir. Bir diğer ifade ile modelin heterojen olduğuna karar verilmektedir. Eğer modelde H_0 hipotezi kabul edilir ise homojen bir yapıya sahip olduğu kararına varılmaktadır.

Model 1	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
$\tilde{\Delta}$	4.662	(0.000)
Δ_{adj}	5.035	(0.000)

Tablo 4. Delta Testi Sonuçları

Çalışmada kurulan Model 1'e dair Delta test sonuçları yukarıda yer almaktadır. Delta (Δ) ve Düzeltilmiş Delta (Δ_{adj}) testinin olasılık değerine göre H_0 hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla H_1 hipotezi kabul edilerek modelde kullanılan değişkenlerin heterojen bir yapıda olduğu sonucuna varılmıştır. Delta testlerinin ardından birim kök testine geçilmiştir

3.2.3. Panel Birim Kök Testi

Birim kök testleri kendi aralarında birinci ve ikinci nesil olmak üzere ikiye ayrılır. Yatay Kesit Bağımlılığı (YKB) bulunmayan testler birinci nesil testler olarak ifade edilmektedir. YKB'yi

göz önünde bulunduran testler ise ikinci nesil birim kök testler olarak tanımlanmaktadır (Tatoğlu, 2012: 199). Bu çalışma kapsamında ikinci nesil birim kök testleri arasında bulunan CADF testi kullanılmıştır. YKB'nin varlığını dikkate alan bu test ADF birim kök testinin bireysel serilerindeki birinci farklarla gecikme düzeylerinin yatay kesit ortalamalarıyla genişletilmiş halidir (Pesaran, 2007: 267). CADF test istatistiği Pesaran (2007) istatistik kritik tablo değerlerinden büyük ise boş hipotez reddedilir ve serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılır. Tam tersi durumda ise serinin durağan olmadığı sonucu ortaya çıkar. Aşağıda yer alan H0 ve H1 hipotezlerini CADF test istatistiklerinin durağanlıklarını test etmektedir;

H₀: bi=0 ve H₁: bi<0

CADF testinde kullanılan ana denklem aşağıdaki gibidir

$$y_{\square t} = (1 - \phi_i) \mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{iz} \quad (12) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Hata terimi u_{it} 'dir.
 $u_{it} = \gamma_i f_i + \varepsilon_{it}$ (13)

f_i gözlemlenmesi mümkün olmayan ortak etkileri, ε_{it} ise hata terimlerini ifade etmektedir. $\phi_i = 1$ olması durumunda H₀: bi=0 (bütün i'ler için) CADF testinde incelenen denklem aşağıdaki gibidir;

$$\Delta y_{\square t} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

Bu denklemde $\alpha_i = (1 - \phi_i) \mu_i$, $\beta_i = -(1 - \phi_i)$ ve $\Delta y_{\square t} = y_{\square t} - y_{i,t-1}$ 'dir. Yani y_{it} 'nin gecikmeli I(1)'lerinin ilave edildiği tahmini yapılacak olan regresyon denklemi meydana gelir. Her bir yatay kesite dair değerlerin durağanlığının yapılması CADF testi ile zordur. Bu yüzden her bir kesit için CIPS istatistiği dikkate alınır. İlk önce CADF testi gerçekleştirilir. Daha sonra H0 hipotezinin geçerliliği panelin tümü için CIPS istatistiğiyle incelenebilmektedir. CIPS = $N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i$ Olarak belirtilen CIPS istatistiği, gecikmeli değişkenlerin t-istatistiklerinin ortalamaları hesaplanarak bulunmaktadır (Pesaran, 2007: 267-268).

CIPS birim kök testleri sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır;

I(0)	Panel CIPS Değeri
ECI	-2.605**
EF	-2.731***

Tablo 5. Birim kök testi sonuçları

Not: CIPS için %1 için kritik değer -2.60, %5 için kritik değer -2.34 olarak belirlenmiştir. ***, ** %1, %5 seviyelerindeki anlam derecelerini belirtmektedir.

Tablo 5'te görüldüğü üzere ECI değişkeninin I(0)'da ve EF değişkeninin I(0)'da durağan hale geldikleri görülmektedir. Buna göre ECI ve EF değişkenleri için hesaplanan Panel CIPS değerleri -2.605 ve -2.731'dir. Bu değerler kritik değer olan -2.34 ve -2.60'dan mutlak değerce daha büyük olduğundan serilerin %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinde durağan oldukları anlaşılmaktadır.

3.2.4. Panel Nedensellik Testi

Heterojen panellerde de kullanılabilen ve Granger nedensellik testine dayanan Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testi, yatay kesit bağımlılığının bulunduğu zamanlarda kullanılmaktadır (Altınar, 2019: 374). Bu nedensellik testinde Fisher test istatistikleri dikkate alınmaktadır. Fisher (1932), (p değerlerini) bir araya getirmiştir. Teste ilişkin denklem aşağıdaki gibidir;

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

$$i=1,2,\dots,N$$

Denklemden yer alan değeri i . kesitin Wald istatistiklerine tekabül eden p değerlerini ifade etmektedir. İlaveten bu test istatistiği $2N$ serbestlik dereceli bir ki-kare dağılım niteliğini barındırmaktadır. Fisher testinde yatay kesit bağımlılığının bulunduğu zamanlarda tutarlı sonuçlar ortaya konulamamaktadır. Bu yüzden Bootstrap tekniği dikkate alınmaktadır. Bu durumda test bu tekniğe ilişkin gecikmeli VAR modeline dayanmaktadır. X ve y arasındaki nedensellik ilişkisi aşağıdaki gibidir;

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

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

Denklemler 16 ve 17'de x ve y değişkenleri nedensellik araştırmasındaki maksimum ilişkiyi belirtilmektedir. Paneli oluşturan her bir yatay kesit için sistemde meydana gelen maksimum bütünleşme sırasını belirtmektedir (Emirmahmutoğlu ve Köse, 2011: 872). Tablo 6'da değişkenler ait panel nedensellik sonuçları bulunmaktadır;

ECI-EF	Gecikme Uzunluğu	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri	EF-ECI	Gecikme Uzunluğu	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
Endonezya	1	15.859	0.000**	Endonezya	1	3.485	0.062*
a			*	a			
Malezya	1	1.410	0.235	Malezya	1	5.601	0.018**
Filipinler	1	3.974	0.046**	Filipinler	1	3.128	0.077*
Singapur	1	8.751	0.003**	Singapur	1	4.470	0.034**
			*				
Tayland	1	0.505	0.477	Tayland	1	0.321	0.571
Fisher Test İstatistiği		41.265	Bootstra p 0.000**	Fisher Test İstatistiği		26.588	Bootstra p 0.003**
			*				*

Tablo 6. Emirmahmutoglu ve Köse Nedensellik Testi

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 seviyelerinde nedenselliği belirtmektedir.

Panel genelini temsil eden Fisher test istatistiklerine bakıldığında, hem ECI'dan EF'e doğru, hem de EF'den ECI'ya doğru nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Bireysel ülke analiz sonuçlarına göre; Endonezya, Filipinler ve Singapur'da ECI'dan EF'e doğru tek taraflı nedensellik bağlantısı belirlenirken Malezya ve Tayland'da herhangi bir nedensellik tespit edilememiştir. Endonezya, Malezya, Filipinler ve Singapur'da EF'den ECI'ya nedensellik bağlantısı belirlenirken Tayland'da aynı bağlantı bulunamamıştır.

Sonuç

1980'li yıllardan itibaren küreselleşme ve dış ticaretin önemi giderek artmıştır. Dış ticaret ile ülkeler gereksinimleri olan basit ürünlerden en karmaşık ürünlere değin her şeye farklı ülkelerden ulaşma imkânına kavuşmuştur. Değişen gereksinimlerin karşılanması kimi zaman bilgi ve teknoloji ile mümkün olmuşken kimi zamanda bu durum mümkün olmamıştır. Bu yüzden değişen ihtiyaçları karşılamak için ülkeler geleneksel dış ticaret anlayışından, karmaşık üretim ve ürün yapısı anlayışına geçiş yapmıştır. Bu değişim beraberinde ekonomik karmaşıklık kavramını ortaya çıkarmıştır. Ekonomik karmaşıklık, ürün çeşitliliğine dayanan, ülkelerin gelişmişlik seviyelerini açıklayan ve ülkelerin üretim alanındaki kapasitelerini belirten bir kavramdır. Bu kavram ülkelerin sofistike mal üretimine ve en önemli üreticiler arasında yer almalarına dayanmaktadır. Ülkeler bu tür malları üretirken çevresel bozulmalar meydana gelebilmekte ve bu bozulmalar gün geçtikçe dünyanın tümüne yayılabilmektedir. Ekolojik ayak izi, insanlar tarafından gerçekleştirilen faaliyetler neticesinde ekosistemde meydana gelen bozulmaları hesaplayan aynı zamanda bu bozulmaları ortadan kaldırmak için gerekli olan biyolojik kapasite düzeyini belirten ölçümdür. Uluslararası ticarete kullanılan mal ve hizmetlerin üretimi noktasında ortaya çıkan teknolojik yenilik ve gelişmeler ile çevresel bozulma arasında yakın bir ilişki vardır. Özellikle ASEAN 5 olarak ifade edilen Asya kaplanlarının küresel ekonomi ve çevresel bozulma içerisindeki payı göz önünde bulundurularak bu araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırılmasıdır. Araştırmada ASEAN 5 (Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland) ülkeleri için 1998-2018 dönemi baz alınmıştır. Yöntem olarak Emirmahmutoglu ve Köse nedensellik testi kullanılmıştır. Bu araştırma ele aldığı konu, ülke grubu, zaman aralığı ve analiz yöntemi ile literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Panel Fisher test istatistiklerine bakıldığında ECI ve EF arasında %1 seviyesinde çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğuna ulaşılmıştır. Araştırma bulguları Shahzad vd. (2020), Yılcıncı ve Pata(2020), Özbek ve Naimoğlu (2022) İkrâm vd. (2021) ile aynı sonuca sahiptir.

Bireysel ülke analiz sonuçlarına göre; Endonezya, Filipinler ve Singapur'da ECI'dan EF'e doğru tek yönlü nedensellik bağlantısı belirlenmiştir. Endonezya, Malezya, Filipinler ve Singapur'da EF'den ECI'ya doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

ECI'dan EF'e doğru nedenselliğin bulunduğu ülkelerde, ECI'da meydana gelebilecek değişimlerin EF üzerinde ciddi derecede etkilerinin olacağını söylemek mümkündür. ECI ve EF arasında çift taraflı nedensellik ilişkisinin bulunduğu ülkelerde, yeni ürün ve tekniklerin

geliştirilmesi zorunludur. EF'den ECI'ya doğru nedenselliğin olduğu ülkelerde, EF'le ilgili yapılabilecek düzenlemelerin ECI üzerinde etkiler yaratabileceği söylenebilir.

ECI'dan EF'e doğru nedensellik Endonezya, Filipinler ve Singapur için anlamlı iken, Malezya ve Tayland için anlamsız bulunmuştur. Bu durum ECI'da değişimlerin EF üzerinde önemli etkilerinin olabileceğini belirtmektedir. EF'den ECI'ya doğru nedensellik Endonezya, Malezya, Filipinler ve Singapur için anlamlı iken Tayland için anlamsız bulunmuştur. Bu durum EF'le ilgili yapılacak düzenlemelerin ECI üzerinde etkiler yaratabilir. ECI ve EF arasında çift taraflı nedensellik Endonezya, Filipinler ve Singapur için anlamlı iken Malezya ve Tayland için anlamsızdır. Bu durumda EF'i azaltıcı ve ECI'yı artırıcı politikaların izlenmesi gerektiğini, böylece iktisadi gelişim ve kalkınmalarının artmasına katkı sağlayabileceğini söylemek mümkündür. Bu bağlamda, ekonomik gelişimlerin sağlanmasında çevreyi ön planda tutan politikaların uygulanması gerekmektedir. Karmaşık ürünler yüksek teknoloji kullanılarak üretilmektedir. Kullanılan teknolojinin çevre dostu olması karmaşıllığında artmasına katkı sağlayacaktır.

Gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun bir ülke yeni bir tesisle sofistike bir ürünün üretilmesi noktasında başlangıç için çevreye zarar verebilir. Ama bu etkinin devamlılığı ülkelerin gelişmişlikleri ile doğrudan ilişkilidir. Gelişmemiş ülkeler üretime devam ederken çevreci politikalara önem vermediğinden (genellikle) ekolojik ayak izi artarken; gelişmiş ülkeler çevreci politikalar (tesislerde filtre kullanılması, atıkların dönüştürülmesi, yüksek karbon vergi uygulamaları vb.) uygulayarak ekolojik ayak izini azaltabilir.

Elde edilen sonuçlardan hareketle ASEAN-5 ülkeleri için bazı politika önerilerinde bulunmaktadır:

- Politikacıların ekonomik karmaşıklığın çevresel etkilerinin azaltılabilmesi için çözüm önerileri sunması,
- Eğitim faaliyetlerinin artırılması,
- Bilinçli toplumların oluşturularak yapılan üretimlerin çevreye verdiği zararların minimize edilmesi,
- Uluslararası alanlarda çevresel göstergelerin iyileştirilmesine yönelik işbirlikleri ve anlaşmalar gerçekleştirilmesi,
- Çevre ve iklim anlaşmalarına uymayan ülkelerin ciddi yaptırım cezalarına çarptırılması,
- Çevreyle ilgili küresel diyalog ortamı ve yapılanmanın oluşturulması,
- Şeffaf çevre politikaları ve programları uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışmanın bazı kısıtları şunlardır. Birincisi ekonometrik uygulamadaki zaman aralığı, ikincisi ele alınan ülke grubu ve üçüncüsü kullanılan uygulamada kullanılan metottur. Gelecek çalışmalarda farklı ülke, zaman aralığı ve ekonometrik uygulamalar araştırılabilir.

Kaynakça

- Ahmad, M., Ahmed, Z., Majeed, A. ve Huang, B. (2021). An environmental impact assessment of economic complexity and energy consumption: does institutional quality make a difference? *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106603. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106603>

- Akıllı, H., Kemahlı, F., Okudan, K. ve Polat, F. (2008). Ekolojik ayak izinin kavramsal içeriği ve akdeniz i.i.b.f.'nde bireysel ekolojik ayak izi hesaplaması. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 15, 1-25.
- Altınar, A. (2019). Mınt ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: panel nedensellik analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 10(2), 369-378.
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Mendez, P. ve Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in latin america: empirical evidence using quantile regressions. *Journal of Cleaner Production*, 318(128585), 1-14.
- Aşıcı, A. A. ve Acar, S. (2016). Does income growth relocate ecological footprint? *Ecological Indicator*, 61, 707-714.
- Atlas Media (2023a). Atlas Of Economic Complexity. <https://atlas.cid.harvard.edu/glossary> adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Atlas Media (2023). Atlas Of Economic Complexity. <https://atlas.cid.harvard.edu/glossary> adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Balland, P. A. ve Rigby, D. (2016). The geography of complex knowledge. *Economic Geography*, 93(1), 1-23.
- Bener, Ö. ve Babaoğlu, M. (2008). Sürdürülebilir tüketim davranışı ve çevre bilinci oluşturmada bir araç olarak tüketici eğitimi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 1-10.
- Breusch, T. ve Pagan, A. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Bucak, Ç. (2022). Brics-t ülkelerinde ekonomik karmaşıklık ve küreselleşme ilişkisi: panel veri analizi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 14(26), 92-105.
- Can, M. ve Gozgor, G. (2016). Dynamic relationships among co2 emissions, energy consumption, economic growth, and economic complexity in france. *MPRA*, 70373, 1-21.
- Calcott, A. ve Bull, J. (2007). Ecological Footprint Of British City Residents, Wwf-Uk. http://assets.wwf.org.uk/downloads/city_footprint2.pdf adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Doğan, B., Saboori, B. ve Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 31900-31912.
- Emirmahmutoğlu, F. ve Köse, N. (2011). Testing for granger causality in heterogeneous mixed panels. *Economic Modelling*, 28, 870-876.
- Erataş, F., Nur, H. B. ve Özçalık, M. (2013). Feldstein-horioka bilmecesinin gelişmiş ülke ekonomileri açısından değerlendirilmesi: panel veri analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 18-33.
- Erdogan, S. ve Okumus, I. (2021). Stochastic and club convergence of ecological footprint: an empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, 1-13.
- Ersungur, M. Ş., Tığtepe, E. ve Kılıç, F. (2022). Ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisi: todayamamoto nedensellik analizi. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2, 271-294.
- Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A. ve Wackernagel, M. (2010). *Ecological Footprint Atlas 2010*. Global Footprint Network.
- Global Footprint Network (2023). Veri Dosyası. <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?type=BCpc,EFCpc&cn=223> adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Global Footprint Network (2023a). <https://www.footprintnetwork.org/> adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A. ve Yıldırım, M. A. (2013). *The Atlas Of Economic Complexity-Mapping Paths To Prosperity*. The MIT Press.

- He., K., Ramzan, M., Awosusi, A. A., Ahmed, Z., Ahmad, M. ve Altuntas, M. (2021). Does globalization moderate the effect of economic complexity on co2 emissions? evidence from the top 10 energy transition economies. *Frontiersin Environmental Science*, 9, 1-11.
- Huang, Y., Haseeb, M., Usman, M. ve Öztürk, İ. (2022). Dynamic association between ict, renewable energy, economic complexity and ecological footprint: is there any difference between e-7 (developing) and g-7 (developed) countries? *Technology in Science*, 68(101853), 1-16.
- Hidalgo, C. A. ve Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575.
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U. ve Rafique, M. Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: contextual evidences from japan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47 (101460), 1-12.
- Khan, S., Yahong, W. ve Chandio, A. A. (2022). How does economic complexity affect ecological footprint in g-7 economies: the role of renewable and non-renewable energy consumptions and testing ekc hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Kumar, M. A. ve Kumar, Y. T. (2019). What is ecological footprint and why is it important?, *Agronomy*, 18(1), 25-26.
- Lenzen, M., Hansson, C. B. ve Bond, S. (2007). On the bioproductivity and land-disturbance metrics of the ecological footprint. *Ecological Economics*, 61, 6-10.
- Leitão, N. C., Balsalobre-Lorente, D. Ve Cantos-Cantos, J. M. (2021). The impact of renewable energy and economic complexity on carbon emissions in brics countries under the ekc scheme. *Energies*, 14(16), 2-15.
- Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, C., Bastianoni, S., Wackernagel, M. ve Marchettini, N. (2015). Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecological Indicators*, 61(2), 390-403.
- Martins, J. M., Adebayo, T. S., Mata, M. N., Oladipupo, S. D., Adeshola, I., Ahmed, Z. ve Correia, A. B. (2021). Modeling the relationship between economic complexity and environmental degradation: evidence from top seven economic complexity countries. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1-12.
- Neagu, O. (2019). The link between economic complexity and carbon emissions in the european union countries: a model based on the environmental kuznets curve (ekc) approach. *Sustainability*, 11, 1-27.
- Ökmen, M. (1996). Teknoloji, tüketim ve çevre sorunları. *Çevre Dergisi*, 19, 4-7.
- Özbek, S. ve Naimoğlu, M. (2022). Çevre kalitesi-ekonomik karmaşıklık ilişkisi: türkiye ekonomisi üzerine fourier eşbütünleşme analizi. *İstanbul İktisat Dergisi*, 72(1), 407-431. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2022-1061837>
- Özer, Z. (2002). Ekolojik ayak izleri. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 419, 82-84.
- Pesaran, H. M. ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- 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.
- Rafique, M. Z., Nadeem, A. M., Xia, W., Ikram, M., Shoaib, H. M., & Shahzad, U. (2021). Does economic complexity matter for environmental sustainability? Using ecological footprint as an indicator. *Environment Development and Sustainability*, 1-18.
- Rapport, D. J. (2000). Ecological footprints and ecosystem health: complementary approaches to a sustainable future. *Ecological Economics*, 32, 367-370.

- Shahzad, U., Fareed, Z., Shadzad, F. ve Shadzad, K. (2020). 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(2021), 123806.
- Soyyığıt, S. (2019). Sektörel katma değer ve yapısal dönüşüm ilişkisi: cee ülkeleri ve türkiye analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 377-393.
- Solarin, S. A. ve Bello, M. O. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: the case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 89, 35-44.
- Solarin, S. A. (2019). Convergence in co2 emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from oecd countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6167-6181.
- Şeker, A. ve Şimdi, H., (2019). The relationship between economic complexity index and export: the case of turkey and central asian and turkic republics. *Economy of Region*, 15(3), 659-669.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *Panel Veri Ekonometrisi*. Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Uddin, G. A., Salahuddin, M., Alam, K. ve Gow, J. (2017). Ecological footprint and real income: panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175.
- Ulucak, R. ve Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of ekc model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*, 188(7), 144-157.
- UNDP (2021). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Küresel Amaçlar. <https://www.kureselamaclar.org/adresinden> 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.
- Yılancı, V. ve Pata, U. K. (2020). Investigating the ekc hypothesis for china: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 32683-32694.
- Wang, Y., Kang, L., Wu, X. ve Xiao, Y. (2013). Estimating the; environmental kuznets curve for ecological footprint at the global level: a spatial econometric approach. *Ecological Indicator*, 34, 15-21.
- Wang, Q., Yang, T. Ve Rongrong, L. (2023). Economic complexity and ecological footprint: The role of energy structure, industrial structure, and labor force. *Journal of Cleaner Production*, 412(137389), 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137389>.
- WWF (2012). Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf/ adresinden 19.09.2023 tarihinde alınmıştır.

Çatışma beyanı

Makalenin yazarı, bu çalışma ile ilgili taraf olabilecek herhangi bir kişi ya da finansal kuruluş ile ilişkisi bulunmadığını dolayısıyla herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Destek ve teşekkür

Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.