

Araştırma Makalesi / Research Article

AZERBAIJAN'DA İNOVASYON VE SANAYİLEŞMENİN ÇEVRESEL BOZULMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Taleh MAMMADOV¹ , Gülnar MAMMADOVA² 

ÖZET

Günümüz literatüründe hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ekonomilerde çevresel bozulmayla mücadele ve sürdürülebilir büyüme konusu aktif bir şekilde takip edilmektedir. Azerbaycan, bağımsızlığını kazandığı günden bugüne hızla büyüyen bir ekonomidir ve büyümenin temel kaynaklarından biri enerji sektörüdür. Bu nedenle Azerbaycan'da çevresel bozulma oldukça yüksektir ve ekolojik açıklığın azaltılması büyük önem taşımaktadır. Çalışmada, 1996-2022 dönemi baz alınarak Azerbaycan'da inovasyonun ve sanayileşmenin çevresel bozulma üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Uzun ve kısa dönem ilişkisi tahmin etmek için ARDL eşbütünleşme yöntemi, nedenselliği belirlemek için Toda-Yamamoto nedensellik analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak Azerbaycan'da çevre politikalarının geliştirilmesi, AR-GE harcamalarının sürdürülebilirlikle uyumlu hale getirilmesi, çevreci teknolojilere yatırım yapılması ve yeşil ekonominin teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Ayak İzi, Sürdürülebilir Kalkınma, Sanayileşme, AR-GE Harcamaları
JEL Sınıflandırması: Q01, Q55, Q57, O20

THE IMPACT OF INNOVATION AND INDUSTRIALIZATION ON ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN AZERBAIJAN

ABSTRACT

In contemporary literature, the pursuit of sustainable growth and the fight against environmental degradation are actively monitored in both developed and developing economies. Azerbaijan, an economy that has rapidly expanded since gaining independence, relies significantly on its energy sector as one of the primary drivers of growth. Consequently, environmental degradation in Azerbaijan is substantial, making the reduction of ecological deficits highly important. This study examines the impact of innovation and industrialization on environmental degradation in Azerbaijan, based on data from the period 1996–2022. To estimate both long- and short-term relationships, the ARDL cointegration method is applied, and causality is assessed using the Toda-Yamamoto causality analysis. The results highlight the need to enhance environmental policies in Azerbaijan, align R&D expenditures with sustainability goals, invest in eco-friendly technologies, and support the green economy through targeted incentives.

Keywords: Ecological Footprint, Sustainable Development, Industrialization, R&D Expenditures
JEL Classification Codes: Q01, Q55, Q57, O20

¹ Doktora Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya, Türkiye
taleh.mammadov@ogr.dpu.edu.tr

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, Bakü, Azerbaycan mmmmdovag01@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Research Questions & Purpose

Azerbaijan, with its rapidly developing economy and abundant natural resources, is a country that stands out. However, this economic growth brings with it serious environmental degradation issues. Therefore, it is vital to examine the environmental impacts of Azerbaijan's economic growth, natural resource use, and technological innovations. When looking at the ecological footprint and biocapacity data used in the research, it shows that over the 27 years, the average biocapacity rate increased by 165%, and the ecological footprint increased by an average of 158%. This situation emphasizes the severity of environmental degradation. When evaluating the development of Azerbaijan's ecological footprint and biocapacity, it is seen that 54% of the ecological footprint is caused by the carbon footprint, and agricultural lands are also a significant component. This situation is critical for understanding the main sources of environmental degradation.

Literature Review

The literature contains numerous studies examining the causes of environmental degradation in Azerbaijan through various approaches. These studies provide important insights into understanding the causes of environmental degradation in Azerbaijan. However, there is a noticeable gap in the literature concerning the specific impact of innovations on environmental degradation in Azerbaijan. Particularly in foreign literature, it is highlighted that technological innovations play a vital role in reducing carbon emissions. Therefore, this study aims to address this gap and contribute to the literature.

Methodology

The dataset used in the model covers the years 1996-2022. The variables were obtained from the data distribution sites of the World Bank, Global Footprint Network, and The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. In the first stage, the stationarity of the variables was analyzed using the Augmented Dickey-Fuller and Phillips-Perron unit root tests. The analysis results indicate that all variables become stationary when their first differences are taken. Due to the stationarity of the variables at first difference, it was decided that the most suitable model for the research is the ARDL model.

Results and Conclusion

When examining the long- and short-term relationships of R&D expenditures, it is understood that, although not statistically significant in both test results, they have a negative impact on environmental degradation. However, when looking at the lagged value of the R&D variable in the short term, a 1% increase leads to a 0.62% decrease in environmental degradation, and these results are found to be statistically significant. These findings indicate that R&D expenditures can yield important positive outcomes for environmental management and sustainability.

Looking at the industrial production index variable, it is understood that, while not statistically significant in the long term, it negatively affects environmental degradation. However, in the short term, it increases environmental degradation by 0.003%. Azerbaijan, in particular, is highly dependent on the energy sector, which constitutes a large part of its exports. As can

be seen from the test results, increasing industrialization in Azerbaijan leads to negative short-term effects on environmental degradation. Although the long-term results are not significant, it is observed that increased industrialization will reduce environmental degradation in the long term. This suggests that as Azerbaijan experiences more efficient growth, environmental degradation will also decrease.

In conclusion, it is of great importance for Azerbaijan to develop environmental policies and align R&D expenditures with environmental sustainability. In this context, drawing from studies in the literature, we can state that promoting investments in innovative and environmentally friendly technologies and implementing sustainable policies that can minimize the ecological impacts of industrialization is essential. At the same time, the ‘pollute first, clean up later’ economic development model should be reconsidered, and strengthening the green economy through economic incentives and investments is crucial.

1. Giriş

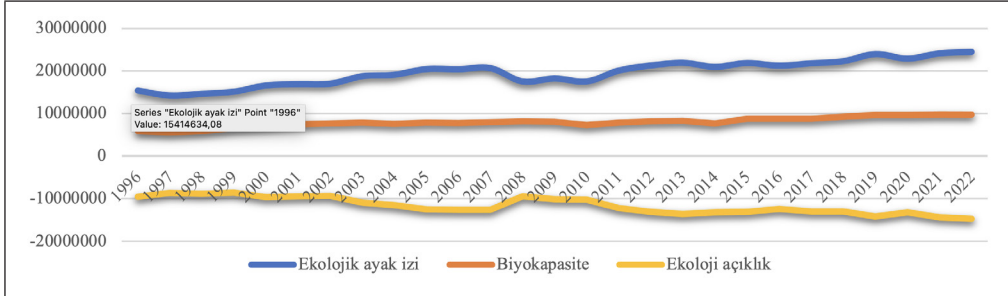
Ekonomik gelişme için enerji en önemli kaynaktır. Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkeler, yıllar boyunca küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açan çevresel bozulmalara çözüm için zaman ve kaynak harcamaktadır (Raihan vd., 2022a). Bu durum çevresel bir felaket potansiyelini ortaya koymaktadır, çünkü atmosferde büyük miktarda sera gazları ve karbon dioksit gazı bulunmakta olup, bu gazlar 21. yüzyılda küresel ısınmaya önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Raihan vd., 2022b). Özellikle artan enerji tüketimi, artan atık üretimi, su kaynaklarının kıtlığı ve genişleyen ekolojik izler gibi birçok farklı sorun, çevrenin bozulmasını daha da kötüleştirmektedir (Raihan vd., 2022c; Ahmed vd., 2020). Birleşmiş Milletler liderliğinde, çevresel tehditler, çevre hakkı ve çevre kalitesi konularında birçok ülkenin katıldığı sözleşme ve konferans düzenlenmiştir. Örnek olarak, 1972 Stockholm Konferansı, Habitat İnsan Yerleşmeleri Konferansları (1976, 1996 ve 2016), 1975 Akdeniz Eylem Planı, 1992 Rio’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 2003 Milano Dokuzuncu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1997 Kyoto Protokolü, 2007 Bali İklim Değişikliği Konferansı, 2015 Paris İklim Zirvesi, 2009 Kopenhag Taraflar Konferansı ve 2018 Polonya Katowice Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı, 2024 yılı Azerbaycan başkenti Bakü’de gerçekleşecek olan COP29 zirvesi bunlardan bazılarıdır (Yavuz, 2021). Bu tür anlaşmalara taraf olmalarına rağmen, birçok ülke ekonomik büyümeye odaklandığı için karbon azaltma hedeflerini karşılamada başarısız olma tehlikesiyle karşı karşıyadır (Raihan vd., 2022a). Bu durumda, ekolojik ayak izinin genişlemesiyle birlikte sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmak, giderek zorlaşmaktadır (Ahmed vd., 2020).

Ekolojik ayak izi kavramı, gerçeklikle daha uyumlu bir şekilde biyofiziksel temellere dayanan ekolojik ekonomi geliştirme çabasıdır (Moffatt, 2000). Daha geniş tanımla: Ekolojik ayak izi, ‘Bir bireyin, nüfusun veya faaliyetin, tükettiği tüm kaynakları üretmek ve mevcut teknoloji ile kaynak yönetimi uygulamalarını kullanarak ürettiği atıkları emmek (*absorbe etmek*) için ne kadar biyolojik olarak verimli toprak ve su alanına ihtiyaç duyduğunun bir ölçüsü’ olarak tanımlanmaktadır (GFN, 2024). Biyokapasite ise herhangi bir coğrafi bölgenin yenilenebilir doğal kaynakları üretme kapasitesini göstermektedir. Bir yerin biyolojik kapasitesini o yerin tarımsal arazileri, otlakları, balıkçılık sahaları, orman arazilerinin yüz ölçümü, toprağın ve suyun hangi miktarda üretken olması belirlemektedir (Şimşek & Bursal, 2019).

Azerbaycan, 1991'deki bağımsızlığından bu yana dünyanın en hızlı büyüyen ekonomilerinden biridir. Azerbaycan'ın gayri safi yurtiçi hasılası (GSYİH) 1990'da 9 milyar ABD dolarından, 2022'de 79 milyar ABD dolarına yükselerek yaklaşık sekiz kat artmıştır (World Bank, 2022). Özellikle Azerbaycan doğal kaynak açısından zengin bir ekonomidir ve büyük ölçüde petrol, doğal gaz ve tarım sektörlerine dayanmaktadır. Enerji tüketiminin bir sonucu olarak, Azerbaycan önemli miktarda sera gazı emisyonu üretir ve kişi başına düşen karbon emisyonu (CO₂) 2020 yılı baz alındığında dünya ortalamasının altında kalsa bile, komşu ülkeleriyle kıyaslandığında Rusya ve İran' dan sonra en fazla CO₂ emisyonu üreten ülke konumundadır (Ermenistan ve Gürcistan ortalamasından %76 daha fazla CO₂ emisyonu üretmektedir) (World Bank, 2020). Azerbaycan, fosil enerji tüketiminden kaynaklı çevresel sorunlarla karşı karşıyadır. Bu nedenle, ülkenin emisyon azaltımı konusundaki çabaları büyük önem taşımaktadır. Özellikle Paris Anlaşması'nın onaylanması, Azerbaycan için bir dönüm noktası olarak kabul edilebilir. Anlaşma kapsamında, Azerbaycan 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını temel yıl olan 1990'a göre %35 oranında azaltma hedefini taahhüt etmiştir (United Nations, 2020).

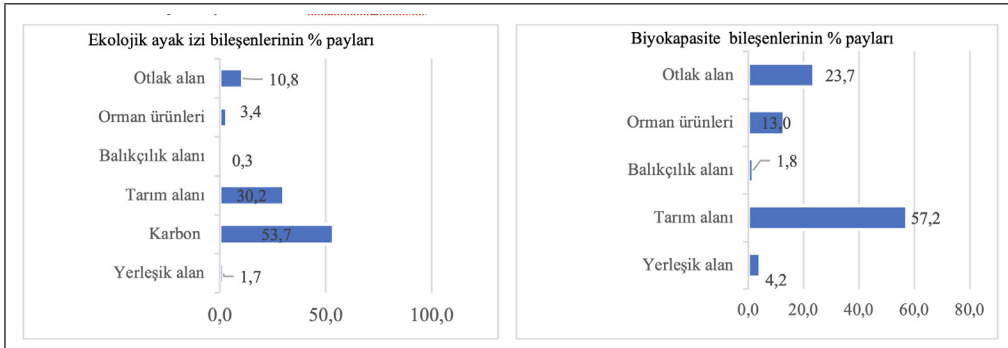
Azerbaycan'daki ekolojik ayak izi ve biyokapasitenin gelişimini değerlendiren veriler Grafik 1'de sunulmuştur. Verilerden anlaşılacağı üzere, 1996 ile 2022 arasındaki 27 yıllık süreçte biyokapasite oranının yaklaşık %165 arttığı gözlemlenmektedir. Ancak aynı dönemde ekolojik ayak izinin yaklaşık %158 artması ve ekolojik açık seviyesinin genel olarak artma eğiliminde olması, çevresel bozulmanın ciddiyetini önemli ölçüde vurgulamaktadır.

Grafik 1: Azerbaycan'da Toplam Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Gelişimi (gha)



Kaynak: Global Footprint Network / GFN, 2024

Grafik 2: Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Bileşenleri Yüzdesi



Kaynak: Global Footprint Network / GFN, 2024

1996-2022 döneminin ortalama değerlerine dayanarak çizilen Grafik 2’de, ekolojik ayak izi ve biyokapasite bileşenlerinin dağılımı detaylandırılmaktadır. Toplam ekolojik ayak izinin %54’lük payı, karbon ayak izi tarafından oluşturulmaktadır. Bu, enerji tüketimi ve fosil yakıt kullanımının çevresel etkilerinin belirgin bir göstergesidir. Diğer önemli bileşen ise tarım alanlarına ait ayak izleridir. Bu da tarımın çevresel etkilerini gözler önüne sermektedir. Biyokapasite bileşenlerine bakıldığında ise, tarım alanlarının %58’lik bir payla en büyük etkiyi yarattığı görülmektedir. Devamında otlak alanlar ise %24’lük bir payla biyokapasitenin önemli bir diğer bileşenidir.

Verilerden anlaşılacağı üzere ekolojik ayak izindeki açıklığın azaltılması için karbon ve tarım ayak izinin azaltılması gerekmektedir. Özellikle gerçekleşen araştırmalar, karbon emisyonlarını azaltmada teknolojik yeniliklerin önemine dikkat çekmektedir. Örneğin, binalardaki düşük karbon teknolojilerinin, bina ömrü boyunca karbon emisyonlarını azaltmada önemli olduğu vurgulanmaktadır (Cho & Chae, 2016). Bir başka araştırmada tarım teknolojisindeki ilerlemelerin tarımsal karbon emisyonlarını etkili bir şekilde azalttığı bulunmuştur (Zhong & Qi, 2022). Ek olarak teknoloji patenti sayısındaki artış, yeşil teknolojik yenilikler teşviki, elektrikli araçların kullanılması ve karbon yakalama depolama teknolojileri karbon emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Wen, 2022; Zhang, 2021; Shen vd., 2023; Tang vd., 2020; Boot-Handford vd., 2014). Sonuç olarak, teknolojik yenilikler karbon emisyonlarını azaltmada hayati bir rol oynamaktadır.

2. Literatür Özeti

Uzun yıllar boyunca toplumlar, refah artışını yalnızca ekonomik büyümeyle ilişkilendirmiştir. Ancak çevresel sorunların giderek artması, kalkınmanın yalnızca ekonomik göstergelere dayandırılmayacağını ve çevre üzerindeki etkilerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermiştir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma, doğal kaynakların korunmasını, ekosistem dengesinin sağlanmasını ve geleceğe yönelik çevresel yüklerin azaltılmasını hedefleyen bir yaklaşımdır. Günümüzde, sanayileşme ve inovasyon gibi süreçler, ülkelerin kalkınma hedefleri doğrultusunda önemini korurken, çevresel etkilerinin de titizlikle izlenmesi gerekmektedir. Bu noktada ekolojik ayak izi gibi kavramlar, kalkınma politikalarının çevre üzerindeki etkilerini değerlendirirken rehber niteliğindedir. Literatürde ekolojik ayak izi kavramı Azerbaycan özelinde yaygın olarak kullanılmasa da CO₂ (karbon emisyonu) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tekbaş & Yıldırım (2023), 13 ülkede 2000 – 2019 yılları arasındaki dönemde inovasyon, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde yatay kesit bağımlılığını göz önünde bulunduran ikinci nesil Hadri – Kurozumi (2012) Panel Birim Kök Testi, Westerlund & Edgerton (2007) Panel LM Bootstrap Eşbütünleşme Testi ve AMG Katsayı Tahminci uygulanmıştır. Analiz sonuçlarında Azerbaycan’da inovasyon ve CO₂ emisyonu arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı, ancak dış açıklığın Azerbaycan’da CO₂ emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gurbuz vd. (2021a), Azerbaycan’ın Gence ilinde gerçekleştirdiği anket sonucunda eğitim seviyesi arttıkça enerji tüketimi ve çevre bilinci konusunda farkındalığın da arttığını gözlemlemiştir.

Gurbuz vd. (2021b), Azerbaycan'da tarımsal üretim, CO₂ emisyonları, reel gelir ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1992-2014 dönemini kapsayan verilerle ARDL eşbütünleşme yöntemi kullanılarak analiz gerçekleştirilmektedir. Bulgular, GSYİH ve enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını artırdığını, ancak tarımsal üretimin ve GSYİH'nin karesinin CO₂ emisyonunu azalttığını göstermektedir. Sonuç olarak, tarımsal üretimi teşvik eden politikaların ülkenin CO₂ emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabileceği önerilmektedir.

Nesirov vd. (2022), Azerbaycan'da tarım sektörü ile çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi 1992-2018 yılları arasında incelemektedir. Çalışmada bağımlı değişken tarımsal sera gazı emisyonlarıdır (CO₂ eşdeğeri). Açıklayıcı değişkenler olarak dört tarımsal girdi ve dört tarımsal makro gösterge seçilmiştir. Yöntem olarak ARDL sınır testi, FMOLS, DOLS ve CCR uzun vadeli tahminçileri, Granger nedensellik analizi ve varyans ayrıştırma analizleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, Azerbaycan'da tarımsal emisyonlardaki artışta en fazla etkisi olan değişkenlerin sırasıyla hayvan sayısı, kimyasal gübre tüketimi ve pestisit kullanımı olduğu anlaşılmaktadır.

Hasanov vd. (2023), 1991-2019 dönemi baz alınarak gerçekleşen araştırmada Azerbaycan'da toplam faktör verimliliği, yenilenebilir enerji tüketiminin ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Analiz sonucunda, toplam faktör verimliliği ve yenilenebilir enerji tüketiminin, karbondioksit emisyonunu negatif yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Ayrıca, ihracatların da CO₂ emisyonları üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu ve gelir ile ithalatın ise bu emisyonları artırdığı görülmüştür. Bu sonuçlar, Azerbaycan'ın çevresel politikalarını şekillendirirken teknolojik gelişmeleri, verimlilik artışlarını ve yenilenebilir enerjiye geçişi teşvik etme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Acar vd. (2023), 1996-2017 dönemini baz alınarak gerçekleşen araştırmada, Azerbaycan'da ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi incelenmektedir. ARDL eşbütünleşme analizi sonuçları ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında ters U şeklinde bir çevresel Kuznets eğrisi olduğunu gösterirken, finansal gelişmenin de ekolojik ayak izini azalttığı anlaşılmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar, Azerbaycan özelinde farklı açılardan çevresel bozulmanın nedenlerini incelemektedir, ancak inovasyonun ve sanayileşmenin etkisini araştıran çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle Azerbaycan'da inovasyonun ve sanayileşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki potansiyel etkisini inceleyerek literatüre katkı sağlanması ve boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır.

3. Veri Seti ve Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 1'de modelde kullanılan veri seti ve kaynakları belirtilmektedir. Araştırmada yer alan veriler 1996-2022 yılı baz alınarak Dünya Bankası, Küresel Ayak İzi Ağı ve Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi veri dağıtım sitesinden temin edilmiştir. Özellikle literatürden anlaşılacağı üzere teknolojik yenilik değişkeninde, patent başvuruları sayısı ele alınmaktadır. Ancak Azerbaycan için patent başvurusu sayısı 20 yıllık süre zarfıyla kısıtlı kalmaktadır. Dolayısıyla uzun dönem analizlerde yetersiz gözlem sayısının yanıltıcı sonuçlar vereceği düşünülerek AR-GE harcamaları değişkeni modele dahil edilmiştir.

Tablo 1: Değişkenlerin İsimleri ve Kaynakları

Değişkenler	Geniş tanımı	Kaynak
Ekolojik ayak izi / LEA	Kişi başına düşen (gha)	Küresel Ayak İzi Ağı
Sanayi üretim endeksi /SUE	Sanayi üretim endeksi %	Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi
Teknolojik yenilik / ARGE	Araştırma ve geliştirme harcamaları (% GSYİH)	Dünya Bankası

Değişkenlerden yalnızca ekolojik ayak izi serisi logaritmik dönüşüme tabi tutulmuştur, diğer değişkenler düzey değerindedir.

Tablo 2’de yer alan tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında LEA serisi için ortalama değer 2.131111, maksimum değer 2.360000 ve minimum değer 1.780000 hesaplanmıştır. SUE değişkeninde, ortalama değeri 104.9481, minimum değer 93.3 ve maksimum değer 136.6 olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ARGE değişkeninde ortalama değer 0.245970 minimum değer 0.151470 ve maksimum değer 0.421250 olduğu anlaşılmaktadır. Değişkenin çarpıklık ve basıklık değerine bakıldığında normal dağılım için çarpıklık değerinin 0 olması, basıklık değerinin ise 3 olması beklenir. Çarpıklık değerinin negatif olması serinin sola çarpık ve sağ kuyruğunun daha uzun olduğuna işaret ederken pozitif olması sağa çarpık ve sol kuyruğunun daha uzun olduğu anlamına gelmektedir. Tabloya bakıldığında EA değişkeni sola çarpık, SUE ve ARGE değişkenleri ise sağa çarpık olduğu anlaşılmaktadır. Basıklık değerlerine bakıldığında SUE değişkeninin değeri 3’ün altında kaldığı için değişkenin normal dağılıma göre daha basık olduğunu göstermektedir. Değişkenlerin normal dağılım sergileyip sergilemediklerine bakıldığında ise SUE değişkeni hariç diğer değişkenlerin normal dağılım sergilediği anlaşılmaktadır.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyon Testi

	EA	SUE	ARGE
Ortalama	2,131111	104,9481	0,245970
Median	2,160000	102,4000	0,218480
Maksimum	2,360000	136,6000	0,421250
Minimum	1,780000	93,30000	0,151470
Std. Hata	0,173944	10,39935	0,074266
Çarpıklık	-0,442480	1,982768	0,926862
Basıklık	2,070611	6,306171	2,721771
Jarque-Bera	1,852783	29,98827	3,952920
Olasılık değeri	0,395980	0,000000	0,138559

Korelasyon katsayısı			
	LEA	ARGE	SUE
LNEA	1,000000		
ARGE	-0,649345	1,000000	
SUE	0,335122	-0,130602	1,000000

Benzer şekilde Tablo 2’de yer alan korelasyon katsayılarına bakıldığında, iki bağımsız değişken arasındaki katsayının -0.130602 olması çoklu doğrusal bağlantı sorunu olmadığını göstermektedir. Bağımlı değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde LNEA ile ARGE arasında orta ve negatif, LNEA ile SUE değişkeni arasında ise düşük ve pozitif korelasyon olduğu anlaşılmaktadır.

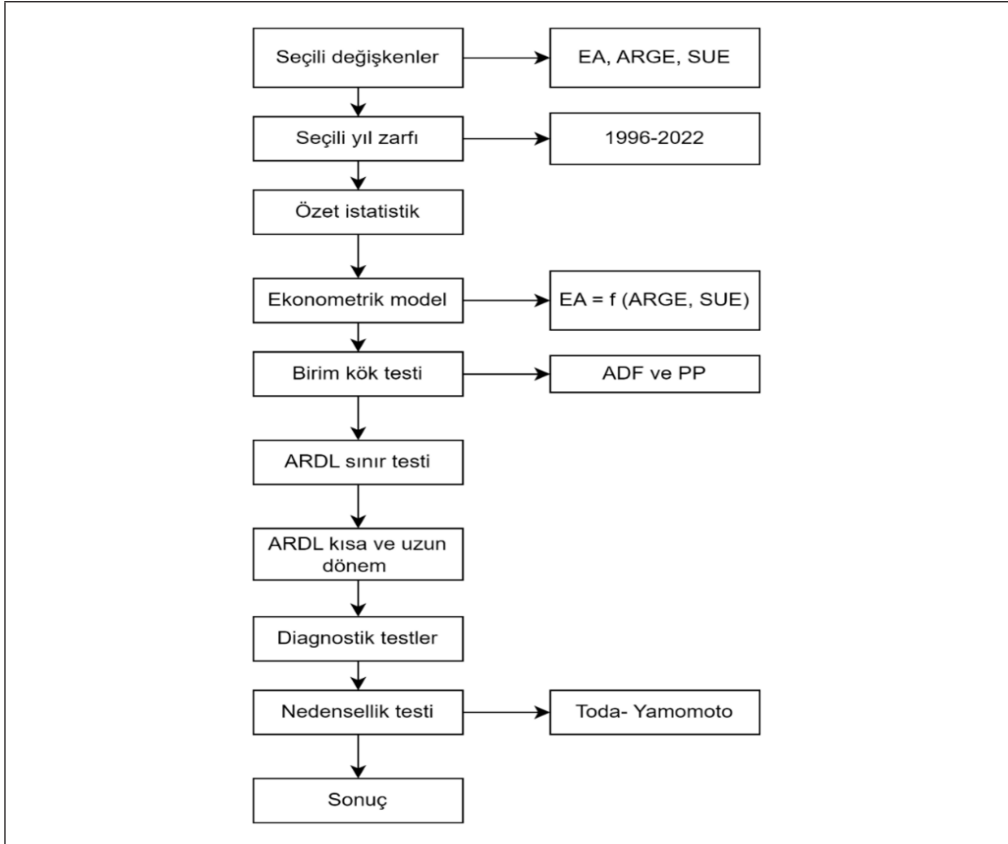
4. Ekonometrik Yöntem

Çalışmada inovasyon, sanayileşme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki tahmin edebilmek için 1 numaralı model kurulmuştur.

$$LEA_t = a_0 + a_1ARGE_t + a_2SUE_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklemin 1’de, sabit terim, eğim katsayısı ve ε ise hata terimini ifade etmektedir.

Şekil 1: Analiz Akış Şeması



Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

Şekil 1’de kurulan model ve çalışmada kullanılacak olan analizler yer almaktadır. Anlaşılacağı üzere ilk aşamada baz alınan değişkenlerin durağan olup olmadığı araştırılmaktadır. Zaman serilerinde durağanlık kavramı önem taşımaktadır. Çünkü durağan olmayan verilerle yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar, ne kadar anlamlı görünse de gerçekçi olmayabilir (Mammadov, 2024a). Bu sebeple, değişkenler öncelikle birim kök testlerine (Genişletilmiş Dickey-Fuller ve Phillips – Perron) tabi tutulmuş ve çalışmanın ilerleyen aşamalarında ARDL eşbütünleşme yöntemi kullanılarak değişkenlerin uzun ve kısa dönemli ilişkileri incelenmiştir. Son aşamada, değişkenler arasındaki nedensellik yönünü belirlemek için Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır. Pesaran tarafından önerilen ARDL sınır testi, diğer eşbütünleşme testleriyle kıyaslandığında göre birçok avantaja sahiptir (Pesaran vd., 2001). ARDL yöntemi, değişkenlerin I(0), I(1) veya parçalı-bütünleşik olma durumlarına bakılmaksızın, uzun dönemli ve kısa dönemli ilişkileri araştırmak için yaygın olarak kullanılan analiz yöntemidir ve küçük örneklem boyutunda daha güvenilir sonuçlar vermektedir. ARDL analizinde eşbütünleşme varlığını değerlendirmek için sınır testi uygulanır ve F-istatistiği, belirlenen üst ve alt sınır değerleriyle karşılaştırılır. Eğer hesaplanan F-istatistiği üst sınır değerinin üzerindeyse, hipotezi reddedilir; alt sınır değerinin altındaysa hipotezi kabul edilir.

$$H_0 = \delta_1 = 0$$

$$H_a = \delta_1 \neq 0$$

ARDL modeli denklem 2’deki gibidir

$$LEA_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_{1i} LEA_{t-i} + \sum_{i=0}^n a_{2i} ARGE_{t-i} + \sum_{i=0}^n a_{3i} SUE_{t-i} + \mu_t \quad (2)$$

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin ardından, kısa dönemli ilişkileri incelemek için denklem 3 tahmin edilir.

$$\Delta LEA_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_{1i} \Delta LEA_{t-i} + \sum_{i=1}^m a_{2i} \Delta ARGE_{t-i} + \sum_{i=1}^m a_{3i} \Delta SUE_{t-i} + \gamma HDK_{t-1} + \mu_t \quad (3)$$

Hata düzeltme mekanizmasının çalışması için katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenmektedir (Mammadov, 2024b). Çalışmanın devamında değişkenler arasındaki nedenselliği araştırmak için Toda - Yamamoto nedensellik testi kullanılmaktadır. Toda-Yamamoto tarafından geliştirilen bu yöntem VAR modeline dayanmaktadır ve serilerin aynı dereceden bütünleşik olma şartını aranmaz (Toda-Yamamoto,1995).

$$X_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+dmax} a_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+dmax} \theta_i Y_{t-i} + e_{1t} \quad (4)$$
$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+dmax} a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+dmax} \theta_i X_{t-i} + e_{2t}$$

5. Bulgular

Tablo 3’te yer alan geleneksel ADF ve PP birim kök testi sonucuna bakıldığında tüm değişkenlerin düzey değerinde birim kök içerdiği, yalnız birinci farkı alındığı zaman durağan olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle tüm değişkenlerin I(1) olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3: Birim Kök Testi Sonucu

Değişkenler		LEA	ARGE	SUE
ADF	Düzeyinde	-1,8724(0,3393)	-1,2428 (0,6399)	-2,2175 (0,2030)
	Birinci farkında	-6,0670 (0,0000)***	-4,0664 (0,0005)***	-4,4928 (0,0017)***
PP	Düzeyinde	-1,9115 (0,3221)	-1,2428(0,6399)	-2,2175(0,2082)
	Birinci farkında	-5,9832 (0,0000)***	-5,2718(0,002)***	-4,4879 (0,0017)***

* %10, ** %5, ***%1 anlamlılık düzeyinde durağan. () olasılık değerleri

ARDL-sınır testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, hesaplanan test istatistiği (4,313673) %10 anlamlılık düzeyine göre verilen üst sınır değerlerinden yüksektir. Bu bulgu, değişkenler arasında eşbütünleşme olduğuna dair kanıt sağlar ve eşbütünleşme olmadığına dair sıfır hipotezi reddedilir.

Tablo 4: ARDL (1,2,1) Modeli Sınır Test Sonucu

Sınır testi	Değer	Anlamlılık seviyesi	I(0)	I(1)
F- istatistik	4,313673	%10	2,915	3,695
k	2	%5	3,538	4,428
		%1	5,155	6,265

ARDL (1,2,1) modeli için uzun ve kısa dönem test sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. ARDL modelinde hata düzeltme katsayısı 0 ile -1 arasında olması ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenir. Bu durum, kısa dönemde dengede meydana gelen sapmaların uzun dönemde ortadan kalkacağını gösterir. Bu nedenle HDK (Hata Düzeltme Katsayısı) mekanizmasının çalıştığı ve serilerde kısa dönemde oluşacak dengeden sapmaların, 2,12 yıl sonra düzelerek dengeye geldiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5: ARDL Uzun ve Kısa Dönem Test Sonucu

Değişkenler	Uzun dönem			Değişkenler	Kısa dönem		
	Katsayı	t- istatistiği	Olasılık/p		Katsayı	t- istatistiği	Olasılık/p
ARGE	-0,297654	-0,869079	0,3962	D(SUE)	0,002685	2,642990	0,0165
SUE	-0,002878	-1,104183	0,2841	D(ARGE)	-0,102351	-0,427779	0,6739
R ²	0,649209			D(ARGE(-1))	-0,620020	-3,028823	0,0072
Düzeltilmiş R ²	0,551767			C	1,152057	4,365197	0,0004
				HDK (-1)	-0,475457	-4,486700	0,0003

ARGE harcamalarının uzun ve kısa dönem ilişkileri incelendiğinde, her iki test sonucunda da istatistiksel olarak anlamlı olmasa bile çevresel bozulma üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ancak ARGE değişkeninin kısa dönemde bir gecikmeli değeriye bakıldığında %1 artış çevresel bozulma üzerinde %0,62 azalışa neden olmaktadır ve bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgular, ARGE harcamalarının çevre yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından önemli olumlu sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Sanayi üretim endeksi değişkenine bakıldığında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da çevresel bozulmayı negatif etkilediği anlaşılmaktadır. Ancak kısa dönemde çevresel bozulmayı %0,003 arttırdığı anlaşılmaktadır. Özellikle Azerbaycan ciddi anlamda enerji sektörüne bağlı bir ülkedir ve ihracatının büyük kısmını enerji sektörü oluşturmaktadır. Test sonuçlarından da anlaşılacağı üzere Azerbaycan'da artan sanayileşme kısa dönemde çevresel bozulma üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Ancak uzun dönemdeki sonuçlar anlamlı olmasa bile sanayileşmedeki artışın çevresel bozulmayı azaltacağı görülmektedir. Buradan da Azerbaycan daha verimli büyüme yaşadıkça çevresel bozulmada da azalma olacağı anlaşılmaktadır.

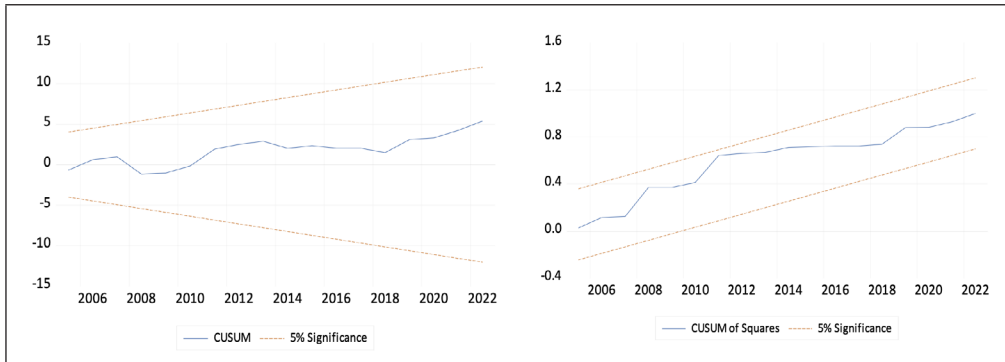
ARDL (1,2,1) modeli için Tablo 6'da yer alan sına testi sonuçlarına bakıldığında tüm istikrar koşullarını sağlandığı anlaşılmaktadır.

Tablo 6: Diagnostik Test Sonuçları

Sınama testleri	Katsayı	Olasılık/ p	Sonuç
Jarque-Bera testi	0,278457	0,87002	Normallik varsayımı sağlanmakta
Breusch-Godfrey LM testi	0,270875	0,7661	Serisel korelasyon sorunu yok
Değişen varyans ARCH testi	0,943519	0,3419	Değişen varyans sorunu yok
Ramsey RESET test	0,170203	0,8669	Model kurma hatası yok

Devamında değişkenler üzerinden yapısal istikrar ya da yapısal kırılmalar CUSUM ve CUSUMQ yapısal istikrar testi ile analiz edilmiştir. Şekil 2'de yer alan sonuçlara bakıldığında kurulan modelin istikrar koşulunu sağladığı anlaşılmaktadır.

Şekil 2: Yapısal İstikrar Grafik Gösterimi



Toda – Yamamoto nedensellik testi için, VAR modeli kurularak k gecikme 1 olarak belirlenmiş ve VAR istikrar koşullarından, karakteristik köklerin birim çemberi içerisinde olduğu, serisel korelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı görülmüştür. Benzer şekilde Tablo 3'te yer alan birim kök testi sonuçlarından da maksimum bütünleşme derecesinin dm_{max} 1 olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 7: Toda – Yamamoto Nedensellik Testi Sonucu

Nedenselliğin yönü	Gecikme uzunluğu $k(I) + dmax(I) = 2$	X ²	P- değeri
ARGE→LEA	2	12,66514	0,00037 *
SUE→LEA	2	10,55237	0,00116 *
LEA→ARGE	2	4,615184	0,03169 **
LEA→SUE	2	5,475127	0,01928 **

*** %10, ** %5, * %1 anlamlılık derecesi

Son olarak Tablo 7’de yer alan nedensellik testi sonuçlarına bakıldığında AR-GE harcamaları ve sanayi üretim endeksi değişkeninin çevresel bozulmanın nedeni olduğu ve bu nedenselliğin çift yönlü olduğu anlaşılmaktadır.

6. Sonuç

Ülkelerin ekonomik büyümeyi hedeflemesi ve bu büyüme için gereken enerji talebi gün geçtikçe artmaktadır. Azerbaycan, bağımsızlığından bu yana hızla gelişen, büyüyen bir ekonomidir ve önemli çevresel sorunlarla karşı karşıyadır. Bu konuda yapılan az sayıdaki araştırmalar ışığında, bu çalışma Azerbaycan’da sanayileşmenin ve inovasyonun ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemektedir. İlk aşamada değişkenlerin hangi mertebeden durağan olduğu Genişletilmiş Dickey-Fuller ve Phillips – Perron birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tüm değişkenlerin düzeyde birim kök içerdiği, ancak birinci farkları alındığı zaman durağan olduğu anlaşılmaktadır.

Gerçekleşen ARDL analizi sonucundan anlaşılmaktadır ki hem uzun hem kısa dönemde AR-GE harcamaları Azerbaycan’ın ekolojik ayak izini, olumsuz yönde etkilemektedir. Benzer şekilde sanayileşmenin kısa dönemde ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin pozitif ve bu sonucun istatistiksel olarak anlamlı olduğu, ancak uzun dönemde çevresel bozulmayı azalttığı ve istatistiksel olarak anlamsız olduğu anlaşılmaktadır. Nedensellik testi sonucuna göre ise AR-GE harcamaları ve sanayi üretim endeksi değişkeninin çevresel bozulmanın nedeni olduğu ve bu nedenselliğin çift yönlü olduğu anlaşılmaktadır. Test sonuçları literatürde yer alan (Hasanov vd., 2023), (Tekbaş & Yıldırım, 2023) çalışmalarla benzerlik göstermekte ve destekler niteliktedir.

Sonuç olarak, Azerbaycan’ın çevre politikalarını geliştirerek sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uyumlu hale getirmesi ve AR-GE harcamalarını çevresel sürdürülebilirliği destekleyecek şekilde yönlendirmesi büyük önem arz etmektedir. Literatürdeki çalışmalardan hareketle söyleyebiliriz ki, çevreci ve yenilikçi teknolojilere yapılan yatırımların teşvik edilmesi, sanayileşmenin ekolojik etkilerini azaltmak için sürdürülebilir politikaların uygulanmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliğini artırıcı teknolojilerin yaygınlaştırılması ve atık yönetimi sistemlerinin güçlendirilmesi çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik rol oynayacaktır. Ayrıca, ‘önce kirlet, sonra temizle’ şeklinde tanımlanan geleneksel kalkınma modelinin, doğal kaynakların korunması ve gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakılması amacıyla yeniden gözden geçirilmesi elzemdir. Ekonomik büyümeyi desteklerken aynı zamanda yeşil ekonomiyi güçlendirmek adına, çevre dostu yatırımların teşvik edilmesi büyük önem arz etmektedir.

rımların teşvik edilmesi, çevreye duyarlı üretim süreçlerinin yaygınlaştırılması ve karbon ayak izini azaltıcı teknolojilere yönelmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, devlet destekli teşvikler, vergi indirimleri ve sübvansiyonlar gibi çeşitli ekonomik araçlarla çevre dostu yatırımların artırılması; eğitim, farkındalık ve sürdürülebilirlik bilincinin toplum geneline yayılması gerekmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yazarların da kendi aralarında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Acar, S., Altıntaş, N., & Haziyeve, V. (2023). The effect of financial development and economic growth on ecological footprint in Azerbaijan: An ARDL bound test approach with structural breaks. *Environmental and Ecological Statistics*, 30(1), 41-59, <https://doi.org/10.1007/s10651-022-00551-6>.
- Ahmed, Z., Asghar, M.M., Malik, M.N., & Nawaz, K. (2020). Moving towards a sustainable environment: The dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China. *Resour. Policy*, 67, 101677, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101677>.
- Boot Handford, M., Abanades, J., Anthony, E., Blunt, M., Brandani, S., Dowell, N., Fennell, P. (2014). Carbon capture and storage update. *Energy & Environmental Science*, 7(1), 130-189, <https://doi.org/10.1039/c3ee42350f>.
- Cho, S., & Chae, C. (2016). A study on life cycle CO₂ emissions of low-carbon building in South Korea. *Sustainability*, 8(6), 579, <https://doi.org/10.3390/su8060579>.
- Dickey, D.A., & Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Journal of the American Statistical Association*, 74, (366).
- GFN (2024). Global Footprint Network online. Retrieved from https://data.footprintnetwork.org/?_ga=%202.9071349.1161937322.1624790656-1680104258.1624790656#/abouttheData. Accessed 11.04.2024.
- Gurbuz, I. B., Nesirov, E., & Ozkan, G. (2021 b). Does agricultural value-added induce environmental degradation? Evidence from Azerbaijan. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 23099-23112, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12228-3>.
- Gurbuz, I. B., Nesirov, E., & Ozkan, G. (2021a). Investigating environmental awareness of citizens of Azerbaijan: A survey on ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 10378-10396, <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01061-w>.
- Hasanov, F. J., Mukhtarov, S., & Suleymanov, E. (2023). The role of renewable energy and total factor productivity in reducing CO₂ emissions in Azerbaijan. Fresh insights from a new theoretical framework coupled with Autometrics. *Energy Strategy Reviews*, 47, 101079, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101079>.
- Mammadov, T. (2024a). Türkiye’de 1978-2022 dönemi gibson paradoksunun geçerliliği. *BİLTÜRK Journal of Economics and Related Studies*, 6(2), 84-102. <https://doi.org/10.47103/bilturk.1432099>
- Mammadov, T. (2024b). Dolaylı vergilerden KDV ve ÖTV’nin enflasyon üzerinde uzun dönemde etkisi. *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 43-56.
- Moffatt I. (2000). Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics*, 32(3), 359-362.

- Nesirov, E., Karimov, M., & Zeynalli, E. (2022). Does the agricultural ecosystem cause environmental pollution in Azerbaijan?. *Economic and Environmental Geology*, 55(6), 617-632, <https://doi.org/10.9719/EEG.2022.55.6.617>.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., & Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Raihan, A., & Tusepkova, A. (2022 b). Nexus between energy use, industrialization, forest area, and carbon dioxide emissions: New insights from Russia. *Journal of Environmental Science and Economics*, 1(4), 1-11, <https://doi.org/10.56556/jescae.v1i4.269>.
- Raihan, A., & Tusepkova, A. (2022 c). Dynamic impacts of economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agriculture, and forests on carbon emissions in Turkey. *Carbon Research*, 1 (20), 1-14, <https://doi.org/10.1007/s44246-022-00019-z>.
- Raihan, A., & Voumik, L.C. (2022 a). Carbon emission reduction potential of renewable energy, remittance, and technological innovation: Empirical evidence from China. *Journal of Technology Innovations and Energy*, 1 (4), 25-36, <https://doi.org/10.56556/jtie.v1i4.398>.
- Shen, Y., Yang, Z., & Zhang, X. (2023). Impact of digital technology on carbon emissions: Evidence from Chinese cities. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1166376>.
- Şimşek, T., & Bursal, M. (2019). Türkiye’de ekolojik ayak izi ve biyokapasite arasındaki ilişki: Bootstrap Rolling Window nedensellik testi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 452-465, <https://doi.org/10.21733/ibad.613865>.
- Tang, Y., Hou, C., He, Y., Wang, Y., Chen, Y., & Rui, Z. (2020). Review on pore structure characterization and microscopic flow mechanism of CO₂ flooding in porous media. *Energy Technology*, 9(1), <https://doi.org/10.1002/ente.202000787>.
- Tekbaş, M., & Yıldırım, M. (2023). Gelişmekte olan ülkelerde inovasyon ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerine etkisi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 8(2), 507-516.
- Toda, H.Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal Of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- United Nations, (2020). The general debate of the 75th session of the united nations general assembly. Retrieved from https://estatements.unmeetings.org/estatemnts/10.0010/20200924/we2wQ-8CowvRE/UcHaYOBat38E_en.pdf. Accessed 10.04.2024.
- World Bank (2022). GSYİH (mevcut ABD doları). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=AZ> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 10.03.2024.
- World Bank (2020). CO₂ emisyonu (kişi başına metrik ton). <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=AZ> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 10.03.2024.
- Wen, H. (2022). Can digital economy alleviate CO₂ emissions in the transport sector? Evidence from provincial panel data in China. *Natural Resources Forum*, 46(3), 289-310, <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12258>.
- Yavuz, E. (2021). Çevre vergileri ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki: Türkiye üzerine kanıtlar. *Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(45), 1937-1945, <http://dx.doi.org/10.31589/JOSHAS.784>.
- Zhang, H. (2021). Technology innovation, economic growth and carbon emissions in the context of carbon neutrality: Evidence from BRICS. *Sustainability*, 13(20), 11138, <https://doi.org/10.3390/su132011138>.
- Zhong, R., & Qi, Y. (2022). Digital economy, agricultural technological progress, and agricultural carbon intensity: evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6488, <https://doi.org/10.3390/ijerph19116488>.