



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş:01.09.2025 ✓Accepted/Kabul:06.11.2025

DOI:10.30794/pausbed.1776020

Research Article/Araştırma Makalesi

Öztürk, B. & Akın, F. (2025). "Dış Ticaretin Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkisi: İran Örneği", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı:71 EYS'25 Özel Sayısı, 641-654.

DIŞ TİCARETİN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE ETKİSİ: İRAN ÖRNEĞİ*

Büşra ÖZTÜRK**, Fatih AKIN***

Öz

Bu çalışmanın amacı, 1965-2023 dönemi için İran ekonomisinde dış ticaret (ithalat ve ihracat), enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel etkilerini Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) yöntemi ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi aracılığıyla analiz etmektir. Elde edilen bulgular, değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin varlığını ortaya koymakta ve uzun dönemli denge ilişkisine işaret etmektedir. FAARDL uzun dönem katsayılarına göre; ekonomik büyüme, ihracat ve enerji tüketimi karbondioksit emisyonlarını artırıcı yönde etkide bulunurken, ithalatın emisyonları azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre ise, ekonomik büyümeden karbondioksit emisyonuna, ithalattan karbondioksit emisyonuna, enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna, ekonomik büyümeden ihracata, ekonomik büyümeden enerji tüketimine ve enerji tüketiminden ihracata doğru tek yönlü nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Ayrıca, ithalat ile ekonomik büyüme, ihracat ile ithalat ve enerji tüketimi ile ithalat arasında çift yönlü nedensellik ilişkileri bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Dış ticaret, Çevresel Sürdürülebilirlik, Ekonomik Büyüme, Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL), Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik.

THE IMPACT OF FOREIGN TRADE ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: THE CASE OF IRAN

Abstract

The aim of this study is to analyze the environmental impacts of foreign trade (imports and exports), energy consumption, and economic growth in the Iranian economy for the period 1965-2023 using the Fourier Augmented ARDL (FAARDL) method and the Fourier Toda-Yamamoto causality test. The findings reveal the existence of a cointegration relationship between the variables and point to a long-term equilibrium relationship. According to the FAARDL long-term coefficients, economic growth, exports, and energy consumption have an increasing effect on carbon dioxide emissions, while imports have a decreasing effect on emissions. According to the results of the Fourier Toda-Yamamoto causality test, unidirectional causality relationships were detected from economic growth to carbon dioxide emissions, from imports to carbon dioxide emissions, from energy consumption to carbon dioxide emissions, from economic growth to exports, from economic growth to energy consumption, and from energy consumption to exports. Furthermore, bidirectional causality relationships were found between imports and economic growth, exports and imports, and energy consumption and imports.

Keywords: Foreign Trade, Environmental Sustainability, Economic Growth, Fourier Augmented ARDL (FAARDL), Fourier Toda-Yamamoto Causality.

*Bu çalışma, EYS'25 Zaman Serileri Analizi modülünde yer alan Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Analizi dersi kapsamında öğretilen teknikler kullanılarak hazırlanmıştır.

**Doktora Öğrencisi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, BURSA
e posta: busra350ozturk@gmail.com, (<https://orcid.org/0000-0002-2250-8134>)

***Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye Meslek Yüksekokulu, ERZİNCAN
e-posta: fatih.akin@erzincan.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-7741-4004>)

1. GİRİŞ

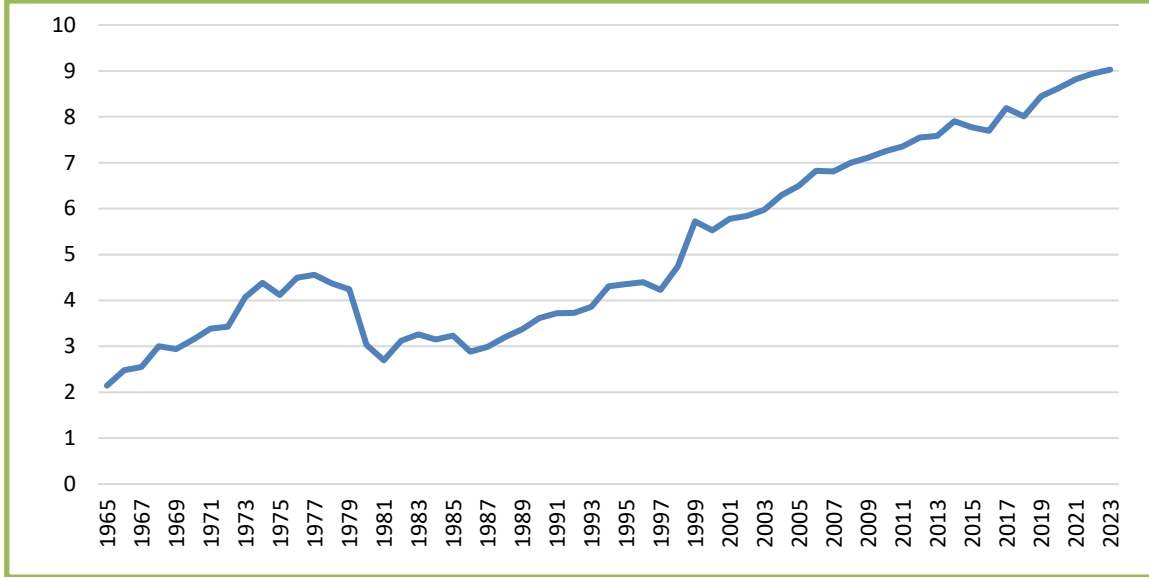
1929 Buhranı, dünya tarihinde yaşanan en büyük ekonomik krizlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu kriz, ülkelerin ekonomik yapılarını derinden sarsmış, uluslararası ticaret hacmini daraltmış ve devletler arası ekonomik ilişkileri olumsuz yönde etkileyerek küresel düzeyde ekonomik istikrarsızlığa yol açmıştır. Krizin ardından patlak veren II. Dünya Savaşı, başta sanayileşmiş ülkeler olmak üzere tüm dünya ekonomilerini daha da zayıflatmış ve yeni bir ekonomik düzen arayışını zorunlu kılmıştır. Bu arayışın bir sonucu olarak, ülkeler ticaretin serbestleştirilmesi yönünde politikalar geliştirmeye başlamış; 1944 yılında gerçekleştirilen Bretton Woods Konferansı'nda Uluslararası Ticaret Örgütü'nün kurulmasına yönelik önemli adımlar atılmıştır. Bu girişim, dünya ticaretinin daha serbest ve düzenli bir yapıya kavuşmasını hedeflemiş; küresel ekonomik entegrasyonun temellerini atmıştır (Aslan vd., 2021: 348; Değer ve Pata, 2017: 31-32).

Dünya ticaretinin serbestleştirilmesiyle birlikte küresel ölçekte dış ticaret, ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınma stratejilerinde temel bir araç haline gelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler, refah düzeylerini yükseltme ve küresel pazarlarda rekabet edebilme amacıyla dış ticarete yönelmişlerdir (Lang vd., 2023: 2088; Nicoletti vd., 2003: 8-17). Bu süreçte üretim hacminin genişlemesi ve sanayileşmenin hız kazanması, enerji tüketiminin artmasına ve doğal kaynakların daha yoğun biçimde kullanılmasına neden olmuştur. Artan enerji ihtiyacı ve üretim faaliyetleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi tehditler oluşturmuş; hava ve su kirliliği, ekosistem tahribatı gibi sorunlar küresel düzeyde etkisini göstermeye başlamıştır (Kesgingöz ve Karamelikli, 2015: 7-8; Akova, 2008: 8). Ayrıca, malların uluslararası düzeyde daha hızlı ve yaygın biçimde dolaşımı, üretim ve lojistik faaliyetlerinin yoğunlaşmasına yol açarak çevre üzerinde çeşitli baskılar oluşturmuştur. Bu bağlamda, ekonomik kalkınma ile çevresel koruma arasındaki dengeyi sağlamak, günümüzde politika yapıcılar açısından giderek daha kritik bir hedef haline gelmiştir (Gül, 2003: 2; Hrechyshkina ve Samakhavets, 2019: 48).

Ekonomik faaliyetlerin çevresel etkileri yalnızca üretim ve ticaretle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda ekolojik denge üzerinde de ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Ekolojik sistemin bozulmasıyla birlikte çevre kirliliğinde gözle görülür bir artış yaşanmakta olup, bu durum çok çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Nüfus artışı, küresel ısınma, ekonomik büyüme ve kalkınma süreçleri, değişen tüketim alışkanlıkları, biyolojik çeşitliliğin azalması ve karbondioksit salınımindaki yükseliş gibi unsurlar, çevre üzerinde baskı oluşturarak doğal dengeyi tehdit etmektedir (Dumrul ve Kılıçarslan, 2020: 1590; Aslan vd., 2021: 349). Bu faktörlerin bir araya gelmesi, çevresel bozulmayı hızlandırmakta ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini zora sokmaktadır. Dolayısıyla, ekonomik büyüme ile çevresel koruma arasında sağlanacak denge, yalnızca ekonomik değil aynı zamanda ekolojik bir gereklilik olarak değerlendirilmelidir.

Çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik kalkınma arasındaki denge arayışı, yalnızca küresel düzeyde değil, ulusal ölçeklerde de giderek önem kazanan bir politika ve araştırma alanı hâline gelmiştir. Bu bağlamda İran, tarihsel olarak Pers İmparatorluğu'nun merkezi olmasının ötesinde, günümüzde stratejik jeopolitik konumu ve zengin doğal kaynak rezervleriyle hem bölgesel hem de küresel düzeyde dikkat çeken bir aktör olarak öne çıkmaktadır. Dünya genelinde en büyük petrol ve doğalgaz rezervlerinden birine sahip olan İran, enerji sektöründeki üretim kapasitesi aracılığıyla iç ekonomik yapısını şekillendirmekte; aynı zamanda dış ticaret yoluyla küresel enerji piyasalarında etkin bir rol üstlenmektedir. Ancak bu enerjiye dayalı ekonomik yapı, çevresel açıdan çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle fosil yakıtların yoğun biçimde kullanılması; hava kirliliği, su kaynaklarının kirlenmesi ve ekosistemler üzerindeki baskının artması gibi çevresel tehditleri tetiklemekte, bu durum ise İran'ın sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasını güçleştirmektedir (Madani, 2021: 231-233; DEİK, 2024). Dolayısıyla İran örneğinde, doğal kaynak zenginliğinin ekonomik avantajlar sağlamakla birlikte çevresel sorumlulukları da beraberinde getirdiği açık biçimde görülmektedir.

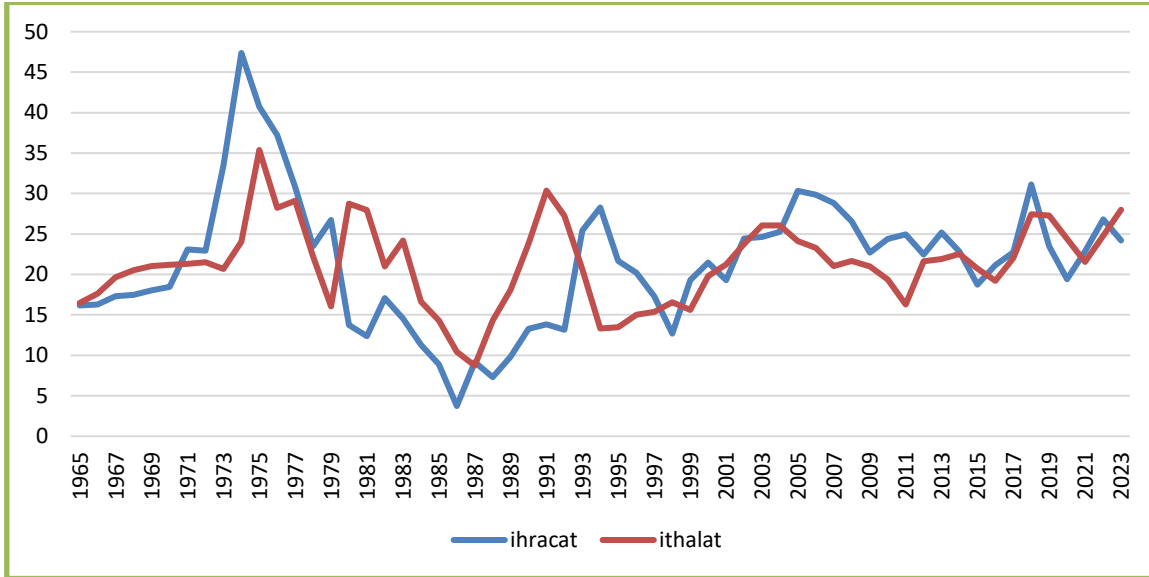
Bu çerçevede, İran'da çevresel sürdürülebilirlik açısından karşılaşılan zorluklar, kişi başına düşen karbondioksit emisyonu verileri üzerinden somut biçimde analiz edilebilmektedir. 1965-2023 dönemini kapsayan Grafik 1 incelendiğinde, 1965'ten 1980 yılına kadar emisyon miktarlarında istikrarlı bir artış gözlemlenmiştir. Ancak 1980 yılında İran-İrak savaşının başlamasıyla birlikte, savaşın enerji üretimi ve tüketimi üzerindeki etkileri doğrultusunda geçici bir düşüş yaşanmıştır. Savaşın sona ermesinin ardından, ekonomik toparlanma süreciyle paralel olarak emisyon değerleri yeniden artış eğilimine girmiştir. Bu durum, İran'ın enerji üretiminde fosil yakıtlara olan bağımlılığının çevresel etkilerini açık biçimde ortaya koymakta; aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma politikalarının uygulanmasında karşılaşılan yapısal engellere işaret etmektedir.



Grafik 1: İran'da Kişi Başına Düşen Karbondioksit Emisyonu (Metrik Ton)

Kaynak: Dünya Bankası, 2025.

İran'da dış ticaret (ihracat ve ithalat) oranları, 1965-2023 dönemi için Grafik 2'de verilmiştir. Bu yıllar arasında dış ticaretin zaman içindeki seyri ortaya konulmuş; çeşitli dönemlerdeki dalgalanmalar ve eğilimler gösterilmiştir. İhracat ve ithalatın dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. 1979'daki İslam Devrimi ve bu devrim sonrasında uygulanan ambargolar, dış ticarete büyük dalgalanmalara yol açmıştır. 1980 yılında başlayan İran-İrak Savaşı, 1990-2000 yıllarındaki ekonomik reformlar, 2008 yılında yaşanan küresel ekonomik kriz ve İran'da gözlemlenen kur dalgalanmaları, dış ticaretteki değişimlerle ilişkilidir.



Grafik 2: İran'da Dış Ticaret (%GSYH)

Kaynak: Dünya Bankası, 2025.

Bu noktadan hareketle, İran özelinde dış ticaret ile çevresel etkiler arasındaki ilişkinin incelenmesi hem bölgesel hem de küresel düzeyde önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Literatürde İran'ın enerji ihracatı ve ekonomik yapısı üzerine çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, dış ticaretin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini bütüncül bir yaklaşımla ele alan araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, İran'ın dış ticaret faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini analiz etmek hem mevcut literatürdeki boşluğu doldurmak hem de sürdürülebilir kalkınma politikalarının geliştirilmesine katkı sağlamak açısından önem arz etmektedir. Özellikle enerji yoğun sektörlerin ihracatındaki artışın çevresel baskıları nasıl şekillendirdiği ve bu sürecin ekolojik denge üzerindeki yansımaları, çalışmanın temel odak noktalarından birini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda yapılacak analizler, İran'ın ekonomik büyüme hedefleri ile çevresel sorumlulukları arasında daha dengeli bir politika geliştirmesine olanak tanıyabilir.

Bu çalışmada, 1965-2023 döneminde İran ekonomisinde dış ticaret (ithalat ve ihracat), enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkileri ampirik olarak incelenmiştir. Çevre kirliliği göstergesi olarak karbondioksit emisyonu (CO₂) verisi kullanılmış; böylece ekonomik faaliyetlerin çevresel sonuçları somut verilerle değerlendirilmiştir. Çalışmanın giriş bölümünde dış ticaret ve çevre ilişkisine teorik bir zemin hazırlanmış, ardından ilgili literatür taranarak mevcut bilgi birikimi ortaya konulmuştur. Metodoloji kısmında ise seçilen değişkenler doğrultusunda ekonometrik analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda İran'ın mevcut ekonomik ve çevresel koşulları dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç olarak, dış ticaret, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel etkileri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bu çalışma, İran özelinde literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve sürdürülebilir kalkınma politikalarına katkı sunacak öneriler geliştirmektedir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Ticaretin serbestleşmesi, ülkeler arasında mal ve hizmetlerin serbestçe dolaşımını sağlayarak küresel ekonomik entegrasyonun temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Ancak bu süreç, ekonomik faydaların yanı sıra çevresel açıdan da önemli etkiler doğurmaktadır. Özellikle artan üretim ve tüketim faaliyetleri, doğal kaynakların yoğun kullanımı ve lojistik hareketliliğin artması gibi unsurlar, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi küresel sorunların derinleşmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda, dış ticaretin çevresel etkilerinin bilimsel olarak incelenmesi, sürdürülebilir kalkınma politikalarının oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, dış ticaretin çevre üzerindeki etkilerini hem teorik hem de ampirik düzeyde ele alarak literatüre önemli katkılar sunmuş; bu alandaki bilgi birikimi giderek genişlemiştir. Dolayısıyla, dış ticaretin çevresel sürdürülebilirlik ile olan ilişkisi, disiplinler arası bir yaklaşımla değerlendirilmesi gereken güncel ve stratejik bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Chebbi vd. (2011) çalışmalarında, 1961-2004 döneminde Tunus ülkesinin ticari açıklık, kişi başına düşen gelir ile karbondioksit emisyonları arasında Johansen-Juselius eşbütünleşme, VECM ve Etki Tepki analizi yöntemleri kullanılarak uzun ve kısa dönemdeki ilişki araştırılmaktadır. Araştırma sonucuna göre, ticari açıklığın karbondioksit emisyonu üzerinde hem kısa hem de uzun dönemde doğrudan pozitif ve anlamlı olarak etkilemektedir. Fakat uzun dönemde ise, dolaylı olarak karbondioksit emisyonunu azalttığı görülmüştür.

Tayebi ve Younespour (2012) çalışmalarında, 1991-2007 döneminde İran ülkesinin ticari ilişkisi olan seçilmiş Doğu Asya, Orta Doğu ve OECD ülke grupları arasında ticaret ilişkilerinin çevre üzerindeki etkisi panel regresyon modeli yardımıyla araştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre, Doğu Asya, Orta Doğu ve OECD ülke gruplarının karbondioksit emisyonunun ticari açıklık üzerinde pozitif ve anlamlı bir ilişkinin varlığı saptanmıştır.

Kohler (2013) çalışmasında 1960-2009 dönemine ait Güney Afrika'da kişi başına enerji kullanımı, kişi başına gelir ile dış ticaretin karbondioksit emisyonları arasındaki ilişki Granger nedensellik testi yöntemiyle test edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, kişi başına enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonları arasında pozitif çift yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu saptanmıştır. Dış ticaret ve kişi başına gelir; dış ticaret ve kişi başına enerji kullanımı arasında da pozitif çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Fakat Güney Afrika'da ticaretin serbestleşmesiyle birlikte uzun vadede karbondioksit emisyonlarında yüksek seviyede artış meydana gelmeyerek çevre kirliliğine neden olmamıştır.

Al-Mulali ve Sheau-Ting (2014) çalışmalarında, 1990-2011 döneminde Asya Pasifik, Doğu Avrupa, Amerika, Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA), Sahra Altı Afrika (SSA) ve Batı Avrupa ülkeleri olmak üzere altı bölgeden 189 ülkede dış ticaret, enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki panel veri analizi yöntemiyle incelemiştir. Araştırma sonucuna göre, Doğu Avrupa bölgesindeki ülkeler hariç diğer bölgelerin ülkelerinde ticaret ve enerji tüketiminin karbondioksit emisyonuna uzun vadede pozitif yönde etkilediği görülmüştür.

Çetin ve Şeker (2014) çalışmalarında, 1980-2010 döneminde Türkiye'de kişi başına gelir ile dış ticaret açıklığının karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi ARDL sınır testi yaklaşımıyla araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, kişi başına gelir ile dış ticaret açıklığının karbondioksit emisyonunun uzun dönemde pozitif yönde ilişki içinde olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin uzun dönemde kişi başına gelir ile dış ticaretin karbondioksit emisyonunu azaltması yönünde birtakım önlemlerin alması gerektiği vurgulanmaktadır.

Kesgingöz ve Karamelikli (2015) çalışmasında, Türkiye'de 1960 ve 2011 dönemi arasında dış ticaret, enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi ARDL sınır testi yaklaşımıyla araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre; enerji tüketimi, ihracat ile ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonunu artırdığı, ithalatın ise karbondioksit emisyonunu azalttığı görülmektedir.

Salam vd. (2015) çalışmalarında 1980-2010 döneminde Pakistan'da ticari açıklık (ithalat+ ihracat/GSYH) ve karbondioksit emisyonu değişkenleri kullanılarak arasındaki ilişki Granger nedensellik testi yardımıyla test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, dışa açıklık ile karbondioksit emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı saptanmıştır.

Ertuğrul vd. (2016) çalışmalarında, 1971-2011 dönemine ait gelişmekte olan ülkeler arasında en fazla karbondioksit emisyonu yapan ilk on ülke (Çin, Hindistan, Güney Kore, Brezilya, Meksika, Endonezya, Güney Afrika, Türkiye, Tayland ve Malezya)'nin dışa açıklık, gelir, enerji tüketiminin karbondioksit emisyonuna etkisi ile çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE)'nin geçerliliği panel veri analizi ile test edilmiştir. Araştırma sonucunda; Tayland, Türkiye, Hindistan, Brezilya, Çin, Endonezya ve Güney Kore arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Türkiye, Hindistan, Çin ve Güney Kore için ÇKE hipotezi geçerli iken, Brezilya ve Endonezya'da U şeklinde bir ilişki saptanmıştır. Dolayısıyla, dış ticaret politikalarının çevresel standartlarla uyumlu olması gerektiği vurgulanmıştır.

Cialani (2017) çalışmasında, 1960-2008 döneminde OECD üyesi 30 ülke ile OECD üyesi olmayan 120 ülke, yani toplam 150 ülke için kişi başına karbondioksit emisyonu, kişi başına GSYH ile uluslararası ticaret arasındaki ilişki panel eş bütünleşme ve nedensellik analizi yardımıyla araştırmıştır. Elde edilen bulgulara göre, uzun vadede ve kısa vadede OECD ülkeleri için kişi başına GSYH ile karbondioksit emisyonu arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. OECD dışı ülkelerde ise, dış ticaretten karbondioksit emisyonuna doğru negatif bir nedensellik ilişkisinin olduğu saptanmıştır. Ayrıca, karbondioksit emisyonunun kişi başına GSYH üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Değer ve Pata (2017) çalışmalarında, 1971-2011 döneminde Türkiye'de simetrik ve asimetric nedensellik testi ile dış ticaret ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, dış ticaretten karbondioksit emisyonuna doğru pozitif tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilirken, aynı zamanda karbondioksit emisyonundan dış ticarete doğru negatif geri besleme etkisinin varlığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, Türkiye'de dış ticaretin çevreyi olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.

Orman vd. (2019) çalışmalarında, 1990-2014 dönemine ait 19 gelişmiş ve 72 gelişmekte olan ülke ele alınarak dış ticaretin çevre üzerindeki etkisi panel ARDL yöntemiyle incelemiştir. Araştırma sonucunda, gelişmekte olan ülkelerde dış ticaret dengesizliği ile karbondioksit emisyonu arasında anlamlı negatif bir ilişki bulunmuştur. Gelişmiş ülkelerde ise dış ticaret dengesizliği ile karbondioksit emisyonu arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Haug ve Ucal (2019) çalışmalarında, Türkiye'de dış ticaret ve doğrudan yabancı yatırımların (FDI) karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi, ARDL ile NARDL yaklaşımıyla incelemiştir. Araştırma sonucunda, ihracat, ithalat ve FDI'nın karbondioksit emisyonu üzerinde anlamlı ve asimetric etkileri saptanmıştır. Uzun vadede ihracattaki azalış, karbondioksit emisyonunu azaltırken; FDI'nın karbondioksit emisyonu üzerinde etkisi yoktur. Ayrıca, ithalattaki artışların karbondioksit emisyonunu artırdığı görülmüştür.

Yurtkuran (2020) çalışmasında, 1971-2014 döneminde Türkiye'de GSYH, temiz enerji tüketimi, ihracat ve ithalat, finansal gelişme, endüstrileşme ve kentleşme değişkenlerinin çevre kirliliği üzerindeki etkisi ARDL yöntemiyle incelemiştir. Araştırma sonucunda, uzun dönemde GSYH, ithalat, finansal gelişme, endüstrileşme ve kentleşmenin karbondioksit emisyonunu arttırdığı görülmektedir. Temiz enerji tüketimi ise, karbondioksit emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca, Türkiye'de GSYH ve karbondioksit emisyonu arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Dolayısıyla, Türkiye'de ÇKE hipotezinin geçerli olduğu görülmüştür.

Chen vd. (2023) çalışmalarında, 2004-2017 dönemine ait Çin'deki 30 ilde bölgesel yolsuzluk ile dış ticaretin çevre kirliliği üzerindeki etkisi GMM yöntemiyle incelemiştir. Araştırma sonucunda, yolsuzluğun artması çevre kirliliğine neden olmaktadır. Fakat dış ticaretin artmasıyla birlikte yolsuzluğun çevre üzerindeki etkisinin azalacağı ortaya konulmaktadır.

Çütcü vd. (2024) çalışmalarında, Türkiye'de 1960-2015 dönemi dış ticaret ve çevre arasındaki ilişki, yapısal kırılmaya izin veren zaman serisi analizleri yardımıyla incelemiştir. Hacker ve Hatemi J (2006) nedensellik testi sonucuna göre, GDP'den ekolojik ayak izine doğru nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Fakat ihracat, ithalat, enerji tüketimi değişkenleri ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı saptanmıştır.

Prakash ve Sethi (2024) çalışmalarında, 1991-2020 döneminde en büyük ticaret bloğu olan Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (RCEP) ülkelerinin dış ticaretin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisini Dumitrescu-Hurlin Panel Granger nedensellik testi ile incelemiştir. Araştırma sonucunda, RCEP ülkelerinde dış ticaretin karbondioksit emisyonuna doğru, karbondioksit emisyonunun da dış ticarete doğru nedensellik ilişkisi varlığı söz konusudur. Dolayısıyla çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı saptanmıştır.

Wang vd. (2024) çalışmalarında 2000-2020 döneminde Çin'de ticaretin çevre üzerindeki etkisini uydu PM2.5 verileriyle incelemiştir. Araştırma sonucunda, 2000-2010 döneminde ihracatın hava kalitesini olumsuz etkilemiştir. 2013 ve sonrası dönemde ihracat yoğun bölgelerde hava kalitesi iyileşmiştir. 2016'da ise, çevre izleme yetkisinin hükümete geçmesiyle birlikte iyileşmenin daha iyiye gittiği görülmüştür.

Bu çalışmada dış ticaret değişkeni doğrudan ihracat ve ithalat verileri üzerinden ele alınmıştır; oysa literatürde birçok çalışmada dış ticaretin ölçümünde ticari açıklık gibi türevsel göstergeler kullanılmaktadır. Bu yönüyle çalışma, dış ticaretin çevresel etkilerini daha somut verilerle inceleyerek mevcut yaklaşımlardan ayrılmakta ve İran özelinde güncel dönem verileriyle literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Literatürdeki bulgular genel olarak dış ticaretin çevresel etkilerinin önemine vurgu yaparken, bu etkilerin ekonomik yapı, sektörel yoğunluk ve ülkesel politikalar bağlamında farklılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar doğrultusunda ülke bazında sürdürülebilir kalkınma politikalarına katkı sunacak önerilerin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmakta; bu bağlamda İran için yapılan analizler hem literatüre katkı sağlamakta hem de çevresel sorumluluklarla uyumlu ekonomik büyüme stratejilerinin oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır.

3. AMPİRİK ANALİZ

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, 1965-2023 dönemi yıllık verileri kullanılarak İran'da dış ticaretin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi Fourier Genişletilmiş ARDL modeli ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi aracılığıyla analiz edilmiştir. Çalışmada çevresel sürdürülebilirliğin göstergesi olarak karbondioksit emisyonu ($\ln CO_2$) bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. İthalat ($\ln IMP$), ihracat ($\ln EXP$), ekonomik büyüme ($\ln GDP$) ve enerji tüketimi ($\ln EU$) ise bağımsız değişkenler olarak değerlendirilmiştir. Tüm değişkenler doğal logaritmaları alınarak modele dâhil edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiler Gauss 25, EViews 12 ve WinRATS 8.1 paket programları kullanılarak test edilmiştir. Veri setleri Dünya Bankası ve Uluslararası Enerji Ajansı'ndan temin edilmiştir. Tablo 1'de çalışmada kullanılan değişkenler ve tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır. Kesgingöz & Karamelikli (2015), Salam vd. (2015) ve Çütcü vd. (2024) tarafından yapılan çalışmalar temel alınarak oluşturulan model denklemi aşağıda verilmiştir:

$$\ln CO_2_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln EXP_t + \beta_3 \ln IMP_t + \beta_4 \ln EU_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

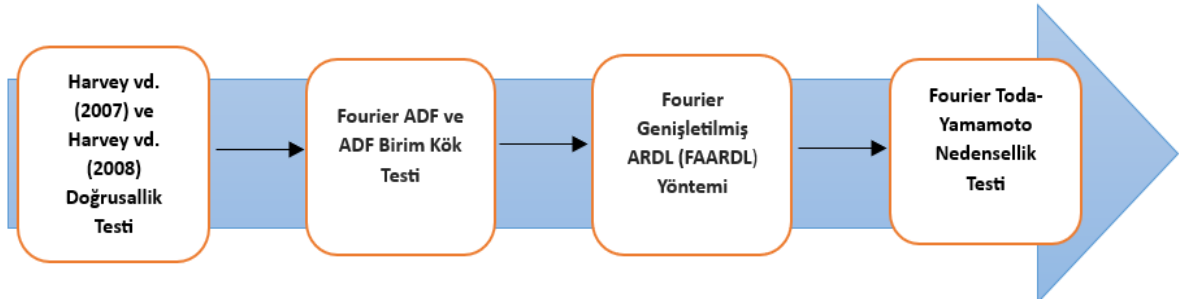
(1)'nolu denklemde t zaman boyutunu, ε_t hata terimini ifade emektedir.

Tablo 1: Analizde Kullanılan Değişkenler ve Tanımlayıcı İstatistikler

Kısaltma	Değişken Adı	Ölçü Birimi	Kaynak		
$\ln CO_2$	Karbondioksit Emisyonu	Kişi Başına Metrik Ton	Dünya Bankası		
$\ln GDP$	Ekonomik Büyüme	Kişi Başına GSYH, sabit 2015 ABD doları	Dünya Bankası		
$\ln EXP$	İhracat	Mal ve Hizmet İhracatı (%GSYH)	Dünya Bankası		
$\ln IMP$	İthalat	Mal ve Hizmet İthalatı (%GSYH)	Dünya Bankası		
$\ln EU$	Enerji Tüketimi	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (Kwh)	Uluslararası Enerji Ajansı		
Tanımlayıcı İstatistikler					
	$\ln CO_2$	$\ln GDP$	$\ln EXP$	$\ln IMP$	$\ln EU$
Ortalama	1.559	8.405	2.986	3.027	6.785
Medyan	1.478	8.445	3.112	3.056	6.916
Maximum	2.2	8.912	3.858	3.566	8.169
Minimum	0.763	7.949	1.317	2.166	4.578
Standart Sapma	0.404	0.233	0.435	0.261	1.05
Çarpıklık	0.045	0.075	-1.175	-0.839	-0.474
Basıklık	1.724	2.171	5.572	4.148	2.145
Jarque-Bera	4.02	1.746	29.843	10.163	4.012
Olasılık Değeri	0.134	0.418	0.000	0.006	0.135
Gözlem	59	59	59	59	59

3.2. Yöntem

Çalışmada analiz süreci dört aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, serilerdeki doğrusal olmayan yapının tespiti amacıyla doğrusallık testi uygulanmıştır. Ardından, serilerin durağanlık düzeylerini belirlemek üzere Fourier ADF ve geleneksel ADF birim kök testleri kullanılmıştır. Üçüncü aşamada, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin incelenmesi amacıyla Fourier Genişletilmiş ARDL yöntemi tercih edilmiştir. Son olarak, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır.



Şekil 1. Ampirik Akış Şeması

3.2.1. Doğrusallık Testi

Harve vd. (2007) ve Harve vd. (2008) tarafından geliştirilen doğrusallık testleri, zaman serilerinin doğrusal mı yoksa doğrusal olmayan bir yapıya mı sahip olduğunu belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda, zaman serilerinin doğrusal olup olmadığını tespit etmenin hem modelleme hem de tahmin süreçleri açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır (Harve ve Leybourne, 2007: 149–165; Harve vd., 2008: 1).

3.2.2. Fourier ADF Birim Kök Testi

Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testine dayanan (Dickey ve Fuller, 1979) Fourier ADF birim kök testi, Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilmiştir. Bu test, geleneksel ADF birim kök testine benzemekle birlikte, temel farkı birden fazla yapısal kırılmayı dikkate alarak trigonometrik terimleri modele dâhil etmesidir. Bu sayede, zaman serilerindeki doğrusal olmayan yapılar daha hassas biçimde analiz edilebilmektedir. Fourier ADF birim kök testinin matematiksel gösterimi aşağıda sunulan eşitlikte yer almaktadır (Enders ve Lee, 2012: 196–199; Akardeniz, 2023: 781; Gürdal vd., 2018: 721).

$$\Delta y_t = \delta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_3 y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta y_{t-1} + v_t \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan k frekans sayısını, t trendi, T gözlem sayısını ifade etmektedir. Fourier ADF birim kök testinin hipotezi aşağıda yer almaktadır.

$$H_0: \rho = 0 \text{ (Seri durağan değildir, birim kök vardır).}$$

$$H_1: \rho < 0 \text{ (Seri durağandır, birim kök yoktur).}$$

Fourier ADF birim kök testinde, hesaplanan test istatistik değerinin mutlak değeri Enders ve Lee (2012) tarafından sunulan kritik değerlerden büyükse, sıfır hipotezi (H_0) reddedilir. Bu durumda, ilgili değişkenin durağan olduğu ve birim kökün bulunmadığı sonucuna ulaşılır. Aksi takdirde, yani test istatistiği kritik değerden küçükse, H_0 reddedilemez ve değişkenin durağan olmadığı, dolayısıyla birim kökün var olduğu kabul edilir. Ayrıca, H_0 reddedildiğinde trigonometrik terimlerin anlamlılığı da test edilmelidir. Bu amaçla, aşağıda gösterilen hipotezlerin testinde Wald F test istatistiğinden yararlanılmaktadır.

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0 \text{ (Trigonometrik terimler anlamsızdır).}$$

$$H_1: \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0 \text{ (Trigonometrik terimler anlamlıdır).}$$

Hesaplanan F istatistik değerinin, Enders ve Lee (2012) tarafından sunulan kritik tablo değerinden büyük olması durumunda sıfır hipotezi (H_0) reddedilir. Bu durumda, trigonometrik terimlerin modele anlamlı katkı sağladığı sonucuna ulaşılır. Ancak, test istatistiği kritik değerden küçükse H_0 reddedilemez ve trigonometrik terimlerin anlamlı olmadığı kabul edilir. Böyle bir durumda, geleneksel Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) veya Phillips-Perron (PP) testlerinin uygulanması daha uygun olacaktır.

3.2.3. Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL)

Sam vd. (2019) tarafından geliştirilen Genişletilmiş ARDL yöntemi, açıklayıcı değişkenlerin gecikmeli değerlerini modele dâhil ederek ek bir eşbütünlüşme testi sunmaktadır. Bu yaklaşım, F_B testinin hassasiyetini artırmakta ve eşbütünlüşme ilişkisini daha kapsamlı biçimde analiz etmeye olanak tanıyarak geleneksel F_A ve t testlerini tamamlamaktadır. FAARDL yöntemi ise, standart ARDL (Pesaran, 2001) çerçevesinde karşılaşılabilecek belirsizlikleri etkili biçimde ortadan kaldırmakta ve modelin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen yöntem, geleneksel ARDL modelinin bazı sınırlılıklarını aşmayı hedeflemekte; özellikle yapısal kırılmaların varlığında uzun dönemli eşbütünlüşme ilişkilerini daha sağlıklı biçimde analiz etmeye olanak tanımaktadır. Fourier terimlerinin modele entegrasyonu sayesinde, bu yapısal kırılmalar düzgün geçişlerle temsil edilebilmekte ve

modelin esnekliği önemli ölçüde artmaktadır (McNown vd., 2018; Sam vd., 2019: 130-132; Yılcı vd. 2020; Georgescu ve Kinnunen, 2025: 12-13). Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) modelinin matematiksel gösterimi aşağıda sunulan eşitlikte yer almaktadır.

$$\Delta \ln CO_2 = \alpha_0 + \sum_{k=0}^n \alpha_{1k} \Delta \ln CO_{2,t-k} + \sum_{k=0}^p \alpha_{2k} \Delta \ln GDP_{t-k} + \sum_{k=0}^q \alpha_{3k} \Delta \ln EXP_{t-k} + \sum_{k=0}^r \alpha_{4k} \Delta \ln IMP_{t-k} + \sum_{k=0}^s \alpha_{5k} \Delta \ln EU_{t-k} + \lambda_1 \Delta \ln CO_{2,t-1} + \lambda_2 \Delta \ln GDP_{t-1} + \lambda_3 \Delta \ln EXP_{t-1} + \lambda_4 \Delta \ln IMP_{t-1} + \lambda_5 \Delta \ln EU_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te yer alan n, p, q, r ve s gecikme uzunluklarını ifade etmektedir. λ_i ; $i=1, \dots$, denkleminin uzun vadeli katsayısıdır. Bu testin hipotezleri aşağıda gösterilmektedir.

$$F_A \text{ test; } H_0: \lambda = 0_i, i=1, \dots, 5$$

$$t\text{-test; } H_0: \lambda_1 = 0$$

Sam vd. (2019), t-testi ile F-testini tamamlamak amacıyla genişletilmiş ARDL modelinde bağımsız değişkenler için özel bir F_B testi önermişlerdir. Bu testin hipotezi şu şekildedir:

$$F_B \text{ test; } H_0: \lambda_i = 0, i=1, \dots, 5$$

Bu üç testte sıfır hipotezi (H_0) reddedildiğinde, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmiş olur. Yılcı vd. (2020)'de ek olarak yapısal değişim testlerine veya tahmin edilen modele yönelik ayarlamalara duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmak amacıyla Fourier fonksiyonunun modele dâhil edilmesini önermiştir. Fourier yaklaşımı, yapısal değişimleri dikkate alarak eş-bütünleşme ilişkilerini modellemede kapsamlı ve esnek bir çerçeveye sunmaktadır.

$$d(t) = \sum_{k=1}^n a_k \sin \frac{2\pi kt}{T} - \sum_{k=1}^n b_k \cos \frac{2\pi kt}{T} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te yer alan t trend eğilimini, T toplam dönem sayısını, n frekansların toplam sayısını ile k seçilen frekans sayısını göstermektedir.

$$d(t) = \gamma_1 \sin \frac{2\pi kt}{T} + \gamma_2 \cos \frac{2\pi kt}{T} \quad (5)$$

Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) modeli, yapısal kırılmaları doğrudan kendi yapısı içinde dikkate alarak etkili bir çözüm sunmaktadır. Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) modelinin denklemleri aşağıda gösterilmektedir.

$$\Delta \ln CO_2 = \alpha_0 + \gamma_1 \sin \frac{2\pi kt}{T} + \gamma_2 \cos \frac{2\pi kt}{T} + \sum_{k=0}^n \alpha_{1k} \Delta \ln CO_{2,t-k} + \sum_{k=0}^p \alpha_{2k} \Delta \ln GDP_{t-k} + \sum_{k=0}^q \alpha_{3k} \Delta \ln EXP_{t-k} + \sum_{k=0}^r \alpha_{4k} \Delta \ln IMP_{t-k} + \sum_{k=0}^s \alpha_{5k} \Delta \ln EU_{t-k} + \lambda_1 \Delta \ln CO_{2,t-1} + \lambda_2 \Delta \ln GDP_{t-1} + \lambda_3 \Delta \ln EXP_{t-1} + \lambda_4 \Delta \ln IMP_{t-1} + \lambda_5 \Delta \ln EU_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

3.2.4. Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi, Nazlıoğlu vd. (2016) tarafından önerilmiştir. Bu test, Vektör Otoregresyon (VAR) modeline (Sims, 1980) yapısal değişimleri dâhil ederek geleneksel yaklaşıma önemli bir katkı sunmaktadır. Ayrıca sabit terim varsayımını genişleterek, açıklayıcı değişkenlere Fourier terimlerinin eklenmesine olanak tanımaktadır. Böylece hem kademeli hem de yumuşak yapısal kırılmaların modele entegre edilmesi sağlanmaktadır (Nazlıoğlu vd., 2016: 172; Özer, 2021: 137; Konat, 2021: 909). Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testinin matematiksel gösterimi aşağıda sunulan eşitlikte yer almaktadır.

$$y_t = \alpha_0 + \gamma_1 \sin \left(\frac{2\pi kt}{T} \right) + \gamma_2 \cos \left(\frac{2\pi kt}{T} \right) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Eşitlik (7)'de yer alan k uygun frekans sayısını, t deterministik trendi, T gözlem sayısını, p VAR modelinde elde edilen gecikme uzunluğunu, d değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesini ve ε_t ise kalıntıları ifade etmektedir.

4. AMPİRİK BULGULAR

Tablo 2'de görüldüğü üzere, Harvey vd. (2007) ve Harvey vd. (2008) tarafından geliştirilen doğrusallık testlerinin uygulanması sonucunda elde edilen test istatistik değerleri, %1, %5 ve %10 düzeylerindeki kritik değerlerden küçük bulunmuştur. Bu durum, analiz edilen serilerin doğrusal bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, seriler için doğrusal yapıyı esas alan modellerin kullanılması uygun olacaktır.

Tablo 2: Doğrusallık Testi Sonuçları

Değişkenler	Harvey vd.(2008)	Harvey ve Leybourne (2007)			Sonuç
	W-Lam	W*%1	W*%5	W*%10	
lnCO ₂	1.01	3.06	2.90	2.81	Doğrusal
lnGDP	2.28	3.27	3.24	3.22	Doğrusal
lnEXP	1.12	2.95	2.93	2.92	Doğrusal
lnIMP	3.08	4.76	4.71	4.68	Doğrusal
lnEU	2.37	3.65	3.62	3.61	Doğrusal

Not: Harvey vd. (2008) testi kritik değerleri %1, %5 ve %10 için sırasıyla 9.21, 5.99 ve 4.60; Harvey ve Leybourne (2007) testi kritik değerleri ise %1, %5 ve %10 için sırasıyla 13.27, 9.48 ve 7,77 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3'te, değişkenlere ait Fourier ADF (FADF) ve geleneksel ADF birim kök testi sonuçları sunulmaktadır. Fourier ADF testine göre, hesaplanan test istatistik değerinin mutlak değeri Enders ve Lee (2012) tarafından belirtilen kritik değerlerden büyük olduğu için sıfır hipotezi (H₀) reddedilmiştir. Bu durumda, ilgili serinin durağan olduğu ve birim kökün bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, trigonometrik terimlerin anlamlılığı F-test istatistiği ile sınanmıştır. F-test sonuçlarına göre, hesaplanan F istatistik değerlerinin kritik tablo değerlerinden küçük olması nedeniyle H₀ reddedilememiş ve trigonometrik terimlerin anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, analizde geleneksel Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi uygulanmıştır.

ADF testinden elde edilen sonuçlara göre, sabitli modelde lnCO₂, lnGDP ve lnEXP değişkenleri %1 anlam düzeyinde birim kök içermektedir. Bu serilerin birinci farkı (I(1)) alındıktan sonra durağan hale geldikleri görülmektedir. lnIMP değişkeni %10, lnEU değişkeni ise %1 anlam düzeyinde seviyede durağandır. Sabitli ve trendli modelde ise lnCO₂, lnGDP, lnEXP ve lnEU değişkenleri %1 anlam düzeyinde birim kök içermektedir. Bu seriler de I(1) farkı alındıktan sonra durağan hale gelmektedir. lnIMP değişkeni ise %5 anlam düzeyinde seviyede durağan bulunmuştur. Bağımlı değişken olan lnCO₂'nin I(1) düzeyinde, diğer değişkenlerin ise I(0) ve I(1) düzeylerinde olması nedeniyle Fourier Genişletilmiş ARDL sınır testi kullanılmıştır.

Tablo 3: Fourier ADF ve Geleneksel ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Sabitli Model				ADF	
	FADF Test İstatistiği	F-Test İstatistiği	Frekans (k)	Gecikme Uzunluğu	I (0)	I(1)
lnCO ₂	-3.522	5.838	1	0	-1.226	-6.683***
lnGDP	-3.666	4.738	1	1	-2.181	-4.400***
lnEXP	-2.230	2.119	2	1	-2.475	-8.721***
lnIMP	-3.388	1.355	5	1	-2.822*	-4.629***
lnEU	-4.288	2.303	4	0	-3.856***	-----
Değişkenler	Sabitli&Trendli Model				ADF	
	FADF Test İstatistiği	F-Test İstatistiği	Frekans (k)	Gecikme Uzunluğu	I (0)	I(1)
lnCO ₂	-3.013	3.722	1	1	-1.943	-6.615***
lnGDP	-3.590	5.494	1	1	-2.185	-4.351***
lnEXP	-2.746	3.331	2	1	-2.503	-8.641***
lnIMP	-3.417	1.418	5	1	-3.678**	-6.065***
lnEU	-1.720	2.280	4	0	-1.681	-4.840***

Not: %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri sırasıyla (***), (**) ve (*) ile gösterilmektedir. Sabit model kullanılarak hesaplanan F-istatistik için kritik değerler sırasıyla %1 (10.35), %5 (7.58), %10 (6.35); sabitli&trendli model kullanılarak hesaplanan F-istatistik için kritik değerler sırasıyla %1 (12.21), %5 (9.14), %10 (7.78). ADF sabitli model için kritik değerleri %1 (-3.548), %5 (-2.912), %10 (-2.594); sabitli&trendli model için %1 (-4.124), %5 (-3.489), %10 (-3.173).

Tablo 4'te sunulan Fourier Genişletilmiş ARDL test sonuçlarına göre, üç farklı test istatistiği (FA, t-istatistiği ve FB) %1 anlamlılık düzeyinde üst kritik değerleri aşmıştır. Bu sonuçlar, "eşbütünleşme yoktur" şeklindeki sıfır hipotezinin (H₀) reddedilebileceğini ve değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, analiz edilen değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi bulunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4: Fourier Genişletilmiş ARDL Eşbütünlüşme Testi Sonuçları

Gecikme Uzunluğu	Frekans (k)	F _A	t-istatistiği	F _B		
1, 4, 0, 4, 4	3.2	15.939***	-6.856***	19.084***		
Tablo Kritik Değerler	Alt Sınır I (0)			Üst Sınır I (1)		
	%1	%5	%10	%1	%5	%10
F _A	4.244	3.068	2.578	5.726	4.334	3.71
t-istatistiği	-3.43	-2.86	-2.57	-4.60	-3.99	-3.66
F _B	3.75	2.55	2.06	6.19	4.51	3.72

Not: %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri sırasıyla (***), (**) ve (*) ile gösterilmektedir. Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir.

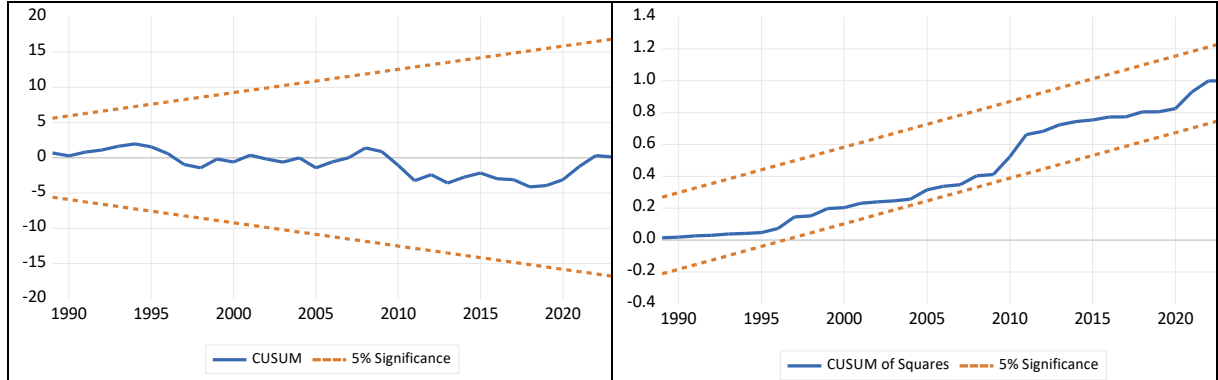
Tablo 5'te görüldüğü üzere, kurulan modelin kalıntıları normal dağılım göstermektedir. Ayrıca modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorununa rastlanmamıştır. Fonksiyonel formun doğru seçildiği ve parametrelerin istikrarlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, modelin temel varsayımlarının büyük ölçüde sağlandığını ve elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 5: Tanısal Testlerin Sonuçları

Testler	Test İstatistikleri	Olasılık Değeri
JB	1.131	0.567
BG-LM	0.472	0.627
BPG	1.102	0.389
RR	0.949	0.336
Cusum: İstikrarlı		CusumSq: İstikrarlı

Not: JB (Jarque-Bera), BG-LM (Breusch-Godfrey LM Testi), BPG (Breusch-Pagan-Godfrey), RR (Ramsey RESET) testlerini ifade etmektedir.

Şekil 2'de görüldüğü üzere, model katsayıları zaman içinde istikrarlı bir yapı sergilemekte ve herhangi bir yapısal kırılma gözlemlenmemektedir. Bu bulgular, tahmin edilen modelin istatistiksel olarak sağlam ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 2. CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri

Tablo 6'da sunulan Fourier Genişletilmiş ARDL uzun dönem katsayı sonuçlarına göre, lnGDP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış, karbondioksit emisyonlarını (lnCO₂) yaklaşık %0,80 oranında artırmaktadır. İhracattaki (lnEXP) %1'lik artış lnCO₂ üzerinde %0,17 oranında pozitif etki yaratırken, ithalattaki (lnIMP) %1'lik artış lnCO₂'yi yaklaşık %0,50 oranında azaltmaktadır. Enerji tüketimindeki (lnEU) %1'lik artış ise lnCO₂'yi %0,32 oranında yükseltmektedir. Tüm değişkenlerin olasılık değerleri (prob <0.01) olduğundan, katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Modelin hata düzeltme katsayısı olan ECT_{t-1} değeri -0.613'tür; bu değer negatif ve anlamlıdır. Bu durum, uzun dönem dengesinden sapmaların her dönemde yaklaşık %61'inin bir sonraki dönemde düzeltilerek dengeye ulaştığını göstermektedir.

Tablo 6: Fourier Genişletilmiş ARDL Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

Model: $\ln CO_2 = f(\ln GDP, \ln EXP, \ln IMP, \ln EU)$				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık Değeri
$\ln GDP$	0.795	0.061	12.928	0.000***
$\ln EXP$	0.165	0.037	4.364	0.000***
$\ln IMP$	-0.499	0.100	-4.993	0.000***
$\ln EU$	0.317	0.014	21.842	0.000***
C	-6.171	0.392	-15.720	0.000***
ECT_{t-1}	-0.613	0.061	-10.004	0.000***

Not: %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri sırasıyla (***), (**) ve (*) ile gösterilmektedir.

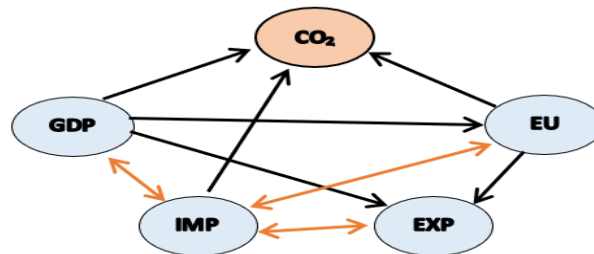
Tablo 7'de sunulan Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre, ekonomik büyümeden karbondioksit emisyonuna, ithalattan karbondioksit emisyonuna, enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna, ekonomik büyümeden ihracata, ekonomik büyümeden enerji tüketimine ve enerji tüketiminden ihracata doğru tek yönlü nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ithalat ile ekonomik büyüme, ihracat ile ithalat ve enerji tüketimi ile ithalat arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 7. Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

H ₀ Hipotezi	W-İstatistik	Bootstrap Olasılık Değeri	Optimal Gecikme Uzunluğu	Frekans(k)
$\ln GDP \Rightarrow \ln CO_2$	16.880	0.001***	2	0.1
$\ln CO_2 \Rightarrow \ln GDP$	0.597	0.721	2	0.1
$\ln EXP \Rightarrow \ln CO_2$	0.657	0.706	2	0.1
$\ln CO_2 \Rightarrow \ln EXP$	1.706	0.422	2	0.1
$\ln IMP \Rightarrow \ln CO_2$	5.824	0.057*	2	0.1
$\ln CO_2 \Rightarrow \ln IMP$	2.060	0.402	2	0.1
$\ln EU \Rightarrow \ln CO_2$	10.107	0.015**	2	0.1
$\ln CO_2 \Rightarrow \ln EU$	2.861	0.281	2	0.1
$\ln EXP \Rightarrow \ln GDP$	1.954	0.354	2	0.1
$\ln GDP \Rightarrow \ln EXP$	8.714	0.018**	2	0.1
$\ln IMP \Rightarrow \ln GDP$	8.195	0.021**	2	0.1
$\ln GDP \Rightarrow \ln IMP$	5.946	0.060*	2	0.1
$\ln EU \Rightarrow \ln GDP$	2.145	0.322	2	0.1
$\ln GDP \Rightarrow \ln EU$	11.545	0.006***	2	0.1
$\ln EXP \Rightarrow \ln IMP$	8.916	0.020**	2	0.1
$\ln IMP \Rightarrow \ln EXP$	10.287	0.012**	2	0.1
$\ln EU \Rightarrow \ln EXP$	13.320	0.002***	2	0.1
$\ln EXP \Rightarrow \ln EU$	3.717	0.165	2	0.1
$\ln EU \Rightarrow \ln IMP$	5.936	0.053*	2	0.1
$\ln IMP \Rightarrow \ln EU$	8.584	0.025**	2	0.1

Not: %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri sırasıyla (***), (**) ve (*) ile gösterilmektedir. Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir.

Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri ve yönleri aşağıda yer alan şekil yardımıyla görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3. Değişkenler Arasındaki Nedensellik İlişkileri ve Yönleri

5. SONUÇ

Dış ticaret ile çevre arasındaki ilişki, günümüz küresel ekonomisinde hem ekonomik büyüme hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ticaretin serbestleşmesiyle birlikte ülkeler arasındaki mal ve hizmet akışı hız kazanmış, bu durum üretim faaliyetlerinin artmasına ve doğal kaynakların daha yoğun şekilde

kullanılmasına neden olmuştur. Özellikle lojistik süreçlerin genişlemesi, fosil yakıt tüketimini artırarak hava kirliliği, karbon salınımı ve ekosistem üzerindeki baskıyı ciddi boyutlara taşımıştır. Üretim ve taşımacılık faaliyetlerinin çevresel etkileri, dış ticaretin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda ekolojik bir boyut taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, dış ticaret politikalarının çevresel etkiler göz önünde bulundurularak şekillendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak açısından kritik bir gereklilik haline gelmiştir. Dolayısıyla dış ticaret ile çevre arasındaki ilişki, karşılıklı etkileşim içinde olan, karmaşık ve çok yönlü bir yapıya sahiptir.

Bu çerçevede, dış ticaretin çevresel etkilerini daha somut ve ölçülebilir biçimde analiz edebilmek amacıyla ampirik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, bu çalışma; 1965-2023 yılları arasında İran'da dış ticaret (ithalat ve ihracat), enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Analiz sürecinde, zaman serisi verilerinin yapısal kırılmalarını ve doğrusal olmayan ilişkilerini dikkate alabilen Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) modeli ile birlikte Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Bu yöntemler, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri ve nedensellik yönlerini daha hassas biçimde ortaya koymayı mümkün kılmaktadır. Araştırma, söz konusu ekonomik faktörlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmenin yanı sıra, uluslararası politika ve iş birliği mekanizmalarının çevresel sorunların çözümündeki rolüne de dikkat çekmektedir.

Fourier Genişletilmiş ARDL (FAARDL) modeliyle yapılan uzun dönem analiz sonuçları, ekonomik büyüme, ihracat ve enerji tüketiminin karbondioksit emisyonları üzerinde artırıcı yönde etkili olduğunu; ithalatın ise emisyonları azaltıcı bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi bulguları, ekonomik büyümeden karbondioksit emisyonuna, ithalattan karbondioksit emisyonuna, enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna, ekonomik büyümeden ihracata, ekonomik büyümeden enerji tüketimine ve enerji tüketiminden ihracata doğru tek yönlü nedensellik ilişkilerinin varlığını göstermektedir. Ayrıca, ithalat ile ekonomik büyüme, ihracat ile ithalat ve enerji tüketimi ile ithalat arasında çift yönlü nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan Köhler (2013), Çetin & Şeker (2014), Kesgingöz & Karamelikli (2015), Salam vd. (2015), Çütcü vd. (2024) ve Prakash & Sethi (2024) tarafından yürütülen çalışmaları desteklemektedir.

Çalışmanın ortaya koyduğu bulgular doğrultusunda, İran'ın sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için dış ticaret politikalarının çevresel etkileri dikkate alacak şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Özellikle ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbondioksit emisyonlarını artırıcı etkisi göz önüne alındığında, çevre dostu üretim ve tüketim süreçlerinin teşvik edilmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda, düşük karbon teknolojilerinin yerli üretiminin desteklenmesi, çevre dostu ürünlerin ihracatında vergi teşviklerinin uygulanması, enerji verimliliği yüksek makinelerin ithalatına yönelik gümrük kolaylıklarının sağlanması, sanayi tesislerinde karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik zorunlu raporlama sistemlerinin kurulması ve çevresel etki değerlendirme süreçlerinin dış ticaret izinleriyle entegre edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, toplumsal çevre bilincinin artırılmasına yönelik müfredata entegre çevre eğitimi programları, medya kampanyaları ve yerel yönetim destekli farkındalık projeleri yaygınlaştırılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların bölgesel kalkınma planlarıyla uyumlu biçimde artırılması ve atık yönetimi ile geri dönüşüm uygulamalarının özel sektör iş birlikleriyle kurumsal düzeyde güçlendirilmesi de önem taşımaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, İran'ın dış ticaret, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme arasında denge kurmasına olanak tanıyarak hem çevresel koruma hem de ekonomik kalkınma hedeflerinin eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesini mümkün kılacaktır. Gelecekteki çalışmalar, farklı ekonometrik yöntemler ve ülke grupları üzerinden yürütülerek literatüre daha kapsamlı ve karşılaştırmalı katkılar sunabilir.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduğunu kabul etmektedirler (The authors of this article confirm that their work complies with the principles of research and publication ethics).
2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir (This article was screened for potential plagiarism using a plagiarism screening program).

KAYNAKÇA

- Akardeniz, E. (2023). "Türkiye'de Döviz Kuru Belirleyicileri İçin Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testinden Kanıtlar.", *Business & Management Studies: An International Journal*, 11(3), 772-787.
- Akova, İ. (2008). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları", *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara.
- Al-Mulali, U. & Sheau-Ting, L. (2014). "Econometric Analysis of Trade, Exports, Imports, Energy Consumption and CO₂ Emission in Six Regions.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.
- Arslan, İ., Şengül, O. & Künc, S. (2021). "Türkiye'de Dış Ticaret ve Çevre Kirliliği İlişkisinin Kirlilik Sığınağı Hipotezi Bağlamında Değerlendirilmesi.", *The Journal of Social Sciences*, 54(54), 347-365.
- Chebbi, H. E., Olarreaga, M., & Zitouna, H. (2011). "Trade Openness and CO₂ Emissions in Tunisia.", *Middle East Development Journal*, 3(01), 29-53.
- Chen, S., Liu, X., Wang, S. & Wang, P. (2023). "Regional Corruption, Foreign Trade, and Environmental Pollution.", *Sustainability*, 15(1), 859.
- Cialani, C. (2017). "CO₂ Emissions, GDP and Trade: A panel Cointegration Approach.", *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(3), 193-204.
- Çetin, M., & Seker, F. (2014). "Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı.", *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2), 213-230.
- Çütcü, İ., Yavuz, Ö., & Gerlikhan, S. G. (2024). "Dış Ticaret-Çevre Kirliliği İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerinden Analiz.", *Alanya Akademik Bakış*, 8(2), 474-489.
- Değer, M. K., & Pata, U. K. (2017). "Türkiye'de Dış Ticaret ve Karbondioksit Salınımı Arasındaki İlişkilerin Simetrik ve Asimetrik Nedensellik Testleriyle Analizi.", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 18(1), 31-44.
- DEİK (2024). İran Bilgi Notu. <https://www.deik.org.tr/iran-bilgi-notu-ocak-24.pdf> (15.06.2025).
- 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(366a), 427-431.
- Dumrul, Y. & Kılıçarslan, Z. (2020). "Türkiye'nin Uluslararası Ticareti ve Ekolojik Ayak İzi.", *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 1589-1597.
- Enders, W., & Lee, J. (2012). "The Flexible Fourier Form and Dickey-Fuller Type Unit Root Tests.", *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Ertugrul, H. M., Cetin, M., Seker, F., & Dogan, E. (2016). "The Impact of Trade Openness on Global Karbon Dioxide Emissions: Evidence from the Top Ten Emitters Among Developing Countries.", *Ecological Indicators*, 67, 543-555.
- Georgescu, I., & Kinnunen, J. (2025). "An Augmented Fourier ARDL Analysis of CO₂ Emission Determinants in Spain: the Role of Growth, Innovation, and Trade.", *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 18(1), 12.
- Gül, E. (2015). "GATT/WTO Çerçevesinde Uluslararası Ticaret ve Çevre İlişkisi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (9).
- Gürdal, T., Kırca, M., İnal, V., & Değirmenci, T. (2018). "Cari Açığın Sürdürülebilirliği: Fourier Birim Kök Testi.", *In Business and Organization Research (International Conference)*, Karabük.
- Harvey, D. I., & Leybourne, S. J. (2007). "Testing for Time Series Linearity.", *The Econometrics Journal*, 10(1), 149-165.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J., & Xiao, B. (2008). "A Powerful Test for Linearity When the Order of Integration is Unknown.", *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 12(3), 1-24.
- Haug, A. A., & Ucal, M. (2019). "The Role of Trade and FDI for CO₂ Emissions in Turkey: Nonlinear Relationships.", *Energy Economics*, 81, 297-307.
- Hrechyshkina, O., & Samakhavets, M. (2019). "Foreign Trade of the Republic of Belarus in the International Business Environment.", *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 44(44), 47-55.
- International Energy Agency. (2025). <https://www.iea.org/> (20.06.2025)
- Kesgingöz, H., & Karamelikli, H. (2015). "Dış Ticaret Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümenin CO₂ Emisyonu Üzerine Etkisi.", *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 7-17.
- Kohler, M. (2013). "CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade: A South African Perspective.", *Energy policy*, 63, 1042-1050.

- Konat, G. (2021). "Türkiye'de Kamu Harcamaları ve Dış Ticaret İlişkisi: Fourier Nedensellik Yaklaşımı.", *International Journal of Management Economics & Business/Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(3), 900-917.
- Lang, I., Shaburishvili, S., & Sikharulidze, D. (2023). "Georgia's Foreign Trade Potential with the United States: A Gravity Model Approach.", *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 10(7), 1088-1099.
- Madani, K. (2021). "Have International Sanctions Impacted Iran's Environment?", *World*, 2(2), 231-252.
- McNown, R., Sam, C. Y., & Goh, S. K. (2018). "Bootstrapping the Autoregressive Distributed Lag Test for Cointegration.", *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521.
- Nazlıoğlu, S., Gormus, N. A., & Soytaş, U. (2016). "Oil Prices and Real Estate Investment Trusts (REITs): Gradual-Shift Causality and Volatility Transmission Analysis.", *Energy Economics*, 60, 168-175.
- Nicoletti, G., Golub, S. S., Hajkova, D., Mirza, D., & Yoo, K. Y. (2003). "Policies and International Integration: Influences on Trade and Foreign Direct Investment.", *OECD Economics Department Working Papers*, No. 359, OECD Publishing, Paris.
- Orman, H. L., Ceylan, S., & Şahin, B. Y. (2019). "Dış Ticaret ve Çevre Kirliliği İlişkisi: Panel Veri Analizi", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(71), 1483-1496.
- Özer, M. O. (2021). "The Relationship Between Health Expenditures and Economic Growth: Evidence From Turkey", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 8(1), 133-144.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships.", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Prakash, N., & Sethi, M. (2024). "Emissions-Foreign Trade Nexus: Establishing the Need to Harmonize Environment and Economics in RCEP.", *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 40(1), 130-141.
- Salam, S. U. M. M. A. I. Y. A., Sattar, A. B. D. U. L., & Gilani, S. W. (2015). "An Empirical Research on Trade Liberalization and CO₂ Emission in Pakistan.", *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(9), 39-46.
- Sam, C. Y., McNown, R., & Goh, S. K. (2019). "An Augmented Outoregressive Distributed Lag Bounds Test for Cointegration.", *Economic Modelling*, 80, 130-141.
- Sims, C. A. (1980). "Macroeconomics and Reality.", *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Tayebi, S. K., & Younespour, S. (2012). "The Effect of Trade Openness on Environmental Quality: Evidence from Iran's Trade Relations with the Selected Countries of the Different Bocks.", *Iranian Economic Review*, 16(32), 19-40.
- Wang, H., Zhang, Z., & Zhang, Z. (2024). "The Dynamic Impact of Trade on Environment.", *Journal of Economic Surveys*, 38(5), 1731-1759.
- World Bank. (2025). <https://data.worldbank.org/indicator/> (20. 0 6 . 2025)
- Yılcı, V., Bozoklu, S., & Gorus, M. S. (2020). Are BRICS Countries Pollution Havens? Evidence From a Bootstrap ARDL Bounds Testing Approach with a Fourier Function. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102035.
- Yurtkuran, S. (2020). Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin Testi: Temiz Enerji Tüketimi'nin Rolü. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 570-589.