



Demir, O., Tığtepe, E. (2025). Ekolojik ayak izinde yakınsama süreçleri: Panel TAR modeliyle Türk Cumhuriyetlerinin çevresel performansı. *Uluslararası Türk Dünyası Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 343-358.

EKOLOJİK AYAK İZİNDE YAKINSAMA SÜREÇLERİ: PANEL TAR MODELİYLE TÜRK CUMHURİYETLERİNİN ÇEVRESEL PERFORMANSI*

Oğuzhan DEMİR**
Elifnur TIĞTEPE***

Öz: Bu çalışma ekolojik ayak izi göstergesi aracılığıyla Türk Cumhuriyetleri'nde çevresel sürdürülebilirliğin dinamiklerini incelemektedir. Analiz Beyaert ve Camacho (2008) tarafından geliştirilen Panel Eşik Otoregresif (TAR) modeli çerçevesinde gerçekleştirilmiş olup 1992-2022 dönemine ait panel veri seti kullanılarak ülkeler arasında yakınsama ilişkileri araştırılmıştır. Panel TAR modeli, doğrusal olmayan yapısı, sayesinde farklı ekonomik veya çevresel rejimlerin etkisini göz önünde bulundurarak daha esnek ve gerçekçi bir analiz imkânı sunmaktadır. Ampirik bulgular, rejim geçiş eşiğinin Türkmenistan tarafından belirlendiğini ve çalışmada incelenen ülke örnekleminin büyük bir kısmının ikinci rejimde yer aldığını ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, her iki rejimde de yakınsama eğilimi gözlenmekle birlikte yakınsama türleri rejime göre farklılık göstermektedir. İkinci rejimde mutlak yakınsama saptanırken, her iki rejimin birlikte değerlendirildiği genel yapıda nispi yakınsama gözlenmiştir. Bu durum, ikinci rejimin temsil gücünün yüksek olması nedeniyle Türk Cumhuriyetleri arasında ortak çevre politikalarının geliştirilmesinin önemine işaret etmektedir. Öte yandan, genel modeldeki nispi yakınsama bulgusu, ülkelerin farklı yapısal ve çevresel dinamikleri doğrultusunda özgün çevre politikaları geliştirmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Türk Cumhuriyetleri'nin kendi potansiyelleri doğrultusunda esnek ve ulusal düzeyde özelleştirilmiş çevre stratejileri geliştirmesi gerektiği bu çalışma ile ampirik olarak da desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Sürdürülebilirlik, Ekolojik Yakınsama, Panel Eşik Otoregresif Modeli.

CONVERGENCE PROCESSES IN ECOLOGICAL FOOTPRINT: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE TURKIC REPUBLICS THROUGH THE PANEL TAR MODEL

Abstract: This study investigates the dynamics of environmental sustainability in the Turkic Republics through the lens of the ecological footprint indicator. The analysis employs the Panel Threshold Autoregressive (TAR) model developed by Beyaert and Camacho (2008), using panel data covering the period from 1992 to 2022, to examine convergence patterns among countries. The Panel TAR model, with its nonlinear structure, allows for a more flexible and realistic

* Bu çalışma 23-25 Mayıs 2024 tarihinde Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi tarafından düzenlenen I. Uluslararası İktisadi ve İdari Çalışmalar Kongresi'nde sunulan bildirinin genişletilmiş ve güncellenmiş halidir.

** Arş. Gör., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, e-posta: oguzhand.demir@gop.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6320-5562>

*** Dr., Bağımsız Araştırmacı, e-posta: elifnur1250@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8751-508X>

evaluation by accounting for the influence of distinct economic or environmental regimes. Empirical findings reveal that the threshold for regime transition is determined by Turkmenistan, and that the majority of the sample countries fall under the second regime. While evidence of convergence is observed in both regimes, the type of convergence differs across regimes. Specifically, absolute convergence is identified in the second regime, whereas the full model, which considers both regimes collectively, indicates the presence of relative convergence. This suggests that the strong representation of the second regime underscores the necessity for harmonized environmental policies across the Turkic Republics. However, the evidence of relative convergence in the full model also highlights the need for countries to develop tailored environmental strategies that reflect their unique structural and ecological dynamics. In conclusion, the study provides empirical support for the idea that Turkic Republics should adopt flexible, nationally customized environmental policies aligned with their specific capacities and developmental contexts.

Keywords: *Environmental Sustainability, Ecological Convergence, Panel Threshold Autoregressive Model.*

Günümüzde çevre sorunları, küresel düzeyde karşılaşılan en ciddi tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu sorunlar, sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik, toplumsal ve politik boyutlarıyla da giderek daha karmaşık bir hâl almakta ve gezegenin ekolojik dengesini derinden sarsan sonuçlar doğurmaktadır. Tarihsel süreçte var olan çevresel tehditler, günümüzde hem ölçek hem de etkileri açısından daha ağır ve çözümünü güç bir nitelik kazanmıştır. Bu bağlamda, çevresel bozulmanın sadece günümüzü değil, gelecek nesillerin yaşam koşullarını da tehdit ettiği açıktır. Dolayısıyla, çevre krizine karşı etkili, bütüncül ve sürdürülebilir çözüm arayışları artık ertelenemez bir zorunluluk hâlini almıştır (Yenigün-Tuğalan, 2021, s. 31).

Çevresel sorunların insan kaynaklı boyutu değerlendirildiğinde, 20. yüzyıl bu etkileşimin en yoğunlaştığı dönem olarak öne çıkmaktadır. Bu yüzyılda yaşanan iki dünya savaşı ve ardından gelen hızlı sanayileşme süreci, doğa üzerinde daha önce benzeri görülmemiş düzeyde bir tahribata yol açmıştır (Küçükkalay, 1997, s. 54). Endüstrileşme ve nüfus artışı, çevresel bozulmanın temel itici güçleri arasında yer almaktadır. Hızla artan nüfus, enerji ve tüketim talebini yükseltmiş; bu da fosil yakıtların daha yoğun kullanımıyla birlikte hava, su ve toprak kirliliğini ciddi ölçüde artırmıştır. Bu durum, yalnızca ekosistemleri değil, insan sağlığını da doğrudan tehdit eden çok katmanlı çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Çevre kirliliğinde gözlenen artış, yalnızca ekosistemleri değil, insan yaşamının tüm boyutlarını tehdit eder hâle gelmiştir ve bu durum doğal olarak tüm bilim disiplinlerini olduğu kadar iktisat bilimini de doğrudan etkilemektedir. Geleneksel iktisat uzun yıllar boyunca üretim, tüketim ve refah kavramlarını merkeze almış olsa da, günümüzde çevresel sürdürülebilirlik gibi yaşamsal unsurlar da bu çerçeveye dâhil edilmek zorunda kalmıştır. Bu genişleyen perspektif, literatürde ekolojik iktisat olarak adlandırılan yeni bir yaklaşımın ortaya çıkmasına neden olmuş; böylece ekonomik faaliyetlerin doğal kaynaklar ve çevresel sınırlar gözetilerek değerlendirilmesi gerekliliği daha belirgin hâle gelmiştir.

Ekolojik iktisat, ekonomiyi yalnızca üretim ve tüketim ilişkileri bağlamında ele almakla kalmayıp, doğal kaynakların sınırlılığı, ekosistem hizmetleri ve çevresel taşıma kapasitesi gibi faktörleri de dikkate alarak daha kapsayıcı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu doğrultuda, çevresel sorunların sadece biyolojik ya da fiziksel değil, aynı zamanda ekonomik boyutlarının da bulunduğu ve bu boyutların ihmal edilmemesi gerektiği ortaya konmuştur. Bu yaklaşım, bilimsel bilgi üretiminde disiplinler arası iş birliğinin önemini vurgulamakta; farklı bilim alanlarının ortak sorunlara birlikte çözüm üretmesinin, bilgi temelli toplumsal dönüşümün temel taşlarından biri olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda, çevre ekonomisi, çevresel sorunların ekonomik analizini yapmanın ötesine geçerek, sürdürülebilir ve uygulanabilir çözüm yolları geliştirmeyi hedefleyen uygulamalı bir bilim dalı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kaynakların etkin ve adil kullanımı ile çevresel tahribatın asgari düzeye indirilmesi, çevre ekonomisinin temel amaçları

arasında yer almaktadır. Bu amaç doğrultusunda zaman içinde çeşitli çevresel göstergeler geliştirilmiş olsa da, ekolojik ayak izi, bireylerin ve toplumların tüketim alışkanlıklarını doğrudan yansıtabilmesi açısından diğer çevresel değişkenlerden belirgin şekilde ayrılmaktadır. Nitekim ekolojik ayak izi, yalnızca tüketim düzeyini ölçmekle kalmayıp, aynı zamanda bu tüketimin doğanın yenilenme kapasitesiyle olan ilişkisini de ortaya koymakta; böylece hem bireysel hem de ulusal düzeyde çevresel sürdürülebilirliğin nicel olarak izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu yönüyle ekolojik ayak izi, sürdürülebilir kalkınma politikalarının oluşturulmasında stratejik öneme sahip bir gösterge niteliği taşımaktadır.

Bu stratejik konumu nedeniyle, ekolojik ayak izi kavramı üzerine yapılan teorik ve ampirik çalışmalar giderek artmaktadır. İlk olarak Rees (1992) tarafından önerilen ve Rees ve Wackernagel (1996) tarafından geliştirilen ekolojik ayak izi (EF) kavramı, bireyin, topluluğun ya da belirli bir faaliyetin doğrudan ya da dolaylı olarak tükettiği kaynakları üretmek ve ortaya çıkan atıkları absorbe etmek için ihtiyaç duyulan biyolojik olarak üretken kara ve su alanını ifade etmektedir. Bu kapsamıyla ekolojik ayak izi mevcut teknolojik kapasite ve kaynak yönetimi düzeyi de göz önünde bulundurularak, insan talebi ile doğanın taşıma kapasitesi arasındaki ilişkiyi ölçmeyi hedeflemekte; bu yönüyle, diğer çevresel göstergelere kıyasla daha kapsayıcı ve sistematik bir ölçüt olarak öne çıkmaktadır (Solarin, 2019, s. 6168; Erdoğan- Okumuş, 2021, s. 2).

Ekolojik ayak izi altı temel bileşenden oluşmaktadır: karbon ayak izi, tarım arazisi ayak izi, orman arazisi ayak izi, otlak alan ayak izi, yapılaşmış alan ayak izi ve balıkçılık alanı ayak izi. Bu bileşenlerin her biri, insan faaliyetlerinin belirli bir ekolojik sistem üzerindeki baskısını ölçmektedir. Örneğin karbon ayak izi, CO₂ emisyonlarını absorbe etmek için gereken orman ve okyanus alanını ifade ederken; tarım arazisi ayak izi, gıda ve lif üretimi ile hayvancılık faaliyetleri için gereken kara alanını tanımlar. Orman ayak izi, tüketilen ahşap ve yakacak odun miktarını karşılamak için gereken orman alanını, otlak ayak izi ise hayvancılıkla bağlantılı otlak kullanımını yansıtmaktadır. Yapılaşmış alan ayak izi, yerleşim, ulaşım ve sanayi altyapısının kapladığı alanı belirtirken; balıkçılık alanı ayak izi deniz ürünleri üretimi için gereken deniz alanını temsil eder (Solarin-Bello, 2018, s. 35–36; Ulucak-Lin, 2017, s. 339; Ewing vd. 2010, s. 13; Erdoğan-Okumuş, 2021, s. 2).

Bu çok boyutlu yapının güvenilir bir şekilde hesaplanabilmesi için, Global Footprint Network (GFN) tarafından özgün bir metodoloji geliştirilmiştir. GFN, dünya nüfusunun kıtalar ve ülkeler bazında ne kadar ekolojik kaynak tükettiğini belirlemek amacıyla, biyokapasite ile insan talebi arasındaki farkı nicel olarak analiz eden bir sistematik sunmaktadır. Bu metodoloji, doğal kaynakların tüketim hızının, doğanın kendini yenileme kapasitesini aştığını açıkça göstermektedir. Nitekim 2007 tarihli GFN raporuna göre, insanlığın bir yılda tükettiği kaynakları yerine koyabilmesi için doğanın yaklaşık 16 aylık bir sürece ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (King-Teodorina, 2010, s. 20).

Sonuç olarak, ekolojik ayak izi yalnızca çevresel baskının izlenmesine değil, aynı zamanda insan faaliyetlerinin sürdürülebilirlik sınırları içinde kalıp kalmadığını da değerlendiren biyokütle temelli bir kaynak muhasebesi aracıdır. Temel kaynak tüketimi ve ekosistem hizmetlerinin kullanımına dayalı bu ölçüm, çevresel politika geliştirme ve planlamasında stratejik karar destek aracı olarak işlev görmektedir (Baabou vd. 2017, s. 94; Fiala, 2008, s. 519). Böylece hem bireysel hem de ulusal düzeyde sürdürülebilirlik çabalarının izlenebilirliği sağlanmakta; çevresel performansın ölçülmesine olanak tanınmaktadır.

Bu doğrultuda, ekolojik ayak izi belirli bir coğrafi bölgedeki nüfusun tükettiği kaynakları üretmek ve bu tüketimden kaynaklanan atıkları absorbe etmek için ihtiyaç duyulan biyolojik olarak üretken arazi ve su kaynaklarının toplam alanını ölçen bir gösterge olarak tanımlanmaktadır (Rees-Wackernagel, 1996, s. 227–228). Bu ölçüme paralel bir yaklaşımı benimseyen Wackernagel vd. (1997) yayımladıkları çalışmalarında, her bireyin doğanın ürün ve hizmetlerini tüketerek gezegen üzerinde kaçınılmaz bir etkide bulunduğunu ifade etmiş ve

bu bağlamda ulusların doğadan “ne kadarını kullandığı” ve “ne kadarının kaldığı” sorularını temel alarak değerlendirme yapmıştır.

Bireylerin çevresel etkileri esasen doğayı işgal ettikleri ekolojik alan büyüklüğüyle doğrudan ilişkilidir. Tüketilen kaynakların ve ortaya çıkan atıkların büyük bir kısmı izlenebilir nitelikte olup, bu akışlar çoğunlukla bunları destekleyen biyolojik olarak verimli alanlara dönüştürülebilir biçimdedir. Bu yöntemsel yaklaşım, bireysel düzeyde başlatılan bir ölçümün toplumsal düzeye genellenmesine olanak tanımakta; böylece bir ülkenin toplam ekolojik talebinin somut biçimde hesaplanabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda, bir ülkenin doğal kaynakları ne ölçüde kullandığı ve gezegen üzerindeki çevresel baskısının hangi düzeyde olduğu hakkında karar vericilere ve araştırmacılara değerli bilgiler sunulmaktadır.

Bu çalışma ekolojik ayak izi göstergesi çerçevesinde Türk Cumhuriyetleri için çevresel yakınsama hipotezini doğrusal olmayan bir metodolojiyle test etmekte ve bu yönüyle söz konusu bölgeye yönelik karşılaştırmalı analiz literatürüne ampirik katkı sunmaktadır. Bölgesel düzeyde ulaşılan bulgular, çevresel yakınsama literatürüne özgün bir perspektif kazandırmaktadır. 1992–2022 dönemine ait ülke verilerine dayanan bu araştırmada, öncelikle teorik ve kavramsal bir çerçeve oluşturulmuş; ardından mevcut literatür değerlendirilmiştir. Takip eden bölümlerde ise veri seti, yöntem ve model ayrıntıları açıklanarak ampirik bulgulara yer verilmiş, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Çalışma, ulaşılan bulgular doğrultusunda geliştirilen politika önerileri ve gelecek araştırmalara yönelik çıkarımlarla tamamlanmıştır.

1. Literatür Taraması

Günümüzde bilgi birikiminin hızla artması, bilimsel çalışmalarda güvenilir ve güncel kaynaklara erişimi her zamankinden daha kritik hâle getirmiştir. Bu bağlamda, araştırma süreçlerinin temel yapı taşlarından biri olan literatür taraması, yalnızca mevcut bilgileri derlemekle kalmayıp aynı zamanda araştırmanın metodolojik yönünü de şekillendiren stratejik bir unsura dönüşmüştür. Geleneksel literatür taraması yöntemleri genellikle nitel bir yaklaşımla yürütülmekte; araştırmacıların belirli bir konuya dair seçtikleri akademik çalışmaları ayrıntılı biçimde inceleyip yorumlamasını gerektirmektedir. Her ne kadar bu yaklaşım derinlemesine analiz imkânı sunsa da, öznel değerlendirmelere dayanması ve yüksek zaman maliyeti taşıması, bazı sınırlılıkları da beraberinde getirmektedir.

Bu nedenle, özellikle son yıllarda bilimsel literatürün sistematik biçimde analiz edilmesini mümkün kılan bibliyometrik analiz yöntemleri ön plana çıkmıştır. İlk olarak Price-Beaver (1966) tarafından kullanılan bibliyometrik analiz, belirli bir araştırma alanında yayımlanmış çalışmaların nicel verileri üzerinden değerlendirilmesine olanak tanıyarak, alanın gelişim dinamiklerini daha nesnel ve ölçülebilir biçimde ortaya koymaktadır. Bu analiz yöntemi; atıf sayıları, yazar iş birlikleri, anahtar kelime frekansları ve yayın yapılan dergilerin etki faktörleri gibi çeşitli metrikleri içermektedir. Bu metrikler aracılığıyla, bir alandaki öncü çalışmalar, etkili yazarlar ve güncel araştırma eğilimleri belirlenebilmekte; böylece yalnızca geçmişin haritası çıkarılmakla kalmayıp, gelecekteki olası araştırma yönelimleri de öngörülelebilmektedir.

Bibliyometrik analizlerin güvenilirliği, kullanılan veri kaynaklarının kapsamı ve güncelliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu noktada öne çıkan başlıca bilimsel veri tabanları arasında Google Scholar, PubMed, Web of Science ve özellikle Scopus yer almaktadır (Chen, 2017, s. 3). Bu çalışmada tercih edilen Scopus veri tabanı, Elsevier tarafından 2004 yılında araştırmacıların kullanımına sunulmuş olup, kitaplar, konferans bildirileri ve bilimsel makaleleri içeren 49 milyondan fazla yayını kapsayan zengin bir içeriğe sahiptir. Kapsayıcılığı, sürekli güncellenen yapısı ve kullanıcı dostu arayüzü ile dikkat çeken Scopus, aynı zamanda yüksek kaliteli, disiplinler arası bibliyometrik analizler için de güvenilir bir

kaynak sunmaktadır. Nitekim literatürde, Scopus'un araştırma bulgularının doğruluğu ve kapsamlılığı üzerinde olumlu etkiler sağladığı yönünde çeşitli bulgular da mevcuttur (Ghani, 2020, s. 62). Tüm bu nedenlerle, çalışmada gerçekleştirilen bibliyometrik analizde veri kaynağı olarak Scopus veri tabanı tercih edilmiştir. Böylece literatürün daha sistematik, güncel ve karşılaştırılabilir bir biçimde taranması mümkün olmuş; analizde kullanılan çalışmaların akademik niteliği ve güvenilirliği garanti altına alınmıştır.

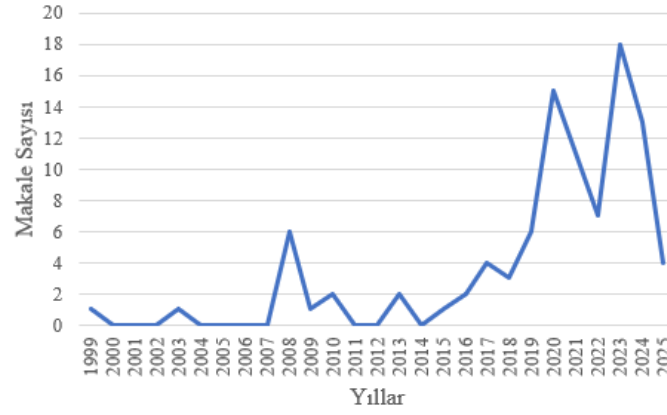
Bu çalışmada, çevresel bozulma ve yakınsama konularını ele alan akademik yayınlar, 1999–2025 yılları arasında Scopus veri tabanında taranmış ve değerlendirilmiştir. Literatür taraması sürecinde belirli içerik kriterlerine göre yapılan filtrelemeler sonucunda, analize dahil edilmek üzere 97 çalışma seçilmiştir. Söz konusu bibliyometrik analizler, R programında yer alan "Bibliometrix" paketi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar bibliyometrik analizler için kullanılabilecek farklı yazılımlar mevcut olsa da, R yazılımı bu çalışmada tercih edilmiştir çünkü söz konusu paket, hem kapsamlı analiz araçları sunmakta hem de grafiksel görselleştirme yetenekleri açısından yüksek performans sağlamaktadır (Buğan, 2021, s. 661).

Elde edilen bulgular, Tablo 1'de özet istatistikler hâlinde sunulmuştur. Buna göre, analiz kapsamındaki 97 yayının 1999–2025 döneminde yayımlandığı ve literatürde bu konuya yönelik yıllık ortalama %5,48 oranında bir artış eğilimi gözlemlendiği tespit edilmiştir. Bu artış, çevresel yakınsama literatürünün giderek artan bir akademik ilgiyle karşılandığını göstermektedir. Çalışmalara katkıda bulunan toplam 225 yazar içinde, sadece 11 çalışmanın tek yazarlı olduğu görülmekte; bu durum, ilgili alandaki araştırma üretiminin büyük ölçüde çok yazarlı ve iş birliğine dayalı olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, uluslararası ortak yazarlık oranının %44,33 seviyesinde olması, disiplinler arası ve ülke sınırlarını aşan iş birliklerinin bu alanda belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, makale başına düşen ortalama 31,25 atıf sayısı, bu yayınların literatürde yüksek düzeyde etki yarattığını ve alanın gelişiminde kayda değer bir bilimsel yankı bulduğunu ortaya koymaktadır.

Bibliyometrik Analiz Bulguları	
Yayın Aralığı	1999-2025
Toplam Yayın	97
Yıllık Artış Oranı	%5,48
Yazar	225
Tek Yazar	11
Uluslararası Ortak Yazarlık	%44,33
Makale Başına Ortalama Atıf Sayısı	31,25

Tablo 1. Literatür Taraması için Ele Alınan Veri Setine Ait Özet Bilgiler

Şekil 1'de, 1999–2025 dönemine ait yayın dağılımı incelendiğinde, çevresel bozulma ve yakınsama konularına yönelik akademik üretimin zaman içerisinde belirgin bir artış eğilimi sergilediği görülmektedir. Özellikle 2023 yılı, toplam 18 yayınla en yüksek üretimin gerçekleştiği yıl olarak öne çıkmaktadır. Bu yılı sırasıyla 2020 (15 yayın), 2024 (13 yayın) ve 2021 (11 yayın) takip etmektedir. Bu veriler, son beş yıllık dönemde alana yönelik akademik ilginin kayda değer şekilde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, 2025 yılına ait verilerin henüz yıl tamamlanmadan derlendiği dikkate alındığında, yalnızca ilk çeyrekte yayımlanan 4 makale, bu eğilimin devam ettiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, çevresel yakınsama literatüründe süreklilik arz eden bir yükseliş trendi bulunduğu söylenebilir. Bu eğilimin daha net biçimde görselleştirilmesi amacıyla hazırlanan Şekil 1, çalışmalarda kullanılan yıllık yayın sayılarının grafiksel dağılımını sunmakta; böylece ilgili döneme ait akademik üretim dinamiklerinin daha kolay analiz edilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 1. İlgili Literatürün 1999-2025 Yılları Arasındaki Değişimi

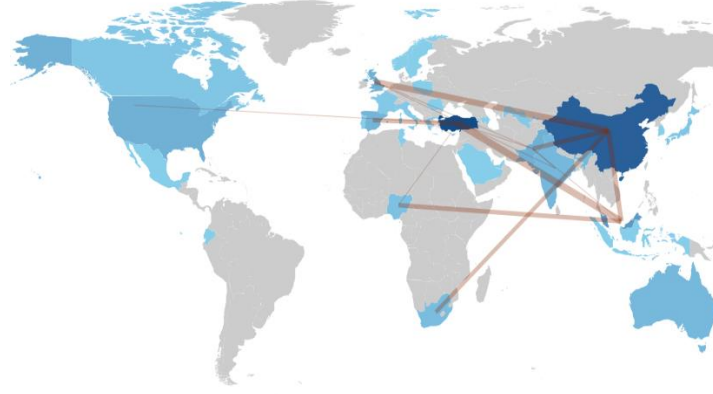
Tablo 2, ülkelerin çevresel yakınsama literatürüne katkı düzeylerini ve bu katkıların uluslararası iş birliği yapılarıyla ilişkisini detaylı biçimde sunmaktadır. Bibliometrik analiz sonuçlarına göre, bu alanda en fazla yayını gerçekleştiren ülkeler sırasıyla Türkiye (25 yayın) ve Çin (24 yayın) olmuştur. Ancak her iki ülke için de uluslararası ortaklıkla gerçekleştirilen yayınların oranı görece düşük düzeydedir; Türkiye için bu oran %28, Çin için ise %37,5 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, söz konusu ülkelerdeki akademik üretimin büyük ölçüde yerel kaynaklı olduğunu, uluslararası iş birliğinin ise sınırlı kaldığını göstermektedir. Buna karşın, Malezya'nın toplam 6 yayınının 5'ini uluslararası iş birliğiyle gerçekleştirmesiyle %83,3 oranında MCP (Multiple Country Publications) değerine sahip olması dikkat çekicidir. Daha da çarpıcı olan ise Güney Afrika, Kanada, Yunanistan, Meksika, Nijerya, Polonya, İsveç ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi ülkelerin çevresel yakınsama alanında yalnızca uluslararası ortaklıklar üzerinden yayın üretmiş olmasıdır (MCP oranı = 1). Bu bulgular, konuya küresel ölçekte artan bir ilgi olduğunu, özellikle düşük yayın hacmine sahip ülkelerde bilimsel üretimin büyük ölçüde uluslararası iş birliği yoluyla sağlandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, yüksek yayın sayısına sahip bazı ülkelerde ulusal düzeyde üretim eğiliminin baskın olmasına karşın, İspanya (%50), Hindistan (%50) ve ABD (%40) gibi ülkelerde uluslararası iş birliklerinin önemli bir yer tuttuğu da görülmektedir. Bu çeşitlilik hem yayın sayısı hem de ortaklık yapıları bakımından ülkelerin akademik stratejilerinin ve altyapılarının farklılık gösterdiğine işaret etmektedir. Tablo 2, çevresel yakınsama alanında bilimsel üretimin coğrafi dağılımını ve araştırma iş birliklerinin yapısal özelliklerini daha net biçimde görselleştirmek amacıyla sunulmuştur.

Ülke	Makaleler	SCP	MCP	MCP Oranı
Güney Afrika	4	0	4	1
Kanada	1	0	1	1
Yunanistan	1	0	1	1
Meksika	1	0	1	1
Nijerya	1	0	1	1
Polonya	1	0	1	1
İsveç	1	0	1	1
Birleşik Arap Emirlikleri	1	0	1	1
Malezya	6	1	5	0.833
İspanya	6	3	3	0.500
Hindistan	4	2	2	0.500
ABD	5	3	2	0.400
Çin	24	15	9	0.375
Türkiye	25	18	7	0.280
Avustralya	4	3	1	0.250
Birleşik Krallık	2	2	0	0
Fransa	1	1	0	0
İtalya	1	1	0	0
Güney Kore	1	1	0	0

Tablo 2. Ülkelerin Yayın İş Birliği Tablosu

Not: Tablo içerisinde yer alan “SCP; Single Country Publications” kavramını ifade ederken, “MCP ise; Multiple Country Publications” kavramını ifade etmektedir.

Bibliyometrik analiz, akademik üretimin yapısal dinamiklerini ortaya koymada önemli bir yöntemsel araç olup, özellikle araştırmacılar arasındaki iş birliklerinin ve kurumlar arası etkileşimlerin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu tür analizler, yalnızca bireysel yayın performanslarını değil, aynı zamanda araştırma alanlarındaki bilimsel ağ yapılarını ve iş birliği eğilimlerini de görünür kılar. Nitekim Peters-Van Raan (1991) tarafından vurgulandığı üzere, iş birliği temelli veri görselleştirmeleri, bilimsel etkileşimlerin kapsam ve yoğunluğunu analiz etmede etkili araçlardır. Bu çerçevede, çalışmada elde edilen uluslararası iş birliği bulguları, Şekil 2 aracılığıyla ülkeler arası akademik iş birliği ağlarını görsel olarak sunmaktadır.



Şekil 2. Ülke İş Birliği Ağı

Araştırma konusunun içeriğine dair temel yönelimleri belirlemede kullanılan en önemli bibliyometrik unsurlardan biri de anahtar kelime analizidir. Anahtar kelimeler, literatürün hangi temalara odaklandığını belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda kavramsal çerçevenin oluşmasına da katkıda bulunmaktadır (Öner, 2023, s. 93). Bu bağlamda, literatürdeki eğilimleri daha somut biçimde yansıtabilmek amacıyla çalışmada bir kelime bulutu analizi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3'te sunulan bu kelime bulutunda, çevresel bozulmanın yakınsaması literatüründe en sık karşılaşılan anahtar kelimenin "Karbon dioksit" olduğu görülmektedir. Bu terimi sırasıyla "Yakınsama" ve "Ekonomik Gelişme" kavramları izlemektedir. Bu durum, literatürün temel olarak karbon emisyonları, ekonomik yapıların çevresel etkileri ve ülkeler arası çevresel yakınsama süreçleri üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Dolayısıyla, anahtar kelime analizinden elde edilen bulgular, çalışmanın ana temasıyla doğrudan örtüşen bir kavramsal yoğunluk sergilemektedir.



Şekil 3. Kelime Bulutu

2. Ampirik Analiz

Çalışmanın bu bölümünde, veri seti ve metodoloji hakkında bilgiler paylaşılarak, yapılan ampirik analizin bulguları değerlendirilecektir.

2.1. Veri Seti ve Metodoloji

Çalışmada, Türk Cumhuriyetlerinin analiz kapsamına dâhil edilmesinin temel gerekçesi, bu ülkelerin ortak tarihsel ve kültürel mirasa sahip olmalarına karşın, ekonomik kalkınma düzeyleri, doğal kaynak bağımlılıkları ve çevresel sürdürülebilirlik performansları bakımından belirgin yapısal farklılıklar sergilemeleridir. Bu heterojen yapı, çevresel yakınsama dinamiklerinin ülkeler arası farklılıklar ışığında test edilmesine olanak tanımakta ve çalışmanın ampirik zeminini karşılaştırmalı bir çerçevede temellendirmektedir.

Bu kapsamda, Türkiye ile birlikte Kazakistan, Türkmenistan, Tacikistan, Özbekistan ve Kırgızistan için kişi başına düşen ekolojik ayak izi göstergesi kullanılarak çevresel yakınsama hipotezi ekonometrik olarak test edilmiştir. Azerbaycan ise analiz dışında bırakılmıştır, zira Global Footprint Network veri tabanında bu ülkeye ilişkin kişi başına düşen ekolojik ayak izi (gha) verileri yalnızca 1996 yılından itibaren sunulmakta, diğer ülkeler için ise 1992 yılına kadar uzanan bir veri seti sağlanmaktadır. Bu nedenle, gözlem sayısının artırılması ve zaman serisi bütünlüğünün korunması amacıyla analiz dönemi 1992–2022 olarak belirlenmiş ve ülke örnekleme bu doğrultuda sınırlandırılmıştır.

Yakınsama sürecinde doğrusal olmayan davranışların varlığını sınamak üzere, ampirik analizlerde rejime bağlı geçişlere duyarlı Panel Eşik Otoregresif Birim Kök Testi (Panel TAR) uygulanmıştır. Bu yöntem, ülkeler arası çevresel yakınsama süreçlerinin tek tip ve sabit bir dinamik ile ilerlemediği, aksine belirli ekonomik, politik veya çevresel eşik değerler altında farklılaştığı varsayımı üzerine kuruludur. Bu bağlamda, ülkelerin ortak çevre politikaları geliştirme olasılığı rejim koşullarına bağlı olarak değişmekte ve buna paralel olarak yakınsama oranlarında da farklılaşmalar gözlenebilmektedir (Tipoy, 2015, s. 7). Bununla birlikte, yalnızca doğrusal panel birim kök testlerine dayanmak, yakınsama sürecinin karmaşık doğasını tam anlamıyla yansıtamayabilir. Özellikle doğrusal olmayan geçişlerin ve rejimsel yapıların mevcut olduğu durumlarda, klasik testler yanıltıcı sonuçlar üretebilir (Beyaert-Camacho, 2008, s. 669). Bu gerekçeyle, çalışmada Beyaert-Camacho (2008) tarafından geliştirilen Panel TAR modeli tercih edilmiş; bu model aracılığıyla hem verilerin doğrusal olup olmadığı test edilmiş, hem de yakınsama süreci iki ayrı rejim altında analiz edilmiştir.

Panel TAR testinin uygulama süreci, öncelikle serilerin doğrusallık varsayımına dayalı olarak başlamakta ve sıfır hipotezi olan “seriler doğrusaldır” önermesi test edilmektedir. Bu hipotez reddedildiğinde, alternatif hipotez olan “seriler doğrusal değildir” kabul edilerek analiz doğrusal olmayan yapı üzerinden sürdürülmektedir (Yavuz-Yılcı, 2013, s. 286). Bu çerçevede, Türk Cumhuriyetleri’nde kişi başına düşen ekolojik ayak izi (EF) serilerinin uzun dönemli yakınsama davranışları, Panel TAR birim kök yöntemiyle değerlendirilmektedir.

$$\Delta EF_{n,t} = \left[\delta_n^I + \rho_n^I EF_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^I \Delta EF_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} < \lambda\}} + \left[\delta_n^{II} + \rho_n^{II} EF_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^{II} \Delta EF_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} \geq \lambda\}} + \varepsilon_{n,t}$$

$$n=1, \dots, N \text{ ve } t=1, \dots, T$$

(1)

Denklem (1)’de $n=1, \dots, N$ ve $t=1, \dots, T$ olmak üzere, model N ülkeyi ve T zaman periyodunu kapsayan panel veri seti üzerinden tanımlanmıştır. Modelin temel bileşenleri şu şekilde açıklanabilir:

$EF_{n,t}$: Kişi başına düşen ekolojik ayak izi serisini,

Δ : Birinci fark operatörünü,

δ, ρ, φ : Rejimlere özgü sabit terimleri,

$\varepsilon_{n,t}$: Hata terimini,

Z_{t-1} : Eşik değişkeni göstermekte olup rejim geçişini,

λ : Modeldeki eşik değerini ifade etmektedir.

Denklem (1), iki rejimli Panel Eşik Otoregresif modeline ait temel yapıyı göstermekte olup, serilerin birim köklü olup olmadığını test etmeye yöneliktir (Çeştepe-Tatar, 2021, s. 331). Bu model, veri serilerinin zaman içinde farklı yapısal rejimler altında farklı dinamikler sergileyebileceği varsayımına dayanmaktadır. Denklemde yer alan $I(x)$ gösterge fonksiyonu, belirtilen koşulun sağlanması durumunda 1 değerini, aksi takdirde 0 değerini almakta ve böylece modelin iki ayrı rejimde işlem görmesini sağlamaktadır (Işık vd. 2021, s. 32654).

Bu kapsamda, gösterge fonksiyonunun 1 değerini aldığı durumda model Rejim I altında işlemektedir ve bu yapı Denklem (2) ile temsil edilmektedir:

$$\Delta EF_{n,t} = \delta_n^I + \rho_n^I EF_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^I \Delta EF_{n,t-i} + \varepsilon_{n,t} \quad (2)$$

Benzer şekilde, gösterge fonksiyonunun 0 değerini aldığı durumda model Rejim II geçerli olmakta ve bu yapı Denklem (3) ile tanımlanmaktadır:

$$\Delta EF_{n,t} = \delta_n^{II} + \rho_n^{II} EF_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^{II} \Delta EF_{n,t-i} + \varepsilon_{n,t} \quad (3)$$

Modelin uygulanmasında ilk aşama, verilerin doğrusallık testine tabi tutulmasıdır. Bu doğrultuda, sıfır hipotezi (H_0) olarak “seriler doğrusaldır” ifadesi test edilmektedir. Eğer H_0 hipotezi reddedilirse, alternatif hipotez (H_1) olan “seriler doğrusal değildir” kabul edilmekte ve Panel TAR modelinin uygulanması mümkün hâle gelmektedir. Ancak, her iki rejim için yapılan testlerin en az birinde doğrusallık reddedilmezse, yani modellerden biri doğrusal çıkarsa, Panel TAR modeli uygulanamaz ve analiz doğrusal yapıda sürdürülmelidir (Eryüzlü-Hopoğlu, 2020, s. 300). Bu durumda, yakınsama analizi için Evans-Karras (1996) tarafından önerilen doğrusal panel birim kök yaklaşımı tercih edilmelidir. Dolayısıyla, Panel TAR modelinin uygulanabilirliği, serilerin doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğunu ortaya koyan ön test sonuçlarına bağlıdır.

İkinci aşamada doğrusal olmama durumunun yani H_1 hipotezinin kabul edilmesi sonucu, yakınsama ve ıraksama hipotezleri sınanmaktadır. Sınaması yapılacak boş ve alternatif hipotezler şu şekildedir; (Beyaert-Camacho, 2008, s. 672).

$$H_{0,2}: p_n^I = p_n^{II} \forall n \quad (4)$$

$$H_{A,2a}: p_n^I < 0, p_n^{II} < 0 \forall n \quad (5a)$$

$$H_{A,2b}: p_n^I < 0, p_n^{II} = 0 \forall n \quad (5b)$$

$$H_{A,2c}: p_n^I = 0, p_n^{II} < 0 \forall n \quad (5c)$$

Denklem (4); her iki rejim altında ıraksamanın olduğunu, başka bir deyişle yakınsamanın olmadığını ifade etmektedir. Buna karşılık Denklem (5a); Beyaert-Camacho’nun (2008) “tam yakınsama” olarak adlandırdıkları durumu, Denklem (5b) ve Denklem (5c) ise nispi bir yakınsama durumunu ifade etmektedir.

Beyaert-Camacho’un (2008) alternatif hipotezlerini ayırmak için Caner-Hansen (2001) Wald-tipi bir test istatistiği önermişlerdir. İfade edilen bu test istatistiği, şu şekildedir;

$$R_2 = t_I^2 + t_{II}^2 \quad (6)$$

$$t_i = \frac{\hat{p}_n^i}{s_{\hat{p}_n^i}}, i = I, II \quad (7)$$

Denklem (7)'de yer alan, p_n^i denklem (1)'de yer alan p_n^i 'nin grid-FGLS (Feasible Generalized Least Squares) tahminini belirtmektedir. Grid-FGLS yöntemi, modeldeki eşik parametresi olan (λ)'nın yanı sıra, regresyon katsayılarının da en uygun değerlerle tahmin edilmesini sağlar. Bu yöntem, özellikle rejim geçişlerinin belirlenmesinde ve doğrusal olmayan yapının yakalanmasında kritik öneme sahiptir (Tipoy, 2015, s. 10).

Yakınsama hipotezinin test edilmesindeki son aşama, elde edilen bulgular ışığında yakınsamanın mutlak mı yoksa nispi mi olduğunun belirlenmesidir. Ferreira-Vieira (2009) tarafından öne sürülen hipotezler şu şekildedir (Yavuz-Yılcı, 2013, s. 286):

$$H_{0,3} = \delta_n^i = 0, \quad \forall_n \text{ ve } \forall_i, \quad (8)$$

$$H_{A,3a} = \delta_n^i \neq 0, \quad (9a)$$

$$H_{A,3b} = \delta_n^I = 0, \quad \delta_n^{II} \neq 0, \quad (9b)$$

$$H_{A,3c} = \delta_n^I \neq 0, \quad \delta_n^{II} = 0, \quad (9c)$$

Denklem (8) mutlak yakınsamayı gösterirken, Denklem (9a) nispi yakınsamayı göstermektedir. Denklem (9b) ve Denklem (9c) ise birinci ve ikinci rejimlerdeki nispi ve mutlak yakınsamayı göstermektedir.

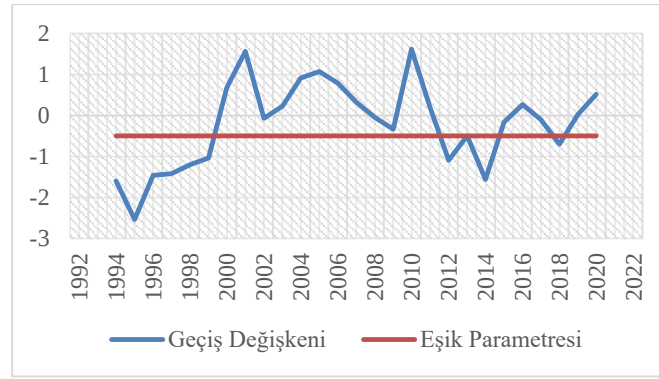
2.2. Analiz Sonuçları

Ampirik analiz süreci, Panel TAR metodolojisinin gerektirdiği biçimde, öncelikle modelin doğrusal olup olmadığının test edilmesiyle başlatılmıştır. Bu bağlamda, sıfır hipotezi (H_0) olarak "model doğrusaldır" ifadesi test edilmiş, alternatif hipotez (H_1) ise "model doğrusal değildir" şeklinde tanımlanmıştır. Kısıtsız ve kısıtlı bootstrap olasılık değerleri dikkate alındığında, doğrusallık hipotezi anlamlı düzeyde reddedilmiştir. Bu sonuç, veri setinin doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğunu ve dolayısıyla Panel TAR yaklaşımının uygulanabilirliğini teyit etmektedir. Doğrusallığın reddedilmesiyle birlikte, analiz süreci Panel TAR çerçevesinde rejim ayrımlı yakınsama testlerine geçilerek devam ettirilmiştir. Bu bulgular, çalışmada kullanılan ekonometrik yaklaşımın temel koşulunun sağlandığını göstermekte ve analizlerin doğrusal olmayan modeller üzerinden yürütülmesini metodolojik olarak meşrulaştırmaktadır. Söz konusu test sonuçlarına ilişkin detaylar Tablo 3'te sistematik biçimde sunulmaktadır.

Analiz Sonuçları					
Test İstatistiği	Bootstrap değeri (Kısıtsız)	Bootstrap değeri (Kısıtlı)	Rejimler Arası Geçişin Sağlandığı Ülke	Eşik Düzeyi	1. Rejimdeki Gözlem (% olarak)
62.0257	0.0452 **	0.0368 **	Türkmenistan	-0.5003	33.3333
Yakınsama (Durağanlık) Test Sonuçları					
1. Rejimdeki Durağanlık	2. Rejimdeki Durağanlık		Her İki Rejim Birlikte Ele Alındığında Durağanlık		
-5.6279 (0.0104) **	-3.0142 (0.0000) *		40.7592 (0.0416) **		
Mutlak ve Nispi Yakınsama Sonuçları					
9.6967 (0.0324) **	5.9918 (0.3764)		7.1311 (0.0608) ***		

Tablo 3. Türk Cumhuriyetlerine Ait Panel TAR Analiz Sonuçları

Not: Sırasıyla *, ** ve *** işaretleri %1, %5 ve %10 anlam düzeylerini ifade ederken, olasılık değerleri parantez içinde gösterilmiştir. Durağanlık, doğrusallık ve yakınsama türünün tespiti için bootstrap kullanılmış olup, bootstrap sayısı 2500 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Türk Cumhuriyetlerinde Yakınsama Grafiği

Not: Eşik parametresinin altında kalan kısım birinci rejimin gözlem yüzdesini belirtirken, eşik parametresinin üstünde kalan kısım ise ikinci rejimin gözlem yüzdesini belirtmektedir

Şekil 4, geçiş değişkeninin yıllar içindeki dalgalanmalarını ve bu dalgalanmaların belirli bir eşik parametresi etrafında nasıl hareket ettiğini göstermektedir. Şekil 4'te mavi çizgi ile gösterilen geçiş değişkeni, 1992'den 2022'ye kadar olan dönemde ekolojik ayak izindeki değişimleri temsil etmektedir. Eşik parametresi ise, -0.5003 seviyesinde belirlenmiş olup kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

Geçiş değişkeninin yıllar içerisindeki hareketine bakıldığında, değişkenin bazı yıllarda pozitif değerlere, bazı yıllarda ise negatif değerlere ulaştığı gözlemlenmektedir. Grafikte ikinci rejimi gösteren eşik parametresinin üzerinde kalan dönemlerde ekolojik ayak izinin arttığı, dolayısıyla çevresel baskıların ve doğal kaynak kullanımının yoğun olduğu işaret edilmektedir. Özellikle 2000'lerin başı ve 2010'ların ortasında geçiş değişkeninin pozitif değerlere ulaşarak ikinci rejimi gösterdiği görülmektedir. Bu dönemler, çevresel sürdürülebilirliğin zayıfladığı ve doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanıldığı yıllar olarak yorumlanabilmektedir. Grafikte birinci rejimi gösteren eşik parametresinin altında dönemlerde ise ekolojik ayak izinin azaldığı ve çevresel sürdürülebilirliğin daha iyi bir seviyeye ulaştığı anlaşılmaktadır. Özellikle 2008 küresel finans krizinin ardından geçiş değişkeninin negatif değerlere düşmesi, bu dönemde ekonomik belirsizliklerin ve azalan ekonomik faaliyetlerin ekolojik ayak izi üzerindeki baskısını hafiflettiğini göstermektedir.

Son olarak Türkmenistan'ın "rejimler arası geçişin sağlandığı ülke" olarak seçilmesinin arkasında, Türk Cumhuriyetleri arasında ekonomik ve politik yapıların farklılıklar göstermesi yatmaktadır. Türkmenistan'ın ekonomi politikaları ve yönetimindeki dinamizm, ülkenin bölgesel düzeyde politika şekillendirme sürecinde önemli bir aktör olduğunu göstermekte; ayrıca, diğer Türk Cumhuriyetlerine kıyasla politika kararlarının farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Sonuç

Son yüzyılda çevresel sorunların artan karmaşıklığı ve küresel etkileri, çevre ekonomisinin bilimsel ve politik gündemdeki önemini büyük ölçüde artırmıştır. İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, su ve hava kirliliği gibi tehditler yalnızca doğal sistemlerin değil, aynı zamanda ekonomik istikrarın ve toplumsal refahın sürdürülebilirliğini de tehdit etmektedir. Bu çerçevede, çevre ekonomisi, bu sorunların nedenlerini anlamak, etkilerini ölçmek ve çözüm üretmek adına temel bir disiplin hâline gelmiştir. Bu çalışma, Türk Cumhuriyetleri'ne ait 1992–2022 dönemini kapsayan panel veri seti kullanılarak, kişi başına düşen ekolojik ayak izine yönelik yakınsama ilişkilerini, doğrusal olmayan yapıları dikkate alan Panel TAR modeli çerçevesinde analiz etmektedir.

Panel TAR modeli, farklı rejimler altında çevresel göstergelerin dinamik davranışlarını analiz etme kapasitesiyle, geleneksel doğrusal modellere kıyasla daha esnek ve gerçekçi bir

yöntem sunmaktadır. Ayrıca, durağanlık, yakınsama ve yakınsama türü gibi temel kavramların birlikte değerlendirilebilmesine olanak tanınması nedeniyle çevre ekonomisi literatüründe giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Elde edilen ampirik bulgular, analiz kapsamında belirlenen rejimlerin çevresel yakınsama türlerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Modelin büyük bölümünü (%66.66) temsil eden ikinci rejimde mutlak yakınsama tespit edilirken, birinci rejimde ve rejimlerin birlikte değerlendirildiği genel yapıda nispi yakınsama saptanmıştır. Bu sonuç, ülkeler arasında ortak bir çevresel hedefe doğru benzeşmenin bazı dönemlerde mümkün olduğunu; ancak genel eğilimin, ülkelerin başlangıç koşulları ve yapısal özelliklerine bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir.

Bu bağlamda, çalışmanın bulguları Türk Cumhuriyetleri özelinden hareketle çevre politikalarının geliştirilmesinde birkaç önemli sonuca işaret etmektedir. Öncelikle, mutlak yakınsamanın gözlemlendiği dönemler, ortak politika uygulamaları için uygun zemini oluştursa da genel olarak gözlemlenen nispi yakınsama, çevresel stratejilerin ülkeye özgü dinamikleri dikkate alacak biçimde özelleştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması yalnızca tek tip uluslararası normlara uyumla değil, aynı zamanda esnek, farklılaşmış ve kademeli politika araçlarının geliştirilmesiyle mümkün olacaktır. Enerji tüketimi yapısı, ekonomik kırılganlık, teknolojik kapasite ve yönetsel farklılıklar gibi unsurlar göz önüne alındığında, çevre politikalarının "herkese uyan tek model" anlayışından uzaklaşması, uygulama etkinliği açısından elzemdir.

Ayrıca, küresel çevre rejimlerinin (örneğin Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması) hedeflediği kolektif eylemin başarısı da bu rejimlerin ülkelerin kurumsal ve ekonomik kapasiteleriyle uyumlu ulusal stratejilere dönüştürülmesiyle mümkündür. Bu nedenle Türk Cumhuriyetleri, çevresel performanslarını iyileştirmek için ortak iş birliği platformlarından faydalanmalı; ancak bunu yaparken, kendi yapısal koşullarını ve sürdürülebilir kalkınma önceliklerini merkeze alan stratejik bir planlama anlayışı benimsemelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türk Cumhuriyetleri'nde çevresel yakınsama dinamiklerinin zamana ve koşullara bağlı olarak değiştiğini göstererek, çevre politikalarının hem ortak hem de ülkeye özgü bakış açılarıyla kurgulanması gerektiğini ampirik olarak kanıtlamaktadır. Böylece ülkelerin kendi potansiyellerini tanıyarak geliştireceği esnek, yerelleştirilmiş ve bilim temelli çevre politikaları, bölgesel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada en etkili araçlardan biri olacaktır.

Kaynakça

- Baabou, W., Grunewald, N., Ouellet-Plamondon, C., Gressot, M., & Galli, A. (2017). The ecological footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 69, 94-104.
- Beyaert, A., & Camacho, M. (2008). TAR panel unit root tests and real convergence. *Review of Development Economics*, 12(3), 668-681.
- Buğan, M. F. (2021). İslam ekonomisi ve finansı alanyazının bibliyometrik analizi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (26), 658-677.
- Caner, M., & Hansen, B. E. (2001). Threshold autoregression with a unit root. *Econometrica*, 69(6), 1555-1596.
- Chen, C. (2017). Science mapping: A systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*, 2(2), 1-40.
- Çeştepe, H., & Tatar, H. E. (2021). Yakınsama hipotezinin doğrusal olmayan panel birim kök testi ile analizi: MERCOSUR ülkeleri örneği. *TESAM Akademi Dergisi*, 1-20.
- De Solla Price, D. J., & Beaver, D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 21(11), 1011-1018.

- Erdogan, S., & Okumus, I. (2021). Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, 121, 107123.
- Eryüzlü, H., & Hopoğlu, S. (2020). Devlet politikalarının şirket açılış ve kapanışı üzerindeki etkileri: Türkiye için ekonometrik bir analiz, 2010-2018. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 297-303.
- Evans, P., & Karras, G. (1996). Convergence revisited. *Journal of Monetary Economics*, 37(2), 249-265.
- Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). *Ecological Footprint Atlas 2010*. Global Footprint Network, Oakland.
- Ferreira, R. T., & Vieira, G. C. (2009). *Clubes de convergência de renda na américa: Uma abordagem através de painel dinâmico não-linear*. XXXVII Encontro Nacional de Economia da ANPEC, Foz do Iguaçu. 0-17.
- Fiala, N. (2008). Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 67(4), 519-525.
- Ghani, S. S. (2020). A comprehensive review of database resources in chemistry. *Eclética Química*, 45(3), 57-68.
- Işık, C., Ahmad, M., Ongan, S., Ozdemir, D., Irfan, M., & Alvarado, R. (2021). Convergence analysis of the ecological footprint: Theory and empirical evidence from the USMCA countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32648-32659.
- King, M., & Teodorina, L. (2010). *Dünyanın geçici bekçileri, dünyadaki yaşamı sürdürülebilir kılmak için*. (Çev. Nesrin Akın, Esra Eğilmez), Caretta.
- Küçükkalay, A.M. (1997). Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 51-68.
- Öner, M. H. (2023). İslam ekonomisi ve İslami finansın gelişimi: 2014-2022 dönemine ait bibliyometrik bir analiz. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 19(1), 82-97.
- Peters, H., & Van Raan, A. (1991). Structuring scientific activities by co-author analysis: An exercise on a university faculty level. *Scientometrics*, 20(1), 235-255.
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4(2), 121-130.
- Rees, W. & Wackernagel, M., (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4–6), 223–248.
- Solarin, S. A. (2019). Convergence in co2 emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6167-6181.
- Solarin, S. A., & Bello, M. O. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: The case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 89, 35-44.
- Tipoy, C. K. (2015). Real convergence using tar panel unit root tests: an application to Southern African development community. *Economic Research Southern Africa (ERSA)*, 1-23.
- Ulucak, R., & Lin, D. (2017). Persistence of policy shocks to ecological footprint of the USA. *Ecological Indicators*, 80, 337-343.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Linares, A. C., Falfán, I. S. L., García, J. M., Guerrero, A. I. S., & Guerrero, M. G. S. (1997). *Ecological footprints of nations: How much nature do they use? how much nature do they have?*. Commissioned By The Earth Council For The Rio+5 Forum.

- Yavuz, N. C., & Yilanci, V. (2013). Convergence in per capita carbon dioxide emissions among G7 countries: A TAR panel unit root approach. *Environmental and Resource Economics*, 54, 283-291.
- Yenigün, İ. & Tuğalan, E. (2021). Geçmişten geleceğe “Çevre Tarihi”. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 1(1), 31-36.

Extended Summary

In the 21st century, environmental degradation has become a multidimensional and escalating pressure on economic growth and societal well-being. Globally, the scale and severity of environmental crises—such as climate change, resource depletion, biodiversity loss, land-use imbalance, and water stress—now extend beyond the confines of ecological systems and increasingly impact macro-level socio-economic systems, including energy security, food stability, public health, international trade, and even migration dynamics. These developments necessitate that environmental policymaking be embedded not only within technical or localized frameworks but also within macroeconomic planning and regional governance strategies. Within this context, environmental economics emerges as a critical interdisciplinary field that offers both an analytical foundation for understanding human–nature interactions and a policy framework for promoting sustainability-oriented development.

The primary objective of this study is to analyze the environmental convergence dynamics among a group of countries commonly referred to as the Turkic Republics (Türkiye, Kazakhstan, Turkmenistan, Uzbekistan, Kyrgyzstan, and Tajikistan), based on the ecological pressure measured through the Ecological Footprint (EF) indicator. Specifically, the study investigates whether these countries are converging toward similar levels of environmental pressure over time and assesses the degree to which regional harmonization of environmental policy is empirically feasible. The ecological footprint, which measures the biologically productive land and water area required to meet a population’s consumption demands and absorb its waste, includes six key components (carbon, cropland, forest land, fishing grounds, grazing land, and built-up land), offering a multidimensional and holistic framework for evaluating sustainability.

The dataset covers the period from 1992 to 2022. Due to missing data in early years, Azerbaijan was excluded from the sample. Given that traditional linear models often fail to capture the dynamic and heterogeneous nature of environmental data, the study employs a Panel Threshold Autoregressive (Panel TAR) model, a nonlinear econometric method developed by Beyaert and Camacho (2008). This model facilitates the examination of how convergence dynamics change across distinct structural regimes, as defined by a threshold variable. In the first stage, linearity was tested using bootstrap procedures, and the null hypothesis of linearity was rejected at the 5% significance level, confirming the appropriateness of a nonlinear modeling approach. The estimated threshold value was -0.5003 , and Turkmenistan was identified as the threshold-determining country. According to the distribution of observations, 66.66% of the sample belongs to the second regime, suggesting that this regime plays a dominant role in shaping regional environmental dynamics.

The empirical findings reveal a clear divergence in convergence patterns across regimes. In the second regime, absolute convergence is observed, indicating that the countries are moving toward a shared environmental steady-state. Conversely, in the first regime and the full model, relative convergence is detected—suggesting that although environmental indicators may evolve in a similar direction, initial disparities and structural asymmetries persist. These findings highlight the persistence of environmental inequality and suggest that policy convergence may only be viable under specific conditions.

Beyond its empirical contributions, the study offers crucial insights for the design and implementation of multi-layered environmental policies across the Turkic Republics:

- 1. Differentiated Policy Design is Essential:** The dominance of relative convergence in the full model indicates that uniform environmental policy frameworks are insufficient. Instead, countries should adopt flexible, context-sensitive, and adaptive strategies tailored to national conditions.
- 2. Establishing Regional Institutional Mechanisms:** To enhance policy coordination, the Turkic Republics should establish shared environmental data platforms, regional environmental agencies, and joint climate monitoring systems. These institutions could serve as bridges between global climate agreements (e.g., the Paris Agreement) and national implementation processes.
- 3. Integrating Energy Transition into Environmental Policy:** Given that differences in energy consumption profiles (e.g., fossil fuel dependency vs. renewable use) are key drivers of environmental pressure, national energy transition strategies should be aligned with environmental policy agendas. A phased, incentive-based transition model would be especially beneficial.

4. **Developing Joint Projects and Funding Mechanisms:** Regional investment funds could be mobilized for collaborative initiatives such as carbon sink development, watershed management, and desertification mitigation. Such funds could be supported in partnership with multilateral development banks and international environmental institutions.
5. **Strengthening Monitoring and Feedback Systems:** Environmental policies must be accompanied by robust performance monitoring frameworks, capable of providing real-time feedback. These systems should be supported by satellite imagery, AI-powered forecasting tools, and early warning mechanisms to ensure adaptive policy learning and responsiveness.

In conclusion, by applying a nonlinear approach and utilizing the Panel TAR model, this study offers a novel contribution to the environmental convergence literature. More importantly, it provides evidence-based and actionable policy guidance. Achieving environmental sustainability across the Turkic Republics will depend on the development of scientifically grounded, nationally tailored, and regionally coordinated environmental strategies. Such strategies must balance local capabilities with collective action, enabling both resilience and harmonization in the pursuit of long-term sustainability goals.

