



STIRPAT Yaklaşımı ile Küresel Ölçekte Çevresel Sürdürülebilirliğin Dinamikleri: Semiparametrik Panel İkili Nitel Tercih Modelinden Kanıtlar¹

Dynamics of Environmental Sustainability at the Global Scale with the STIRPAT Approach: Evidence from a Semiparametric Panel Binary Choice Model

Tuğçe ACAR KARA²

Öz

Son yıllarda kentleşme, altyapı gelişimi, endüstriyel süreçler ve iklim değişikliğinin çevresel bozulmaya önemli boyutta yansımaları bulunmaktadır. Bu yansımaların olası olumsuz etkileri doğrultusunda uygulanacak politikaları ve genel eğilimleri belirlemek oldukça önemlidir. Belirlenen uygun politika ve eğilimler kentsel planlamaya ve insani kalkınmaya yönelik de önemli bilgiler sağlamaktadır. Öte yandan alandaki çalışmalar sağlık ve refahı desteklemek adına gerek doğal kaynakları gerekse küresel ekosistemi korumak için yüksek düzeyde çevresel farkındalık yaratmanın yanı sıra kentsel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir insani kalkınma hakkında bilgiye erişimi sağlamak konusunda öncü niteliğe sahiptir. Bu doğrultuda çalışmada çevresel sürdürülebilirlik üzerinde çeşitli faktörlerin etkisini anlamak için uygun bir ekonometrik model olan STIRPAT (The Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) modeline dayanarak belirlenen nüfus, teknoloji ve refah temsili değişkenlerin yanında Kyoto değişkeni, bölgesel ve gelir düzeyinde inceleme için eklenen kukla değişkenler ile ekolojik ayak izi ilişkisini keşfetmek amaçlanmıştır. Bu amaçla analizde parametrik yaklaşımın varsayımsal sınırlamalardan kaçınılarak, olasılık yoğunluk fonksiyonu yardımı ile veri setinin gerçekte sahip olduğu fonksiyonel formun belirlenmesine imkân tanıyan semiparametrik panel ikili nitel tercih modeli (Semiparametric Panel Binary Choice Model-SPBCM) tahmininin gerçekleştirilmesine odaklanılmıştır. 2000-2018 yıllarını kapsayan 2.565 gözleme sahip veri seti ile küresel ölçekte 135 ülke için inceleme gerçekleştirilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre ekolojik ayak izinin azalması olasılığı üzerinde; Latin Amerika ve Karayip, Orta Doğu ve Kuzey Afrika, Sahra Altı Afrika ülkeleri, yüksek gelir grubu ülkeleri ve 2017 yılının istatistiksel anlamlı, pozitif etkili olduğu; Avrupa ve Orta Asya ülkeleri, düşük ile alt-orta gelir grubu ülkeleri ve Kyoto değişkeninin ise istatistiksel anlamlı ve negatif etkili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda atık yönetim stratejilerinin ve geri dönüşüm gibi iklim dostu faaliyetlerin geliştirilmesi gerekliliğine, verimli teknoloji ve kaynak tahsisi içeren ekonominin üretken yapısına vurgu yapılmış, bulguların sürdürülebilir kentsel yeniden gelişim konusunda mevcut karar verme sürecini çevreleyen belirsizliği azaltmak için yol gösterici olduğu belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel sürdürülebilirlik, ekolojik ayak izi, kentsel planlama, panel veri ekonometrisi, uygulamalı mikroekonometri

ABSTRACT

In recent years, urbanization, infrastructure development, industrial processes and climate change have significant impacts on environmental degradation. It is essential to identify policies and general trends to be implemented in line with the possible negative effects of these reflections. The policies and trends identified also provide important information for urban planning and human

¹ Bu çalışma sorumlu yazarın Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı doktora programı kapsamında yazmış olduğu "Semiparametrik Panel İkili Nitel Tercih Modeli: STIRPAT Yaklaşımı ile Küresel Ölçekte Sürdürülebilirliğin Çevresel Boyutunun Analizi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

² **Corresponding Author | Yetkili Yazar:** (Dr.) İstanbul Aydın Üniversitesi, Teknoloji Geliştirme Merkezi (TEKMER), tugcekara@aydin.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9223-0089



development. On the other hand, studies in the field of health and well-being to protect both natural resources and the global ecosystem, as well as raising a high level of environmental awareness to support urban is a pioneer in providing access to information on sustainability and sustainable human development. Based on this approach, the study aims to explore the relationship between ecological footprint and various factors affecting environmental sustainability using the STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) model. The model includes variables representing population, technology, and affluence, as well as the Kyoto variable and dummy variables added for regional and income-level examinations. For this aim, the analysis focuses on the estimation of a Semiparametric Panel Binary Choice Model-SPBCM, which allows the determination of the functional form that the data set actually has through the probability density function, avoiding the hypothetical limitations of the parametric approach. The SPBCM a global analysis was estimated with 2565 observations for 135 countries with a global scale data set covering the period 2000-2018. According to the estimation results, Latin America and the Caribbean, the Middle East and North Africa, sub-Saharan Africa, high-income countries and the year 2017 have a statistically significant and positive effect on the probability of ecological footprint reduction, while European and Central Asian countries, low- and lower-middle-income countries and the Kyoto variable have a statistically significant and negative effect. In line with the findings, the need to develop waste management strategies and climate-friendly activities such as recycling, the productive nature of the economy including efficient technology and resource allocation are emphasized, and the results provide guidance to reduce the uncertainty surrounding the current decision-making process on sustainable urban redevelopment.

Keywords: Environmental sustainability, ecological footprint, urban planning, panel data econometrics, applied microeconometrics

GİRİŞ:

Kontrolsüz büyüme, şehirlerin sürdürülebilirliğini ve şehir yaşamının kalitesini tehdit etmekte ve kitlesel kentleşme sosyal istikrarsızlığa yol açarak şehirlerin çevresel açıdan sürdürülebilir ve ekonomik açıdan başarılı olma kapasitesini zayıflatmaktadır. Buna ilaveten kaynakların aşırı tüketimi ve iklim değişikliği gibi küresel zorlukların baş gösterdiği bir çağda düzenli ve istikrarlı planlamaların gerekliliği doğrultusunda sürdürülebilirlik kavramı daha eşitlikçi ve dengeli bir geleceği şekillendirebilmek adına oldukça önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Kavram olarak sürdürülebilirlik; çevresel bütünlüğün korunmasının ötesinde sağlık, sosyal refah, ekonomik refah gibi kavramlar arasındaki uyumu yakalamaya çalışan bütünsel bir yaklaşımı kapsamaktadır. Aynı zamanda bugünkü eylemlerin gelecek nesillere yansması bakış açısını içermesiyle sürdürülebilir insani kalkınma ile de yakın ilişkilidir. Sürdürülebilirlik kavramı tek başına değerlendirildiğinde; yararlı bir kavram olarak ele alınsa da yanına çevresel, ekolojik, tarımsal, ekonomik gibi tamamlayıcılar ile birlikte belirli bir amaca yönelik daha çok işlevsellik kazanmaktadır. Örneğin Callicott ve Mumford (1997) insan ile ekosistem ihtiyaçlarını birbirine bağlayan ekolojik sürdürülebilirlik tanımını geliştirmiştir. Bu kavramı ekosistemsel sürece zarar vermeden insan ihtiyaçlarının karşılanması olarak ele alıp insan faaliyetlerinin gerçekleştiği alanlar için yol gösterici bir etken olarak nitelendirmişlerdir. Goodland (1995) çevresel sürdürülebilirliği “insanların zarara uğramasına engel olmak ve insan ihtiyaçlarına yönelik ele alınan hammadde kaynaklarını koruyarak, atıklar için kirliliğin aşılmamasını sağlayarak insan refahını artırmak” olarak değerlendirmiştir. Morelli (2011) ise “çevresel” kavramını insan faaliyetleri ve ekosistemlerin kesişimi olarak niteleyerek insanın ekosistemle ilişkisine atıfta bulunmak amacıyla ekolojik kavramının bir alt kümesi olarak sıklıkla kullanıldığına vurgu yapmıştır. Sutton (2004) ise çevresel sürdürülebilirliği, fiziksel çevrede değer verilen niteliklerin sürdürülebilmesi olarak ifade etmiştir.

Bu doğrultuda son yıllarda küresel olarak toplumlar iklim değişikliği, çevresel bozulma, biyoçeşitlilik kaybı ve kaynakların aşırı tüketimi gibi sorunlarla mücadele ederken çevresel sürdürülebilirliğe dair geliştirilecek ve uygulanacak politikalar oldukça önemli hale gelmiştir. Özellikle son on yılda sürdürülebilirlik açısından dünya çapında en dikkat çeken durumun çevresel bozulma olduğu dikkate alındığında ampirik literatür çevresel süreçlere ciddi zarar veren sürdürülemez, düzensiz, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin artmasını konu edinmiştir (Bkz: Franchini vd. 2015; Bai vd. 2017). Öte yandan sürdürülebilir kalkınma anlayışında, ekonomik büyüme ile birlikte toplumsal eşitliğin ve çevre yönetiminin uyum içinde var olabilmeleri bütünsel bir yaklaşım çabası görüldüğünden bu çaba, sürdürülebilir insani kalkınma süreçlerinde de tespit edilebilmektedir (Gözkaman, 2024). Bu süreci etkileyen en önemli etkenlerden birinin çevre olduğu düşünüldüğünde, sürdürülebilirliğin çevresel boyutu, sosyal ve ekonomik etkenlerle iç içe geçerek sürdürülebilir insani kalkınmanın özünü

kapsayan bir yapı oluşturmaktadır. Doğal kaynakların verimli ve sürdürülebilir kullanımı, ekonomik büyümeyi uzun vadeli destekleyeceğinden bu durum ekonomik fırsatların artmasına ve yoksulluğun azalmasına katkıda bulunacak, böylelikle insani kalkınma da sürdürülebilir kılınacaktır. Öte yandan sürdürülebilir teknolojilerin eğitim-araştırmaya yansıtılarak çevre bilincinin geliştirilmesi yine insani gelişmeye katkı sağlayıcı bir etken olacaktır. Böylece sürdürülebilir bir çevre olmadan sürdürülebilir bir ekonomi ve sosyal yapıya sahip olmanın zor olduğu söylenebilmektedir. Buna ilaveten çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi, kentsel alanların mevcut çevresel baskılarını, durumlarını veya olumsuz etkilerini izlemek, ölçmek veya gelecekteki olası değişim senaryolarını yönetebilmek adına da önemlidir. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirliğe dair yapılacak araştırmalar ekosistemlerin uzun vadede dayanıklılığını koruyacak uygulama ve politikaların desteklenmesi açısından oldukça önemli olacaktır.

Bu çalışmada çevresel sürdürülebilirlik nüfusu, refahı, teknolojiyi temsil eden regresyon olan STIRPAT modeli çerçevesinde ele alınmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğin, veriyi klasik ekonometrideki belirli varsayımsal kalıplara sıkıştırmadan, olasılık yoğunluk fonksiyonunu kullanarak gerçek fonksiyonel formu belirleyebilme özelliği sayesinde tahmin yapmaya imkân tanıyan semiparametrik panel ikili nitel tercih modeli (SPBCM) ile ele alınması amaçlanmaktadır. Bu özellik ile tanımlama hatası riski de minimuma inmektedir. Çalışma semiparametrik panel ikili nitel tercih modeli analizi ile çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki nüfus, teknoloji, refah, Kyoto değişkeni, bölgesel etki ve gelir düzeyi gibi faktörlerin etkilerini detaylı bir şekilde inceleyen ilk çalışma olması nedeniyle literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca çevresel sürdürülebilirliği destekleyen politika ve stratejilerin, özellikle atık yönetimi ve geri dönüşüm gibi iklim dostu uygulamaların önemini vurgularken, verimli teknoloji ve kaynak tahsisi ile ekonomik üretkenliğin artırılması gerektiğini belirtmesi açısından da önemlidir. Böylece mevcut literatüre, çevresel sürdürülebilirliğe yönelik daha derinlemesine ve kapsamlı bir anlayış kazandırmakta, kentsel planlama ve politikaların etkinliğini artırma konusunda önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda bağımlı değişken ekolojik ayak izi olarak ele alınmış ve 135 ülke için 2000-2018 yıllarını kapsayan 2.565 gözlemden oluşan veri seti ile çalışılmıştır. Veriler R programı kullanılarak analiz edilmiş ve çevresel sürdürülebilirlikle ilgili bulgular bölgesel alan düzeyinde ve gelir düzeyine göre ülke grubu açısından incelenmiştir. Ayrıca, panel veri ile çalışılmasından dolayı zaman etkisi de dikkate alınarak tahmin yapılmıştır. Çalışmada, içeriğin bahsedildiği giriş bölümünün devamında kavramsal çerçeve ve literatür taraması, metodoloji, veri seti ve değişkenler ile ampirik bulgular yer almaktadır. Son bölümde ise analiz bulgularının iktisadi açıdan ele alındığı sonuç ve değerlendirme kısmına yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır.

1. Kavramsal Çerçeve ve Literatür Taraması

Sürdürülebilirliğin çevresel boyutu; doğal kaynakların ve biyoçeşitliliğin korunmasından sürdürülebilir tarıma, döngüsel ekonomi uygulamalarına, çevre dostu teknolojilere, sürdürülebilir insani kalkınmaya, iklim değişikliğinin azaltılmasına, kamu bilinci ve eğitime kadar çok yapı ve dinamik bir kavramdır. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirlik değerlendirmeleri, çevresel politikaların daha kapsayıcı ve etkili olmasının yanı sıra sosyal adalet ve toplumsal eşitliği teşvik ederek insani gelişmeye katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Öte yandan özellikle kentsel alanlarda yönetim süreçleri ve performans hakkında çıktılar üretme ve kentsel planlamalarda uygun hassasiyet seviyelerini belirleme kapasitesine sahip olma potansiyeli ile oldukça önemlidir. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirlik kentsel performans raporlaması ve planlamasının da önemli bir parçasıdır (Baynes ve Wiedmann, 2012). Bu doğrultuda çevresel sürdürülebilirliğin incelenmesinde çevresel bozulma göstergesi olarak çok sayıda çalışma (Can ve Gozgor, 2017; You ve Lv, 2018; Danish vd. 2020; Ahmed vd. 2019) karbondioksit emisyonunu çevresel gösterge olarak alsa da günümüzde çevresel sorunların kaynağının artık yalnızca hava kirliliğini içermemesi ve sorunların çok yönlülüğünü yansıtamaması dolayısıyla CO₂ ve alternatif sera gazı emisyonlarını tek başına çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak

değerlendirmek yetersizdir. Bunlara alternatif olarak araştırmalarda Rees (1992) tarafından önerilen ve Wackernagel ve Rees (1996) tarafından geliştirilen ekolojik ayak izi kavramı kullanılmaktadır (Bkz: Zhang vd. 2017; Solarin ve Bello 2018; Usman vd. 2020; Chu, 2020; Adjei vd. 2021; Rafique vd. 2022).

Ekolojik ayak izi kavramı, çevre üzerinde insan faaliyetleri etkisini ölçmek için kullanılan bir terimdir. Bu terim, sürdürülebilir bir toplumun çevresel taşıma kapasitesi dahilinde faaliyet göstermesi gerektiğini ima eden alan bazlı bir göstergedir. Buna ilaveten ekolojik ayak izi; kentsel ölçekte bir şehrin doğal sermayesinin yanı sıra gıda, su ve diğer doğal kaynaklara yönelik talepleri de takip ederek sürdürülebilirlik çabalarını değerlendirmek, kaynakların aşırı kullanıldığı alanları belirlemek ve doğru politika uygulamaları ile çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin yararlı bir ölçüm ve somut bir gösterge sağlamaktadır. Öte yandan ekolojik ayak izi değerini söz konusu yerin mevcut biyolojik kapasitesiyle karşılaştırmak, o yerin çevresel taşıma kapasitesinin aşılmadığına dair de bilgi vermektedir. Gösterge değerleri kullanılarak farklı yaşam tarzlarının, tüketim kalıplarının veya bölgelerin sürdürülebilirliği karşılaştırılabilmektedir ve bu karşılaştırmalı analiz, iyileştirmelerin yapılabileceği alanların belirlenmesine yardımcı olurken, çevresel olumsuz etkiyi azaltmaya yönelik en iyi uygulamaları da belirleyerek özellikle kentsel çevresel sürdürülebilirliğe yönelik faydalı çıktılar oluşturmakta kullanılmaktadır (Huang vd. 2015). Bu bağlamda bölgesel açıdan sürdürülebilirlik analizi de geliştirilecek politikalar için önem arz edecektir. Buna ilaveten literatürde farklı yöntem ve değişkenler ile çevresel sürdürülebilirlik çalışmaları yer almaktadır:

Aşıcı ve Acar (2018), ekolojik ayak izinin çevre düzenlemeleri bağlamında nasıl değiştiğini araştırdıkları çalışmalarında 87 ülke bazında 2004-2010 yıllarını kapsayan veri seti ile çalışmışlardır. Yöntem olarak panel birim kök analizi kullanılmıştır. Yerli üretim ve ithalat kaynaklı gelir ile ekolojik ayak izi ilişkisi üzerinde durulmuştur. Analizden elde edilen bulgular, gelirin arttıkça ülkelerin ekolojik ayak izini üreten tüketimlerini yerli üretim yerine ithalat yoluyla karşılama eğiliminde olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgunun zengin ülkelerin tüketimden kaynaklanan ekolojik maliyetlerini fakir ülkelere kaydardıkları yönündeki hipotezi destekler nitelikte olduğu belirtilmiştir.

Alola vd. (2019), 1997-2014 yıllarını ve 16 AB üye ülkesini kapsayan veri seti ile gerçekleştirdikleri çalışmada ekolojik ayak izi, doğurganlık oranı, gayri safi yurtiçi hasıla ve yenilenebilir ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi PMG-ARDL (havuzlanmış ortalama grup-otoregresif dağıtılmış gecikme modeli) ile incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre emisyon seviyesindeki düşüklüğün hava kalitesini artırmasıyla çevre kalitesi üzerinde yenilenebilir enerji tüketiminin olumlu etkisi belirtilmiştir. Buna ilaveten yenilenebilir kaynaklar ve nükleer enerji gibi daha verimli, modern ve temiz enerji teknolojilerinin enerji portföyüne dahil edilmesinin, karbondan arınmış bir ekonomiye ulaşırken fosil yakıt tüketiminden başarılı bir geçişin ön koşulu olduğu vurgulanmıştır.

Le vd. (2019) 34 Asya ülkesini ve 2000-2012 yılları arasını kapsayan bir veri seti ile çevresel performans endeksini kullanarak Asya'da ekonomik kalkınma ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi panel veri seti ile incelemişlerdir. Pestisit düzenlemesi, hava kirliliği (PM2,5) ve çocuk ölümlerini çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar; Asya ülkelerinin bir bütün olarak pestisit düzenlemeleri ve çocuk ölümleri konusunda iyi bir performans sergilediğini ancak PM2,5 aşılmasıyla ölçülen hava kalitesinde kötü bir performans sergilediğini, üst-orta gelirli ülkelerde hava kalitesi yönetiminin zayıf olduğunu göstermiş elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Nathaniel vd. (2020), 1992-2016 arasını kapsayan veri seti ile çalışarak panel eşbütünleşme analizi yaptıkları çalışmalarında doğal kaynaklar, yenilenebilir enerji, insan sermayesi ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ülke grubu olarak BRICS ülkeleri ile çalışılmıştır. Elde edilen bulgular BRICS'te kirliliğin etkin bir şekilde azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için insan

sermayesinin arzu edilen düzeyde olmadığını ortaya koymuştur. Buna ilaveten beşeri sermayenin geliştirilmesinin çevresel bozulmayı çeşitli şekillerde azaltabileceği vurgulanmıştır.

Rafique vd. (2022) ekonomik açıdan karmaşık olan ilk 10 ülke için ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık, insan sermayesi, ticaret, ihracat kalitesi ve enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Analizde sonuçlar FMOLS, DOLS ve sistem-GMM kullanılarak değerlendirilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre ekonomik karmaşıklık ile ekolojik ayak izinin pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Daha yüksek ekonomik karmaşıklık sıralamasının daha fazla yenilenebilir enerji kullanımı ile verimli teknoloji ve kaynak tahsisini içeren ekonominin üretken yapısına dayandığı bunun da ekolojik ayak izini azalttığı belirtilmiştir. Ekolojik ayak izi ve insan sermayesi arasında ise negatif ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçların, sürdürülebilirlik eğitiminin azaltma ve geri dönüşüm gibi iklim dostu faaliyetler üzerindeki önemli etkisine dair kanıt sağlayan literatür bulgularıyla tamamen uyumlu olduğu vurgulanmıştır.

Jabeen vd. (2024) STIRPAT modeli ekseninde enerji verimliliği ile çevre kalitesi ilişkisinden yola çıkarak Çin'de yer alan 30 eyalet için 2001-2018 yıllarını kapsayan veri seti ile enerji kullanım yoğunluğunun, teknik gelişmenin, ekonomik açıklığın ve dış turizm endüstrisinin çevresel bozulma üzerindeki değişen etkilerini panel eşbütünleşme analizi ile araştırmışlardır. Analizlerden elde edilen bulgulara göre enerji kullanım yoğunluğu çevresel bozulmayı artırmış, yüksek gelişmişlik düzeyine sahip illerde daha derin etkiler ortaya çıkarken, düşük gelişmişlik düzeyine sahip illerde bunun tersi bir durum söz konusu oldu tespit edilmiştir. Öte yandan heterojen coğrafi konumlarda daha sağlam sonuçlar elde etmek için küresel çapta farklı bölgelerden gelen verilerin kullanılması önerilmiştir.

Liu vd. (2024), gelişmiş ve esnek kantil tabanlı ARDL yaklaşımını kullanarak 2000-2020 yıllarını kapsayan veri setini dikkate alarak Fintech, doğal kaynaklar ve şehirleşmenin Çin'deki çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre kentleşmenin, insan faaliyetlerinin artmasına neden olduğu ve bunun da CO₂ emisyon düzeyini artırdığı ve ormansızlaşmaya yol açarak bir ülkenin ekolojik dengesini bozduğu belirtilmiştir. Ayrıca karbon vergilerinden elde edilen fonların yeşil projeleri finanse etmek için kullanılabilmesi vurgulanmıştır.

Adebayo vd. (2024), 1975-2018 yılları arasını kapsayan veri seti ile Fourier Kantil nedensellik analizini kullanarak doğrudan yabancı yatırım, yenilenebilir enerji, ithalat, ihracat, doğal kaynak kirası ve gelirin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini ekolojik ayak izini de kullanarak kapsamlı bir şekilde incelemiştir. İnceleme Tayland ülkesi için gerçekleştirilmiştir. Öte yandan çalışmada kirlilik sığınağı hipotezinin geçerliliği araştırılmıştır. Sonuçlar kirlilik sığınağı hipotezi geçerliliğinin çevresel göstergelere bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Sonuçlar ışığında Tayland hükümetinin çevresel kaygıları dikkate alarak ve yenilenebilir kaynakları teşvik ederek doğal kaynak kiralalarını ve yabancı sermaye girişlerini düzenlemeye yönelik önlemler alması gerektiği vurgulanmıştır.

2. Metodoloji

Günümüz şartları dikkate alındığında Leemans ve Solecki (2013), sürdürülebilirliğe olumsuz etki eden sorunların teknolojiyle, politikalarla ya da tek tek ülkelerle çözülemeyeceğinin açıkça ortada olduğunu, bu yönde oluşturulacak politikalara tüm ulusların, sektörlerin ve aktörlerin katkıda bulunması gerektiğini belirtmiştir. Bu bağlamda STIRPAT model yapısı refah, teknoloji ve nüfus ekseninde sürdürülebilirliği çevresel açıdan incelememize olanak tanıyan ve çevre araştırmalarında kullanılan istatistiksel bir modeldir. Nüfus, o bölgedeki insan etkisinin çevreye yansımalarını ifade ederken refah ülkedeki ekonomik refah ve zenginliği, teknoloji ise teknolojik gelişme ve yenilik düzeyini ifade etmektedir. Böylece öncüleri Ehrlich ve Holdren (1971) olan model nüfusun, refahın ve teknolojinin çevresel süreçte temel güç olduğunu ileri sürmektedir. İlk etapta IPAT (Environmental Impact by Population, Affluence and Technology) şeklinde tanımlanan model sonrasında insan

faaliyetlerinin çevresel sürece etkisi dikkate alınarak Dietz ve Rosa (1997) tarafından değiştirilmiştir (Zhang vd. 2017). Nüfus (P), refah (A) ve teknoloji (T) olmak üzere üç ana güç doğrultusunda IPAT modeli aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$I = P \times A \times T \quad (1)$$

Mevcut model yapısı değişkenler arasındaki doğrusallık dışı ilişkileri göz ardı eder. Aynı zamanda doğrusal olmayan modeller için basit bir formülasyon olarak değerlendirilir. Dietz ve Rosa (1997) öncülüğünde genişletilen yeni matematiksel model yapısı şu şekildedir:

$$I_{it} = \alpha P_{it}^{\beta} A_{it}^{\gamma} T_{it}^{\delta} \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Burada α sabit terimi β, γ, δ ifadeleri ise tahmin edilecek parametreleri ve ε ise hata terimini ifade etmektedir. Burada A temsili refahı ifade eder ve bu temsil GSYİH ile ölçülmektedir. P nüfusu temsil ederken, T ise teknolojik değişkenler olarak enerji verimliliği ve üretim endüstrisi gibi farklı faktörleri temsil etmektedir. İncelenen temel ekonomik çerçeveye bağlı olarak A, P ve T değişkenleri için seçilen temsili değişkenler değişme gösterebilmektedir. Değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak nihai yapı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\ln I_{it} = \alpha_0 + \beta \ln(P_{it}) + \gamma \ln(A_{it}) + \delta \ln(T_{it}) + \sigma_{it} \quad (3)$$

$$\ln \alpha = \alpha_0$$

$$\ln \varepsilon_{it} = \sigma_{it}$$

Özellikle teknolojiyi temsil edecek değişkene yönelik literatürde alternatif değişkenler kullanılmaktadır. Bu sayede STIRPAT modeli, çevresel etkileri incelemek için bağımsız değişkenlerin etkisini değerlendirirken matematiksel yapısının avantajını kullanır. Ayrıca sabit olmayan teknoloji değişkeninin modelde yer alması, IPAT modelinin kapsamını genişletir ve böylece farklı analizler için alternatif fırsatlar sunar. Bu özellikleri nedeniyle STIRPAT modeli sıklıkla tercih edilmektedir (Bkz: Xu, vd. 2020; Nasrollahi vd. 2020; Wang, 2021; Jahanger vd. 2022).

STIRPAT model yapısı ile çevre kalitesi üzerindeki etkiler araştırılırken panel veriden sıklıkla yararlanılmaktadır. Çevresel gösterge bazında ise ekolojik ayak izinin incelendiği araştırmaların genelde panel veri uygulama alanında öne çıktığı görülmektedir (Bkz: Danish vd. 2019; Murshed vd. 2021; Nathaniel vd. 2020; Kongbuamai vd. 2020; Xue vd. 2021). Böylelikle çalışma hem literatürde çevresel gösterge olarak çok yönlülüğü kapsayan ekolojik ayak izinin STIRPAT model yapısı çerçevesinde kullanılması hem de ekonometrik açıdan uygulanan yöntem ile değişkenler arasındaki gerçek ilişki yapısını ortaya koyma becerisiyle literatüre katkı sağlayacaktır.

Öte yandan ekonometrik analizlerde model tahmini için doğru belirlenen analiz yöntemi, istatistiksel açıdan güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edebilmek adına büyük önem arz eder ve uygulanacak yöntem araştırma sorusuna bağlı olarak şekillenmektedir. Bu bağlamda, klasik ekonometrik metodolojide, bağımlı değişkenin kesikli bir yapı gösterdiği ve 0 ile 1 arasında iki seçenekten oluştuğu model yapısına ikili nitel tercih modeli denir. Bu model yapısı, birçok araştırma sorusuna cevap verme yeteneği nedeniyle literatürde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Amemiya, 1985). Söz konusu modellerin panel veriye uygulanması ise birimlere özgü farklılıkları ele alarak gözlemlenmemiş heterojenliğin dikkate alınmasına olanak tanır ve böylelikle tutarlı tahminler elde edilir. Modellerin panel verideki uygulama alanı ise oldukça sınırlıdır. Buna ilaveten bu modeller parametrik yaklaşım altında incelendiğinde, başta belirlenen fonksiyonel formun geçerliliğinin sınanması gerekliliği olmak

üzere birtakım varsayımsal kısıtlamalara maruz kalır. Bu durum varsayımların sağlanamaması durumunda sapmalı ve tutarsız sonuçlara yol açacağından tahmin sürecini zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda nonparametrik yaklaşım veriyi herhangi bir varsayımsal kalıba sıkıştırmaz ve verinin gerçekte sahip olduğu fonksiyonel yapıyı olasılık yoğunluk fonksiyonu vasıtasıyla ortaya çıkarır. Böylelikle tanımlama hatası riski minimuma iner. Nonparametrik yaklaşımda, parametrik yaklaşıma benzer şekilde sağlanması gerekli varsayımlar bulunmamaktadır. Buradaki varsayım tektir ve değişkelerin sürekli olması şarttır. Bağımlı değişken üzerinde etkisi önemli ve kesikli yapı gösteren bir değişken varsa bu şart doğrultusunda modelden dışlanmış olacağından böyle bir durumda dışlanmış değişken hatası söz konusu olacaktır. Öte yandan nonparametrik yaklaşım, olasılık yoğunluk fonksiyonu ana odak noktasında olduğundan her bir sürekli değişken artışı elde edilen olasılık yoğunluğu karmaşıklaştıracağından boyut problemi söz konusu olacaktır (Çağlayan Akay ve Kangallı Uyar, 2017). Bu doğrultuda hem parametrik yaklaşımın varsayımsal kısıtlamalarına hem de nonparametrik yaklaşımdaki boyut problemine çözüm olarak semiparametrik yaklaşım geliştirilmiştir. Alanla ilgili yaklaşımı içeren çalışmalar Robinson (1988) ve Powell vd. (1989) aracılığı ile öne sürülmüştür. Semiparametrik yaklaşım, modeli Friedman ve Stuetzle (1981) aracılığıyla öne sürülen toplamsal model yapısında ele alarak nonparametrik yaklaşımın boyut sınırlandırmasına çözüm sunar ve dolayısıyla daha kullanışlıdır.

Bu doğrultuda hem ikili nitel tercih model yapısını hem de panel veri yapısını birleştirerek tahmin üstünlüğü sağlayan SPBCM 'in genel gösterimi aşağıdaki gibidir (Powell, 2010):

$$Y_{it} = I \{ X_{it}'\beta + C_i + U_{it} > 0 \} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

Yukarıdaki modelde C_i birim etki yapısını, X_{it} bağımsız değişken vektörünü ve U_{it} hata terimini ifade etmektedir. $I(A)$, A olayına ait gösterge fonksiyonudur ve A olduğu durumda bu işlev 1, aksi durumlarda 0 değerini almaktadır. Dolayısıyla $Y_{it} \in \{0, 1\}$ olarak ele alınmaktadır (Paulson, 2013).

Model tahmin sürecinde öncelikle sürekli değişkenlere ait katsayılar belirlenir. Daha sonra bir ara bağlantı fonksiyonu yardımı ile kesikli değişken parametreleri belirlenerek tahmin süreci tamamlanır. Bu doğrultuda tahminde Hoderlein vd. (2011) tarafından önerilen düzgünleştirilmiş maksimum olabilirlik tahmini kullanılmaktadır. Böylece bir η fonksiyonu vasıtasıyla lineer index varsayımını genişletmek amacını taşıyan bir yaklaşımla denklem yapısı genel itibarıyla aşağıdaki şekilde ele alınmaktadır:

$$Y_j^i = 1 \{ \eta(X_j^i) + \alpha^i + \varepsilon_j^i > 0 \} \quad (5)$$

Hahn ve Newey (2004) yaklaşımına benzer bir şekilde, yanlılığı ele almanın alternatif bir yaklaşımı olarak, sınırlılık ilkesine dayanarak T zaman periyodunu sabit kabul edilir. Bu prosedürle birlikte denklem aşağıdaki gibi ifade edilir (Hoderlein vd. 2011):

$$E(Y^i | X_1^i, X_2^i) = G(\eta(X_1^i) - \eta(X_2^i)) \quad (6)$$

Denklemden yer alan G ifadesi, tahmin sürecinde kesikli değişken parametrelerini belirlemek için kullanılan ara bağlantı fonksiyonudur. Öte yandan genelleştirilmiş toplamsal modeller (GAMs) sınıfına aittir. $E(Y^i | X_1^i, X_2^i) = G(\eta_1(X_1^i) + \eta_2(X_2^i))$ şeklinde de karakterize edilmektedir. Öte yandan tesadüfi etkiler yaklaşımında katı dışsallık gibi varsayımsal sınırlamalar devam ettiğinden tahmin yaklaşımı sabit etkiler altında incelenir. Böylelikle $Y_j^i = \eta(X_j^i) + \alpha_i + \varepsilon_j^i$ sabit etkilere sahip nonparametrik modeli ve $Y_j^i = Y_1^i - Y_2^i$ alındığında aşağıda yer alan yapı elde edilecektir:

$$E(Y^i | X_1^i, X_2^i) = \eta(X_1^i) - \eta(X_2^i) \quad (7)$$

Denklem 6'dan rassal olarak $(Y^1, X_1^1, X_2^1), \dots, (Y^n, X_1^n, X_2^n)$ örneğinin alındığı düşünülürken, buradaki G bağlantı fonksiyonunun özellikle logit işlevi olması gerekmektedir. Ayrıca (X_1, X_2) verildiği durumda bağımlı değişkenin dağılımının, koşullu log yoğunluğa sahip üstel bir aileye ait olduğu varsayılmaktadır:

$$\log f_{Y|(X_1, X_2)}(y | x_1, x_2) = \{y \times [\eta(x_1) - \eta(x_2)] - b(\eta(x_1) - \eta(x_2))\} + c(y) \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemde b fonksiyonu parametre uzayı içerisinde yer alan her kompakt alt kümede sonsuz sayıda türevlenebilir özelliktedir. G bağlantı fonksiyonunun, $G=b'$ formatında kanonik bağlantı fonksiyonu olduğu varsayılrsa da, Hoderlein vd. (2011) yaklaşımında, bunun kanonik olmadığı ve koşullu yoğunluğun, üstel fonksiyon ailesine ait olmadığı durumlar da dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda, düzgünleştirilmiş logaritmik benzerlik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$SL(\eta) = \int \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{Y^i (\eta(x_1) - \eta(x_2)) - b(\eta(x_1) - \eta(x_2))\} K_{h_1}(x_1, X_1^i) K_{h_2}(x_2, X_2^i) dx_1 dx_2 \quad (9)$$

$SL(\eta)$ fonksiyonunun maksimize edicisi olarak düzgünleştirilmiş maksimum olabilirlik tahmincisi ise aşağıdaki gibi olacaktır:

$$dSL(\eta)g = \int \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{Y^i - b'(\eta(x_1) - \eta(x_2))\} \times \{g(x_1) - g(x_2)\} K_{h_1}(x_1, X_1^i) K_{h_2}(x_2, X_2^i) dx_1 dx_2 \quad (10)$$

Burada $K_{h_1}(x_1, u_1)$ ve $K_{h_2}(x_2, u_2)$, $h_1 = (h_{1,1}, \dots, h_{1,d})$ ile $h_2 = (h_{2,1}, \dots, h_{2,d})$ bant genişliğine sahip $K_{h_{1,1}}(x_{1,1}, u_{1,1}) \times \dots \times K_{h_{1,d}}(x_{1,d}, u_{1,d})$ ve $K_{h_{2,1}}(x_{2,1}, u_{2,1}) \times \dots \times K_{h_{2,d}}(x_{2,d}, u_{2,d})$ olan çekirdek ağırlıklarıdır.

Her bir değişkenin Borel kümelerinde bir destek değişkeni bulunmaktadır. $X_{j,k}$ 'nin desteği içerisindeki $x_{j,k}$ için çekirdek ağırlıkları, bant genişliği h ve çekirdek fonksiyonu K için $K_h(v) = h^{-1}K(h^{-1}v)$ ile $K_{h_{j,k}}(x_{j,k} - u_{j,k})$ değerine eşittir.

Model tahmin sürecinde Hoderlein vd. (2011) tarafından önerilen maksimum olabilirliğin düzgünleştirilmiş tahmini kullanılmaktadır. Tahmin prosedürü yoğunluk, düzgünlük ve bant genişliğine dair varsayımlar içermektedir. Düzgünleştirilmiş maksimum olabilirliği kapsayan yaklaşım prosedürü, ortak değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğu durumda, tahmincinin kararsız duruma gelmesini engeller. Bu da bilimsel çalışma açısından son derece önemli bir avantaj yaratır.

3. Veri Seti ve Değişkenler

Veri seti, değişkenlere ait değerlere ulaşılabilirlik göz önünde bulundurularak 135 ülke için 2000-2018 yıllarını kapsar ve 2.565 gözlemden oluşmaktadır. Ekolojik ayak izi verileri The Global Footprint Network veri tabanından, açıklayıcı değişkenler olan ve GSYİH'nin yüzdesi olarak hesaplanan imalat, katma değer ve kişi başına düşen GSYİH, bölgesel alan ve gelir düzeyine göre ülke gruplarına ilişkin değerler ise Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesinden ise Kyoto değişkenine ait veri elde edilmiştir. Özellikle çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olası potansiyel etkisi ile iklim politikaları açısından önemli bir yol gösterici olan Kyoto kukla değişkeni Aichele ve Felbergruber (2012) ile Grunwald ve Martinez-Zarzoso (2016) referans alınarak elde edilmiştir. Modelde ölçek farklılığını önlemek amacıyla değişkenlere ait doğal logaritma

değerleri kullanılmıştır. STIRPAT model yapısı göz önüne alınarak belirlenen sürekli değişkenleri temsil eden imalat, katma değer (GSYİH yüzdesi), kentsel nüfus ve kişi başına GSYİH değişkenleri ulusların ekonomik yapısının, gelişme seviyesinin ve modernleşme süreçlerinin bir göstergesi olarak değerlendirildiğinden önemli değişkenlerdir (Grossman ve Krueger, 1995; Mol ve Spaargaren, 2000). Dünya nüfusunun, üretimin ve tüketimin giderek artan oranları kentsel alanlarda yoğunlaştıkça, ekolojik açıdan daha sürdürülebilir kentsel gelişim modellerine olan ihtiyaç açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda özellikle kentsel alanların ekonomik faaliyetlerin ve nüfus yoğunluğunun merkezleri olduğu düşünüldüğünde, kentsel nüfus sürdürülebilir uygulamalar ve geliştirilecek politikalar açısından model için önemli bir değişkendir. Bölgesel alan değişkeni, coğrafi yapıdaki farklılıkların sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak amacıyla eklenmiştir (Grunewald ve Martinez-Zarzoso , 2016). Bunun yanı sıra düşük, alt-orta, üst-orta ve yüksek gelir grupları, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde gelir düzeyine göre ülkelerin etkisini değerlendirebilmek için analize dahil edilmiştir. Değişkenler açısından ilgili özellikler Tablo 1 'de yer almaktadır:

Tablo 1: Veri Seti Tanım

Değişken	Simge	Tanım	Değişken Tipi (Kesikli:K Sürekli:S)
Ekolojik Ayak İzi	EAI	Kişi başına global hektar (gha)	K
Kişi Başına GSYİH	LNGSYİH	Kişi Başına GSYİH (sabit 2015 US\$)	S
Kentsel Nüfus	LNUPOP	Kentsel Nüfus,Toplam	S
Üretim (imalat endüstrisi), katma değer	LNEND	İmalat, katma değer (GSYİH'nın yüzdesi)	S
Kyoto	Kyoto	Devletin Kyoto sözleşmesine taraf olduğu andan itibaren 1, aksi halde 0	K
Alan 1	A1	Doğu Asya & Pasifik	K
Alan 2	A2	Avrupa ve Orta Asya	K
Alan 3	A3	Latin Amerika & Karayipler	K
Alan 4	A4	Orta Doğu & Kuzey Afrika	K
Alan 5	A5	Kuzey Amerika	K
Alan 6	A6	Güney Asya	K
Alan 7	A7	Sahra altı Afrika	K
Gelire Göre Ülke Grubu 1	ÜLKE1	Düşük Gelir Grubu	K
Gelire Göre Ülke Grubu 2	ÜLKE2	Alt-Orta Gelir Grubu	K
Gelire Göre Ülke Grubu 3	ÜLKE3	Üst-Orta Gelir Grubu	K
Gelire Göre Ülke Grubu 4	ÜLKE4	Yüksek Gelir Grubu	K

$$EAI_{it} = \begin{cases} 1 & i.ülkenin t.zamanda ekolojik ayak izi \leq 2.3 küresel hektar ise \\ 0 & i.ülkenin t.zamanda ekolojik ayak izi > 2.3 küresel hektar ise \end{cases}$$

$$Kyoto_{it} = \begin{cases} 1 & i.ülkenin t.zamanda Kyoto taahhütü mevcutsa \\ 0 & i.ülkenin t.zamanda Kyoto taahhütü yoksa \end{cases}$$

Holden vd. (2014) ekolojik ayak izine yönelik yaptıkları çalışmada eşik değeri 2,3 küresel hektar belirlemiştir. Bu, kişi başına yıllık eşğin maksimum olması gerektiği değeri ifade eder. Bu nedenle Holden vd. (2014)'ten referans alınarak bağımlı değişken ekolojik ayak izi oluşturulmuştur.

Veri seti ve değişkenlere dair tanımlayıcı istatistik tablosu ise Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	N	Mod	Medyan	Minimum	Maksimum
Kyoto	2565	0,99	1	0	1
LNEND	2565	2,42	2,5162	-1,46	3,91
LNGSYİH	2565	8,53	8,4396	5,56	11,38
LNUPOP	2565	15,30	15,3391	10,02	19,95
A1	2565	0,12	1	0	1
A2	2565	0,27	1	0	1
A3	2565	0,19	1	0	1
A4	2565	0,09	1	0	1
A5	2565	0,01	1	0	1
A6	2565	0,04	1	0	1
A7	2565	0,36	1	0	1
ÜLKE1	2565	0,13	1	0	1
ÜLKE2	2565	0,29	1	0	1
ÜLKE3	2565	0,24	1	0	1
ÜLKE4	2565	0,34	1	0	1

Bu doğrultuda bölgesel alan etkisi, ülkelerin gelir düzeyi etkisi ve zaman etkisinin de içeildięi model üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir.

4. Ampirik Bulgular

Ülkelerin bölgesel olarak sınıflandırılması ve çevresel sürdürülebilirlik üzerinde bölge etkisinin incelenmesi; çevre üzerindeki kirlilik, kaynak tüketimi, iklim değişikliği, yeşil alanların tahribatı gibi birçok sorunu anlamaya ve değerlendirmeye olanak tanır. Ekosistemlerin birbirleri ile olan yakın ilişkisi ve bağlılığı düşünöldüğünde bir bölgede oluşturulan ve uygulanan politikaların diğer bölgelerde önemli etkileri ortaya çıkabilir. Bölgesel ve küresel kaynak kısıtlamaları ve iklim olaylarına uyum kapasitesi, kentsel çevresel sürdürülebilirlik açısından da kentsel planlamanın önemli bir parçasıdır. Öte yandan ilgili bölgedeki insan faaliyetleri, kentleşme, bölgesel gelişme ve çevre ilişkisini anlamaya da yardımcı olacağından bölgesel düzeyde inceleme sürdürülebilirliğe ve özel olarak kentsel çevresel sürdürülebilirliğe ışık tutacaktır. Buna ilaveten tahminlerde ülkelerin gelir düzeylerinin dikkate alınması çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumsuz etkilere yönelik alınan tedbirlerde ülke ve bölgelerin gelir düzeylerindeki eşitsizliklerin etkisinin belirlenmesine yardımcı olacaktır. Eşitsizliklerin azalmasına yönelik yapılan çalışmalar ise daha adil ve kapsayıcı bir toplum oluşturarak sürdürülebilir insani kalkınmayı desteklemekte önemli bir adım olacaktır. Özellikle düşük gelirli ülke grupları düşünöldüğünde, bu ülkelerde altyapı zayıf ve kaynaklar sınırlıdır. Dolayısıyla gelir gruplarına göre inceleme bu bölgelerdeki olumsuzluklara ne şekilde direnç gösterilebileceğine ışık tutabilir. Buna ilaveten yatırım yapılması ve geliştirilmesi gerekli alanları ön plana çıkarabilir. Ayrıca çevresel sürdürülebilirliğin gelir grupları açısından ele alınması, eğitime erişimin iyileştirilmesine yönelik girişimlere olanak tanıyarak ülkelerin vasıflı ve eğitimli bir işgücü geliştirmesine katkı sağlayacağından bu açıdan elde edilecek sonuçların değerlendirilmesi de önemlidir. Ayrıca panel veri analizi kullanıldığından zaman etkisi de dikkate alınmıştır. Zaman etkisinin modelde var olup olmadığının belirlenmesi, bağımlı ve açıklayıcı değişkenler üzerinde zamanla değişen faktörleri tanımlayarak sahte korelasyon gibi olumsuzluklarla karşılaşma riskini azaltır ve daha gerçekçi nedensel ilişkiler elde etmeyi sağlar. Bu sayede, model verimsizliği riski ve tahmin belirsizliği minimuma indirilirken tahminlerin kesinliği artar. Dolayısıyla bu etkinin belirlenmesi önemlidir. Bu doğrultuda parametrik

yapı gösteren panel probit model (PPM) ile SPBCM tahmini gerçekleştirilmiştir. Parametrik olarak incelenen ikili nitel tercih modelinin panel yapısında probit modelinden elde edilen tahmincilerin “Gauss Kareleme Prosedürü” sayesinde tutarlılığı Robinson (1982) tarafından kanıtlanmıştır. Bu nedenle de tahminde panel probite yer verilmiştir.

Tablo 3, analiz sonuçlarına yer vermektedir:

Tablo 3: PPM ve SPBCM Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>PPM Tahmini</i>	<i>SPBCM Tahmini</i>
Sabit	1,367*** (0,192)	0,618*** (0,068)
KYOTO	-	-0,135** (0,068)
A2	-0,168*** (0,064)	-0,158*** (0,021)
A3	-	0,109*** (0,022)
A4	-	0,083*** (0,026)
A7	-	0,041* (0,021)
D2017	0,037*** (0,013)	0,069*** (0,024)
ÜLKE1	-	-0,123*** (0,044)
ÜLKE2	-	-0,121*** (0,028)
ÜLKE4	-0,186*** (0,065)	0,099*** (0,033)
LNEND	-	Bkz,Şekil12 F: 13,97*** [0,000]
LNGSYİH	-0,151*** (0,016)	Bkz,Şekil13 F: 93,09*** [0,000]
LNUPOP	0,041*** (0,0117)	Bkz,Şekil14 F :35,20*** [0,000]
	N:2565 $\chi^2 : 249.819$	N: 2565 Düzeltilmiş $R^2 = 0.69$ Açıklanan sapma = %69.6

		Ölçek Tahmini = 0.077 GCV = 0.078
--	--	--------------------------------------

Notlar:, (ii) N örneklem birim sayısını ifade eder, F simgesi, F istatistiğidir,

(iii) *, ** ve *** için söz konusu olan istatistiksel anlamlılık düzeyleri, sırasıyla 10%, 5% ve 1% değerlerine sahiptir,

(iv) Parantez içindeki değerler standart hatayı ve köşeli parantez içindeki değerler olasılığı temsil eder,

Model sonuçları incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bölge ve gelir düzeyi etkisinin semiparametrik modelde en fazla olduğu, buna karşın teknoloji temsili değişkenin (imalat, katma değer (GSYİH'nin yüzdesi), LNEND) panel probit modelde istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. A2, A3, A4 ve A7 değişkenlerinin ise semiparametrik yapıdaki modelde istatistiksel olarak anlamlı, parametrik yapıdaki panel probit modelde ise yalnızca A2 değişkeninin istatistiksel anlamlı bulunduğu görülmüştür. Kyoto değişkeni yalnızca SPBCM'de istatistiksel olarak anlamlı bulunurken en fazla gelir etkisinin ÜLKE1, ÜLKE2 ve ÜLKE4 (yani düşük, alt-orta ve yüksek) gelir grupları olmak üzere yine bu modelde olduğu görülmektedir. Zaman etkisinin ise her iki modelde yakalandığı tespit edilmiştir.

Nonparametrik değişkenlerin modelde yer alması nedeniyle panel ikili nitel tercih modeli için parametrik tahminin yanlı olması buna karşın semiparametrik tahminin daha iyi performans sergilemesi beklenmektedir. Buna göre model performans analizinden elde edilen sonuç aşağıdaki gibidir:

Tablo 4: Model Performans Analizi

<i>Model</i>	<i>Sapma</i>	<i>Ortalama Hata Kare (MSE)</i>
PPM	-2,062e-19	0,021
SPBCM	-6,504e-16	0,075

Modellere ait tahmin yanlılığı ve ortalama hata kare değerlerinin yer aldığı tablodan elde edilen sonuca göre panel probit modelde ortalama hata kare değerinin daha küçük sapmanın ise semiparametrik yapıya göre daha yüksek değerde olduğu görülmektedir. Katsayılar için bilgilendirici olmayan dağılım varsayımı standart hatanın büyümesine neden olabilmektedir. Ortalama hata kare değeri küçük olsa dahi uç değerlerin bulunduğu veya modelin üstesinden gelmekte zorlandığı belirli durumlarda model tahminleri gerçek değerinden önemli ölçüde sapabilir. Normal dağılımdan uzak modeller için ise bu değer daha az uygun olma dezavantajına sahiptir (Gelman vd., 2013). Dolayısıyla seçim yaparken ana hedefin verinin sahip olduğu gerçek fonksiyonel formu ve değişkenler arasındaki ilişkiyi yakalamak olduğu düşünüldüğünde, tahmin yanlılığının değerindeki düşüklük ve yapılan testler sonucunda panel ikili nitel tercih modeli için semiparametrik tahminin seçilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda hem bölgesel düzeyde hem gelir düzeyi açısından zaman etkisinin de içerildiği uygun model SPBCM olarak karşımıza çıkacaktır.

Buna ek olarak sınıflandırma doğruluğuna göre; hem gerçek hem de tahmin değerleri 0 olan 1.222 gözlem, gerçek değeri 0 olmakla birlikte tahmin değeri 1 olan 144 gözlem, gerçek değeri 1 ve tahmin değeri 0 olan 120 gözlem ve hem gerçek hem de tahmin değerleri 1 olan 1.079 gözlem

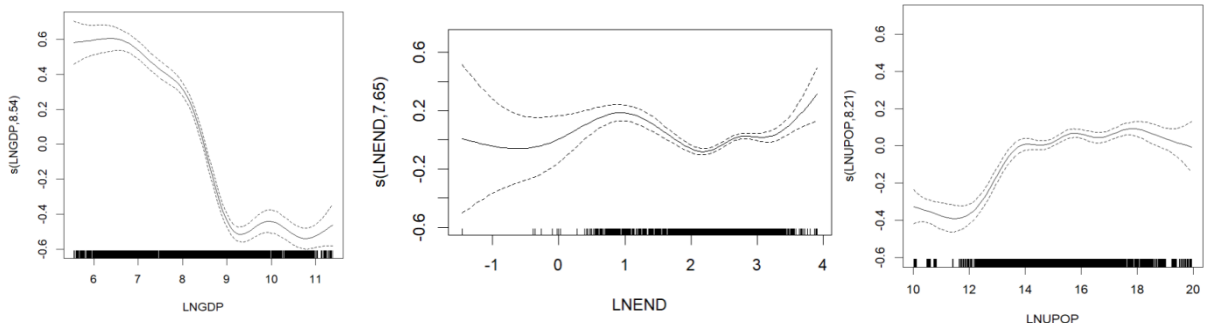
bulunmaktadır. Bu durumda; model %90 oranında bir sınıflandırma doğruluğu sağlamaktadır. Sonuçta ele alınacak ekonometrik model aşağıdaki gibi olacaktır:

$$EAI_{it} = \beta_0 + \beta_1 m_1(LNGDP_{it}) + \beta_2 m_2(LNEND_{it}) + \beta_3 m_3(LNUPOP_{it}) + \beta_4 Kyoto + \beta_5 A2_{it} + \beta_6 A3_{it} + \beta_7 A4_{it} + \beta_8 A7_{it} + \beta_9 \text{ÜLKE1} + \beta_{10} \text{ÜLKE2} + \beta_{11} \text{ÜLKE4} + \beta_{12} 2017 + \varepsilon_{it}$$

(5)

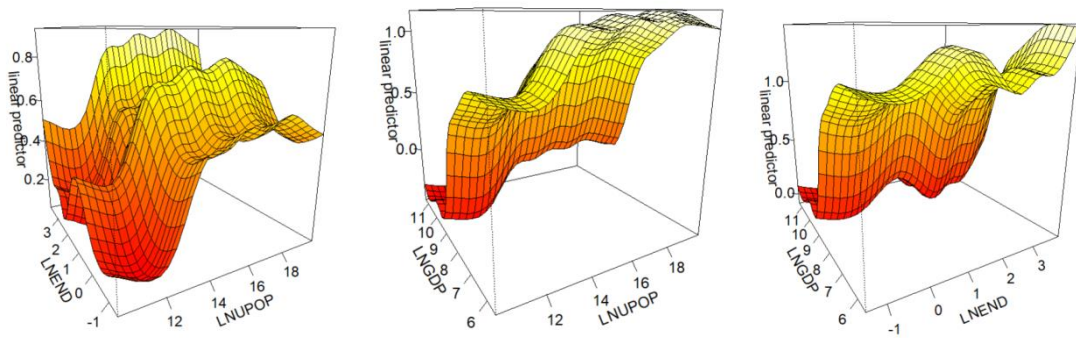
SPBCM'de yer alan sürekli değişkenler olan nüfus, gelir ve teknoloji temsili değişkenlerin m(.) fonksiyon yapısı içerisinde ve fonksiyonel formuna dair gösterimler aşağıda yer almaktadır:

Şekil 1: Nüfus, Gelir ve Teknoloji Temsili Değişkenlerin Ekolojik Ayak İzi ile İlişkisi



Grafikler; modelde sürekli yapıda yer alan nüfus, gelir ve teknoloji temsili değişkenlerinin bağımlı değişken ile ilişkilerinin doğrusal olmayan yapıda olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla söz konusu değişkenlerin modelde doğrusal yapıda yer alması halinde fonksiyonel yapı hatalı belirlenmiş olacağından tanımlama hatası söz konusu olabilecektir. Bu da tahminlerin sapmalı elde edilmesine neden olan bir durum olarak karşımıza çıkar. Bu nedenle ilgili değişkenler modelde nonparametrik şekilde yer almalıdır. Öte yandan refah, teknoloji ve nüfus temsili değişkenler için etkin serbestlik derecelerini ifade eden ve yatay ekseninde yer alan değerler sırasıyla 8,54 -7,65- 8,21 olarak karşımıza çıkarmaktadır. Dikey ekseninde katsayı tahminleri yer alırken yatay ekseninde nonparametrik değişkene ait değerler yer almaktadır. Buna ilaveten bağımlı değişken üzerinde açıklayıcı değişkenlerin birlikte etkisinin değerlendirildiği grafikler aşağıdaki gibidir:

Şekil 2: Ekolojik Ayak İzi Üzerinde Açıklayıcı Değişken Etkileşiminin Etkisi



Şekil 2'de yer alan görsellere göre modelde değişkenler arasında güçlü bir doğrusal olmayan ilişki söz konusudur.

Teknoloji temsili olarak imalat katma değeri değişkenine odaklanıldığında, imalat sektörünün ülke GSYİH'sında yüksek bir paya sahip olduğu durumlarda çevre üzerinde maksimum olumlu etki gözlemlenmektedir. İmalat sektöründeki bu yüksek pay, hizmet sektörü gibi daha az kaynak yoğun endüstrilere yönelme durumunu da işaret etmektedir. Kentsel nüfus ise belirli bir aralıkta çevresel olumlu etki yaratmakta, daha sonrasında olumsuz bir etki oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle, kentsel nüfusun toplam nüfus içindeki yüksek oranı, ekolojik ayak izinin azalmasında maksimum etki yaratmaktadır. Kentsel nüfusun çevresel sürdürülebilirliğe olumlu yansımaları, yeşil alanların artışı ve sürdürülebilir kentsel planlama gibi altyapı güçlendirici politikaların uygulanmasına işaret edebilir. Refah temsili değişkeninin olumlu etkisi ise belirli bir aralıkta ortaya çıkmaktadır. Bu durum, kişi başına düşen tahmini ekonomik çıktının orta düzey yüksek gelir seviyesinde olduğunu göstermekte ve üst-orta gelirli ülkeleri temsil eden Bulgaristan, Yunanistan, Rusya ve Malezya gibi ülkelerin ön planda olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda buradan elde edilen sonuç ekonomik refah, kentsel nüfus ve imalat sektörü payı gibi faktörlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerinde nasıl bir etki yarattığını anlamamıza yardımcı olabilir. Sonuç olarak, ekonomik refah, kentsel nüfus ve imalat sektörü payı gibi faktörlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini anlamak için bu ülkelerdeki mevcut politikaları ve uygulamaları değerlendirmek faydalı olacaktır.

Semiparametrik model yapısında hem nonparametrik hem de parametrik yapıya yanlış değişkenlerin eklenmesi, elde edilen istatistiksel sonuçların güvenilirliğini etkileyebilir. Bu nedenle değişkenlerin uygunluğu belirlenmelidir. Bu doğrultuda bağımlı değişken üzerinde her bir bağımsız değişkenin istatistiksel anlamlılığını belirlemek için kısmi F testi I kullanılır. Ayrıca bu etkinin nonparametrik olup olmadığını belirlemek için Kısmi F testi II'den elde edilen sonuçlara göre değerlendirme yapılmıştır. Sonuçlar Tablo5'te yer aldığı gibidir:

Tablo5: Kısmi F Testleri ve LR Testi Üzerinden Elde Edilen Sonuçlar

LNEND	Kısmi F Testi I
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği :14,57*** [0,000]
Model2: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNUPOP)	
LNGSYİH	Kısmi F Testi I
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği : 78,22*** [0,000]
Model2: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNEND)+s(LNUPOP)	
LNUPOP	Kısmi F Testi I
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği: 33,23 *** [0,000]
Model2: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)	

LNEND	Kısmi F Testi II
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği:16,36*** [0,000]
Model2: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+LNEND+s(LNUPOP)	

LNGSYİH	Kısmi F Testi II
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği : 59,57***
Model2: EAI~Kyoto+D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ ÜLKE2+ÜLKE4+LNGSYİH+s(LNEND)+s(LNUPOP)	[0,000]
LNUPOP	Kısmi F Testi II
Model1: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+s(LNUPOP)	F istatistiği :14,95***
Model2: EAI~Kyoto+ D2017+ A2+A3+A4+A7+ ÜLKE1+ÜLKE2+ÜLKE4+s(LNGSYİH)+s(LNEND)+LNUPOP	[0,000]
Not: (i) *, ** ve *** için söz konusu olan istatistiksel anlamlılık düzeyleri, sırasıyla 10%, 5% ve 1% değerlerine sahiptir, (ii) Köşeli parantezler, olasılığı temsil eden değerleri içermektedir, (iii) Ki-Kare test istatistiği $\chi_{35,0.05}^2$: 55,76 , LR Test Sonucu: 726,57	

Tablo 5'te yer alan test sonuçları incelendiğinde Kısmi F testi I sonuçları, modelde yer alan nonparametrik yapıdaki açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamakta istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Her bir değişkenin etki şeklini test eden Kısmi F testi II sonuçları ise incelenen değişkenlerin nonparametrik yapıda ele alınması gerektiğini göstermektedir. LR test sonuçlarına göre, semiparametrik yapıdaki model ile parametrik yapıya sahip model arasında farklılık olmadığını belirten temel hipotez reddedilmiştir. Bu sonuçlar, SPBCM'nin bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi daha iyi açıkladığını göstermektedir.

Bu doğrultuda Tablo 3'te yer alan nihai model olan SPBCM tahmininden elde edilen bulgulara göre, bölgesel düzeyde etkiler incelendiğinde Avrupa ve Orta Asya, Latin Amerika ve Karayip, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile Sahra-Altı Afrika bölgesi çevresel sürdürülebilirlik üzerinde istatistiksel anlamlı etkiye sahiptir.

Avrupa ve Orta Asya bölgesi, havayı kirleten zararlı emisyonlara en çok yol açan ve en savunmasız ülkelerdir (Bkz: (Khan ve Imran, 2023). Bölgenin fosil yakıtlara olan bağımlılığı, hava ile su kirliliği ile birleşince kaynak tüketimine neden olmaktadır. Öte yandan bölge eriyen buzullar, emisyon seviyesindeki yükseklik ve yükselen deniz seviyesi gibi birçok çevresel problem ile karşı karşıyadır. Bu durum bölgede küresel iklim değişikliği ve çevresel sorunların etkisini şiddetlendirici etken olmaktadır. Çevredeki söz konusu değişikliklerin göç kararlarına da etkisi büyüktür. Bu etkenler, Orta Asya ve Avrupa'daki çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki negatif etkiyi açıklar. Ayrıca elde edilen sonuç bölgenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmak adına uygulayacağı politikalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (World Bank, 2024). Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi, iklim değişikliğinin etkilerine karşı en savunmasız bölgelerden biridir. Bölgedeki topluluklar, iklim sorunlarıyla mücadele ederek daha sağlıklı ve daha üretken yaşamlar sürdürebilir. Bu zorlukları göz önünde bulunduran Dünya Bankası, iklimle ilgili planlarını Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesindeki tüm çalışmalarına entegre etmiştir ve yeni operasyonlarının neredeyse tamamını Paris Anlaşması hedefleriyle uyumlu hale getirme yolunda ilerlemektedir. Bölgedeki yenilenebilir enerji sektörüne yönelik yatırımların benimsenmesi çevresel sürdürülebilirliğe olumlu etki eden en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (World Bank, 2024).

Latin Amerika ve Karayip bölgesi incelendiğinde bu bölge küresel biyolojik çeşitlilik, doğal kaynakları koruma ve bölgesel işbirliğini geliştirme açısından önemli bir bölgedir. Aynı zamanda bölge bol miktarda yenilenebilir enerji kaynağına sahip olmasıyla bu kaynaklardan temiz enerji altyapısına yatırımı sağlayarak fosil yakıtla olan bağımlılığı ve karbon emisyonunu azaltarak ekolojik ayak izinin

azalmasına katkıda bulunabilmektedir. Sahra Altı Afrika bölgesinde ise benzer şekilde çevresel sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölge için de Kassouri (2021), sürdürülebilir şekilde kentsel bir plan geliştirmenin ve ekolojik göstergelerin etkilerini doğru şekilde tahmin etmenin geliştirilecek politikalar açısından önemini vurgulamıştır. Ansari vd. (2022) çalışmalarında, Sahra Altı Afrika ülkelerinde enerji yoksunluğunun ekolojik ayak izini önemli ölçüde azalttığını ve dolayısıyla çevresel kaliteyi artırdığını, vurgulamaktadırlar. Bu doğrultuda Sahra Altı Afrika ülkelerinin, diğer dünya ülkelerine kıyasla nispeten daha düşük sanayileşme seviyesine sahip olması endüstriyel faaliyetlerin yol açacağı çevresel kirliliği önlemiş olacağından bu durum çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki pozitif etkiyi açıklayacaktır. Byaro ve arkadaşlarının (2023) vurguladığı gibi, bölgedeki yenilenebilir enerji ve temiz yakıt içeren enerji teknolojilerinin çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkısı, elde edilen sonuçları desteklemektedir.

Mevcut araştırmaların, çeşitli ırk ve gelir grupları arasında hava kirliliğine maruz kalma konusundaki eşitsizlikleri vurgulamasından (Liu vd. 2021; Tessum vd. 2021; Lane vd. 2022) yola çıkarak analize dahil edilen gelir gruplarına göre ülkelerden elde edilen sonuçlara göre; düşük gelir grubu ülkelerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerinde negatif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Düşük gelir grubuna sahip ülkeler ekolojik ayak izinin azaltılması konusunda diğer ülkelere kıyasla daha ciddi bir yük üstlenmektedirler. Bu gelir grubu, sürdürülebilir kalkınma için kısıtlı kaynaklara sahip olmalarıyla birlikte aynı zamanda genellikle düşük ekonomik büyüme seviyelerine sahiptir. Bu durum, bu ülkelerin çevresel düzenlemelerin yetersizliği, atık yönetiminde bilinçsizlik gibi çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmasına yol açar. Ayrıca yenilenebilir enerji projeleri ve doğal kaynakların muhafazası gibi sürdürülebilir girişimler için sınırlı kaynaklara sahip olmaları, bu ülkelerin ekolojik ayak izini azaltma ve çevresel sorunlarla başa çıkabilme potansiyelini olumsuz etkilemektedir. Alt-orta gelir grubu için de çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etki tespit edilmiştir. Van Rooji ve McAllister (2014)'e göre bu ülke grubu sanayileşmekte olduğundan düşük ve yüksek gelirli ülkelere nazaran çevre kirliliğini düzenlemek daha zordur. Düşük seviyede çevre bilinci ve düzenleyici kapasite zayıflığı ile çevreye ciddi ölçüde etki eden endüstriyel kirlilik problemleri gibi olumsuzluklar negatif etkiyi açıklamaktadır. Yüksek gelir grubunun ise çevresel sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etkisi tespit edilmiştir. Eğitim sistemlerinin gelişmiş olması, yüksek gelirli ülkelerde genellikle farkındalığı ve çevre duyarlılığını artırmaktadır. Bu durum artan kamu bilinciyle sonuçlanır. Bu ülkelerde çevresel düzenlemelerin ve politikaların katı biçimde uygulanmasıyla hava kirliliğini etkileyen emisyon seviyelerini kontrol altına almak, sürdürülebilir girişim ve uygulamaları teşvik etmek ve doğal kaynakları korumak mümkün olmaktadır. Bu özellikler, yüksek gelirli ülkelerin çevresel sürdürülebilir konusunda küresel çabalarda öncü rol oynamalarını sağlar ve bu da sürdürülebilirliği olumlu yönde etkiler.

Kyoto protokolü incelendiğinde çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkinin olumsuz olduğu tespit edilmiştir. Alam vd. (2016); iklim değişikliğine odaklanmanın, araştırmacıların ve politika yapımcıların ekonomik büyümenin ve kalkınmanın, çevre üzerindeki etkileri konusundaki farkındalığını artıracaklarını ve gündemlerini sadece ekonomik büyümeyi takip etmekten çevresel ekonomik büyümeyi önemsemeye kaydıracağını belirtmiştir. Bu bağlamda; protokolün sera gazı emisyonlarını azaltma, temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etme ve uluslararası iş birliğini artırma gibi birçok olumlu etkisi ekolojik ayak izi üzerinde görülmektedir. Öte yandan Aichele ve Felbermayr (2012) birçok araştırmacının, gelişmekte olan ülkelerin içeriğin dışında tutulması ve protokolün uygulama mekanizmasının bulunmaması nedeniyle protokolün tasarımının tamamen yanlış olduğuna inandığını belirtmiştir. Buna ilaveten protokolda karbon kaçığının nedeninin tam anlamıyla açıklanamaması ile enerji yoğun endüstrilerin, çevre düzenlemelerinin daha az sıkı olduğu ülkelere taşınması durumunda küresel emisyonlar artacak ve protokolün etkinliği zayıflayacaktır. Ayrıca protokolün temel amacının karbon emisyonlarını azaltmak olması nedeniyle metan ve azot oksit gibi iklim değişikliğine katkıda

bulunan diğer sera gazları yeterince araştırılmamıştır. Bu durum, kısıtlı alanlar sebebiyle diğer önemli emisyon kaynaklarıyla mücadele etmeyi ve çevresel sürdürülebilirliğe olumlu etki etme fırsatlarının kaçırılmış olabileceğini göstermektedir. Ancak emisyonların azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye yönelik teknolojik çözümlerin oluşturulması ve kaynakların sürdürülebilir kullanımına yönelik teknolojik çözümlerin geliştirilmesi gibi alanlarda yapılan çalışmalar, çevrenin korunması ve diğer önemli alanların göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgular. Bu yaklaşım, ekolojik ayak izini artırıcı etkiyi açıklamaktadır (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi [UNFCCC], 1997).

Zaman etkisi incelendiğinde 2017 yılının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etkili olduğu görülmektedir. 4 Kasım 2016'da yürürlüğe giren Paris Anlaşması, zararlı küresel emisyonların azaltılmasının yanında iklim değişikliğinin yarattığı tahribatı önlemenin ve bu doğrultuda geliştirilecek çözümlerin önemini belirterek uluslararası işbirliği içinde gerçekleştirilebilecek politikaları ve iklim nötrlüğünü içermektedir. Ayrıca Paris Anlaşması çevresel düzenlemelere ilaveten doğal kaynak yönetimi, yoksulluğun azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve çevre kavramlarına da atıfta bulunmaktadır (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi [UNFCCC], 2015). Böylece olumlu etkilerin 2017 yılına yansıdığı söylenebilir. Devamında Kasım 2017 tarihinde iş dünyasından yatırımcılar, sivil toplum liderleri ve kuruluşlarının Paris Anlaşması hedeflerine yönelik toplandığı Birleşmiş Milletler İklim Konferansı'nın gerçekleşmesi ve sonrasında gerçekleşen Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli tarafından yayımlanan, çevresel sürdürülebilirlik politikalarını kapsayan raporların varlığı (Global EV Outlook 2018, Küresel Isınma Özel Raporu, vb.) bu yılın çevre üzerinde olumlu etkisi açısından önem taşımakta ve pozitif etkiyi açıklamaktadır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Geçmişten bugüne tarihsel bir perspektifle bakıldığında ülkeler ve buna bağlı olarak şehirler insani gelişmenin ve teknolojik ilerlemenin merkezinde yer almıştır. Küresel ölçekte değerlendirildiğinde her şeyden önce geleceğin şehirleri herkes için artan refahı, arzu edilen yaşam standartları ile birleştirerek vatandaşlara hizmet etmeli ve sürdürülebilirliğe katkı sağlamalıdır. Endüstriyel üretim de dahil olmak üzere ekonomik faaliyetlerin çoğunu kapsayan kentsel alanların yoğunlaşması, kente özgü çevresel sürdürülebilirlik politikalarının formüle edilmesini gerektirir. Bu merkezler yalnızca bu tür üretim için en yüksek doğal kaynak seviyelerini talep etmekle kalmaz, aynı zamanda endüstriyel atıkların da çoğunu üretir. Dolayısıyla kentsel alanların oluşturduğu benzersiz çevresel zorlukları ele almak için hedefli sürdürülebilirlik stratejileri geliştirmek hayati önem taşır. Ayrıca ekonomik büyümeyi teşvik edici ve insanların yaşam kalitesini artırıcı potansiyeli ile çevresel sürdürülebilirlik değerlendirmesi, sürdürülebilir insani kalkınmanın sağlanmasına da ışık tutacaktır. Özellikle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini bertaraf etmesi, doğal kaynakların ve biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kalkınma için temel oluşturması nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik bağlamında geliştirilecek politikalar her açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda çalışmada önemli bir çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olan ekolojik ayak izi kullanılarak STIRPAT çevre modeli ekseninde SPBCM tahmini yapılmıştır. Model tahmini sonucunda bölgesel düzeyde anlamlı çıkan bölgelerden birisi Avrupa ve Orta Asya bölgesinde çevresel sürdürülebilirliğe olumsuz etkiler, bölgedeki çeşitli çevresel tehditlerle ilişkilendirilir. Bölgedeki fosil yakıtlara olan bağımlılık, yüksek emisyonlar ve atık üretimi gibi faktörler; iklim değişikliği, hava ve su kirliliği, kaynakların tükenmesi ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi sonuçlara yol açar. Bu durum, bölgedeki çevresel bozulmayı ve sürdürülebilirlik açısından mevcut zorlukları vurgulamakta ve elde edilen sonucu desteklemektedir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) bölgesi açısından Dünya Bankası'nın 2021-2025 yıllarını kapsayan MENA İklim Değişikliği Yol Haritası gıda sistemleri, su güvenliği ve dayanıklı doğal sermaye; enerji dönüşümü ve düşük karbonlu hareketlilik; karbon akıllı şehirler ve

dayanıklı kıyı ekonomileri ve sürdürülebilir finans gibi temel dönüşüm alanlarına odaklanmaktadır. Bölgedeki pek çok girişim, yenilenebilir kaynaklarla desteklenen yeşil amonyak üretimi gibi faaliyetlerle aynı zamanda karbon emisyonlarını azaltmak ve enerjide kendi kendine yeterliliği teşvik etmek için umut verici bir fırsat sunmaktadır ve bu yöndeki girişimler de çevresel süreç üzerinde olumlu etki yaratmaktadır. Öte yandan bölge dünya çapında iklim değişikliği finansmanından en az yararlanan konumda ve mevcut kırılganlıklarla birlikte devam eden çatışmalar birçok ülkenin kaynakları üzerinde ek bir baskı oluşturmaktadır. Bölgedeki ülkelerin, iklim değişikliği etkilerine karşı koruma sağlamak ve yaşanabilir bir gezegende yoksulluğu azaltmak için son yıllardaki iklim eylemi ilerlemelerini geliştirmeleri, uzun vadeli reformlara odaklanmaları ve dayanıklı ve düşük karbonlu yatırımlara öncelik vermeleri gerektiği unutulmamalıdır. Latin Amerika ve Karayipler bölgesine bakıldığında; doğal kaynak zenginliğini ve yeşil enerji karışımını temel alan ülkeler, iklim şoklarına karşı dayanıklılık oluşturmak için hâlihazırda yenilikçi eylemler uygulamaktadır. Bölge; dünyadaki biyolojik çeşitliliğin yarısına ev sahipliği yapması, geniş kritik mineral rezervlerine sahip olması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için benzersiz koşullar sunmasıyla avantajlı bir konuma sahiptir. Dolayısıyla bu etkenlerle birlikte sürdürülebilir kentleşme stratejilerini de sağlıklı bir şekilde uygulayarak ekolojik ayak izini azaltma konusunda başarılı olabilecektir. Sahra Altı Afrika bölgesinde sanayileşme seviyesi düşüktür. Endüstriyel faaliyetlerin çevresel kirliliğe sebep olduğu düşünüldüğünde bu durum, düşük sanayileşmenin çevresel süreçte olumlu etkisi olduğunu açıklamaktadır. Tarımsal uygulamaların da bölgede daha az kaynak yoğun olduğu düşünüldüğünde, çevresel sürdürülebilirliğe ekolojik ayak izini azaltıcı etkisi ile katkıda bulunduğu görülmektedir. Öte yandan bu bölge altyapı eksikliğinden kaynaklı olarak, teknolojik yeniliklere erişim konusunda zorluk yaşayan bir bölgedir. Ekonomik gelişim ve kalkınma açısından bu durum olumsuz değerlendirilirken, ekolojik ayak izi değerinin düşüklüğünü sağlayabilmektedir.

Düşük gelirli grupların sahip olduğu sınırlı kaynaklar ve düşük ekonomik büyüme seviyeleri çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilecek girişimleri yapmaları önünde engel teşkil etmektedir. Bu durum; bu ülkelerde çevresel düzenlemelerin yetersizliği, atık yönetiminde bilinçsizlik gibi çevresel sorunlarla karşı karşıya kalınmasına yol açar. Dolayısıyla ekolojik ayak izini azaltma ve çevresel sorunlarla başa çıkabilme potansiyelini olumsuz etkilemektedir. Benzer şekilde alt orta gelir grubu da çevresel sürdürülebilirlik süreci üzerinde negatif etkilidir. Endüstriyel faaliyetlerin ve sanayileşmenin yaygın olduğu alt-orta gelirli ülkelerde düzenleyici kapasitenin düşük olması ve çevre bilincinin eksikliği, önemli endüstriyel kirlilik sorunlarına etkin müdahaleyi zorlaştırmaktadır. Sanayileşme ve kentleşme süreçleriyle birlikte artan altyapı gelişimi ve tüketim, fosil yakıtlara dayalı karbon emisyonlarını artırarak ekolojik ayak izini yükseltmektedir. Bu durum, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yüksek gelirli ülkeler genellikle yoğun sanayileşme, modern yapılı teknolojik ilerlemeler, kentleşmenin hızlı gerçekleşmesi ve nüfusun artış göstermesi gibi faktörlerin etkisiyle, çevresel sürdürülebilirlik açısından zorluklarla karşılaşabilir. Ancak bu ülkeler genellikle katı çevresel düzenlemeleri uygulamaya yatkındır. Bu yöndeki uygulama ve politikalar; zararlı emisyonları kontrol altına almayı, sürdürülebilir uygulamaları benimsemeyi ve doğal kaynakları koruma altına almayı amaçlamaktadır. Bu sayede kaynakların sürdürülebilir yönetimi sağlanabilir, bu da çevresel süreci olumlu yönde etkiler. Ayrıca yüksek gelirli ülkeler enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve 'çevreci' teknolojilere yapılan yatırımlarla kaynak tüketimini azaltmakta; karbon emisyonlarını düşürmekte ve ekolojik ayak izi açısından pozitif etki yaratmaktadır.

Kyoto protokolü incelendiğinde çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkinin negatif olduğu tespit edilmiştir. Protokolün uygulama mekanizmasının bulunmaması nedeniyle protokolün tasarımının eleştirel olması, protokolde karbon kaçağının nedeninin tam olarak açıklanamaması ve protokolün temel amacının karbon emisyonlarını azaltmak olması nedeniyle metan ve azot oksit gibi iklim

değişikliğine katkıda bulunan diğer sera gazlarının yeterince araştırılmamasından kaynaklı olarak kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanımının aksaması olumsuz etkiyi açıklamaktadır.

Modelde zaman etkisinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 2017 yılının istatistiksel anlamlı ve çevresel sürdürülebilirlik sürecine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılında etkisini gösteren Paris Anlaşması'nın varlığı, Kasım 2017 tarihinde gerçekleşen Birleşmiş Milletler İklim Konferansı ve Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayımlanan Küresel Isınma Özel Raporu ve elektrikli araçların benimsenmesinin elektrik, petrol tüketimi ve sera gazı emisyonları açısından ne anlama geldiğini değerlendiren çevresel sürdürülebilirlik politikalarına vurgu yapan raporların varlığı söz konusu yılın çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumlu etkisi açısından önem taşımaktadır. Global EV Outlook 2018 gibi raporlar bu vurgulamanın belirgin bir örneğidir.

Modelde nonparametrik olarak sürekli yapıda yer alan imalat, katma değer (GSYİH'nin yüzdesi) değişkeninin toplam GSYİH içerisinde yüksek oranda yer almasının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumlu etki yarattığı tespit edilmiştir. Yoğun sanayileşme faaliyetlerinin görüldüğü bölgelerde ortaya çıkan hava kirliliği ve atık üretimi, ekolojik ayak izi üzerinde ve buna bağlı olarak çevresel sürdürülebilirlik sürecinde negatif etkiye yol açabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, enerji verimliliğini artırarak, atık azaltma stratejilerini benimsemeyi ve daha temiz teknolojiler kullanarak sürdürülebilir uygulamalara yönelmeyi teşvik edecektir. Bu tür çabalar, çevresel zararı ve ekolojik ayak izini azaltmayı hedefler. Küresel ölçekte yapılan analizler, bu uygulamaların farklı ülkelerde farklı sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Gelir temsili değişken incelendiğinde gelirin orta seviye yüksek olduğu bölgelerde çevreye olumlu etki gerçekleşmektedir. Bu da Bulgaristan, Yunanistan, Rusya ve Malezya gibi üst-orta gelirli bölgelerin ön planda olduğunu ifade eder. Yüksek gelirli ülkelerin gerek sosyoekonomik gerek çevresel süreçlerde etkili birçok sektörde teknolojik yenilik ve verimlilik getiren gelişmeleri takip etme ve bunlara yatırım yapma eğilimleri ekolojik ayak izine olumlu etki edecektir. Kentsel nüfus değişkeninin ise toplam nüfus içerisinde sahip olduğu yüksek payın çevreye olumlu yansımaları sürdürülebilir kentsel planlamanın ve güçlü altyapı oluşturma politikalarından verim alındığının işareti olarak karşımıza çıkar. Buna bağlı olarak kentsel alanlardaki aşırı nüfusun çeşitli olası olumsuz etkilerinin, bu etkileri hafifletme stratejileri ile birlikte planlanması gerekliliğini belirtmek önemlidir. Bunun yanında kuşkusuz yaşam kalitesine ve doğal çevrenin yaşam koşullarının sağlıklı işleyişini sürdürmek için sahip olduğu yeteneklere yönelik oluşacak tehditler mevcut düzenin sürdürülememesi riskini oluşturması anlamına gelmektedir. Çoğu zaman risklerin ne zaman ve ne şekilde ortaya çıkacağını, nasıl bir etki yaratacağını belirlemek ve ortaya çıkan bu etkileri tersine çevirmek zordur. Dolayısıyla sürdürülebilir insani kalkınma ve kentlerin geleceği için, çevresel sürdürülebilirliği önceliklendiren sürdürülebilirlik politikalarının, insani kalkınmayı sürdürülebilir kılmaya, çevresel tehditlerin ortaya çıkmasını önlemeye ve olası hasarlardan korumaya yönelik eylemleri ve hâlihazırda ortaya çıkmış olan hasarı tersine çevirmek için gerekli restorasyonu içermesi gerekliliği unutulmamalıdır.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: Yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder,

Etik Kurul İzni: Bu makalede etik kurul iznine gerek yoktur, buna ilişkin ıslak imzalı etik kurul kararı gerekmediğine ilişkin onam formu sistem üzerindeki makale süreci dosyalarına eklenmiştir.

KAYNAKÇA:

- Adebayo, T.S., Pata, U.K., Akadiri, S. S. (2024). A Comparison of CO₂ Emissions, Load Capacity Factor, and Ecological Footprint for Thailand's Environmental Sustainability. *Environment Development and Sustainability*, 26: 2203–2223.
- Adjei, R., Addaney, M., Danquah, L. (2021). The Ecological Footprint and Environmental Sustainability of Students of a Public University in Ghana: Developing Ecologically Sustainable Practices, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(7): 1552-1572.
- Ahmed, Z., Wang, Z., Ali, S. (2019), Investigating the non-linear relationship between urbanization and CO₂ emissions: An empirical analysis, *Air Quality, Atmosphere and Health*, 12(8): 945–953.
- Aichele, R., Felbermayr, G. (2012). Kyoto and the Carbon Footprint Notions, *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(3): 336-354.
- Alam, Md. M., Murad, Md., W., Noman, A., H., Md.Öztürk, İ. (2016). Relationships Among Carbon Emissions, Economic Growth, Energy Consumption and Population Growth: Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70: 466-479.
- Alola, A. A., Bekun, F. V., Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic Impact of Trade Policy, Economic Growth, Fertility Rate, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Ecological Footprint in Europe. *Science of The Total Environment*, 685,702-709.
- Amemiya, T. (1985). *Advanced Econometrics*. Harvard University Press.
- Ansari, M. A., Villanthenkodath, M.A., Akram, V., Rath, B. N. (2022).The Nexus Between Ecological Footprint, Economic Growth, and Energy Poverty in sub-Saharan Africa: A Technological Threshold Approach. *Environment Development and Sustainability*. 1-28.
- Aşıcı A. A., Acar, S. (2018). How Does Environmental Regulation Affect Production Location of non-Carbon Ecological Footprint?. *Journal of Cleaner Production*, 178: 927–936.
- Bai, A., Popp, J., Peto, K. S., Gabnai, Z. (2017). The Significance of Forests and Algae in CO₂ Balance: A Hungarian Case Study. *Sustainability*, 9(857): 1–24.
- Baynes, T.M., Wiedmann, T. (2012). General Approaches for Assessing Urban Environmental Sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(4): 458-464.
- Bello, M, O., Solarin S. A., Yen, Y. Y. (2018). The Impact of Electricity Consumption on CO₂ Emission, Carbon Footprint, Water Footprint and Ecological Footprint: The Role of Hydropower in an Emerging Economy. *Journal of Environment Management*, 219: 218–230.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi [UNFCCC]. (2015). *Paris Agreement*. Yürürlüğe giriş tarihi: 4 Kasım 2016. [<https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34>] Erişim Tarihi: 29.97.2024.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi [UNFCCC]. (1997). *Kyoto Protocol*. [https://iklim.gov.tr/kyoto-protokolu-i-35] Erişim Tarihi: 29.97.2024
- Byaro, M,, Dimoso, P,, Rwezaula, A, (2023), Are Clean Energy Technologies a Panacea for Environmental Sustainability in Sub-Saharan African Countries?, PREPRINT (Version 1)

- available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2650072/v1>], Erişim Tarihi: 17,03,2024
- Byaro, M., Dimoso, P., Rwezaula, A. (2023). Are Clean Energy Technologies a Panacea for Environmental Sustainability in Sub-Saharan African Countries?. PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2650072/v1>], Erişim Tarihi: 17.03.2024
- Callicott, J. B., Mumford, K. (1997). Ecological Sustainability as a Conservation Concept. *Conservation Biology*, 11(1): 32–40.
- Can, M., Gozgor, G. (2017). The Impact of Economic Complexity on Carbon Emissions: Evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(19): 16364–16370.
- Chu, L. K. (2020). Economic Structure and Environmental Kuznets Curve Hypothesis: New Evidence from Economic Complexity. *Applied Economics Letters*, 28(7): 612-616.
- Çağlayan Akay, E., Kangalli, Uyar, S. (2017). *R Uygulamalı Nonparametrik Ekonometri*. DER Yayınları.
- Danish., Ulucak, R., Khan, S. U. D. (2020). Determinants of The Ecological Footprint: Role of Renewable Energy, Natural Resources, And Urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54: 101996.
- Danish, K., Hassan, S. T., Baloch, M. A., Mahmood, N., Zhang, J. (2019). Linking Economic Growth And Ecological Footprint Through Human Capital And Biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47: 101516.
- Dietz, T., Rosa, E. A. (1997). Effects of Population and Affluence on CO2 Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94: 175-179.
- Ehrlich, P., Holdren, J. P. (1971). Impact of Population Growth. *Science New Series*, 171(3977): 1212-1217.
- Franchini, M., Mannucci, M. P., Pontoni, F., Croci, E. (2015). The Health and Economic Burden of Air Pollution. *The American Journal of Medicine*, 128(9): 931–932.
- Friedman, J. H., Stuetzle, W. (1981). Projection Pursuit Regression. *Journal of the American Statistical Association*, 76(376): 817-823.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., Rubin, D. B. (2013), *Bayesian Data Analysis (3rd ed.)*, Chapman and Hall/CRC,
- Goodland, R. (1995). The Concept of Environmental Sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26(1):1–24.
- Gözkaman, A. (2024). Avrupa Birliği, Sürdürülebilir İnsani Kalkınma Ve İnsan Hakları. *EURO Politika*, 1(20): 5-22.
- Grossman, G., A, Krueger. (1995). Economic Growth and The Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110: 353–377,
- Grunewald, N., Martinez-Zarzoso, I. (2016). Did the Kyoto Protocol Fail? An Evaluation of the Effect of The Kyoto Protocol on CO2 Emissions. *Environment and Development Economics*, 21(1):1-22,
- Hahn, J., Newey, W. (2004). Jackknife and Analytical Bias Reduction for Nonlinear Panel Data Models. *Econometrica*, 72: 1295-319.
- Hoderlein, S., Mommen, E., Yu, K. (2011). Nonparametrik Models in Binary Choice Fixed Effects Panel Data. *The Econometrics Journal*, 14: 351-367,
- Holden, E., Linnerud, K., Banister, D. (2014). Sustainable development: Our Common Future Revisited. *Global Environmental Change*, 26: 130-139,

- Huang, L., Wu, J., Yan, L. (2015). Defining and Measuring Urban Sustainability: A Review of Indicators. *Landscap Ecology*, 30: 1175-1193.
- Jabeen, G., Wang, D., Işık, C., Alvarad, R., Ongan, S. (2023). Role of Energy Utilization Intensity, Technical Development, Economic Openness, and Foreign Tourism in Environmental Sustainability. *Gondwana Research*, 127,100-115.
- Kassouri,Y. (2021). Monitoring the Spatial Spillover Effects of Urbanization on Water, Built-up Land and Ecological Footprints in Sub-Saharan Africa. *Journal of Environmental Management*, 300: 113690.
- Khan, M, T., Imran, M. (2023). Unveiling the Carbon Footprint of Europe and Central Asia: Insights into the Impact of Key Factors on CO2 Emissions. *Archives of the Social Sciences: A Journal of Collaborative Memory* ,1/1: 52-66.
- Kongbuamai, N., Bui, Q., Yousaf, H., Liu, Y. (2020). The Impact of Tourism and Natural Resources on The Ecological Footprint: A Case Study of ASEAN Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16): 1–14.
- Lane, H. M., Morello-Frosch, R., Marshall, J. D., Apte, J. S. (2022). Historical Redlining Is Associated with Present-Day Air Pollution Disparities in U.S. Cities. *Environmental Science & Technology Letters*, 9/4:345-350.
- Le, T,H., Chang, Y., Park, D. (2019). Economic Development and Environmental Sustainability: Evidence from Asia. *Empirical Economics*, 57: 1129–1156.
- Liu, J., Clark, L. P., Bechle, M.J., Hajat, A., Kim, S. Y., Robinson, A. L., Sheppard, L., Szpiro, A. A., Marshall, J.D. (2021). Disparities in Air Pollution Exposure in the United States by Race/Ethnicity and Income, 1990-2010. *Environ Health Perspective*, 129(12):127005.
- Liu, K., Mahmoud, H.A., Liu,L.,... Alzoubi, H.M. (2024). Exploring the Nexus Between Fintech, Natural Resources, Urbanization, and Environment Sustainability in China: A QARDL Study. *Resources Policy*, 89: 104557.
- Jahanger, A., Usman,M., Balsalobre-Lorente,D. (2022). Autocracy, Democracy, Globalization, and Environmental Pollution in Developing World: Fresh Evidence from STIRPAT Model. *Journal of Public Affairs*, 22(4): e2753.
- Leemans,R., Solecki, W. (2013). Redefining Environmental Sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3-4): 272-277.
- Mol, A. P. J., Spaargaren, G. (2000). Ecological Modernization Theory in Debate: A Review. *Environmental Politics*, 9(1): 17–49.
- Morelli, C. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1): 1-10.
- Murshed, M., Rahman, M., A., Alam, M., S., Ahmad, P., Dagar, V. (2021). The Nexus Between Environmental Regulations, Economic Growth, and Environmental Sustainability: Linking Environmental Patents to Ecological Footprint Reduction in South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 49967–49988.
- Nasrollahi, Z., Hashemi, Ms., Bameri, S., [Taghvaei](#) V.M. (2020). Environmental Pollution, Economic Growth, Population, Industrialization and Technology in Weak and Strong Sustainability: Using STIRPAT Model. *Environment Development and Sustainability*, 22: 1105–1122.
- Nathaniel, S., P, Yalçiner, K, Bekun, F.,V. (2020). Assessing the Environmental Sustainability Corridor: Linking Natural Resources, Renewable Energy, Human Capital, and Ecological Footprint in BRICS. *Resources Policy*, 70: 101924.
- Paulson, K. C. (2013). *Semiparametric Methods for Choice Models in Panel Data with Persistence*, PhD Thesis, San Diego, University of California.

- Powell, J. L., Stock, J., Stoker, T. (1989). Semiparametric Estimation of Index Coefficient. *Econometrica*, 57(6): 1403-1430.
- Powell, J. L. (2010). Semiparametric Estimation. In: Durlauf, S.N., Blume, L.E. (eds) *Microeconometrics. The New Palgrave Economics Collection*. Palgrave Macmillan, London.
- Rafique, M. Z., Nadeem, A.M., Xia, W. vd. (2022). Does Economic Complexity Matter for Environmental Sustainability? Using Ecological Footprint as An Indicator. *Environment Development and Sustainability*, 24: 4623–4640.
- Rees, W., E. (1996). Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out. *Environment and Urbanization*, 4: 121-130.
- Robinson, P. (1988). Root-N-consistent Semiparametric Regression. *Econometrica*, 56(4): 931-954
- 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.
- Sutton, P. (2004). A Perspective on Environmental Sustainability?. A Paper for the Victorian Commissioner for Environmental Sustainability; RSTI Publications: Melbourne, Victoria, Australia, 1–32.
- Tessum C.W, Paoella D. A., Chambliss, S. E., Apte, J. S., Hill, J. D. Marshall, J. D. (2021). PM_{2.5} Polluters Disproportionately and Systemically Affect People of Color in the United States. *Science Advance*. 7(18):eabf4491
- Usman, O., Akadiri, S. S., Adeshola, I. (2020). Role of Renewable Energy and Globalization on Ecological Footprint in the USA: Implications for Environmental Sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 30681–30693
- Van Rooij, B., McAllister, L. K. (2014). Orta Düzeydeki Çevresel Zorluklar Gelirli Ülkeler: Brezilya, Çin, Endonezya ve Meksika. Akademik Press.
- Wackernagel, M., Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola: New Society Publishers.
- Wang, M., Arshed, N., Munir, M., Rasool, S. F., Lin, W. (2021). Investigation of the STIRPAT Model of Environmental Quality: A Case of Nonlinear Quantile Panel Data Analysis. *Environment Development Sustainability*, 23, 12217–12232.
- World Bank (2024). *Europe and Central Asia Overview*. Erişim Tarihi: 26.07.2024 <https://www.worldbank.org/en/region/eca/overview>.
- World Bank (2023). *Middle East and North Africa: Climate and Development*. Erişim Tarihi: 26.07.2024. <https://www.worldbank.org/en/region/mena/overview>.
- Xu,F., Huang,Q.,Yue, H., He, C., Wang, C., Zhang,H. (2020). Reexamining the Relationship Between Urbanization and Pollutant Emissions in China based on The STIRPAT Model. *Journal of Environmental Management*, 273: 111134.
- Xue, L., Haseeb, M., Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., Murshed, M. (2021).Renewable Energy Use and Ecological Footprints Mitigation: Evidence from Selected South Asian Economies, *Sustainability*, 13(4):1613.
- You, W., Lv, Z. (2018). Spillover Effects of Economic Globalization on CO2 Emissions: A Spatial Panel Approach. *Energy Economics*, 73: 248–257.
- Zhang, L., Dzakpasu, M., Chen, R., Wang, X, C. (2017). Validity and Utility of Ecological Footprint Accounting: A State of The Art. Review, *Sustainable Cities and Society*, 32: 411–416.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem:

The motivation of this study is to examine the relationship between the Ecological Footprint, considered within the framework of the STIRPAT model structure on a global scale, and GDP per capita, urban population, production, value added (% of GDP), regional variable created as a dummy variable, income level of countries and Kyoto variable, especially in the context of the city.

Research Questions:

What is the importance of environmental sustainability on a global scale for urban areas, regions and income levels? How has environmental sustainability been treated in the literature and what is the advantage of the semiparametric panel binary choice model in the analysis of environmental sustainability?

Literature Review:

In recent years, environmental degradation has become the center of global environmental policies and scientific research. The seriousness of this issue has become more evident due to the increasing pressures on the natural environment. The empirical literature responsibilities the proliferation of unregulated and unsustainable economic activities that cause irreversible damage to the environment (Bai et al. 2017; Franchini et.al. 2015). Particularly in recent years, the intensification of global warming and climate change has become a global problem facing all countries. Thus the formulation and implementation of environmental sustainability policies have become increasingly important. Emissions as an environmental indicator ignore these factors, and ecological footprint is considered a more comprehensive indicator.

The concept was first proposed by Rees (1992) and further developed by Wackernagel and Rees (1996). It allows us to understand the impact of human activities on natural systems and guides us to make informed decisions to reduce our ecological footprint and protect the planet for future generations. Therefore, the Ecological Footprint is considered in the literature as an important criterion for understanding and assessing the impact of human activities on environmental sustainability. The results of the assessment are also important for urban environmental sustainability. Accordingly, ecological footprint is widely used in research related to environmental sustainability (Usman et al, (2020); Zhang et al, (2017); Bello et. al. 2018; Solarin and Bello, 2018; Rafique et al. 2022). On the other hand, differences in the methods, datasets and country groups used in the analyses explain the different results in the literature.

Methodology:

Semiparametric panel binary choice model estimation is used in this study. The semiparametric panel binary choice model offers an advantage in capturing complex and non-linear relationships in the data, as it makes inferences from the probability density function. It avoids the need to take precautions against possible model identification errors by avoiding the assumptions in the parametric approach and their accepted forms in the parametric functional structure. By considering

the nonparametric part of the model under the 'separability hypothesis' in the aggregate model structure, it approaches the regression surface with the sum of the functions of the individual estimators. In this way, it overcomes the dimension problem of the nonparametric approach. As a result, it provides a solution to the problems that arise when only parametric and nonparametric approaches are considered in forecasting, The maximum likelihood method is used in the estimation process.

Accordingly, this study aims to address environmental sustainability with a semiparametric panel binary choice model within the framework of the STIRPAT model. The dependent variable indicator of environmental sustainability is taken as ecological footprint. A data set consisting of 2565 observations covering the years 2000-2018 in 135 countries was used in the analysis. The data were analysed with the R programme and the results on environmental sustainability were estimated at the regional level, at the income level and finally by including the time effect due to the panel data and the results obtained were interpreted within the framework of the semiparametric panel binary choice model, which was selected as the final model as a result of the statistical analysis. Ecological Footprint data were obtained from The Global Footprint Network (2023), Kyoto Protocol data were obtained from the United Nations Climate Change Convention, and the industry variables (%) GDP per capita, GDP per region, income level, technology, production and value added were obtained from the World Bank database. The natural logarithms of the variables were taken to eliminate differences in scale.

Result and Conclusion:

It was found that the statistically significant variables of population, income and technology, as well as the variables of Latin America and the Caribbean, the Middle East and North Africa, Sub-Saharan Africa and high-income group have a positive effect on the probability of an Ecological Footprint reduction. This effect was found to be negative in Europe and Central Asia and for low-income group, lower-middle-income group, In addition, the year 2017 was found to be statistically significant and positively effective. The Kyoto variable was found to have a negative effect on the likelihood of reducing the Ecological Footprint. In statistically significant countries, regional cooperation in general, the potential to implement effective sustainable policies through the use of technological innovation, to ensure balanced resource management through public awareness and the steps taken in this direction explain the positive impact on the Ecological Footprint. The limited resources and low levels of economic growth of low-income groups prevent them from undertaking initiatives that can contribute to environmental sustainability. This reflects negatively on the environmental sustainability process. In lower-middle-income countries where industrial activities and industrialization are widespread, low regulatory capacity and lack of environmental awareness have a negative impact, making it difficult to respond effectively to major industrial pollution problems.

Similarly, high-income countries that aim to implement strong environmental regulations, control harmful emissions, adopt sustainable practices and conserve natural resources have a positive impact on the environment. The lack of an implementation mechanism for the Kyoto Protocol explains the negative impact. In 2017, key organizations published reports on the positive impact on the ecological footprint. The high share of manufacturing in the country's GDP also suggests a shift towards less resource-intensive industries such as services. The tendency of upper-middle income countries to follow and invest in technological innovations and efficiency-enhancing developments in many sectors, which are effective in both socio-economic and environmental processes, explains the positive effect on the Ecological Footprint. The positive impact on the environment of the high share of urban population in the total population is a sign of the efficiency of sustainable urban planning and strong infrastructure building policies.

