

CO₂ Emisyonlarını Etkileyen Faktörlerin Zamanla Değişen Katsayılı Parametrik Olmayan Panel Veri Modelleri ile Analizi

Analyzing the Factors Affecting CO₂ Emissions Using Nonparametric Time Varying Coefficient Panel Data Models

Selahattin Güriş¹  Sevcan Çağlayan^{2,3} 

¹(Prof. Dr.), Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye

²(Arş.Gör.), İstanbul Gedik Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman (İngilizce) Bölümü, Türkiye

³(Doktora öğrencisi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Doktora Programı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

İklim değişikliğinin, küresel ısınmanın ve çevresel bozulmanın bir nedeni olarak karbondioksit (CO₂) emisyonlarından oluşan sera gazları gösterilmektedir. CO₂ yeryüzüne insan faaliyetleri nedeniyle yayılarak genellikle çevreye zarar verir ve iklim değişikliğine veya küresel ısınmaya yol açar. Bu sebeple CO₂ emisyonlarını etkileyen ekonomik ve ekonomik olmayan birçok sosyal faktör araştırmalara konu olmuştur. Ancak çoğu araştırmada CO₂ emisyonları konusunda hem ekonomik büyüme hem de enerji kullanımı gibi ana faktörleri de etkileyen ekonomik belirsizlik dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada kişi başına düşen CO₂ emisyonları ve başta ekonomik belirsizlik (dünya belirsizlik indeksi ile ölçülen) olmak üzere diğer değişkenler arasındaki ilişki ele alınmıştır. 14 OECD ülkesinin 2000-2021 yılları arasındaki verileri zamanla değişen katsayılı parametrik olmayan panel veri modeliyle incelenmiştir. Trend fonksiyonları ve parametrik olmayan katsayı fonksiyonları tahmin edilerek doğrusal olmayan sonuçlara ulaşılmıştır. Parametrik olmayan katsayı fonksiyonlarının CO₂ emisyonları üzerinde etkisi zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Sonuçlarımıza göre ele alınan dönem boyunca ekonomik belirsizlik ile CO₂ emisyonları arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır ve zaman içerisinde düşüş eğiliminde devam etmektedir. Kişi başına düşen GSYH, nüfus ve yenilenebilir enerjinin parametrik olmayan katsayıları zaman içerisinde negatif ve pozitif olarak değişmektedir. Ticaret 2000'li yıllarında başında anlamsız bir değişken olmasına rağmen 2009-2013 yılları arasında anlamlı bir değişkendir, ancak 2021 yılında etkisi tekrar anlamsızlaşmıştır.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions and other greenhouse gases are one of the reasons for climate change, global warming, and environmental degradation. CO₂ is distributed throughout the Earth's surface by human activity and is often harmful to the environment by causing climate change (i.e., global warming). Therefore, the literature has examined many economic and non-economic social factors that affect CO₂ emissions. However, most studies, have ignored the economic uncertainty regarding CO₂ emissions effects on main factors such as economic growth and energy use. This study, discusses the relationships per capita CO₂ emissions has with other variables, especially economic uncertainty as measured by the World Uncertainty Index. This article examines the relationship by utilizing the data for 14 OECD countries between 2000-2021 using a non-parametric panel data model with time-varying coefficients. By estimating trend functions and nonparametric coefficient functions, the study's results show nonparametric coefficient functions on CO₂ emissions to vary with time. In terms of signs and significance, the nonparametric coefficient function for economic uncertainty had a significant negative effect over the 2000-2021 period. In addition, economic uncertainty sustained a negative impact over time. The signs for nonparametric coefficients regarding GDP per capita, population, and renewable energy were seen to fluctuate, alternating between negative and positive values over time. Although trade was insignificant during the early 2000s, it became a significant variable between 2009-2013, while having no significant sustained effect in 2021.

Anahtar Kelimeler: Parametrik olmayan panel veri, zamanla değişen katsayı fonksiyonları, CO₂ Emisyonları

Keywords: *nonparametric panel data, time-varying coefficient function, CO₂ emissions*

Corresponding Author: Sevcan Çağlayan **E-mail:** sevcan.caglayan@gedik.edu.tr

Submitted: 16.08.2023 • **Accepted:** 21.09.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

EXTENDED SUMMARY

Problems such as environmental pollution, climate change, and global warming are among the leading issues that harm the sustainable economic performance of developed and developing countries. The increase in carbon dioxide emissions (CO₂) and other greenhouse gases is considered one of the reasons for these problems. Greenhouse gases contribute to global warming and change the climate on a global scale. Therefore, factors affecting CO₂ emissions have been investigated, with some policies having been suggested. The literature emphasizes main factors such as growth, population, and energy use for countries or country groups. Income (GDP per capita and economic growth) in particular has significant effects on the environment. The reason for the effects from higher economic growth (i.e., per capita income) is that it increases CO₂ emissions. The environmental Kuznets curve (EKC) has been used to model this effect. Namely, the EKC model shows GDP per capita to have an inverted U-shaped effect on CO₂ emissions. In addition, high population density and energy consumption positively affect emissions. However, economic uncertainty, which affects main factors such as economic growth and energy use, has not been considered with regard to CO₂ emissions. Economic policy uncertainty damages the decisions of countries, firms, and individuals pertaining to renewable energy and energy efficiency, thus leading to a continued dependency on greenhouse gas emissions. Therefore, this study investigates the relationship between the Economic Policy Uncertainty (EPU) and CO₂ emissions.

This study aims to examine the relationship per capita CO₂ emissions have with the as measured by the World Uncertainty Index (WUI), GDP per capita, population, renewable energy consumption, and trade. Because the is only calculated for developed countries, the WUI is also used to measure the index. The annual data of 14 OECD countries between 2000-2021 have been analyzed using a nonparametric panel data model with time-varying coefficients. The model includes trend and coefficient functions, and the local linear dummy variable (LLDVE) method is used to estimate how the functions change over time. First, the time-varying coefficient functions are estimated to explain the relationship between the independent variables and CO₂ emissions. Second, the common trend function is estimated for the whole panel data. Third, the model is extended to include country-specific trend functions. In addition, a cross-country comparison is made by estimating the common trend function and country-specific trend functions for the entire panel data. The study's results show the relationship CO₂ emissions have with other variables in the model change over time.

According to the study's results that were estimated using the LLDVE estimation method, WUI exhibited a significant negative effect on CO₂ emissions from 2000-2021, with the negative impact being ongoing since 2010. Hence, higher WUI reduces CO₂ emissions and vice versa. The effects from per capita GDP and population on CO₂ emissions was found to vary with time. The results show per capita GDP to have significant signs that vary between positive and negative over time. Although per capita GDP had a positive effect from 2000-2013, the impact between 2013-2018 was negative and return to positive after 2018. Similarly, population affected CO₂ emissions both positively and negatively over time and increased CO₂ emissions after 2015 in particular. Renewable energy consumption has a significant negative effect, decreasing CO₂ emissions between 2000-2020. The estimated results on renewable energy confirm the need to use renewable energy and to recommend policies. However, the negative effect became positive in 2020, and whether this effect remains positive over time should be investigated. Finally, no significant relationship was found between CO₂ emissions and trade. In addition to country-specific trend functions, the individual trends of CO₂ emissions for the US, Germany, Canada, and Japan exceed the common trend. This result indicates that countries contribute more to emissions.

Giriş

İklim değişikliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyümelerine önemli ölçüde zarar vermektedir. İklim değişikliğinin bir nedeni olarak karbondioksit ve diğer sera gazları gösterilmektedir (Wang vd., 2020). Sera gazları; fosil yakıtların yanması, ormansızlaşma ve hava kirliliği gibi birçok çevre sorunuyla birlikte büyük bir problem haline gelmiştir. Antonakakis vd., (2017), bu konudaki endişelerini ekonomik büyümeye yönelik insan ve enerji faaliyetlerinin ilişkili olmasına bağlamıştır. Literatürde Çevresel Kuznets Eğrisi teorisi (EKC) bu bağlantıda yaygın olarak kullanılmaktadır. Grossman ve Krueger (1991) tarafından yorumlanan EKC teorisine göre bir ülkedeki gelir artışı enerji tüketiminde artışa neden olmaktadır. Dolayısıyla bu da kirlilik düzeyinin ve çevresel bozulmanın artmasına sebep olmaktadır. Yapılan bazı araştırmalar bu sonucu doğrularken, kimi araştırmalar gelirdeki artışın enerji tüketiminde ve karbon emisyonlarında azalmaya neden olduğu görüşündedir (Zakarya vd., 2015; Antonakakis vd., 2017).

Çevre kalitesini araştırmak ve çevresel bozulmayı engellemek için CO₂ emisyonlarının ekonomik ve ekonomik olmayan belirleyicileri üzerinde durulmuştur. Ancak ekonomik büyümeyi engellemede ve iklim değişikliğini hızlandırmada ekonomik belirsizlik etkili bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü ekonomik belirsizlik, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konusunda ülkelerin, firmaların ve bireylerin kararlarında caydırıcı bir etkiye sahiptir. Bu da fosil yakıtlara ve sera gazı emisyonlarına bağlılığın devam etmesine neden olabilmektedir (Huang vd., 2023). Baker, Bloom ve Davis (2016) tarafından ekonomik belirsizliği ölçmek için ekonomik belirsizlik indeksi (EPU) hesaplanmıştır. Bu indeks, "ekonomi", "politika", "belirsiz" ve "belirsizlik" gibi ilgili terimleri içeren gazetelerin haber sıklığına dayanmaktadır. EPU ekonomik varlıkların, politika kararlarının zamanlamasını, içeriğini

ve ekonomik sonuçlarını tahmin edememesini ifade eder ve hem ekonomik büyümede hem de kurumsal yatırımlarda azaltıcı bir etkiye sahiptir (Baker vd., 2020; Gülen ve Ion 2016). EPU, CO₂ emisyonlarıyla bağlantılı ekonomik birimlerin kararlarını etkilemekle birlikte, iklim ile ilgili kararlarda önemli etkilere sahiptir. Wang vd., (2020), EPU'nun CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini yatırım ve tüketim açısından öne sürerken, Baker vd., (2016) EPU'nun bir yandan tüm ekonomiye zarar verdiğini ve durgunluktan kurtulmayı engellediğini öne sürmektedir. Daha yüksek düzeyde bir belirsizlik, enerjisi yoğun ürünlerin tüketimini sınırlayabilir ve bu da CO₂ emisyonlarında azalmaya yol açtığı gibi daha ucuz ve kirli enerji kullanımı da emisyonlarının artmasına neden olabilir (Jian vd., 2019). Ekonomik ve ekonomik olmayan birçok sosyal faktör incelenmesinden sonra EPU'nun dikkate alındığı bazı çalışmalar yapılmıştır. EPU'daki artışın politikacıların dikkatini sürdürülebilirlik konusundan uzaklaştırması, ekolojik sonuçlar ve politikaları olumsuz bir şekilde etkilediği üzerinde durulmuştur. Diğer yandan EPU'nun kısa dönemde CO₂ emisyonlarını düşürdüğünü ve dolayısıyla ekonomik büyüme ve enerji tüketimini de düşürdüğü savunulmaktadır (Adedoyin ve Zakari 2020). Yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar EPU'daki dalgalanmaların çevresel bozulmaları arttırıp azaltabileceğini göstermektedir. Ancak EPU ile ilgili literatür çevresel sürdürülebilirlik açısından sınırlıdır. Sonuçlar ARDL, nedensellik ve eşbütünleşme gibi parametrik yöntemler kullanılarak ortaya konulmuştur. Parametrik modellerde, fonksiyonel form hakkında bir ön bilgi olmadığı zaman yanlış tanımlamadan dolayı tahminler sapmalı ve tutarsız olabilmektedir. Aynı zamanda CO₂ ile EPU ve diğer bağımsız değişkenler arasındaki ilişki de zamanla değişebilmektedir. Çevre dostu teknolojik gelişmeler, yapısal değişiklikler çevreyi korumak için hükümet politikalarındaki değişiklikler gibi birçok sebep buna yol açmaktadır.

Çalışmamızda EPU (dünya belirsizlik indeksi ile ölçülen) ve CO₂ emisyonları arasındaki zamanla değişken ilişkinin parametrik olmayan bir şekilde incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu konu ile ilgili literatür çevresel sürdürülebilirlik açısından sınırlıdır ve gelişmekte olan ülkeleri kapsamaktadır. Fakat EPU'nun sadece gelişen ülkeler ile sınırlı olmasından dolayı ekonomik belirsizlik indeksinin ölçülmesi için Ahir, Bloom ve Furceri (2022) tarafından hesaplanan dünya belirsizlik indeksi (WUI) kullanılmıştır. Veri seti, gelişmiş ve gelişmekte olan 14 OECD ülkesini ve bu ülkelerin 2000-2021 yılları arasındaki yıllık verilerini kapsamaktadır. Parametrik olmayan tahmin yapmadan verilerimizin parametrik olmayan bir eğilimde olup olmadığını test etmek için parametrik olmayan trend testi uygulanmıştır. Daha sonra trend ve katsayı fonksiyonlarının bulunduğu parametrik olmayan zamanla değişken katsayılı modelimizi tahmin etmek için yerel lineer kukla değişken tahmin yöntemi (LLDVE) kullanılmıştır. LLDVE yöntemi ile hem tüm panel veri için ortak trend fonksiyonu hem de her ülkeye özgü trend fonksiyonları tahmin edilmiştir. Bu sayede ülkelerin ortak trend ve bireysel trend fonksiyonlarındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra yer alan bölümlerde literatür, parametrik yöntemler, parametrik olmayan zamanla değişken katsayılı modeller ve LLDVE yöntemine yer verilmiştir. Uygulama bölümünde hem parametrik hem de parametrik olmayan analizlerin sonuçları yer almaktadır ve sonuçlar son bölümde özetlenmiştir.

Literatür

Literatürde, belirli ülkeler veya ülke grupları için CO₂ emisyonlarını etkileyen ekonomik ve ekonomik olmayan birçok faktör incelenmiş ve daha çok ekonomik büyüme, nüfus yoğunluğu ve enerji değişkenleri modellerde yer almıştır. Bu çalışmalardan, Dong vd., (2018)'e göre nüfus yoğunluğu ve ekonomik büyüme CO₂ emisyonlarını pozitif yönde etkilemektedir. Buna karşın Wang vd., (2019) çalışmalarında ekonomik büyümenin CO₂ emisyonlarını negatif yönde etkilediğini ve ABD'nin CO₂ seviyesinin 2007 ile 2016 yılları arasında %12 oranında azaldığı sonucunu bulmuşlardır. Bunun nedeni enerji verimliliğindeki iyileşmeler, çevre dostu yatırımların artması ve iş gücü verimliliğinin artması, ekonomik büyümenin CO₂ emisyonları üzerindeki olumsuz etkisini arttıran ana faktörler olarak düşünülmektedir. G7 ülkelerinin ele alındığı Uddin vd., (2020), gelir eşitsizliği ile CO₂ arasındaki ilişkiyi parametrik olmayan olarak incelemiştir ve aralarında zamanla değişken hem anlamlı hem de anlamsız bir ilişki bulmuşlardır. Öte yandan ekonomik büyümenin ve gelirin yanı sıra enerji kullanımı da CO₂ emisyonlarını olumlu ve olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Cowan (2014) belirli bir zenginlik düzeyine ulaşıldığında, daha temiz enerji kaynaklarının kullanılmasıyla çevresel bozulmanın azaldığını ifade etmiştir. Buna karşılık, Jebli ve Youssef (2017), beş Kuzey Afrika ülkesi için yenilenebilir enerjinin etkilerini Granger nedensellik ve panel eşbütünleşme testleriyle incelemiş ve yenilenemez enerjinin CO₂ emisyonları üzerinde pozitif etkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Birçok çalışmada ekonomik ve ekonomik olmayan faktörlerin incelenmesinden sonra EPU'nun dikkate alındığı bazı çalışmalar yapılmıştır ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmalardan Jiang vd., (2019), nedensellik analizi yaparak EPU'daki artışın CO₂ emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Çünkü EPU'daki bir artış politikacıların dikkatini sürdürülebilirlik konusundan uzaklaştırmakta ve bu da ekolojik sonuçları ve politikaları olumsuz bir şekilde etkilemeye neden olabilmektedir. Yang (2019), EPU'nun petrol fiyatı şoklarını önemli ölçüde etkilediğini ve aralarındaki nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermiştir. Sonuçlarına göre daha yüksek EPU seviyesinin neden olduğu tüketici üretimi ve insan ömründeki azalma, CO₂ emisyonlarını kısmen azaltmaktadır. Ancak daha ucuz ve temiz olmayan enerjinin kullanımı CO₂ emisyonlarını arttırmaktadır. Bu sebeple etkilerin belirsiz olduğu ifade edilmiştir. Wang vd., (2020) çalışmalarında ARDL yöntemini kullanarak EPU'daki (WUI ile ölçülen) artışın CO₂ emisyonlarında artışa neden olduğunu bulmuşlardır. Ulucak ve Khan (2020) dinamik ARDL yaklaşımı ile EPU'daki artışların çevre kalitesini olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Adams vd., (2020) ve Danish vd., (2020)

EPU'nun CO₂ emisyonlarını arttırdığına dikkat çekmişlerdir. Ancak Adedoyin ve Zakari (2020), Birleşik Krallık için yaptığı çalışmada, EPU'nun kısa dönemde CO₂ emisyonlarını düşürdüğünü ve dolayısıyla ekonomik büyüme ve enerji tüketimini de düşürdüğü sonucuna varmışlardır. Pirgaip ve Dincergok (2020), G7 ülkelerinde EPU ile enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik analizi ile incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda EPU'nun enerji tasarrufu ve emisyon azaltımı üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Anser vd., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada da havuzlanmış grup ortalamalı ARDL yaklaşımı kullanılmıştır ve EPU'nun CO₂ emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Çin'in ele alındığı bir çalışmada Azka ve Eyüp (2021), EPU'nun CO₂ emisyonları üzerinde olumlu bir ekonomik etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Syed ve Bouri (2022)'de ARDL yöntemini kullanılarak EPU'nun (WUI ile ölçülen), ABD'deki CO₂ emisyonları üzerindeki etkis incelenmiştir. Sonuçlarına göre, EPU'nun kısa vadede CO₂ emisyonlarını yoğunlaştırdığını gösterilmektedir, bu da yüksek EPU'nun kısa vadede çevresel bozulmayı pozitif etkilediği anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmalardaki farklı sonuçlar EPU'daki dalgalanmaların çevresel bozulmaları artırıp azaltabileceğini göstermektedir.

Metodoloji

Çalışmada parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır.

Parametrik Yöntem

Uygulamada parametrik yatay kesit bağımlılığı ve durağanlık testi kullanılmıştır.

Yatay Kesit Bağımlılığı ve Durağanlık Testi

Birimler arasında yatay kesit bağımlılığının (CSD) olup olmadığını test etmek için Pesaran (2004) CD testi kullanılmaktadır. CD test istatistiği,

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (1)$$

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{u}_{it} \hat{u}_{jt}}{\left(\sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{t=1}^T \hat{u}_{jt}^2 \right)^{1/2}} \quad (2)$$

olarak gösterilir. Burada $\hat{\rho}_{ij}$, artıkların korelasyonunun örnek tahminini göstermektedir. CD testinin sıfır hipotezi altında, hata terimlerinin tesadüfi, bağımsız ve benzer bir şekilde dağıldığı (i.i.d.) dağıldığı varsayılır. Alternatif hipotez altında ise hata terimleri birimler arasında ilişkilendirilir ve bu yatay kesit bağımlılığını ifade eder (De Hoyos ve Sarafidis 2006, s.485). CD testinin sonucuna göre değişkenlerin durağanlıklarının inceleneceği panel birim kök testi uygulanmasına karar verilmektedir. H₀ hipotezi reddedilmezse birinci nesil birim kök testleri, H₀ hipotezi reddedilirse ikinci nesil birim kök testleri kullanılmaktadır.

İkinci nesil birim kök testleri, panel birimleri arasında korelasyon olması durumunda ortaya çıkabilecek sapmayı belirlemek için geliştirilen testlerdir. Bu testlerde yatay kesit bağımlılığı göz önüne alınarak durağanlık incelenir. Dolayısıyla öncelikle birimler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı test edilmelidir (Şak, 2015, s.221). Çalışmada Pesaran'ın (2007) tarafından önerilen panel birim kök testi kullanılmıştır. Bu test, Pesaran (2003)'te önerilen IPS testinin yatay kesit bağımlılığı durumunda uygulanması için güçlendirilmiştir.¹

Parametrik Olmayan Yöntem

Uygulamada zamanla değişen katsayılı parametrik olmayan panel veri modeli tahmin edilmiştir.

Zamanla Değişen Katsayılı Parametrik Olmayan Panel Veri Modeli

Sabit etkili ve parametrik olmayan trende sahip zamanla değişen katsayılı panel veri modeli,

$$Y_{it} = f_t + \sum_{j=1}^d \beta_{t,j} X_{it,j} + \alpha_i + e_{it}$$

$$= f_t + \beta_t X_{it}^T + \alpha_i + e_{it}, i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (3)$$

¹ Panel veri modellerinde birim kök testi yaparken yapısal kırılma dikkate alınması durumunda kırılmalı panel birim kök testleri kullanılmaktadır ve Perron (1989) ile başlamaktadır (Gürüş, 2015, s.281).

olarak ifade edilmiştir. Bu modelde Y_{it} bağımlı değişken, $X_{it} = (X_{it,1}, \dots, X_{it,d})^T$ bağımsız değişkenler vektörü, $\beta_t = \beta\left(\frac{t}{T}\right) = (\beta_{t,1}, \dots, \beta_{t,d})$ bilinmeyen zamanla değişen katsayılar vektörü ve $f_t = f\left(\frac{t}{T}\right)$ her ülkeye özgü bilinmeyen trend fonksiyonudur. α_i bilinmeyen birim etkisini ve e_{it} her i için durağan hata terimini göstermektedir. Modelde α_i ve X_{it} ilişkilidir ve bu nedenle model 3 sabit etkili model, ancak α_i ve X_{it} ilişkisiz ise rassal etkili model olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle tanımlama amacıyla $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 0$ olduğu varsayılmaktadır (Li, Chen, ve Gao, 2011, s.388).

Parametrik olmayan, sabit etkili ve zamanla değişen katsayılı bir panel veri modelini tahmin etmek için ortalama yerel doğrusal tahmin ve yerel doğrusal kukla değişken (LLDVE) tahmin yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemlerin asimtotik dağılımlarına göre ortalamaya yakınsama oranları farklılık göstermektedir. Ortalama yerel doğrusal tahmininde $\beta(\cdot)$, ortalama tahminine $Th^{-1/2}$ oranında yakınsarken, LLDVE tahmininde $f(\cdot)$ ve $\beta(\cdot)$, ortalamaya $NHt^{-1/2}$ oranında yakınsamaktadır. Dolayısıyla asimtotik dağılımları göz önüne alındığında LLDVE tahmini ortalamaya daha hızlı yakınsamaktadır ve daha etkin $\beta(\cdot)$ katsayıları için tercih edilmektedir.

Trend fonksiyonlarını ve zamanla değişen katsayıları tahmin etmek için Li vd., (2011) tarafından önerilen (LLDVE) tahmin yöntemi matris formatında aşağıdaki gibi gösterilir:

$$Y = f + \beta(X, \beta) + D_a + e \quad (4)$$

$$Y = (Y_1^T, Y_2^T, \dots, Y_N^T)^T \quad Y_i = (Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{iT})^T$$

$$e = (e_1^T, e_2^T, \dots, e_N^T)^T \quad e_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{iT})^T, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$f = I_N \otimes (f_1, f_2, \dots, f_T)^T$$

$$\beta(X, \beta) = (X_{11}^T \beta_1, \dots, X_{1T}^T \beta_T, \dots, X_{N1}^T \beta_1, \dots, X_{NT}^T \beta_T)^T$$

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_N)^T$$

$$D = I_N \otimes I_T$$

Burada I_k , $k \times 1$ boyutlu vektördür ve \otimes , Kronecker işlevidir. $\sum_{i=1}^N a_i = 0$ olarak varsayıldığı için denklem 4 aşağıdaki gibi değiştirilip yazılır.

$$Y = f + \beta(X, \beta) + D * a * e \quad (5)$$

Burada $a = (a_1, \dots, a_N)^T$ ve $D * a * e = (-I_{N-1}, I_{N-1})^T \otimes I_T$ şeklinde ifade edilmektedir. Aynı zamanda $t = 1, 2, \dots, T$ için f_t ve β_t aşağıda gösterildiği gibidir:

$$f_t = f\left(\frac{t}{T}\right) \text{ ve } \beta_t = (\beta_1\left(\frac{t}{T}\right), \beta_2\left(\frac{t}{T}\right), \dots, \beta_d\left(\frac{t}{T}\right))^T \quad (6)$$

τ ise $\tau = t/T \in (0, 1]$ şeklinde bilinmeyen düzgün fonksiyonları göstermektedir (Silvapulle vd. 2017, s. 258).

LLDVE tahmininde bant genişliği seçimi için Sun vd. (2009) ve Silvapulle vd. (2017) tarafından leave one unit out çapraz doğrulama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, optimal bant genişliği aşağıda gösterildiği gibi otomatik olarak seçilmektedir.

$$\hat{h}_{opt} = \mathop{\text{argmin}} \left\{ \left(Y - \hat{f}_{(-)} - B(X, \hat{\beta}_{(-)}) \right)^T M_D^T M_D \left(Y - \hat{f}_{(-)} - B(X, \hat{\beta}_{(-)}) \right) \right\} \quad (7)$$

Bant genişliği seçiminden sonra zamanla değişen ortak trend fonksiyonun ve katsayı fonksiyonlarının tahmininde güven aralıklarının elde etmede Wu (1986), Mammen (1993) ve Silvapulle vd., (2017) tarafından önerilen bootstrap yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem dört adımdan oluşmaktadır:

1. İlk adımda trendsiz artıklar $\hat{\varepsilon}_{it} = \hat{e}_{it} - \hat{m}_i(\tau; b)$ hesaplanır.

Burada $i=1,2,\dots,N$ için $\hat{\varepsilon}_i^* = (\hat{\varepsilon}_{1t}, \dots, \hat{\varepsilon}_{Nt})$ ve $\hat{\varepsilon}_{it} = Y_{it} - f\left(\frac{1}{T}\right) - X_{it}^T - \hat{a}_i$ olarak gösterilmektedir.

2. İkinci adımda k 'nın $1, \dots, T$ arasından rassal seçildiği trendsiz artıklar $\hat{\varepsilon}_i^* = \hat{\varepsilon}_k$ yeniden örneklendirilir ve Y_{it}^* ile Y_{it} 'in bootstrap bir örneği oluşturulur.

$$Y_{it}^* = \hat{f}\left(\frac{1}{T}\right) + X_{it}^T \hat{\beta}_i + \hat{a}_i + \hat{m}_i(\tau; b) + \hat{\varepsilon}_i^*$$

3. Üçüncü adımda Y_{it}^* ve X_{it} bootstrap örneği kullanılarak zamanla değişen ortak trend fonksiyonu \hat{f}^* , katsayılar fonksiyonu β_i^* ve her ülkeye özgü trend fonksiyonları $m_i^*\left(\frac{t}{T}\right)$ LLDVE yöntemi ile tahmin edilir.

4. Son adımda %90 güven aralığını, ortak trend ve katsayı fonksiyonlarını tahmin etmek için ikinci ve üçüncü adımlar 1000 kez tekrarlanır (Uddin vd. 2020, s.3-4), (Hailemariam vd. 2019, s.41-42).

Parametrik Olmayan Trend Testi

LLDVE yönteminin uygulanmasından önce her değişkenimizde doğrusal olmayan eğilimlerin olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için Mann (1945) tarafından önerilen ve daha sonra Kendall (1975) tarafından ele alınan Maan Kendal (MK) parametrik olmayan trend testi kullanılmaktadır. MK testinde normal dağılım gerekmemektedir ve testte veriler ani kırılmalara karşı dirençli durumdadır. Bu nedenle test, doğrusal veya doğrusal olmayan bir trendin tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

MK testinde sıfır hipotezi verilerin tesadüfi, bağımsız ve benzer bir şekilde dağıldığını (i.i.d.) ve monotonik bir trendin olmadığını gösterirken, alternatif hipotez monoton bir eğilim yani trendin varlığını göstermektedir. Alternatif hipotezde monotonluk parametrik olmayan bir eğilimi göstermektedir ve sıfır hipotezine karşı üç alternatif bulunmaktadır.

H_0 : monotonik bir trend yoktur.

$H_a(i)$: yukarı doğru monotonik bir trend

$H_a(ii)$: aşağı doğru monotonik bir trend

$H_a(iii)$: yukarı doğru monotonik bir trend veya yukarı doğru monotonik bir trend

Zaman serisi x için MK test istatistiği S aşağıda verilmiştir:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=k+1}^n \text{sign}(x_i - x_k) \quad (8)$$

Burada n serinin uzunluğunu gösterirken, x_k ve x_i sıralı verilerin iki genel değerini göstermektedir. Test istatistiğinde yer alan $\text{sign}(x_i - x_k)$,

$$\begin{cases} x_i - x_k > 0 & ise & 1 \\ x_i - x_k = 0 & ise & 0 \\ x_i - x_k < 0 & ise & -1 \end{cases} \quad (9)$$

olarak tanımlanmıştır. S test istatistiği, analiz edilen zaman serilerinde bulunan pozitif farkların sayısı ile negatif farkların sayısı arasındaki farkı temsil eder. S için büyük pozitif bir değer artan trendi gösterirken, küçük negatif bir değer azalan trendi göstermektedir. S 'nin ortalaması $E[S] = 0$ 'dır ve Z dönüşümü ile yaklaşık bir normal dağılıma sahip olur.

Veri Seti ve Tahmin Sonuçları

Uygulama ile ilgili açıklamalar bu bölümde yer almaktadır.

Veri Seti

Bu çalışmada; Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Japonya, Kanada, Macaristan, Meksika, Polonya, Portekiz, Slovakya, Türkiye ve Yunanistan'dan oluşan 14 ülkenin 2000-2021 yılları arasındaki yıllık verileri kullanılmıştır. Bu ülkeler, OECD ülkeleri içerisindeki insanı gelişmişlik indeksi en yüksek ve en düşük olan seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdir. Eksik veriye sahip olan ülkeler analize dahil edilmemiş ve aynı zamanda hem katsayı hem de trend fonksiyonlarının

tahmin edilebilmesi ülkeler seçilmiştir. Analiz sonuçlarında göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler karşılaştırılacaktır. Modelde bağımlı değişken kişi başına düşen CO₂ emisyonudur. Bağımsız değişkenler; ekonomik politik belirsizlik indeksi (dünya belirsizlik indeksi ile ölçülen), kişi başına düşen GSYH, nüfus, yenilenebilir enerji tüketimi ve ticarettir. Değişkenlere ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımları

Değişken	Tanım	Kaynak
CO ₂	Kişi başına karbondioksit (CO ₂) emisyonları (kişi başına metrik ton)	Dünya Bankası
WUI	Dünya Belirsizlik İndeksi	worlduncertaintyindex.com
GSYH	Kişi başına düşen GSYİH (ABD \$)	Dünya Bankası
Nüfus	Toplam nüfus	Dünya Bankası
Ticaret	Ticaret (% GSYİH)	Dünya Bankası
Yenenerji	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam enerji tüketimi %)	Dünya Bankası

Not: Dünya belirsizlik indeksi 143 ülke için Economist Intelligence Unit (EIU) ülke raporları kullanılarak, ağırlıklı hareketli ortalama şeklinde hesaplanmaktadır. İndeksin bu versiyonu ülke düzeyindeki veriler için tercih edilen ölçümdür. Detaylı bilgi için bkz. (Ahir, H, N Bloom, and D Furceri (2022), “World Uncertainty Index”, NBER Working Paper.)

WUI için yıllık veriler için dört çeyreğin ortalaması alınmıştır.

Analizde tüm değişkenlerin logaritması alınmıştır.

Tüm değişkenlerde Dünya Bankası verileri kullanılırken, WUI için Ahir, Bloom ve Furceri (2022) tarafından hesaplanan indeks kullanılmıştır. İndeks, gelişmiş ve gelişmekte olan 143 ülkeyi kapsamaktadır. 3 ayda bir <https://worlduncertaintyindex.com/> web sitesinde güncellenmektedir ve kısa ve uzun vadeli ekonomik ve politik gelişmeler ile ilgili belirsizliği kapsamaktadır. İndeksi oluşturmada genel yaklaşım, EIU ülke raporlarındaki belirsiz, belirsizlik ve belirsizlikler gibi türev kelimelerin kaç kez tekrarlandığını sayarak, özellikle gazete arşivlerini kullanarak metin arama yöntemiyle bir ölçüm yapmaktır.

Yatay Kesit Bağımlılığı ve Durağanlık Testi Sonuçları

Uygulamada yer alan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığını test etmek için Pesaran (2004) tarafından önerilen CD testi kullanılmıştır. Testte sıfır hipotezi ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olmadığını, alternatif hipotez ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığını göstermektedir. Pesaran (2004) testi sonuçları aşağıdadır.

Tablo 2. Pesaran (2004) Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Değişken	CD-test	P-değeri	Corr	abs(corr)
LnCO ₂	22.50	0.00	0.50	0.69
LnWUI	10.42	0.00	0.23	0.31
LnGSYH	16.86	0.00	0.38	0.60
Lnnüfus	1.96	0.04	0.04	0.69
Lnticaret	26.71	0.00	0.60	0.71
Lnyenenerji	21.18	0.00	0.47	0.76

Tablo 2’deki CD test sonuçlarına göre %1 anlam düzeyinde (p olasılık değerleri 0.000 ile) sıfır hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı söz konusudur ve ikinci nesil birim kök testleri kullanılmalıdır.

Değişkenlerin durağanlığını test etmek için Pesaran (2007) tarafından önerilen IPS testinin yatay kesit bağımlılığı durumunda düzeltilmiş versiyonu CIPS kullanılmaktadır. Bu testte sıfır hipotezi birim kökün varlığını, alternatif hipotez ise durağanlığı ifade etmektedir. CIPS testi sonuçları tablo 3’te görülmektedir.

Test istatistiği sonuçlarına göre CO₂ emisyonları, kişi başına düşen GSYH, ticaret ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri ilk farkı alındıktan sonra sıfır hipotezi reddedilmektedir ve durağanlaşmaktadır. WUI değişkeni düzeyde durağanken, ticaret değişkeni ikinci fark ile durağan hale gelmiştir.

Tablo 3. Pesaran (2007) Panel Birim Kök Testi

Değişkenler	CIPS test istatistiği	Kritik Değerler		
		%10	%5	%1
ΔLnCO_2	-4.64	-2.14	-2.25	-2.45
LnWUI	-3.46	-2.14	-2.25	-2.45
ΔLnGSYH	-3.94	-2.14	-2.25	-2.45
$\Delta^2 \text{Lnnüfus}$	-3.59	2.14	-2.25	-2.45
$\Delta \text{Lnticaret}$	-3.63	2.14	-2.25	-2.45
$\Delta \text{Lnyenenerji}$	-4.60	2.14	-2.25	-2.45

Parametrik Olmayan Trend Testi Sonuçları

LLDVE yapılmadan önce değişkenlerin parametrik olmayan eğilimlerini doğrulamak için Mann Kendall (MK) testi yapılmaktadır. MK testinin sonuçları tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. Parametrik olmayan bireysel ve küresel trend testi

Ülkeler	LnCO_2	LnWUI	LnGSYH	Lnnüfus	Lnticaret	Lnyenenerji
ABD	-5.86*	1.18	6.31*	6.48*	1.24	6.03*
Almanya	-5.35*	2.59*	4.73*	0.73	4.85*	6.20*
Fransa	-5.63*	1.24	2.93*	6.48*	4.11*	5.10*
İtalya	-5.07*	2.03**	1.57	4.51*	4.34*	5.80*
Birleşik Krallık	-5.92*	4.79*	2.31**	6.48*	3.72*	6.14*
Japonya	-2.08	-0.17	2.03**	-2.51**	4.56*	6.09*
Kanada	-4.23*	1.01	3.33*	6.49*	-3.33*	2.68*
Yunanistan	-4.85*	2.01**	-0.34	-2.03**	4.45*	5.67*
Polonya	-0.11	1.75***	5.30*	-6.03*	5.97*	5.68*
Portekiz	-4.90*	1.97**	3.38*	-1.63	4.62*	4.09*
Macaristan	-3.44*	0.73	4.73*	-6.48*	3.10*	3.41*
Türkiye	-5.24*	1.13	2.65*	6.48*	3.94*	-3.04*
Meksika	1.75***	1.86***	3.10*	6.49*	5.75*	-1.41
Slovenya	-4.79*	0.01	4.96*	6.48*	5.01*	5.84*
<i>Küresel</i>	<i>-4.78*</i>	<i>3.50*</i>	<i>6.32*</i>	<i>6.37*</i>	<i>4.92*</i>	<i>5.76*</i>

Anamlılık düzeyleri sırasıyla *p<0.01, ** p<0.05 ve *** p<0.10 şeklindedir.

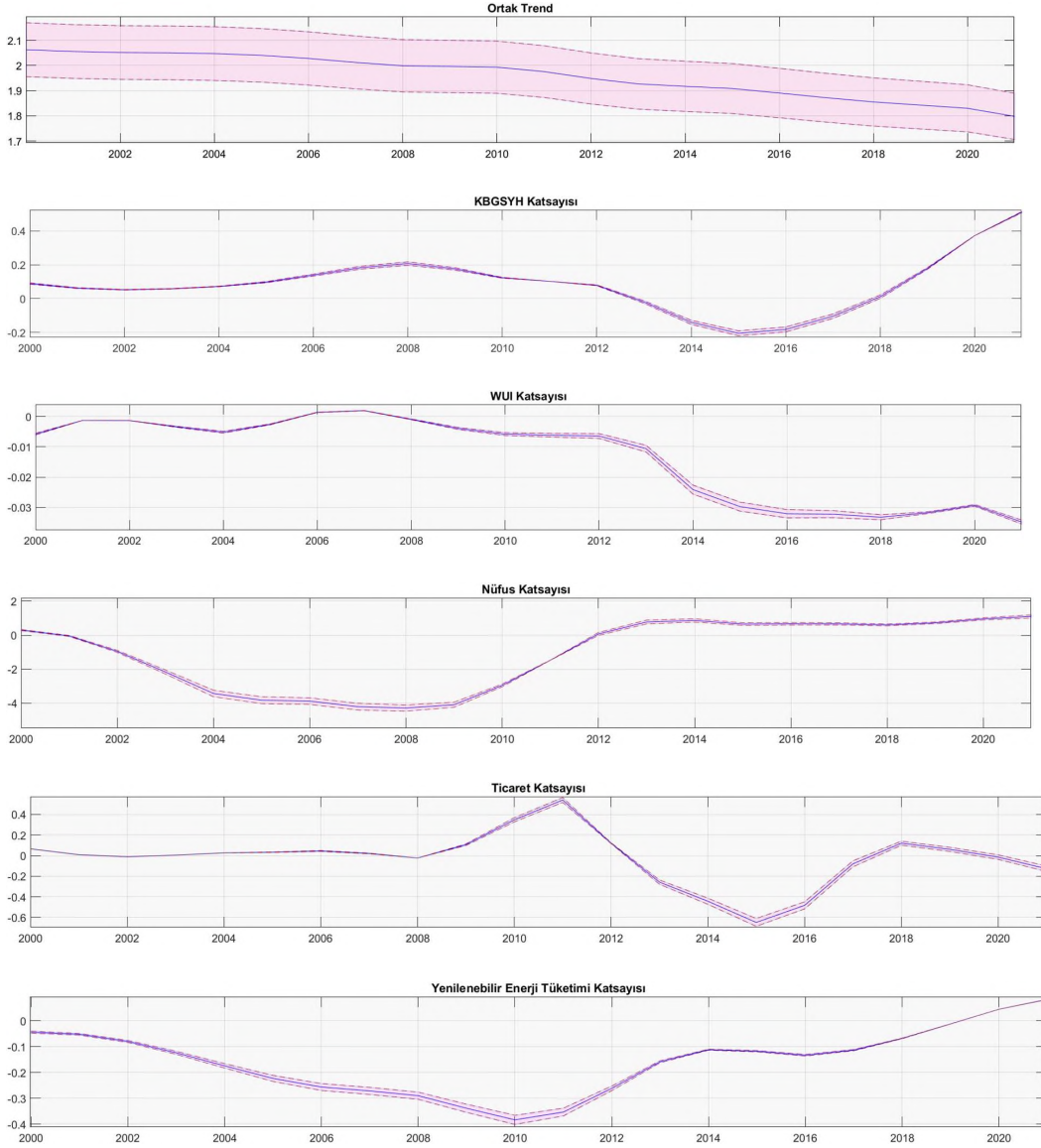
Kişi başına düşen CO₂ emisyon değişkeni %1 anlam düzeyinde negatif küresel trende sahiptir. Polonya dışında her bir ülkede %1, %5 ve %10 anlam düzeylerinde trend negatiftir. Kişi başına düşen GYSH tüm ülke grubu için küresel bir trende sahipken, Yunanistan ve İtalya hariç diğer ülkelerde pozitif yönlü anlamlı bir eğilim sergilemektedir.

WUI küresel olarak %1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir trende sahiptir. Bunun yanı sıra Almanya (%1 düzeyinde), İtalya (%5 düzeyinde), İngiltere (%1 düzeyinde), Yunanistan (%5 düzeyinde), Polonya (%10 düzeyinde), Portekiz (%5 düzeyinde), Meksika (%10 düzeyinde) pozitif eğilimler göstermektedir. Ancak Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Japonya, Kanada, Türkiye, Macaristan, Slovenya için trend anlamsızdır.

Ticaret değişkeni, Amerika Birleşik Devletleri hariç tüm ülkelerin genelinde %1 anlam düzeyinde pozitif bir trende sahiptir. Buna karşın, sadece Kanada için %1 anlam düzeyinde trend negatiftir. Benzer şekilde, nüfusun, %1 anlam düzeyinde pozitif küresel trendi vardır. Almanya ve Portekiz dışında diğer ülkelerde ise %1 ve %5 anlam düzeyinde pozitif trend söz konusudur. Meksika dışında yenilenebilir enerji tüketimi, anlamlı negatif ve pozitif eğilimdedir. MK test istatistiği sonuçlarına göre tüm serilerimizin trend varlığı doğrulanmaktadır. Buna göre ortak trend (f_t), trend fonksiyonları ve zamanla değişen katsayılar β 'yı tahmin etmek için yerel doğrusal kukla değişken tahmini (LLDVE) yapılabilmektedir.

Yerel Doğrusal Kukla Değişken Tahmin (LLDVE) Sonuçları

LLDVE yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, Şekil 1’de görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar 14 OECD ülkesinin zamanla değişen katsayı fonksiyonlarının %90 güven aralığında tahminini göstermektedir. Parametrik tahminlerin aksine, parametrik olmayan panel veri tahmininde 2000-2021 yılları arasında zamana göre değişen ilişki yakalanmaktadır.



Şekil 1. Ortak trend ve zamanla değişen katsayıların yerel doğrusal kukla değişken tahmini

Şekil 1’e göre kişi başına düşen GSYH ile CO₂ emisyonları arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki 2000’den 2013 yılına kadar anlamlı ve pozitifken, 2013 yılından 2018’e kadar negatif ve 2021 yılına kadar pozitifdir. Dolayısıyla, zamanla değişen parametrik olmayan kişi başına düşen GSYH katsayısının negatif ve pozitif olarak değişmektedir.

WUI ve CO₂ emisyonları arasında, 2000-2021 yılları arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ve katsayı negatif bir şekilde artıp azalmaktadır. Bu sebeple yıllar içerisinde genel ilişkinin ters yönlü olduğu sonucuna varılabilir. WUI katsayısı 2006 ve 2007 yılları dışında zaman içerisinde hep negatif olarak kalmıştır.

Nüfus ile CO₂ emisyonları arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. Nüfusun CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi ilk aşamada pozitifken, 2001 yılı itibarıyla 2012 yılına kadar negatif bir şekilde artarak ve azalarak devam etmiş durumdadır. Katsayının 2012 yılından bu yana CO₂ emisyonlarını arttırarak dengeli bir şekilde devam ettiği görülmektedir. Nüfusa ilişkin negatif ve pozitif bu sonuçlar, nüfus büyüklüğünün ve dağılımının sürekli değişmesinden kaynaklanmaktadır.

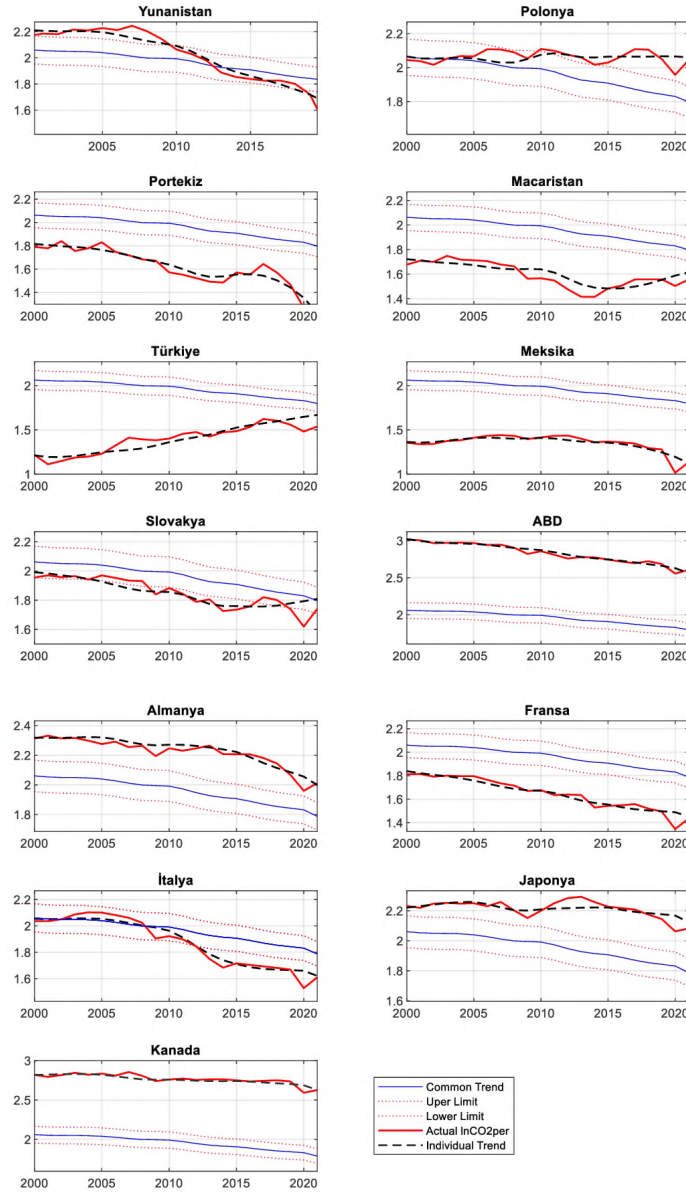
Başlangıçta ticaretin zamanla değişen katsayısı anlamlı ve pozitif olduğu, 2001'den 2008'e kadar anlamsız olduğu gösterilmektedir. 2009-2021 arası dönemde ise katsayı negatif ve pozitif olarak değiştiği görülmekle birlikte, 2011-2021 arası dönemde U ve ters U şekline sahiptir. Bulgulara göre, CO₂ emisyonları üzerindeki etki, 2011 yılında pozitif noktada en üst seviyeye, 2015 yılında negatif noktada en üst seviyeye ulaştığı söylenebilir.

Yenilenebilir enerji tüketimi katsayısının CO₂ üzerindeki etkisi, 2000'den 2017 yılına kadar anlamlı ve negatifken, 2017 yılından sonra pozitif durumdadır. Ancak 2004-2011 aralığı diğer diğer yıllara göre daha geniş güven aralığına sahiptir.

Ortak Trend ve Ülkelerin Trend Fonksiyonları

Parametrik olmayan panel veri modellerinde, ülkeye ve zamana göre heterojenliği ve doğrusal olmamanın yakalamasına izin verilmektedir. Aynı zamanda ülkelere özgü trend fonksiyonu, zamanla değişen katsayı fonksiyonu ve ortak trend fonksiyonları tahmin edilmektedir.

Şekil 2'de %90 güven aralığına sahip ortak trend fonksiyonu ile her ülkeye özgü trend fonksiyonları gösterilmektedir. Mavi renk çizgi ortak trend, kesikli siyah çizgi her ülkeye özgü trend fonksiyonunu ve kırmızı kesikli çizgiler %90 güven aralığında alt ve üst limiti göstermektedir. Koyu kırmızı çizgiler ise her ülke için gerçek CO₂ emisyonlarını göstermektedir.



Şekil 2. Ortak Trend ve Ülkelerin Bireysel Trend Fonksiyonlarının Tahmini (%90 Güven Aralığında)

Şekilde görüldüğü gibi ortak trend yıllar itibarıyla azalma eğiliminde olsa da dengeli bir şekilde devam etmiş durumdadır. Ancak ülkeler arası bir karşılaştırma yapılırsa, CO2 emisyonlarının trend fonksiyonları farklı eğilimde olduğu görülmektedir. Ülkelere özgü trendler Almanya, Japonya, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri için ortak trendin üzerindeyken Fransa, Portekiz, Macaristan, Türkiye, Meksika ve Slovakya için ortak trendin altında seyretmektedir.

İtalya ve Yunanistan'ın trendleri başlarda ortak trendin üstündedir. Ancak İtalya'nın 2000 yılından sonra ve Yunanistan'ın 2013 yılından sonra trendleri ortak trendin altına düşmüştür. Polonya'da ise 2005 yılından sonra bireysel trend ortak trendin üstünde gözükmektedir. Slovakya ve Türkiye son yıllarda ortak trende yaklaşma eğiliminde olsa da ortak trendin altında kalmaya devam etmiştir.

Tüm ülkeler karşılaştırıldığı zaman Yunanistan, Meksika, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, İtalya ve Fransa'nın trendleri ortak trend gibi azalma eğilimindedir. Fakat yine de tüm ülkelerin trendleri ortak trendden oldukça farklıdır.

Sonuç

Bu çalışmada başta ekonomik belirsizlik (dünya belirsizlik indeksi ile ölçülen) olmak üzere kişi başına düşen GSYH, nüfus, yenilenebilir enerji tüketimi ve ticaretin CO2 emisyonları arasındaki ilişki zamanla değişen parametrik olmayan panel veri modeliyle tahmin edilmiştir. Modelde trend fonksiyonları, katsayı fonksiyonları ve bu fonksiyonların zamanla nasıl değiştiğini tahmin etmek için yerel doğrusal kukla değişken (LLDVE) yöntemi kullanılmıştır. Parametrik olmayan LLDVE yönteminin bir özelliği, bootstrap bir yöntem kullanarak oluşturulan güven aralıkları ile CO2 emisyonlarının zaman içerisinde bilinmeyen fonksiyonel bir form biçiminde gelişmesine izin vermesidir. Böylece, ilk olarak bağımsız değişkenler ve CO2 emisyonları arasındaki ilişkiyi açıklamak için zamanla değişen katsayı fonksiyonları tahmin edilmiştir. İkinci olarak, tüm veri için ortak trend fonksiyonu tahmin edilmiş ve üçüncü aşamada model, her ülkeye özgü trend fonksiyonlarını içerecek şekilde genişletilmiştir.

2000-2021 yılları arasında LLDVE tahminleri, CO2 emisyonları ve modelde yer alan diğer değişkenler arasındaki ilişkinin zamanla değiştiğini ortaya koymaktadır. LLDVE tahmin sonuçlarımıza göre, ortak trend de zaman içerisinde pozitif bir şekilde düşüş eğilimindedir. WUI katsayısı, ele alınan tüm dönem boyunca anlamlı ve negatiftir. 2010 yılından sonra ise negatif bir şekilde düşüş eğilimindedir. Bu durum WUI'nin CO2 ile aralarında ters yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kişi başına düşen GSYH katsayısı zaman içerisinde pozitif ve negatif olarak değişim göstermiştir. Başlangıçta pozitifken, negatif ve ardından tekrar pozitif bir şekilde CO2 emisyonlarını etkilemektedir. Benzer şekilde nüfusun katsayı fonksiyonu, yıllar içerisinde pozitif ve negatif olarak değişmiştir. Özellikle 2015 yılı sonrasında kişi başına düşen GSYH ve nüfusun CO2 emisyonlarını arttırdığı bulunmuştur. Ancak 2020 yılında etkisi negatiften pozitif dönmeye başlamıştır. Bu etkinin zaman içerisinde pozitif olarak kalıp kalmayacağı araştırılmalıdır. Ticaretin katsayı fonksiyonu ise zaman içerisinde anlamlı ve anlamsız olarak değişmiştir. Ülkeye özgü sonuçlara göre; ABD, Almanya, Kanada ve Japonya'nın CO2 emisyonlarının ve bireysel trendlerinin ortak trendi aştığı görülmektedir. Bu durum ülkelerin emisyonlarına daha fazla katkı sağladığına işaret eder.

Sonuçlarımıza göre WUI, CO2 emisyonlarını negatif bir şekilde etkilemektedir ve dolayısıyla daha yüksek WUI, CO2 emisyonlarını azaltır veya bunun tam tersi bir durum geçerlidir. Bu durum tüketim etkisiyle açıklanabilir. Daha yüksek bir belirsizlik seviyesi yoğun enerji gerektirecek ürünlerin tüketimini azaltabilir ve bu da CO2 emisyonlarında bir azalmaya neden olur. Aynı zamanda belirsizliği fazla olması ekonomik durumu da etkileyeceği için hane gelirlerinde azalmaya neden olabileceği için CO2 emisyonlarında azalmaya yol açabilir. Yapılan birçok çalışmada nüfus yoğunluğunun ve ekonomik büyümedeki veya gelirdeki artışların CO2 emisyonlarını arttırdığı bilinmektedir. Sonuçlarımız yapılan çalışmalar ile tutarlıdır ancak her dönemde pozitif bir etkiye sahip değillerdir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.G., S.Ç.; Veri Toplama: S.G.; Veri Analizi /Yorumlama: S.G., S.Ç.; Yazı Taslağı: S.G., S.Ç.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.G., S.Ç.; Son Onay ve Sorumluluk: S.G., S.Ç.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: The authors declared that this study has received no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of study: S.G., S.Ç.; Data Acquisition: S.G.; Data Analysis/Interpretation: S.G., S.Ç.; Drafting Manuscript: S.G., S.Ç.; Critical Revision of Manuscript: S.G., S.Ç.; Final Approval and Accountability: S.G., S.Ç.

ORCID:

Selahattin Güriş 0000-0002-1017-1431
Sevcan Çağlayan 0000-0001-6256-7035

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Adams, S., Adedoyin, F., Olaniran, E., Bekun, F.V. (2020) Energy consumption, economic policy uncertainty and carbon emissions; causality evidence from resource rich economies. *Economic Analysis and Policy*, 68, 179–190.
- Adedoyin, F., Olaniran, E., & Bekun, F.V. (2020). Energy consumption, economic policy uncertainty and carbon emissions; causality evidence from resource rich economies. *Economic Analysis and Policy*, 68, 179-190.
- Adedoyin, F., & Zakari, A. (2020). Energy consumption, economic expansion, and CO₂ emission in the UK: The role of economic policy uncertainty. *Science of the Total Environment*, 738, 140014.
- Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2022). The world uncertainty index . [Working paper no. 29763]. National Bureau of Economic Research.
- Anser, M.K., Apergis, N., & Syed, Q.R. (2021). Impact of economic policy uncertainty on CO₂ emissions: evidence from top ten carbon emitter countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 29369–29378.
- Antonakakis, N, Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2017). Energy consumption, CO₂ emissions, and economic growth: An ethical dilemma. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 68 808–24.
- Azka, A., & Eyup, D., (2021) The role of economic policy uncertainty in the energy-environment nexus for China: evidence from the novel dynamic simulations method. *Journal of Environmental Management*, 292, 112865.
- Baker, S.R., Bloom, N., & Davis, S.J. (2016). Measuring Economic Policy Uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, 131, 1593–1636.
- Baker, S.R., Bloom, N., Davis, S.J., & Terry S.J. (2020). National Bureau of Economic Research; 2020. Covid-induced economic uncertainty.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980) The Lagrange multiplier test and its application to model specifications in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47, 239–253.
- Cowan, W.N., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2014). The nexus of electricity consumption, economic growth and CO₂ emissions in the BRICS countries. *Energy Policy*, 60(66), 359-368.
- Danish, Ulucak, R., & Khan, S.U.D. (2020). Relationship between energy intensity and CO₂ emissions: does economic policy matter? *Sustainable Development*, 28 (5), 1457-1464.
- De, H., Rafael, E., & Sarafidis, V. (2006). Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata* 6(4), 482-96.
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO₂ emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180-192.
- EPU Economic Policy Uncertainty Index. <https://www.policyuncertainty.com>.
- Gulen, H., & Ion, M. (2016). Policy uncertainty and corporate investment. *The Review of Financial Studies*, 29(3), 523–564.
- Güriş, B., (2015). Panel Kırımlı Birim Kök Testleri ve Eşbütünlük, S. Güriş (Ed.) içinde Stata ile Panel Veri Modelleri (s.281-287), İstanbul, Der Yayınları.
- Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. Working Paper No. 3914. *National Bureau of Economic Research*, Cambridge.
- Huang, Y., Chen, F., Wei, H., Xiang, J., Xu, Z., & Akram, R. (2022). The Impacts of FDI Inflows on Carbon Emissions: Economic Development and Regulatory Quality as Moderators. *Frontiers in Energy Research*, 9, 938.
- Im, K.S., Pesaran, M.H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115 (1), 53-74.
- Jiang, Y., Zhou, Z., & Liu, C. (2019). Does economic policy uncertainty matter for carbon emission? Evidence from US sector level data. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 24380–24394.
- Jebli, M.B., & Youssef, S.B. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO₂ emissions: evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators*, 74, 295-301.
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods. Griffin, London.
- Li, D., Chen, J., & Gao, J. (2011). Nonparametric time varying coefficient panel data models with fixed effects”. *The Econometrics Journal*, 14(3):387-408.
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13(3):245.
- Mammen, E. (1993). Bootstrap and wild bootstrap for high dimensional linear models. *Ann. Stat.* 21 (1), 255–285.
- Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. CESifo Working Paper Series No. 1229.
- Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22 (2), 265–312.
- Pirgaip, B., & Dincergok, B. (2020). Economic policy uncertainty, energy consumption and carbon emissions in G7 countries: evidence from a panel Granger causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 30050–30066.

- Silvapulle, P., Smyth, R., Zhang, X., & Fenech, J.P., 2017. Nonparametric panel data model for crude oil and stock market prices in net oil importing countries. *Energy Economics*, 67, 255–267.
- Syed, Q.R., & Bouri, E. (2022). Impact of economic policy uncertainty on CO₂ emissions in the US: Evidence from bootstrap ARDL approach. *Journal of Public Affairs*, 2, e2595.
- Şak, N. (2015). Panel Birim Kök Testleri, S. Güriş (Ed.) içinde Stata ile Panel Veri Modelleri, (203-264), İstanbul, Der Yayınları.
- Ulucak, R., & Khan S. (2020) Relationship between energy intensity and CO₂ emissions: does economic policy matter? *Sustainable Development*, 28,1457–1464.
- Uddin, M., Vinod Mishra, V., & Smyth, R. (2020). Income inequality and CO₂ emissions in the G7, 1870–2014: Evidence from non-parametric modelling. *Energy Economics*, 88, 104780.
- Wang, Q., Jiang, X.T., Ge, S., & Jiang, R. (2019). Is Economic Growth Compatible with a Reduction in CO₂ Emissions? Empirical Analysis of the United States. *Resources Conservation and Recycling*, 151, 104443.
- Wang, Q., Xiao, K., & Lu, Z. (2020). Does Economic Policy Uncertainty Affect CO₂ Emissions? Empirical Evidence from the United States. *Sustainability*, 12, 9108.
- Wu, C.F.J., (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis. *The Annals of Statistics*, 14 (4), 1261–1295.
- Yang, L. (2019) Connectedness of economic policy uncertainty and oil price shocks in a time domain perspective. *Energy Economics*, 80, 219–233.
- Zakarya, G.Y., Mostefa, B., Abbas, S.M. & Seghir, G.M. (2015). Factors Affecting CO₂ Emissions in the BRICS Countries: A Panel Data Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 26, 114-125.

How cite this article / Atıf Biçimi

Guris, S., & Caglayan, S. (2023). CO₂ emisyonlarını etkileyen faktörlerin zamanla değişen katsayılı parametrik olmayan panel veri modelleri ile analizi. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 39, 76-88.
<https://doi.org/10.26650/ekoist.2023.39.1361640>