

# Panel Veri Modelleri İle Öngörü Performans Kıyaslaması: Çevresel Kuznets Eğrisi Analizi\*

## Forecasting Performance Comparison With Panel Data Models: Environmental Kuznets Curve Analysis

Mücella Şahin<sup>1</sup> , Turgut Ün<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Doktora Öğrencisi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Doktora Programı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>(Dr. Öğr. Üyesi), Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Bu çalışma, ilk yazar Mücella Şahin'nin Dr.Öğr.Üyesi Turgut Ün danışmanlığında Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalında 2024 yılında tamamlanmış olduğu "Panel Yapılarına Bağlı Öngörü Yöntemleri ve Bir Uygulama" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

### ÖZ

Bu çalışmada farklı panel veri yapılarına ve farklı tahmincilere bağlı olarak öngörü analizi yapılmıştır. Çevresel kuznets eğrisi çerçevesinde oluşturulan panel veri modelleri, heterojen ve homojen panel veri grubu olarak iki ayrı birim grubu üzerinden oluşturulmuştur. Heterojen panel veri olarak G20 ülke grubu ve homojen panel veri olarak G8 ülke grubu ele alınarak 1990 – 2020 dönemleri için oluşturulmuştur. Ardından sabit etkiler tahmin öngörüsü, tesadüfi etkiler tahmin öngörüsü ve birleşik öngörü yöntemleri ile örneklem dışı öngörüler elde edilerek bu öngörülerin performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada örneklem dışı 1 yıl, 3 yıl ve 3 yıl ortalaması için öngörü değerleri tahmin edilmiştir. Öngörü performansları ortalama hata kare ve kök ortalama hata kare ile değerlendirilmiştir. Sonucunda ise literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak homojen tahmincilerin daha iyi performans gösterdiğine ulaşılmıştır. Ayrıca homojen panel veri yapısında sabit etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün, heterojen panel veri yapısında ise tesadüfi etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Homojen panel veri yapısında birleşik öngörünün tesadüfi etkiler tahmincisi ile elde edilen öngöründen daha iyi olduğu ve heterojen panel veri yapısında ise sabit etkiler tahmincisi ile elde edilen öngörünün birleşik öngörü yönteminden daha kötü performans sergilediğine ulaşılmıştır. Çalışmada, Huang (2019) tarafından geliştirilen yeni öngörü yöntemlerinden birleşik öngörü yöntemi incelenerek diğer öngörü yöntemleri ile performansları kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın bir diğer bakış açısı ise birleşik öngörü yönteminin heterojenlik ve içsellik açısından farklı koşullar altındaki performansı da incelenmiştir.

### ABSTRACT

In this study, forecast analysis was conducted on the basis of different panel data structures and predictors. Panel data models, constructed within the framework of the Environmental Kuznets Curve, were developed using two separate unit groups: the G20 country group as heterogeneous panel data and the G8 country group as homogeneous panel data for the period 1990–2020. Subsequently, out-of-sample forecasts were obtained using a fixed effects predictor, a random effects predictor, and combined forecasting methods, and the performances of these forecasts were compared. Forecast values were estimated for out-of-sample 1 year, 3 years, and a 3-year average. Forecast performances were evaluated using the mean squared error and root mean squared error. As a result, it was found that, in line with the literature, homogeneous predictors exhibited better performance. In addition, it was observed that the forecast obtained with the fixed effects predictor in the homogeneous panel data structure performed better, whereas the forecast obtained with the random effects predictor in the heterogeneous panel data structure performed better. The combined forecast in the homogeneous panel data structure was better than the forecast obtained with the random effects predictor, whereas in the heterogeneous panel data structure, the forecast obtained with the fixed effects predictor performed worse than the combined forecasting method. In this study, the combined forecasting method developed by Huang (2019) was examined, and its performance was compared with other forecasting methods. Another perspective of this study was to examine the performance of the combined forecasting method under different heterogeneity and endogeneity conditions.

**Anahtar Kelimeler:** Panel Veri, Öngörü Yöntemleri, Birleşik Öngörü

**Corresponding Author:** Mücella Şahin E-mail: mucellashin@gmail.com

**Submitted:** 17.04.2024 • **Accepted:** 20.05.2024



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

**Keywords:** Panel Data, Forecasting Methods, Combined Forecasting

### EXTENDED SUMMARY

In this study, forecasting analysis is performed on the basis of different panel data structures and different estimators. The panel data model built within the framework of the environmental Kuznets curve is constructed for the period 1990-2020 by taking the G20 country group as heterogeneous panel data and the G8 country group as homogeneous panel data. Then, fixed-effects forecasting, random-effects forecasting, and combined forecasting methods are used to obtain out-of-sample forecasts their performances are compared. In this study, out-of-sample forecasts are estimated for 1 year, 3 years a average. Forecast performances are evaluated using the mean square error (MSE) and root mean square error (RMSE). The results show that homogeneous forecasters perform better in line with the studies in the literature. It is also observed that the prediction obtained with the fixed effects estimator outperforms the prediction obtained with the random effects estimator in the homogeneous panel data structure and the prediction obtained with the random effects estimator in the heterogeneous panel data structure. In the homogeneous panel data structure, combined forecasting outperforms obtained with the random effects estimator in the heterogeneous panel data structure, obtained with the fixed effects estimator performs worse than combined forecasting. Another perspective of this study is to examine the performance of the combined forecasting method under different conditions in terms of heterogeneity and endogeneity.

In the analysis of the study, stationarity analysis of the variables used for the environmental Kuznets curve panel data models for the G20 and G8 countries was performed. Then, it is determined that the model for the G20 country group is heterogeneous and that the panel data model for the G8 country group is homogeneous. Since it is aimed to compare the forecasts of fixed effects estimator, random effects estimator combined estimator as forecasting estimators, panel data models are estimated with these estimators and then out-of-sample forecasts are estimated by estimating in 1-year and 3-year samples.

In this study, G20 countries (Argentina, Australia, Brazil, Canada, China, European Union, France, Germany, India, Indonesia, Italy, Japan, Mexico, Russia, Saudi Arabia, South Africa, Turkey, United States, United Kingdom) covering the period 1990 - 2020 are considered as the heterogeneous panel data model, while G8 countries (Canada, France, Germany, Italy, Japan, Russia, United States, United Kingdom) with the same time dimension covering the period 1990 - 2020 are considered as the homogeneous panel data model. For both G20 and G8 country group panel data, one-year (2020) and three-year (2018, 2019 and 2020) forecasts are made for the combined forecasts developed with the within-group fixed effects estimator, the generalised least squares random effects estimator then the combination of fixed effects and random effects estimators. These forecasts are compared with the MSE and RMSE performance criteria.

The contribution of this study to the literature can be expressed as the comparison of forecasts by considering homogeneous and heterogeneous panel data structures separately. In addition, this study examines the performance of the combined forecasting method proposed by Huang (2019), which emerged as a different forecasting method, in these different panel data structures and analyzes the performance of the forecasts obtained with fixed and random effects estimators in cases of heterogeneity and endogeneity.

The aim of this study is to compare the performance of the prediction values by estimating the models with different panel data estimators and to analyse the performance of the forecasts of the random effects and fixed effects estimators as well as the combined forecasts in the presence of heterogeneity and endogeneity. The second section of the paper presents the panel data model used, the Environmental Kuznets Curve, and reviews related studies. The third section presents the literature on forecasting methods with panel data and the results of these studies. In the fourth section, panel data estimators and forecasting theory are presented, and in the fifth section, environmental Kuznets curve panel data model estimations and findings obtained from forecasts are explained. In the last section, forecasting performance comparisons and evaluations obtained from the application are presented.

## Giriş

Önemli bir küresel olgu olan küreselleşme, artan rekabetle birlikte ülkeler arasında daha yakın sosyal, ekonomik ve siyasi bağlar arası ilişkiyi güçlendirmiştir. Dünya çapında önemli bir ekonomik büyümeye yol açmış olsa da küreselleşme, başta artan enerji tüketimi olmak üzere olumsuz çevresel etkileri de beraberinde getirmiştir.

Öncelikli olarak sanayileşme, ulaşım, nüfus yoğunluğu, yoksulluk, trafik ve mülkiyet haklarının yanlış düzenlenmesi nedeniyle kaynak sömürüleri gibi konular çevre kirliliğine sebep olarak yer almaktadır. Bu durum hava kirliliği ve ekosistem değişiklikleri ile kanıtlanabilmektedir (Borhan vd., 2012). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarında vurgulanan küresel ısınma, başta karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere artan sera gazı emisyonları nedeniyle kritik bir çevresel sorun olarak tanımlanmaktadır. Zararlı atıkların çevrede birikmesi ve üretim süreçlerine dahil edilmemesi ekonomik riskler oluşturmaktadır (Dam vd., 2013). Sonuç olarak, ekonomik faaliyetlerin hızla genişlemesi çevresel sorunları daha da kötüleştirmekte ve bu da ekonomik kalkınmayı engellemektedir. Bu durum, başlangıçtan itibaren ekonomi ve çevrenin birbirine bağlı olduğunun altını çizmektedir. 1970'li dönemlerin sonlarından itibaren çevre ekonomisi bir disiplin olarak meydana çıkmıştır ve 1990'lı dönemlerde de ekonomi ile çevre arasındaki ilişkilere dair çalışmalar önem kazanmaya başlamış ve devam etmiştir.

Nobel iktisat ödüllü Simon Kuznets, 1955 yılında yaptığı çalışmasında, uzun vadede kişi başına düşen gelirdeki değişimin dinamiklerini incelemiştir (Kömüryakan, 2019). Çalışmada, bir ülkenin ekonomik büyümesi sırasında gelir eşitsizliğinin artıp azalmasını tespit etmeye çalışmış ve bu eğilimleri etkileyen faktörleri ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Kuznets, kişi başına düşen gelirin tipik olarak ekonomik genişlemeyle birlikte artarken, gelir eşitsizliğinin büyümenin ilk aşamalarında başlangıçta artma eğiliminde olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, ekonomik büyüme devam ettikçe gelir eşitsizliğinin azalmaya başladığı kritik bir dönüm noktasına dikkat çekmiştir. Kuznets eğrisi olarak bilinen bu olgu, gelir eşitsizliği ile ekonomik kalkınma arasında çan veya diğer bir tabirle ters U şeklinde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kuznets'in 1780'den 1950'ye kadar Almanya, Birleşik Krallık ve ABD'den elde edilen verilere dayanan analizi, kalkınmanın ilk aşamalarında kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) arttıkça gelir eşitsizliğinin kötüleştiğini, ancak kişi başına düşen gelir belirli bir eşiği aştığında azaldığını vurgulamıştır (Çalışkan, 2022).

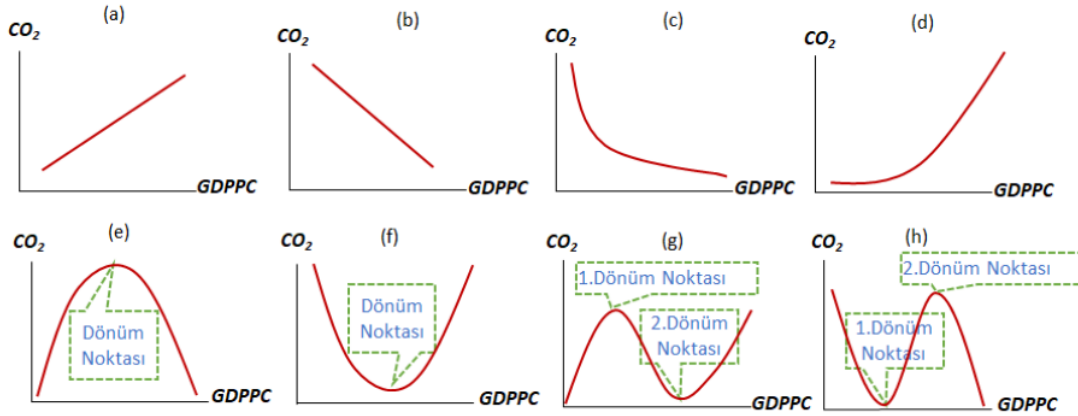
1990'ların başında Grossmann ve Krueger, 1977'den 1988'e kadar 42 ülkede hava kalitesi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen ufuk açıcı bir çalışma yürütmüştür. Analizleri, Kuznets'in bulgularına benzer bir ilişki ortaya koyarak Çevresel Kuznets Eğrisi'ni tanıttı, ancak kişi başına düşen milli gelir ve çevre kirliliğine, özellikle de kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) odaklandı. Geleneksel düşüncenin aksine, nüanslı modeller buldular: kişi başına düşen GSYİH ve SO<sub>2</sub> emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki, karanlık madde ile N şeklinde ilişkiler ve asılı atmosferik parçacıklar ile doğrusal büyüme. Sabit etkiler metodolojisini kullanan panel veri analizi yoluyla bu eğilimleri doğrulamışlar ve ekonomik kalkınma ile çevresel bozulma arasındaki karmaşık dinamiklere ışık tutmuşlardır. Çevresel Kuznets Eğrisi teorisi, başlangıçta sadece çevre kirliliği ve ekonomik büyüme üzerine tanımlanmıştır ve teorisinin açıklanmasında kullanılan model aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Gürüş ve Şak, 2019).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \varepsilon_{it}$$

Burada modelde yer alan bağımlı değişken CO<sub>2</sub> serisini ifade etmekte iken, X değişkeni kişi başı gelir değişkenini ifade etmektedir.

Grossmann ve Krueger'in 1991-1995 yılları arasındaki araştırmaları, ülkeler arasında ekonomik büyüme ve çevresel kalite arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Ekonomik kalkınmada çevresel bozulmanın başlangıçta arttığı ve daha sonra iyileştiği dönüm noktalarını tespit etmişlerdir. Bu dönüm noktalarını 1991'de kişi başına düşen GSYH'nin yaklaşık 4.000 ila 5.000 dolar arasında olduğunu tespit etmişler, 1995'te ise kişi başına düşen GSYH'nin yaklaşık 8.000 dolar olduğu ikinci bir dönüm noktası önermişlerdir. Analizleri karmaşık modeller ortaya çıkarmıştır: Kişi başına düşen GSYH ile SO<sub>2</sub> emisyonları, kolibakteriler ve nehirlerdeki ağır metaller gibi kirleticiler arasında N şeklinde ilişkiler ve nehirlerdeki karanlık madde ve nitrojen seviyeleri ile ters U şeklinde eğilimler. Genel olarak, çalışmaları, ekonomik büyüme ile çevre kalitesinde doğrudan bir düşüş olduğu fikrine meydan okuyarak, ekonomik kalkınma ve çevresel etkiler arasındaki nüanslı dinamikleri ortaya koymuştur.

Panayotou (1993) Grossmann ve Krueger'in Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini 55 ülke için doğrulamıştır. En Küçük Kareler yöntemini kullanarak, ormansızlaşma için 800-1.200 ve SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları için 3.800 – 5.500 arasında dönüm noktaları olan ters U şeklinde bir eğri bulmuştur. Kişi başına düşen GSYH 10.000 \$'ın üzerine çıktığında ikinci bir kayma olduğunu ve bunun da ülkelerin büyüme için enerji yoğun endüstrilere odaklanmasıyla N şeklinde bir EKC'ye yol açtığını belirtmiştir. Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği genellikle EKC hipotezi aracılığıyla ve genellikle kübik bir fonksiyon kullanılarak aşağıdaki gibi analiz edilebilmektedir.



**Grafik 1.** Milli Gelir Artışı ile Çevresel Bozulma Arasındaki Muhtemel İlişki Türleri

Kaynak: Çalışkan, 2022, s.308.

Grafik 1, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi temsil eden Çevresel Kuznets Eğrisi'nin (EKC) çeşitli şekillerini göstermektedir. Pozitif eğimli bir doğrusal EKC (b), negatif eğimli bir hiperbolik (L tipi) EKC (c), pozitif eğimli bir eğrisel EKC (d), bir üstel fonksiyon EKC (e), ters U şeklinde bir parabolik EKC, a U şeklinde parabolik EKC (f), N şeklinde bir EKC (g) ve ters N tipi kübik EKC'ler (h). Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği, grafiklerdeki çeşitli eğrilerde de gösterildiği gibi her zaman net bir model izlemeyebilmektedir. Bu sebeple her durumda doğrudan ters U şeklinde bir ilişki beklemekten kaçınılmalıdır (Çalışkan, 2022).

Bu çalışmada amaç, farklı panel veri tahmincileri ile modellerin tahmin edilerek öngörü değerlerinin performansları karşılaştırılmakta ve heterojenlik, içsellik durumlarında tesadüfi etkiler ile sabit etkiler tahmincilerinin öngörülerinin yanısıra birleşik öngörülerin performansları incelenmiştir. Çalışmanın giriş bölümünde kullanılan panel veri modeli olan Çevresel Kuznets Eğrisi ve bu konuyla ilişkili çalışmalardan elde edilen incelemelere yer verilmekte iken, ikinci bölümünde panel veri ile öngörü yöntemleri literatürü ve bu çalışmaların sonuçları yer almaktadır. Üçüncü bölümde panel veri tahmincileri ile öngörü teorisi bulunmakta iken dördüncü bölümde çevresel kuznets eğrisi panel veri model tahminleri ve öngörülerden elde edilen bulgular açıklanmıştır. Son bölümde ise uygulamadan elde edilen öngörü performans karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

## Literatür

Panel veri öngörüsüne dayalı çalışmalar Baltagi ve Griffin'in 1997 yıllarındaki çalışmalarıyla başlamıştır. Bu çalışmada benzin için dinamik talep spesifikasyonu kullanılarak homojen ve heterojen panel tahmincilerinin 1, 5 ve 10 yıllık öngörü ufuklarında öngörülerinin performansları karşılaştırılmıştır. Homojen tahmincilerinin öngörü ortalama hata karesinin heterojen tahmincilerden daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Baltagi, Bresson, Griffin ve Pirotte (2003)'de homojen, heterojen ve Shrinkage tahminciler için öngörü performans karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmalarında daha önce 18 OECD ülkesi genelinde uluslararası benzin talebi ve ABD eyaletleri genelinde sigara talebi panelleri kullanılarak elde edilen bulguların aksine, bu Fransız paneli, fiyat ve gelirdeki bölgeler arası değişimin bölge içi değişime kıyasla küçük olması bakımından çok farklıdır. Bu panel seti ile birimler arasında heterojenlik olması durumunu simgelemektedir. Özellikle birimler arasında parametre heterojenliği önemli olması halinde, bu tür bir panel setinde ortaya çıkmaktadır. Homojen, heterojen ve shrinkage tahmincilerin örneklem dışı öngörü performansları incelendiğinde heterojen tahmincilerin en kötü performansa sahip oldukları görülmektedir. Shrinkage tahmincileri, heterojen tahmincilerden daha iyi öngörü performans göstermesine rağmen hala geniş bir aralığa sahiptir ve böylece homojen tahmincilerin en iyi öngörüye sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Brucker ve Siliverstovs (2006), çalışmalarında 1967 – 2001 dönemi için 18 ülkeden Almanya'ya göç verilerini kullanarak, örneklem dışı öngörüler için homojen ve heterojen tahmincilerin performansını karşılaştırmışlardır. 5 yıl ve 10 yıl ileri öngörüler için kök ortalama hata kare (RMSE) kriterine göre en kötü performans gösteren ortalama grup tahmincisi olmak üzere genel olarak da heterojen tahmincilerin kötü performans sergilediklerine ulaşılmıştır. Bunun nedenini 18 ülke genelinde regresyon parametrelerinin dengesiz olmasına bağlamaktadırlar ve ayrıca ülkeler arasındaki heterojenlikten kaynaklanan sapmalar, homojen yöntemleri ile dikkate alınmaktadır.

Huang, Lee ve Ullah (2019), çalışmalarında sabit ve tesadüfi etkiler tahmincilerinin Hausman test istatistiğine bağlı ağırlıklarla birleştirilmesinden elde edilen birleşik tahmincinin, sabit etkiler tahmincिसinden ve belirli koşullar altında tesadüfi etkiler tahmincिसinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Uygulamasında, 1997-2012 dönemi boyunca 51 eyalette panel veri kullanarak konut gaz ve elektrik talep tahminlerinin performanslarını karşılaştırmıştır. Konut gaz tüketiminin ve konut elektrik

tüketiminin bağımlı olduğu, kişi başı kişisel gelir, konut elektrik fiyatı ve konut doğal gaz fiyatının açıklayıcı değişkenler olduğu iki ayrı model tahmin etmişlerdir. Büyük veri seti göz önüne alındığında, modeli kesilmiş bir veri seti kullanarak (son 3 yıllık veriler olmadan) tahmin edilmiş ve ardından her tahminciyi örneklem dışı bir öngörü dönemine uygulanmıştır. Sabit etkiler ve tesadüfi etkiler öngörülerini birleştiren ve ağırlıkları Hausman istatistiğine ters olarak bağlı olan birleşik öngörü yaklaşımının öngörünün tüm içsellik dereceleri için sabit etkiler öngörüsünü eşit şekilde domine edebileceğini göstermektedir. Ayrıca, orta ila büyük boyutlu derecelerde içsellik ve heterojenlik için tesadüfi etkiler öngörüsüne göre sonlu örneklem MSFE'yi azaltabildiğine de ulaşılmaktadır.

Pesaran, Pick ve Timmermann (2022), yaptıkları çalışmada heterojen parametrelere sahip modeller için farklı heterojenlik dereceleri ile farklı birim ve zaman boyutlarında öngörü doğruluğu karşılaştırılması yapılmıştır. Homojen öngörü yöntemlerinin heterojen öngörülere dayalı öngörülerden daha iyi performans gösterebileceği koşulları araştırmışlardır ve öngörü doğruluğunun parametre heterojenliği derecesine, heterojenliğin öngörücülerle ilişkili olup olmadığına, modelin uyumunun iyi olup olmadığına ve özellikle de veri setinin zaman boyutuna bağlı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca havuzlanmış (homojen) ve heterojen öngörüler için optimal kombinasyon ağırlıklarının önerildiği ve ayrıca ön test aracı olarak kullanılabilir yeni bir öngörü havuzlanabilirlik testi geliştirmişlerdir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı, öncelikle homojen ve heterojen panel veri yapılarının ayrı ayrı ele alınarak öngörülerinin karşılaştırılması olarak ifade edilebilmektedir. Ayrıca farklı öngörü yöntemi olarak ortaya çıkan Huang'ın önerdiği birleşik öngörü yönteminin bu farklı panel veri yapılarındaki performansının incelenmesi ile sabit ve tesadüfi etkiler tahmincileriyle elde edilen öngörülerin heterojenlik ve içsellik durumlarındaki performanslarının analiz edilmesi amaçlanmıştır.

### Metodoloji

Tesadüfi etkiler tahmincileri ve sabit etkiler tahmincileri ile panel veri modelleri tahmin edilerek bunların öngörü değerleri elde edilebilmektedir ve öngörü literatürünün başlangıcından güncel döneme kadar karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Bu bölümde tesadüfi etkiler ve sabit etkiler tahmincileriyle öngörü teorisine ve ardından birleşik öngörü teorisine yer verilmiştir.

$y_{it+s}$ ,  $t+s$  zamanda  $i$ . birimin gerçekleşen değerini ifade etmektedir. Burada  $i=1, \dots, n$  birim ve  $t+s=1, \dots, T$  zaman boyutunu tanımlamaktadır.  $t$  dönemindeki öngörücünün elinde bulunan mevcut bilgilere bağlı olarak  $y_{it+h}$  sonucuna ilişkin  $h$  dönem ileri öngörünün elde edildiği varsayılmaktadır.  $m=1, \dots, M$  indeksi, öngörü modellerini (birim öngörülerini) ve  $s \geq 0$  öngörü ufkunu tanımlamak üzere  $\hat{y}_{it+h|t,m}$  olarak gösterilebilmektedir (Timmermann, Zhu, 2019, s.6).

Homojen tahmincilerden tesadüfi etkiler modeli  $y_{it} = x_{it}\beta + v_{it}$  olmak üzere  $i=1, 2, \dots, n$  ve  $t=1, 2, \dots, T$  olarak sırasıyla birim ve zaman boyutunu göstermektedir.  $x_{it}$ ,  $q$  adet açıklayıcı değişkenler üzerindeki  $i$ . birimin  $t$ . dönemi gözlemidir.  $\beta, q \times 1$  bilinmeyen bir eğim parametresi iken hata teriminin içerisinde birim etki ve modelin hata terimi bulunmaktadır:  $v_{it} = \alpha_i + u_{it}$ . Bu denkleme bağlı olarak genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\hat{\beta}_{RE} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} y$$

Bu tahminci ile  $t$ . dönem  $i$ . birim için  $s$  dönem ileri öngörü tahmini aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Baltagi, 2013, s.1000):

$$\hat{y}_{i,T+s,RE} = x_{i,T+s}\beta_{RE} + \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_1^2} T \hat{u}_{iRE}$$

Burada  $\frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_1^2} \sum_t \hat{u}_{i(RE)}$  açılımı  $\alpha_{i,RE}$  olarak ifade edilebilmektedir.  $\alpha_{i,RE}$  ise tesadüfi etkiler tahmincisinin birim etkisi olarak tanımlanmak üzere,  $\alpha_i$ 'yi tahmin etmek için  $\hat{u}_{iRE} = \frac{1}{T} \sum_t \hat{u}_{it}(RE)$  olduğunda aşağıdaki minimizasyon gerçekleştirilmektedir:

$$\frac{\sum_i \sum_t (y_{it} - x_{it}\beta - \alpha_i)^2}{(\sigma_u^2)} + \frac{\sum_i \alpha_i^2}{(\sigma_\alpha^2)}$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{(\hat{\sigma}_1^2)} T \hat{u}_{i(RE)}$$

$y_{(i,T+s)}$ 'nin en iyi sapmasız tahmincisi aşağıdaki şekilde de ifade edilebilmektedir:

$$\hat{y}_{i,T+S,RE} = x_{i,T+S}\hat{\beta}_{RE} + w'\Omega^{-1}\hat{v}_{RE}$$

Burada  $\hat{v}_{RE} = y - X\hat{\beta}_{RE}$  ve  $w = E(v_{i,T+1}v)$  olarak açıklanmaktadır. T+s dönem için hata terimi ise  $v_{i,T+S} = \alpha_i + u_{i,T+S}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca  $w = \sigma_a^2(I_i \otimes \beta_T)$  olmak üzere  $I_i$ ,  $I_N$ 'nin i. birim t. dönem kolonunu göstermektedir.

Bir diğeri ise sabit etkiler içeren bir panel veri regresyon modeli kullanarak öngörü yapmaktır. Sabit etkiler ile öngörü kısmında yer alan birim etkisi  $\hat{\alpha}_{FE} = (D'D)^{-1}D'(y - X)\hat{\beta}_{FE}$  olmak üzere i. birim için  $\hat{\alpha}_{i,FE} = \bar{y}_i - \bar{x}_i\hat{\beta}_{FE}$  olarak tanımlanmaktadır. Böylece, i. birim için s dönem sonrası öngörüsü iki şekilde ifade edilebilmektedir (Baltagi, 2013, s.1001):

$$\hat{y}_{i,T+S,FE} = \bar{y}_i + (x_{i,T+S} - \bar{x}_i)\hat{\beta}_{FE}$$

$$\hat{y}_{i,T+S,FE} = X_{it} + s\hat{\beta}_{FE} + \bar{u}_{i(FE)}$$

Tesadüfi etkiler spesifikasyonu altında,  $\hat{\beta}_{RE}$  asimptotik olarak etkin bir tahminci olmak üzere,  $\hat{\beta}_{FE}$  ise sapmasız ve tutarlıdır ancak etkin değildir.  $E(\alpha_i x_{it}) \neq 0$  koşulu sağlanmadığı durumda  $\hat{\beta}_{RE}$  sapmalı ve tutarsız olabilmekte iken,  $\hat{\beta}_{FE}$  tahmincisi bu durumdan etkilenmemektedir.  $\beta$ 'nin birleşik tahminci öngörüsü için ise tesadüfi etkiler ve sabit etkiler tahmincisi öngörülerini kullanarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Huang, 2019, s.30):

$$\hat{\beta}_c = w\hat{\beta}_{RE} + (1 - w)\hat{\beta}_{FE}$$

Burada;

$$w_c \begin{cases} \frac{\tau}{H_n} & H_n \geq \tau \\ 1 & H_n < \tau \end{cases}$$

koşulu bulunmaktadır. Buradaki  $H_n$  ise aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$H_n = n(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' [\hat{V}_{FE} - \hat{V}_{RE}]^{-1}(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})$$

$\tau$ , daralma derecesini kontrol eden bir daralma parametresidir. Değişken sayısı q olarak ifade edilmek üzere,  $q > 2$  olduğunda  $\tau = q - 2$  olarak ayarlanmalıdır.  $H_n$  ise Hausman (1978) istatistiğini ifade etmektedir.  $H_n < \tau$  olduğunda  $\hat{\beta}_c = \hat{\beta}_{RE}$  olmakta iken,  $H_n > \tau$  olduğunda ise  $\hat{\beta}_c$  tahmincisi  $\hat{\beta}_{FE}$  ve  $\beta_{RE}$ 'nin ağırlıklı ortalamasıdır.

Birleşik öngörü teorisine göre,  $\hat{\beta}_{RE}$  ve  $\hat{\beta}_{FE}$ 'nin, Hausman istatistiğinin ve  $\hat{\beta}_c$ 'nin içsellik durumunda  $\rho = \frac{1}{\sqrt{n}}\sigma$ 'nin ortak asimptotik dağılımını sunmaktadır.  $\hat{\beta}_{RE}$  ve  $\hat{\beta}_{FE}$ 'nin ortak asimptotik dağılımı normaldir.  $\sigma \neq 0$  olduğunda  $\hat{\beta}_{RE}$ 'nin asimptotik sapması bulunmaktadır ancak  $\hat{\beta}_{FE}$  tutarlıdır. Hausman istatistiği, asimptotik olarak merkezi olmayan ki-kare dağılımına sahip olmakla birlikte, merkezi olmayan parametre h, yerel içsellik parametresi  $\sigma$ 'ye bağlıdır.  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_q$  olmak üzere,  $W(V_{FE} - V_{RE})$  matrisinin sıralanmış özdeğerlerini temsil eden d değeri,  $d = \frac{tr(W(V_{FE} - V_{RE}))}{\lambda_1}$  ve  $\tau = q - 2$  olarak tanımlanmak üzere, bir diğer birleşik öngörü teorisine göres  $d > 2$  olması ve  $0 < \tau \leq 2(d - 2)$  koşulu sağlanmakta ise aşağıdaki eşitsizlik geçerli olmaktadır (Huang, 2019, s.32). İkinci teoremdeki açıklamalara istinaden birleşik tahmincinin asimptotik risk açısından sabit etkiler öngörüsünü domine edebileceği ve teoremlerden elde edilen bir diğer sonuç da orta ve büyük derecelerde içsellik ve heterojenliğin güçlü olduğu durumlarda tesadüfi etkiler öngörüsüne göre öngörü ortalama hata karesini azalttığı belirtilmektedir (Huang, 2019, s.34).

$$\hat{y}_{i,T+s,c} = x'_{i,T+s,c}\hat{\beta}_c + w\hat{v}_{RE} + (1 - w)\bar{u}_{i(FE)} = w\hat{y}_{i,T+s,RE} + (1 - w)\hat{y}_{i,T+s,FE}$$

Ayrıca örneklem içi öngörü tahminindeki üstünlüğün örneklem dışı öngörüde de geçerli olup olmadığını görmek amacıyla  $w_c$  koşulunun bulunduğu denklemde gösterilen ağırlıklandırma kullanılarak  $\hat{y}_{i,T+s,FE}$  ve  $\hat{y}_{i,T+s,RE}$ 'nin birleştirilmesiyle  $\hat{y}_{i,T+s,c}$  tahminine yukarıdaki şekilde ulaşılabilmektedir.

## Veri Seti ve Bulgular

Çalışmada heterojen panel veri modeli olarak G20 ülkeleri 1990 – 2020 dönemini kapsayan G20 ülkeleri (Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Çin, Avrupa Birliği, Fransa, Almanya, Hindistan, Endonezya, İtalya, Japonya, Meksika, Rusya, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Türkiye, Amerika, İngiltere) ele alınmakta iken, homojen panel veri modeli olarak da yine aynı zaman boyutu kapsamında 1990 – 2020 dönemi ile G8 ülkeleri (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Rusya, Amerika, İngiltere) ele alınmıştır.

**Tablo 1.** Değişken ve Tanımları

Kısaltmalar	Değişken Tanımları
CO2	CO2 Emisyonu (Kişi Başına Metrik Ton)
GDP	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları)
GDP2	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları) karesi
GDP3	Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları) küpü

Kaynak: World Bank

Öngörü tahmini öncesindeki aşamalar arasında öncelikle değişkenler için birim kök analizi yapılarak değişkenlerin durağanlık mertebeleri belirlenmektedir. Ayrıca panel veri modellerinin homojenlik analizi da yapılmaktadır. Ardından örneklem dışı öngörü için tüm örneklem içerisinde 1 ve 3 dönem kestirimleri yapılarak model tahminleri gerçekleştirilmektedir. Son olarak ise tahmin edilen modellerden öngörüler gerçekleştirilerek bu öngörülerin performans kriterleri ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Çalışmada heterojen ve homojen panel veri yapılarının öngörü performanslarını ayrı olarak ele almak için iki farklı panel veri birim grubu kullanılmıştır. Öncelikle G20 ülke grubu ile yapılan analize ve sonuçlarına yer verilmiştir.

**Tablo 2.** G20 HAC Robust Homojenlik Test Sonucu

	Delta	Olasılık Değeri
	11.875	0.000*
Adj.	12.966	0.000*

HAC Kernel: Bartlett

G20 ülke grubu için yapılan homojenlik testi sonucuna göre HAC test istatistikleri olasılık değerleri %5'ten küçük olduğu için eğim katsayılarının homojen olduğunu varsayan sıfır hipotezi reddedilmektedir ve eğim katsayılarının heterojen olduğu belirtilen alternatif hipotez kabul edilmektedir.

G20 panel grubu için model tahminlerine geçmeden önce modelde kullanılan değişkenlerin durağanlık seviyeleri incelenmektedir. Her iki modelde yer alan tüm değişkenler için öncelikle yatay kesit bağımlılık testi analizi yapılmaktadır ve ardından tüm değişkenlerde yatay kesit bağımlılık söz konusu olduğu için panel ikinci nesil birim kök testi uygulanmaktadır.

**Tablo 3.** G20 Birim Kök Test Sonucu

	t-bar	Z[t-bar]	Olasılık Değeri	Karar
CO2	-1.365	1.878	0.970	I(0) düzeyde durağan değil
GDP	-2.611	-3.899	0.001*	I(0) düzeyde durağan
GDP2	-2.582	-3.766	0.001*	I(0) düzeyde durağan
GDP3	-2.545	-3.595	0.001*	I(0) düzeyde durağan
ΔCO2	-3.250	-6.742	0.001*	I(1) düzeyde durağan

\*, 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

Pesaran test sonuçları incelendiğinde CO2 serisi için test istatistiği olasılık değerleri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  reddedilmektedir ve düzeyde durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Serinin birinci farkı alınmıştır ve tekrar test uygulandığında 1. farkta durağan olduğu tespit edilmektedir. GDP, GDP2 ve GDP3 serilerinin test istatistiği olasılık değerleri %5'ten büyük olduğu için durağanlığı ifade eden  $H_0$  reddedilememektedir ve serilerin düzeyde durağan olduğu görülmektedir.

Değişkenlerin durağan halleri ile sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir ve aşağıdaki tabloda model tahmin sonuçlarına yer verilmektedir.

**Tablo 4.** G20 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-2.9985	1.207	-2.48	0.013*
<b>GDP2</b>	0.3986	0.142	2.79	0.005*
<b>GDP3</b>	-0.0172	0.005	-3.12	0.002*
<b>Sabit</b>	7.3680	3.345	2.20	0.028*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 5.** G20 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-3.0912	1.243	-2.49	0.013*
<b>GDP2</b>	0.4067	0.147	2.77	0.006*
<b>GDP3</b>	-0.0173	0.005	-3.05	0.002*
<b>Sabit</b>	7.6549	3.439	2.23	0.027*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 6.** G20 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
<b>GDP</b>	-3.0580	1.143	-2.67	0.007*
<b>GDP2</b>	0.3942	0.135	2.92	0.004*
<b>GDP3</b>	-0.0166	0.005	-3.17	0.002*
<b>Sabit</b>	7.7937	3.169	2.46	0.014*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.



**Tablo 7.** G20 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

<b>ΔCO2</b>	<b>Katsayılar</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t test</b>	<b>P&gt; t </b>
<b>GDP</b>	-3.1773	1.182	-2.69	0.007*
<b>GDP2</b>	0.4090	0.140	2.92	0.004*
<b>GDP3</b>	-0.0172	0.005	-3.16	0.002*
<b>Sabit</b>	8.0966	3.273	2.47	0.013*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir. Örneklem dışı öngörü yapabilmek için 1990 – 2020 dönem boyutundan 1 yıl ve 3 yıl ileri öngörü tahmini yapabilmek için sırasıyla 1990 – 2019 dönemleri ve 1990 – 2017 dönemleri için sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir. G20 ülke grubuna ait panel veri modelinde yer alan değişkenlerin içselliklerini analiz etmek amacıyla Durbin-Wu-Hausman içsellik testi yapılmaktadır.

**Tablo 8.** G20 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2019)

	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Durbin (Score) <math>\chi^2_1</math></b>	4.2443	0.039*
<b>Wu-Hausman F(1,507)</b>	4.2296	0.040*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri modeli 1990 – 2019 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir ve değişkenler için içsellik bulunduğu tespit edilmektedir.

**Tablo 9.** G20 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2017)

	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Durbin (Score) <math>\chi^2_1</math></b>	3.9147	0.047*
<b>Wu-Hausman F(1,469)</b>	3.8974	0.048*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G20 panel veri modeli 1990 – 2017 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir ve değişkenler için içsellik bulunduğu tespit edilmektedir. G20 için çalışmanın en son aşaması olan tahmincilerle ait öngörüler elde edilerek ortalama hata kare (MSE) ve kök ortalama hata kare (RMSE) kriterlerine göre öngörü performans sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

G20 ülke grubu panel veri tahmincileri ile yapılan öngörüler değerlendirildiğinde 1 yıllık ve 3 yıllık öngörü performanslarında en düşük MSE ve RMSE'ye sahip tahmincinin sabit etkiler tahmincisi olduğu görülmektedir. İkinci olarak ise sabit etkiler tahmincisini birleşik öngörü takip etmektedir ve bu üç öngörü tahmincileri açısından en kötü performansa sahip olan tesadüfi etkiler tahmin öngörüsü yer almaktadır.

G20 için yapılan tüm analizler G8 ülke grubu için de aynı şekilde uygulanmakta ve bulgularına sırasıyla aşağıda yer verilmektedir. Öncelikle G8 ülke grubu için homojenlik analizi yapılmıştır.

**Tablo 10.** G20 Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

1 yıl ileri öngörü				3 yıl ileri öngörü		
Rank	Tahminci	MSE	RMSE	Tahminci	MSE	RMSE
1	FE	0.39417	0.62783	FE	0.1920501	0.4382352
2	Combined	0.39431	0.62794	Combined	0.1920507	0.4382359
3	RE	0.40427	0.63582	RE	0.1921896	0.4383943
3 yıl ortalaması						
Rank	Tahminci	MSE	RMSE			
1	FE	0.271843	0.5149784			
2	Combined	0.271913	0.5150386			
3	RE	0.276546	0.5190347			

**Tablo 11.** G8 HAC Robust Homojenlik Test Sonucu

	Delta	Olasılık Değeri
	1.261	0.207
<b>Adj.</b>	1.377	0.169

*HAC Kernel: Bartlett*

G8 ülke grubu için yapılan homojenlik testi sonucuna göre ise HAC test istatistikleri olasılık değerleri %5'ten büyük olduğu için eğim katsayılarının homojen olduğunu varsayan sıfır hipotezi reddedilememektedir ve homojen olduğu kabul edilmektedir.

**Tablo 12.** G8 Birim Kök Test Sonucu

	t-bar	Z[t-bar]	Olasılık Değeri	Karar
<b>CO2</b>	-2.274	-1.487	0.068	I(0) düzeyde durağan değil
<b>GDP</b>	-2.624	-2.539	0.006*	I(0) düzeyde durağan
<b>GDP2</b>	-2.582	-3.766	0.001*	I(0) düzeyde durağan
<b>GDP3</b>	-2.545	-3.595	0.001*	I(0) düzeyde durağan
<b>ΔCO2</b>	-3.250	-6.742	0.001*	I(1) düzeyde durağan

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 ülke grubu için kullanılan serilerde Pesaran'ın PESCADF testi uygulandığında CO2 serisinin düzeyde durağan olmadığı, 1. farkta durağan olduğu görülmektedir. GDP, GDP2 ve GDP3 serileri incelendiğinde ise düzeyde durağan olduğu tespit edilmektedir.

Değişkenlerin durağan halleri ile sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir ve aşağıdaki tabloda model tahmin sonuçlarına yer verilmektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

G8 panel veri grubu için 3 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası sabit etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 13.** G8 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
GDP	-29.53	11.73	-2.52	0.013*
GDP2	3.276	1.265	2.59	0.010*
GDP3	-0.119	0.044	-2.66	0.008*
Sabit	87.48	35.76	2.45	0.015*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo 14.** G8 Sabit Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
GDP	-31.52	12.20	-2.58	0.010*
GDP2	3.482	1.318	2.64	0.009*
GDP3	-0.126	0.046	-2.70	0.007*
Sabit	93.87	37.14	2.53	0.012*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo 15.** G8 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2019)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
GDP	-21.50	9.137	-2.35	0.019*
GDP2	2.400	0.980	2.45	0.014*
GDP3	-0.088	0.034	-2.54	0.011*
Sabit	63.42	28.13	2.25	0.024*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2019 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 16.** G8 Tesadüfi Etkiler Model Tahmini (1990 – 2017)

$\Delta CO_2$	Katsayılar	Std. Hata	t test	P> t
GDP	-26.20	9.653	-2.71	0.007*
GDP2	2.900	1.037	2.80	0.005*
GDP3	-0.105	0.036	-2.87	0.004*
Sabit	78.00	29.67	2.63	0.009*

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri grubu için 1 yıllık dönem kestirimi yapılarak 1990 – 2017 dönemleri arası tesadüfi etkiler panel veri model tahmini gerçekleştirilmiştir. Örneklem dışı öngörü yapabilmek için 1990 – 2020 dönem boyutundan 1 yıl ve 3 yıl ileri öngörü tahmini yapabilmek için sırasıyla 1990 – 2019 dönemleri ve 1990 – 2017 dönemleri için sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri tahmin edilmektedir. G8 ülke grubuna ait panel veri modelinde yer alan değişkenlerin içselliğini analiz etmek amacıyla Durbin-Wu-Hausman içsellik testi yapılmaktadır.

**Tablo 17.** G8 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2019)

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
<b>Durbin (Score) <math>\chi_1^2</math></b>	0.0881	0.766
<b>Wu-Hausman F(1,210)</b>	0.0857	0.770

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri modeli 1990 – 2019 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten büyük olduğu için değişkenlerin dışsal olduğunu belirten  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir.

**Tablo 18.** G8 İçsellik Test Sonucu (1990 – 2017)

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
<b>Durbin (Score) <math>\chi_1^2</math></b>	0.0218	0.882
<b>Wu-Hausman F(1,194)</b>	0.0212	0.884

\*; 0.05'te anlamlılığı göstermektedir.

G8 panel veri modeli 1990 – 2017 dönem modeli için içsellik testi sonucuna göre test istatistiği olasılık değeri %5'ten büyük olduğu için değişkenlerin dışsal olduğunu belirten  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. G8 için çalışmanın en son aşaması olan tahmincilerle ait öngörüler elde edilerek MSE ve RMSE kriterlerine göre öngörü performans sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

**Tablo 19.** G8 Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

1 yıl ileri öngörü				3 yıl ileri öngörü		
Rank	Tahminci	MSE	RMSE	Tahminci	MSE	RMSE
1	RE	0.56955	0.75468	RE	0.39103	0.62532
2	Combined	0.57717	0.75972	Combined	0.39459	0.62816
3	FE	0.57813	0.76035	FE	0.39839	0.62761
3 yıl ortalaması						
Rank	Tahminci	MSE		RMSE		
1	RE	0.43561		0.656148		
2	Combined	0.43997		0.659315		
3	FE	0.44143		0.659228		

G8 ülke grubu panel veri tahmincileri ile yapılan öngörüler değerlendirildiğinde 1 yıllık ve 3 yıllık öngörü performanslarında en düşük MSE ve RMSE'ye sahip tahmincinin tesadüfi etkiler tahmincisi olduğu görülmektedir. İkinci olarak ise sabit etkiler tahmincisini birleşik öngörü takip etmektedir ve bu üç öngörü tahmincileri açısından en kötü performansa sahip olan sabit etkiler tahmin öngörüsü yer almaktadır.

Çalışmanın analizinde, G20 ve G8 ülke grupları için çevresel kuznets eğrisi panel veri modelleri için kullanılan değişkenlerin durağanlık analizleri yapılmıştır. Ardından G20 ülke grubuna ait modelin heterojen olduğu ve G8 ülke grubu panel veri modelinin ise homojen olduğu tespit edilmiştir. Öngörü tahmincileri olarak sabit etkiler tahmincisi, tesadüfi etkiler tahmincisi ve birleşik tahminci öngörülerini karşılaştırılması amaçlandığı için bu tahminciler ile panel veri modelleri tahmin edilmiş ve ardından 1 yıl ve 3 yıllık örnekleme kestirimler yaparak örneklem dışı öngörüler tahmin edilmiştir.

Hem G20 hem de G8 ülke grubu panel verileri için grup içi sabit etkiler tahmincisi, genelleştirilmiş en küçük kareler tesadüfi etkiler tahmincisi ve ardından sabit etkiler ve tesadüfi etkiler tahmincilerinin kombinasyonu ile geliştirilen birleşik öngörü için 1 yıllık (2020 yılı) ve 3 yıllık (2018, 2019 ve 2020 yılı) öngörü tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu öngörüler ise MSE ve RMSE performans kriterleri ile karşılaştırılmıştır.

## Sonuç

Çalışmada panel veri modelleri ile belirli tahmincilerin öngörülerinin karşılaştırılması hedeflenmektedir. Öngörü tahmincileri arasında yer alan ve Bai Huang (2019) tarafından geliştirilen birleşik öngörü tahmincisinin büyük örneklem boyutu için heterojenlik ve içsellik dereceleri açısından sabit etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performans sergilediği belirtilirken orta ve küçük örneklemelerde birleşik öngörünün tesadüfi etkiler tahmincisi öngörülerine kıyasla daha düşük MSE ve RMSE değerlerine sahip olduğu ifade edilmektedir.

Öncelikle G20 paneli için homojenlik testi yapıldığında heterojen panel veri modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sabit etkiler tahmincisinde dikkate alınan bir diğer konu ise içsellik konusu olmaktadır. G20 paneli için yapılan Durbin-Wu-Hausman içsellik testi sonucuna göre içsellik olduğu yani, bağımsız değişkenler ile hata teriminin korelasyonlu olduğuna ulaşılmıştır. Bu içsellik sorunu sabit etkiler tahmincisinde dikkate alındığı için bu tahminci ile yapılan öngörünün de iyi olduğu sonucu elde edilebilmektedir. Değerlendirilmesi gereken bir diğer konu ise birleşik öngörünün tesadüfi etkiler ile yapılan öngöründen daha iyi performans göstermesidir. Birleşik öngörü için yapılan monte carlo simülasyonları sonucunda orta ve küçük örneklem boyutlarında ve içsellik varsayımı altında tesadüfi etkiler tahmincisi öngörüsüne kıyasla daha düşük RMSE değeri elde edildiği belirtilmiştir. Bu ifadenin, heterojen ve içsellik olduğu görülen G20 panel veri modeli tahmin ve ardından öngörü sonuçları kapsamında tutarlı olduğu ve tesadüfi etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir.

G8 ülke grubu panel veri modelinin ise homojen bir yapıda olduğu ve yapılan Durbin-Wu-Hausman içsellik testi sonucu dışsallık varsayımını sağladığı görülmektedir. Bu yapı altında dışsallık olması da tesadüfi etkiler tahmincisi ile yapılan öngörünün diğerlerine kıyasla daha iyi performans sergilemesini tetiklemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken sonuç ise birleşik öngörünün sabit etkiler tahmincisi öngörüsünden daha iyi performansa sahip olmasıdır. Bu çalışmada önerilen yöntem olan birleşik öngörü yönteminin heterojenliğin ve içsellik yüksek olduğu durumda tesadüfi etkiler tahminci ile elde edilen öngöründen daha iyi performans gösterdiği ve homojen panel veri ve dışsallık olduğu durumda ise tesadüfi etkiler tahmincisinin en iyi öngörüye sahip olmasıyla birlikte, birleşik öngörünün sabit etkiler tahmincisinde daha iyi olduğuna ulaşılmaktadır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: M.Ş., T.Ü.; Veri Toplama: M.Ş., T.Ü.; Veri Analizi /Yorumlama: M.Ş., T.Ü.; Yazı Taslağı: M.Ş., T.Ü.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: M.Ş., T.Ü.; Son Onay ve Sorumluluk: M.Ş., T.Ü.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

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

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of study: M.Ş., T.Ü.; Data Acquisition: M.Ş., T.Ü.; Data Analysis/Interpretation: M.Ş., T.Ü.; Drafting Manuscript: M.Ş., T.Ü.; Critical Revision of Manuscript: M.Ş., T.Ü.; Final Approval and Accountability: M.Ş., T.Ü.

**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.

---

**ORCID:**

Mücella Şahin 0000-0002-0803-1237  
Turgut Ün 0000-0002-7660-1510

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

- Baltagi, B.H., ve Griffin J. M. (1997), Pooled Estimators vs. Their Heterogeneous Counterparts in The Context of Dynamic Demand For Gasoline. *Journal of Econometrics*, 77, 303-327.
- Baltagi, B.H., Bresson, G., Griffin, J.M., ve Pirotte, A. (2003), Homogeneous, heterogeneous or shrinkage estimators? Some empirical evidence from French regional gasoline consumption. *Empirical Economics*, 28, 795-811.
- Baltagi, B.H. (2013), Panel Data Forecasting, Handbook of Economic Forecasting, Volume 2B, ISSN 1574-0706, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-62731-5.00018-X>.
- Borhan, H., Ahmed, E.M., ve Hitam, M. (2012), The Impact of CO2 on Economic Growth in Asean 8, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 35, 389-397.
- Brucker, H., ve Siliverstovs, B. (2006), On The Estimation And Forecasting of International Migration: How Relevant is Heterogeneity Across Countries, *Empirical Economics*, 31, 735-754.
- Baltagi, B.H. (2013), Panel Data Forecasting, Handbook of Economic Forecasting, Bölüm: 18, ISSN 1574-0706.
- Çalışkan, U. (2022), Finansal Bir Birlik Olarak EUROCONTROL'de Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliği: Ekonometrik Bir Analiz, *Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(1), 305-326.
- Dam, M.M., Karakaya, E., Bulut, Ş. (2013), Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 85 – 95.
- Kömürçüyan, F. (2019), Tesadüfi Katsayılı Panel Veri Modelleri: Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güriş, S., & Şak, N. (2019), Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Toplamsal Olmayan Sabit Etkili Panel Kantil Yöntemiyle İncelenmesi. *Business and Economics Research Journal*, 10(2), 327-339.
- Huang, B., Lee, T.H., Ullah, A. (2019), A Combined Random Effect And Fixed Effect Forecast For Panel Data Models. *Journal of Management Science and Engineering*, 4, 28-44.
- Kuznets, S. (1955), Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Pesaran, M.H., Pick, A., Timmermann, A. (2022), Forecasting With Panel Data: Estimation Uncertainty Versus Parameter Heterogeneity, CESifo Working Papers, 9690.
- Timmermann, A., Zhu, Y. (2019), Comparing Forecasting Performance With Panel Data, *SSRN Electronic Journal*, 6-7, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3380755>.

**Atf Biçimi / How cite this article**

Şahin, M., & Ün, T. (2024). Forecasting performance comparison with panel data models: Environmental kuznets curve analysis. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 208–221. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1469759>