

OECD Ülkelerinde Yakınsama Hipotezinin Geçerliliği: Kalıntılarla Genişletilmiş Panel Fourier SURADF Birim Kök Testi¹

Veli YILANCI (<https://orcid.org/0000-0001-5738-690X>), Department of Financial Econometrics, Sakarya University, Turkey; e-mail: yilanci@sakarya.edu.tr

Esra CANPOLAT-GÖKÇE (<https://orcid.org/0000-0003-1447-7267>), Department of Econometrics, İnönü University, Turkey; e-mail: esra.canpolat@inonu.edu.tr

Testing the Convergence Hypothesis for OECD Countries: RALS Panel Fourier SURADF Unit Root Test²

Abstract

The main aim of this study is to improve the SURADF panel unit root test of Breur et al. (2001) by considering structural breaks and the knowledge of non-normal distributed residuals. Chang et al. (2012) introduce a new panel unit root test by allowing smooth structural breaks in SURADF test process. In this study, we also take into account of the information of the residuals that are nonnormally distributed. We test the validity of stochastic convergence among 18 OECD countries using this newly suggested test and find supportive evidence of convergence for only seven countries.

Keywords : Panel, Unit Root, SUR-ADF, Fourier, RALS.

JEL Classification Codes : C23, F15.

Öz

Bu çalışmanın amacı Breuer vd. (2001) tarafından önerilen SURADF birim kök testini yapısal değişim ve kalıntıların normal dağılmama bilgisini dikkate alan yapıya genişleterek OECD ülkeleri için gelir yakınsamasının geçerliliğini test etmektir. Breuer vd. (2001) tarafından geliştirilen panel SURADF birim kök testi, Chang vd. (2012) tarafından yumuşak kırılmalara izin verecek şekilde genişletilmiştir; bu çalışmada ise bu denklem sistemine Im ve Schmidt (2008) tarafından önerilen kalıntıların normal dağılmama bilgisinin de dâhil edildiği yeni bir test önerilmiştir. Önerilen bu yeni birim kök testi kullanılarak, seçilen OECD ülkeleri için yakınsama hipotezinin geçerliliği sınanmış ve ele alınan 18 ülkenin sadece yedisinde stokastik yakınsamanın geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Panel, Birim Kök, SUR-ADF, Fourier, RALS.

¹ Bu çalışma 2017 yılında İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalında Veli YılanCI danışmanlığında Esra Canpolat-Gökçe tarafından sunulan doktora tezinden üretilmiştir.

² This paper is based on the PhD Dissertation done by Esra Canpolat-Gökçe under the supervision of Veli YılanCI at the Department of Econometrics, Institute of Social Sciences, İnönü University in 2017.

1. Giriş

Yakınsama hipotezinin temeli Solow (1956) ve Swan (1965)'in büyüme teorilerine dayanmaktadır. Daha sonraları "neoklasik büyüme teorisi" olarak iktisadi büyüme literatüründeki yerini alan bu teorinin önemli olan özelliklerinden birisi de yakınsama hipotezidir. Yakınsama hipotezine göre az gelişmiş ülke (veya bölgelerin) gelir düzeyleri ile gelişmiş ülkelerin gelir düzeyleri arasındaki fark zamanla azalacak, böylelikle az gelişmiş ülkeler gelişmiş ülkelerin gelir düzeyini yakalayacaktır. Bu teoriye göre az gelişmiş ülkelerin gelirlerinin, gelişmiş ülkelerin gelirlerini yakalayabilmesi teknoloji, nüfus artışı ve sermaye birikiminin ekonomik sistem içerisindeki etkilerine bağlıdır. Az gelişmiş ülkeler, gelişmiş ülkelere göre daha yüksek marjinal sermaye verimliliğine sahiptirler (Barro, 1991). Gelişmiş ülkelere doğru sermaye akışı gerçekleşir. Çünkü az gelişmiş ülkelerdeki sermayenin marjinal verimliliğinin yüksekliği, sermaye sahibi için daha yüksek kâr ve iş gücü fazlalığından dolayı daha düşük maliyet anlamına gelmektedir. Az gelişmiş ülkelerdeki nüfus, sermaye sahibi için hem düşük maliyetli işgücü hem de yeni bir pazar sağlamaktadır. Bu da gelişmiş ülkelere doğru sermaye akışının haklı bir gerekçesini oluşturmaktadır. Yakınsama hipotezinin gerçekleşme sebebinin diğer bir dayanağı ise teknolojinin maliyeti ile ilgilidir. Teknolojinin gelişmiş ülkelere maliyeti hayli yüksek iken, az gelişmiş ülkelerde teknolojinin sadece kullanma maliyeti vardır. Çünkü az gelişmiş ülkeler teknoloji üretmek yerine gelişen teknolojiyi ithal etme yolunu seçerek araştırma geliştirme maliyetlerine katlanmazlar. Bu koşullar altında yakınsama hipotezi küreselleşen dünyada, ekonomik sistemler için gerçekleşme olasılığı yüksek bir hipotez haline almaktadır. Günümüzde ülkelerin serbest dış ticareti benimseyen politikaları da göz önünde bulundurulduğunda, yakınsama hipotezinin dayandığı bu sağlam gerekçeler, yakınsama hipotezini sınavan çalışmaların güncelliğini günümüzde de korumasını sağlamıştır.

Literatürde yakınsama türlerinin farklı sınıflandırmaları yer almaktadır. Ancak bu çalışmada, ampirik olarak en çok sınıanan üç yakınsama türü üzerinde durulacaktır; β (Beta) yakınsaması, σ (sigma) yakınsaması ve stokastik yakınsama.

Kişi başına gelirin büyüme oranı ile başlangıçtaki gelir düzeyi arasında negatif ilişkinin olması halinde β yakınsamasının geçerli olduğu ifade edilir (Sala-i Martin, 1996). Yani nispi olarak yoksul olan ekonomiler nispi olarak zengin ekonomilere göre daha yüksek ekonomik büyüme gösteriyorsa β yakınsamasından söz edilebilir. β yakınsamasının gerekçesi sermaye olarak fakir olan ülkede azalan getiriler yasası gereği, sermayenin marjinal verimliliğinin yüksek olacağı beklentisidir. β yakınsamasının mutlak (koşulsuz) ve koşullu olmak üzere iki farklı türü vardır. Mutlak β yakınsamasında modelde sadece gelire bağlı değişimler yer alır. Mutlak β yakınsamasının geçerliliğini sınamak amacıyla aşağıdaki regresyon kullanılmaktadır:

$$\frac{1}{T} \log \left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}} \right) = \alpha + \beta \log(Y_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

(1) numaralı regresyon modelinde yer alan T zaman aralığını göstermektedir. $Y_{i,t+T}$, i ülkesinin t zamanındaki gelirini $Y_{i,t}$ ise i ülkesinin başlangıçtaki gelirini göstermektedir. Bu denklemde β mutlak yakınsama katsayısı olup, $\beta > 0$ ise ve aynı zamanda istatistiksel olarak anlamlıysa, mutlak β yakınsamasının geçerli olduğu ifade edilebilir (Sala-i Martin, 1996). Koşullu β yakınsamasında ise ilgilenilen ülkelerin karakteristik özelliklerinin (hükümet politikaları, beşerî sermaye, teknoloji düzeyi, tasarruf oranı vb.) benzer olması durumunda β katsayısının negatif olabileceğini söylemektedir. Bu yüzden koşullu β yakınsaması modelinde ülkelerin farklı özellikleri için modele kontrol değişkeni eklenmektedir. Koşullu β yakınsaması için ise önerilen model şu şekildedir:

$$\frac{1}{T} \log \left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}} \right) = \alpha + \beta \log(Y_{i,t}) + \gamma x_{i0} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

Burada x_{i0} , ülkeler arasındaki yapısal farklılıkları gösteren kontrol değişkenidir. Tıpkı mutlak yakınsamadaki gibi β katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması koşullu yakınsama hipotezinin geçerli olduğunu gösterir.

Gelirin zamanla nasıl bir dağılım izlediğini gösteren ve literatürde sıklıkla sınıanan bir diğer yakınsama türü ise sigma yakınsamasıdır. σ yakınsaması bir grup ülkenin kişi başına reel gayri safi yurtiçi hâsıla düzeylerinin zaman içerisinde azalma eğilimi göstermesidir. $\sigma_{t+T} < \sigma_t$ ise σ yakınsaması geçerlidir. Burada yer alan σ_t , karşılaştırılan gruplar arasındaki logaritmik kişi başına gelirin t anındaki varyansının karekökünü göstermektedir.

Bir diğer yakınsama türü ise stokastik yakınsamadır. Bernard ve Durlauf (1996) ile Durlauf ve Johnson (1995) aşağıdaki gibi elde edilen değişkenin durağanlığını sınavarak, stokastik yakınsamanın test edilebileceğini ifade etmişlerdir:

$$RI_{i,t} = \ln \left(\frac{Y_{i,t}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{j,t}} \right) \quad i=1, \dots, n \quad (3)$$

Pay kısmında yer alan değişken i . ülke için kişi başına geliri gösterirken, paydada yer alan ifade ise ele alınan ülke grubunun kişi başına gelirlerinin ortalamasını göstermektedir. Elde edilen bu serinin durağan bulunması halinde, ele alınan ülke için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılır. Bernard ve Durlauf (1996) ülkelerin kişi başı gayri safi yurt içi hasılları (GSYİH) arasındaki farklılaşmaya dayanan yakınsama hipotezini test etmek için zaman serisine dayanan testler kullanmışlardır (Greasley & Oxley, 1997: 144). Bernard ve Durlauf (1996) yakınsamayı sabit bir zamandaki uzun dönem tahminlerinin eşit olması şeklinde tanımlamaktadır. Eğer sabit bir t zamanında kişi başı çıktı değerinin uzun dönem tahmini her ülke için eşitse i ve j ülkeleri yakınsıyor demektir. Bu ifadenin matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} E(y_{i,t+k} - y_{j,t+k} \mid I_t) = 0 \quad (4)$$

Burada y_i , i ülkesinin; y_j ise j ülkesinin kişi başı GSYİH'sını göstermektedir. I_t , t döneminde kullanılabilir bilgileri göstermektedir. Zaman serisi kapsamında (4) ile ifade edilen bir gösterimin test edilmesi kişi başına çıktının zaman serisi özelliklerine dayanmaktadır. $y_i - y_j$ farkı sıfır olmayan bir ortalama ya da birim kök içeriyorsa bu yakınsama hipotezinin geçerli olmadığını gösterir (Bernard & Durlauf, 1996: 170).

Yakınsamayı test eden ekonometrik çalışmaların öncüsü olarak Baumol (1986)'ın çalışması gösterilmektedir. Bu çalışma örneklem seçimi yanlışlığından dolayı DeLong (1988) tarafından ciddi bir eleştiriye maruz kalmıştır. β yakınsamasının ilk amprik uygulamalarından biri ise Barro ve Sala-i Martin (1992) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yakınsama hipotezinin birim kök testleri kullanılarak sınanması ise ilk kez Durlauf ve Johnson (1995) tarafından uygulanmıştır.

Zaman serisi analizinde literatüre yeni birim kök testlerinin kazandırılması, yakınsama hipotezini sınavan çalışmaların da artmasına sebep olmuştur. Li ve Papell (1999) yapmış oldukları çalışmada, içsel olarak belirlenen tek yapısal değişime izin veren ADF tipi birim kök testini kullanarak 16 OECD ülkesinde (Avusturalya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, İsveç, İsviçre, İngiltere ve Amerika) 1900-1989 dönemi için yakınsama hipotezinin geçerli olup olmadığını incelemişlerdir. Bu çalışmada, ele alınan ülkelerin yarısında (Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, Hollanda, İsveç, İsviçre) bu hipotezin geçerli olduğu bulunmuştur. Yapısal değişime izin veren birim kök testini kullanarak yakınsama hipotezini OECD ülkeleri için sınavan bir başka çalışma ise Strazicich vd. (2004) tarafından yapılmıştır. Strazicich vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada iki kırılmaya izin veren ve kırılmaların içsel olarak belirlendiği birim kök testi geliştirilerek 1870-1994 dönemi için 15 OECD ülkesinde (Avusturalya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, İsveç, İngiltere ve Amerika) yakınsama hipotezi sınanmıştır. Yapılan çalışmada 15 ülkenin beşinde yakınsama hipotezi geçerli değilken (Avusturalya, İtalya, Yeni Zelanda, İsveç, İngiltere), geri kalan ülkelerde yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Margaritis vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada 1960-2001 dönemi için OECD ülkelerinden oluşan panel veri setine Madala ve Wu (1999) tarafından önerilen panel birim kök testi uygulanarak yakınsama hipotezi sınanmıştır. Emek verimliliği ve kişi başı GSYİH değişkenlerinin yakınsamasının incelendiği çalışmada panelin geneli için hem emek verimliliği hem de kişi başı GSYİH değişkenlerinin yakınsadığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışmada ülkeler bireysel olarak ele alındığında Amerika, İngiltere ve Japonya'nın hem emek verimliliği hem de kişi başı GSYİH değişkenleri için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İspanya'nın her iki gelir düzeyinde yakınsadığı sonucuna ulaşılırken Avusturya ve İtalya da sadece emek verimliliği için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Raza ve Zahra, 2008 yılında yaptıkları çalışmada, Avrupa Birliğine üye 10 ülkenin 1995-2005 dönemi için yakınsama hipotezinin geçerliliğini LLC, IPS ve Maddala-Wu panel birim kök testlerini kullanarak sınımışlardır. Bu çalışmada, Avrupa Birliğine yeni üye 10 ülkenin gelirinin Avrupa Birliğinin gelir ortalamasına yakınsadığı sonucuna ulaşılmıştır. Chang ve Lee (2009) tarafından yapılan ve kişi başı karbon tüketimi verisinin yakınsamasının panel birim kök testi kullanılarak sınıandığı çalışmada ülke grubu

olarak OECD'ye üye ülkeler ele alınmıştır. Bu çalışmada 1950-2002 dönemi için 21 OECD ülkesinin kişi başı karbondioksit verisi kullanılarak stokastik yakınsama hipotezinin geçerliliği sınanmıştır. Carrion-i Silvestre vd. (2005) tarafından önerilen çoklu yapısal değişimleri dikkate alan panel durağanlık testinin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar ele alınan panel seti için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucunu göstermektedir. Meng vd. (2013) tarafından yapılan stokastik yakınsamanın sınanıldığı çalışmada ise içsel olarak iki yapısal değişime izin veren LM ve RALS-LM birim kök testleri kullanılmıştır. 25 OECD ülkesi için 1960-2010 döneminde kişi başı enerji kullanımının yakınsamasının incelendiği bu çalışmada yakınsama hipotezinin geçerli olduğuna dair önemli bulgular elde edilmiştir. OECD ülkelerinin yakınsama durumlarını inceleyen bir başka çalışma Yeşilyurt (2014) tarafından yapılmıştır. İkili karşılaştırma tekniği kullanılarak yapılan bu çalışmada 27 OECD üye ülkesi arasında yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gadea Rivas ve Sanz Villorroya (2017) kantil regresyon tekniğini kullanarak 21 OECD ülkesi arasındaki yakınsama ilişkisini panel kantil regresyon tekniği ile incelemişlerdir ve yakınsama hipotezinin bu ülkeler için geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mishra ve Mishra (2018) yaptıkları çalışmada 1960-2012 dönemleri için Hindistan'ın 17 büyük gelişmiş ekonomiye sahip şehri için Carrion-i Silvestre vd. (2005) tarafından geliştirilen birim kök testini kullanarak yakınsama hipotezini sınamışlardır. Yakınsama hipotezinin, kullandıkları panel için geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu çalışmada, kalıntılarla genişletilmiş Fourier SURADF (RALS-FSURADF) birim kök testi literatüre kazandırılmış ve bu panel birim kök testi kullanılarak 18 OECD ülkesinde stokastik yakınsamanın geçerliliği sınanmıştır. Çalışmanın sonraki bölümünde veri seti ve önerilen yöntem tanıtılmıştır. 3. kısımda elde edilen bulgulara yer verilerek bulguların değerlendirildiği sonuç kısmı ile çalışma tamamlanmıştır.

2. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada OECD'ye üye 18 ülkenin (Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Fransa, Yunanistan, İrlanda, İtalya, İzlanda, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri) 1960-2015 dönemini kapsayan Kişi Başına Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (KBGSYİH) verisi kullanılarak, ele alınan ülkeler arasındaki stokastik yakınsamanın varlığı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri setine Dünya Bankası veri tabanından erişilmiştir. Her ülkeye ait veri, 18 OECD ülkesinin ortalama KBGSYİH değerine bölündükten sonra logaritması alınarak, analizde kullanılacak veri elde edilmiştir.

2.1. Kalıntılarla Genişletilmiş Fourier SUR-ADF Birim Kök Testi

Breuer vd. (2001)'ün çalışmasında, genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi denklemlerinden oluşan denklem sistemini Zellner (1962)'in önermiş olduğu görünürde ilişkisiz regresyon (Seemingly Unrelated Regression-SUR) yöntemi ile tahmin etmek suretiyle SURADF panel birim kök testi geliştirilmiştir. SURADF panel birim kök testini uygulamak için aşağıda gösterilen ADF denklem sistemi SUR ile tahmin edilir:

$$\begin{aligned}
 \Delta y_{1,t} &= \alpha_1(t) + (\rho_1 - 1)y_{1,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{1,t-i} + u_{1,t} \\
 \Delta y_{2,t} &= \alpha_2(t) + (\rho_2 - 1)y_{2,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{2,t-i} + u_{2,t} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 \Delta y_{N,t} &= \alpha_N(t) + (\rho_N - 1)y_{N,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{N,t-i} + u_{N,t}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$i=1,2,\dots,N$ ve $t=1,2,\dots,T$ olmak üzere ρ_i , i . birim için otoregresif katsayısı göstermektedir. Buradaki denklem sisteminde, her bir $(\rho_i - 1)$ katsayısının anlamlılığı sınanır. (5) nolu denklem yapısındaki $\alpha_i(t)$ zamana bağlı olan deterministik bileşendir. Deterministik bileşenin bilinmediği durumda bu bileşenin yapısının yanlış modellenmesi incelenen değişkenin durağanlık sürecinin hatalı tespit edilmesine sebep olacaktır. $\alpha_i(t)$ bileşeni Enders ve Lee (2012) tarafından Fourier fonksiyonu kullanılarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$\alpha_i(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_k \sin(2\pi kt/T) + \sum_{k=1}^n b_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right); \quad n \leq T/2 \tag{6}$$

Burada n frekans sayısını, k tipik bir frekansı, T ise gözlem sayısını göstermektedir. Frekans sayısı olan n değerinin büyük olması halinde regresyon modelinde serbestlik derecesi ve aşırı belirlenme problemleri ile karşılaşılabilir (Enders & Lee, 2012: 197). Bu yüzden Enders ve Lee (2012) deterministik bileşenin $n=1$ olacak şekilde modellenmesini önermişlerdir. Chang vd. (2012) çalışmasında da deterministik bileşen, Enders ve Lee (2012)'nin önerisi takip edilerek, tek frekans şeklinde modellenmiştir. Fourier fonksiyonları kullanılarak hesaplanan deterministik bileşenler (5) numaralı sistemde gösterilen yapıya eklenerek Fourier ADF regresyonları tek frekans için aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$\begin{aligned}
 \Delta y_{1,t} &= \mu_1 + \beta_1 t + (\rho_1 - 1)y_{1,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{1,t-i} + \alpha_{11} \sin\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + b_{11} \cos\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + u_{1,t} \\
 \Delta y_{2,t} &= \mu_2 + \beta_2 t + (\rho_2 - 1)y_{2,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{2,t-i} + \alpha_{12} \sin\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + b_{12} \cos\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + u_{2,t} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 \Delta y_{N,t} &= \mu_N + \beta_N t + (\rho_N - 1)y_{N,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{N,t-i} + \alpha_{1N} \sin\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + b_{1N} \cos\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + u_{N,t}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Bu sistemde yer alan denklemlerden elde edilen hataların normal dağılmadığı durumlarda SUR tahminleri etkinlik kaybına uğrayabilirler (Zellner, 1962). Normal

dağılmayan kalıntıların varlığı durumunda güçlü tahminciler elde etmek için Im vd. (1996) tarafından önerilen kalıntılarla genişletilmiş en küçük kareler (Residual augmented least square-RALS) tahmincisi kullanılabilir. Im ve Schmidt (2008), kalıntıların normal dağılmadığı durumda tahmincinin etkinliğinin artması için bağımsız değişkenlere bağlı olmayan daha yüksek mertebeli momentlerin kullanılmasını önermişlerdir. RALS tahmincisi kalıntıların fonksiyonu şeklinde elde edilebilir (Im & Schmith, 2008). (7) nolu denklem sisteminde yer alan Fourier fonksiyonlu SURADF yapısına RALS terimlerini dâhil edebilmek için paneldeki her birim için kalıntılardan elde edilmiş seri aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$\begin{aligned}
 \widehat{w}_{1t} &= [\widehat{u}_{1t}^3 - 3\widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{1t}}^2 \widehat{u}_{1t}, \widehat{u}_{1t}^2 - \widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{1t}}^2]' \\
 \widehat{w}_{2t} &= [\widehat{u}_{2t}^3 - 3\widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{2t}}^2 \widehat{u}_{2t}, \widehat{u}_{2t}^2 - \widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{2t}}^2]' \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 \widehat{w}_{Nt} &= [\widehat{u}_{Nt}^3 - 3\widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{Nt}}^2 \widehat{u}_{Nt}, \widehat{u}_{Nt}^2 - \widehat{\sigma}_{\widehat{u}_{Nt}}^2]' \quad (8)
 \end{aligned}$$

Normal dağılmama bilgisini, model yapısında kullanabilmek için elde edilen kalıntı fonksiyonlarından oluşturulmuş \widehat{w}_{Nt} serileri Fourier fonksiyonlu SURADF denklem sistemine dâhil edilir. Böylece normal dağılmayan kalıntıların varlığı durumunda diğer tahmin yöntemlerinden elde edilen sonuçlardan daha güçlü sonuçlar elde edilebilir. SUR modelindeki kalıntılardan oluşturulan bu serilerin sistem içerisine dâhil edilmesiyle elde edilen yeni denklem sistemi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\begin{aligned}
 \Delta y_{1,t} &= \mu_1 + \beta_1 t + (\rho_1 - 1)y_{1,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{1,t-i} + \alpha_{11} \sin\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + b_{11} \cos\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + \gamma_1' \widehat{w}_{1t} + u_{1,t} \\
 \Delta y_{2,t} &= \mu_2 + \beta_2 t + (\rho_2 - 1)y_{2,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{2,t-i} + \alpha_{12} \sin\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + b_{12} \cos\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + \gamma_2' \widehat{w}_{1t} + u_{2,t} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 \Delta y_{N,t} &= \mu_N + \beta_N t + (\rho_N - 1)y_{N,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{N,t-i} + \alpha_{1N} \sin\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + b_{1N} \cos\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + \gamma_N' \widehat{w}_{1t} + u_{N,t} \quad (9)
 \end{aligned}$$

$(\rho_i - 1) = \emptyset_i$, $i=1,2,\dots,N$ olmak üzere denklem sistemi aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir:

$$\begin{aligned}\Delta y_{1,t} &= \mu_1 + \beta_1 t + \phi_1 y_{1,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{1,t-i} + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + b_1 \cos\left(\frac{2\pi k_1 t}{T}\right) + \\ &\gamma_1' \widehat{w}_{1t} + u_{1,t} \\ \Delta y_{2,t} &= \mu_2 + \beta_2 t + \phi_2 y_{2,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{2,t-i} + \alpha_2 \sin\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + b_2 \cos\left(\frac{2\pi k_2 t}{T}\right) + \gamma_2' \widehat{w}_{1t} + \\ &u_{2,t} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \Delta y_{N,t} &= \mu_N + \beta_N t + \phi_N y_{N,t-1} + \sum_i^{\rho_i} \delta_i \Delta y_{N,t-i} + \alpha_N \sin\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + b_N \cos\left(\frac{2\pi k_N t}{T}\right) + \\ &\gamma_N' \widehat{w}_{1t} + u_{N,t}\end{aligned}\quad (10)$$

(10) numaralı denklem sistemi Fourier fonksiyonlu kalıntılarla genişletilmiş SURADF (RALS-FSURADF) denklem sistemidir. Bu model yapısında ϕ_i parametresinin anlamlılığı sınanarak birim kökün varlığı test edilebilir. Uygun frekans sayısını belirlemek için k için 1'den 5'e kadar frekans değerleri kullanılarak model tahminleri yapılır ve minimum kalıntı karelerini veren değer uygun frekans olarak kabul edilir. Modelde uygun gecikme uzunluğu ise bilgi kriterleri kullanılarak tespit edilebilir.

(10) numaralı denklem sisteminin SUR tahminlerinden elde edilen her bir ϕ_i için hesaplanan t-istatistikleri belirlenen N tane temel hipotez için test istatistiklerini verir. Kritik değerler; örneklem boyutu, paneldeki birim sayısı, gecikme yapısı, seriler için tahmin edilen kovaryans matrisi ve frekans sayısına göre belirlendiği için özyleneme ile elde edilir.

3. Ampirik Bulgular

Ele alınan 18 OECD ülkesinde stokastik yakınsamanın geçerliliğinin sınıandığı bu çalışmada öncelikle bireysel ADF birim kök test istatistiklerinin ortalamasına dayanan ve Im vd. (2003) tarafından literatüre kazandırılan IPS panel birim kök testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 1'de raporlanmıştır:

Tablo 1'de yer alan ADF birim kök test sonuçlarına göre, İzlanda, Belçika, Danimarka, Fransa ve Amerika'nın RI serisi için birim kök temel hipotezi reddedilmiştir yani bu ülkelerde yakınsama hipotezi geçerlidir. Geri kalan ülkelerde ise birim kök temel hipotezi reddedilememiş, yakınsama hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. IPS panel birim kök testi sonucuna göre ise panelin birim köklü olduğu temel hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuç, paneldeki en az bir birimin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 1
ADF ve IPS Birim Kök Testi Sonuçları

Birimler	t-istatistiği	Prob.	E(t)	E(Var)	Gecikme	Gözlem Sayısı
Avusturya	-2.0803	0.2532	-1.522	0.777	1	54
Belçika	-3.0335**	0.0381	-1.522	0.777	1	54
Kanada	-1.9246	0.3189	-1.523	0.755	0	55
Danimarka	-2.9088*	0.0509	-1.522	0.777	1	54
İspanya	-2.4425	0.1353	-1.522	0.777	1	54
Fransa	-2.6342*	0.0925	-1.522	0.777	1	54
Yunanistan	-2.1107	0.2414	-1.522	0.777	1	54
İrlanda	0.0675	0.9603	-1.523	0.755	0	55
İzlanda	-3.6539***	0.0077	-1.522	0.777	1	54
İtalya	-2.3083	0.1731	-1.523	0.755	0	55
Lüksemburg	-1.0959	0.7112	-1.522	0.777	1	54
Hollanda	-2.5271	0.1148	-1.522	0.777	1	54
Norveç	-1.7208	0.4153	-1.522	0.777	1	54
Portekiz	-1.8818	0.3382	-1.522	0.777	1	54
İsveç	-1.6968	0.4272	-1.523	0.755	0	55
İsviçre	-1.9713	0.2983	-1.523	0.755	0	55
Türkiye	-1.4438	0.5543	-1.523	0.755	0	55
Amerika	-2.7257*	0.0763	-1.522	0.777	1	54
Ortalamalar	-2.1162		-1.522	0.769		
Im, Pesaran, Shin W-İstatistiği						
İstatistik: -2,87295***			Prob: 0.0020			

Not: *, %10 düzeyinde, **%5 düzeyinde, *** %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 2’de SURADF panel birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Bu test her bir birimin durağanlığı hakkında bilgi vermektedir. Bu sonuçlara göre; Amerika, Avusturya, Belçika, Danimarka, Lüksemburg ve Yunanistan için birim kök temel hipotezi reddedilmiştir. Bu ülkeler için stokastik yakınsamanın geçerli olduğu ifade edilebilir.

Tablo 2
SURADF Birim Kök Testi Sonuçları

Ülkeler	Gecikme Sayısı	Test İstatistiği	% 1	Kritik Değerler		
				% 5	% 10	
Avusturya	1	-5.674**	-5.903	-4.945	-4.435	
Belçika	2	-7.022***	-6.380	-5.344	-4.845	
Kanada	1	-3.196	-5.504	-4.455	-3.908	
Danimarka	2	-6.303**	-6.872	-5.805	-5.280	
İspanya	2	-4.633	-6.083	-5.153	-4.655	
Fransa	1	-4.303	-6.041	-4.960	-4.373	
Yunanistan	2	-3.896*	-5.196	-4.245	-3.786	
İrlanda	1	0.02534	-5.462	-4.499	-3.962	
İzlanda	1	-3.731	-5.728	-4.481	-3.829	
İtalya	1	-3.261	-5.803	-4.713	-4.183	
Lüksemburg	2	-1.133	-6.276	-5.142	-4.673	
Hollanda	2	-8.001***	-5.757	-4.816	-4.314	
Norveç	3	-1.777	-5.548	-4.634	-4.160	
Portekiz	2	-3.026	-6.230	-5.191	-4.692	
İsveç	2	-2.072	-6.489	-5.465	-4.897	
İsviçre	1	-1.899	-5.907	-4.959	-4.468	
Türkiye	2	-1.949	-6.453	-5.346	-4.837	
Amerika	2	-5.633***	-5.055	-4.197	-3.685	

*, %10 düzeyinde; **, %5 düzeyinde; ***, %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 3, Fourier-SURADF panel birim kök testi sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre Belçika, Danimarka, Fransa, İtalya ve Hollanda’nın RI serisi durağandır. Bu ülkelerin gelirleri grup ortalamasına yakınsamaktadır. Diğer ülkelerin RI serisi durağan olmadığı için bu ülkeler için yakınsama hipotezinin geçerli olmadığı ifade edilir.

Tablo 3
Fourier Fonksiyonlu SURADF Birim Kök Testi Sonuçları

Ülkeler	Frekans Sayısı	Gecikme Sayısı	Test istatistiği	Kritik Değerler		
				%1	%5	%10
Avusturya	3	1	-4.265	-5.918	-4.962	-4.493
Belçika	3	2	-6.032**	-6.123	-5.172	-4.654
Kanada	2	1	-3.504	-5.667	-4.624	-4.097
Danimarka	3	2	-6.418**	-6.720	-5.682	-5.105
İspanya	3	2	-4.070	-6.108	-5.150	-4.619
Fransa	1	1	-5.517**	-6.221	-5.199	-4.610
Yunanistan	3	2	-3.243	-5.065	-4.037	-3.581
İrlanda	2	1	0.366	-5.591	-4.540	-4.026
İzlanda	5	1	-3.417	-5.326	-4.146	-3.651
İtalya	1	1	-5.515**	-5.977	-4.877	-4.384
Lüksemburg	3	2	-0.038	-6.559	-5.188	-4.577
Hollanda	3	2	-7.898***	-5.848	-4.798	-4.264
Norveç	2	3	-1.552	-5.650	-4.666	-4.177
Portekiz	3	2	-2.612	-6.228	-5.097	-4.556
İsveç	1	2	-4.917	-7.248	-6.052	-5.467
İsviçre	5	1	-2.158	-5.806	-4.805	-4.361
Türkiye	5	2	-1.426	-6.005	-4.749	-4.202
Amerika	3	2	-3.158	-5.348	-4.278	-3.771

* , %10 düzeyinde, **%5 düzeyinde, *** %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4, RALS-FSURADF birim kök testi sonuçlarını vermektedir. Bu sonuçlara göre Belçika, Danimarka, Fransa, Yunanistan, Hollanda, İtalya ve İzlanda'nın RI serisi durağandır, dolayısıyla bu ülkeler için yakınsama hipotezi geçerliken diğer ülkeler için yakınsama hipotezi geçerli değildir.

Tablo 4
Kalıntılarla Genişletilmiş Fourier Fonksiyonlu SURADF Birim Kök Testi Sonuçları

Ülkeler	Frekans Sayısı	Gecikme Sayısı	Test istatistiği	Kritik Değerler		
				%1	%5	%10
Avusturya	3	1	-3.763	-6.641	-5.376	-4.825
Belçika	3	2	-5.705**	-5.719	-4.606	-3.981
Kanada	1	4	-2.936	-6.534	-5.498	-4.982
Danimarka	3	2	-5.600**	-5.968	-4.869	-4.379
İspanya	3	2	-3.252	-5.981	-4.691	-4.116
Fransa	1	1	-5.501*	-7.026	-5.897	-5.281
Yunanistan	2	2	-3.668*	-5.323	-4.121	-3.498
İrlanda	5	1	0.956	-5.569	-4.592	-4.095
İzlanda	2	1	-4.057*	-5.624	-4.476	-3.873
İtalya	1	1	-5.953**	-6.782	-5.765	-5.213
Lüksemburg	3	2	0.248	-6.131	-4.991	-4.413
Hollanda	3	2	-6.909***	-5.569	-4.532	-3.998
Norveç	4	2	-2.196	-5.439	-4.505	-3.978
Portekiz	4	2	-3.568	-5.430	-4.257	-3.720
İsveç	1	2	-4.326	-6.240	-5.248	-4.753
İsviçre	5	1	-2.345	-5.907	-5.027	-4.524
Türkiye	1	2	-3.614	-7.830	-6.508	-5.867
Amerika	3	2	-3.270	-5.257	-4.122	-3.589

* , %10 düzeyinde, **%5 düzeyinde, *** %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Uygulanan birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle, elde edilen bu sonuçlar Tablo 5' de özetlenmiştir.

Tablo: 5
Ülkelerin Gelirlerinin OECD Ortalamasına Yakınsaması

Birim Kök Testleri Sonucunda RI Serisi Durağan Çıkan Birimler				
ADF	IPS	SURADF	FSURADF	RALS-FSURADF
Belçika, Danimarka, Fransa, İzlanda, Amerika	Panel Durağan	Avusturya, Belçika, Danimarka, Yunanistan, Hollanda, Amerika	Belçika, Danimarka, Fransa, İtalya, Hollanda	Belçika, Danimarka, Fransa, Yunanistan, İzlanda, İtalya, Hollanda

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürde yapılan çalışmalardan farklılık göstermektedir. OECD ülkeleri için birim kök testleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, yakınsama hipotezinin geçerli olduğu ülkeler ile bu çalışmada yakınsama hipotezinin geçerli olduğu ülkeler farklılaşmaktadır (Örn, Li & Papell; 1999 & Strazicich vd., 2004). Bu çalışmanın literatürde yapılan çalışmalara göre birden fazla üstünlüğü vardır. Kullanılan birim kök testinde yapısal değişimleri hassas bir şekilde yakalayabilen Fourier fonksiyonu kullanılmıştır. Test, yatay kesit bağımlılığına izin vermekte ve kalıntıların normal dağılmaması halinde, bu bilgiyi kullanarak daha etkin tahminçiler elde edilmesi sağlamaktadır. Kullanılan birim kök testinin diğer bir üstünlüğü ise paneli oluşturan her bir birimin durağanlığı hakkında ayrı ayrı bilgi veriyor olmasıdır.

4. Sonuç

Solow (1956) tarafından önerilen neo klasik büyüme modeli, farklı ülkelerin uzun dönemli davranışlarını incelemede önemli katkılar sunmuştur. Ülkeler arasındaki yakınsama durumunu temel alan yakınsama hipotezinin sınanması çabaları, uygulama alanının da gelişmesini sağlamıştır (Strazicich vd., 2004). Farklı ekonometrik teknikler kullanılarak farklı yakınsama türleri sınanabilmektedir. Bernard ve Durlauf (1996) tarafından yapılan çalışma, zaman serisi birim kök tekniklerini kullanarak, stokastik yakınsama türü olarak adlandırılan yakınsama türünü sınanan çalışmaların başlangıcını oluşturmaktadır. Hızla gelişen birim kök testi literatürü ile birlikte stokastik yakınsamayı sınanan çalışma sayısında da artış olmuştur.

Bu çalışmada stokastik yakınsama hipotezi, literatüre kazandırılan RALS-FSURADF birim kök testi ile sınanmıştır. Bu birim kök testinde yapısal değişimler Fourier fonksiyonları ile dikkate alınmaktadır, bu sayede yapısal değişimlerin yapısının, sayısının ve konumunun bilme gerekliliği ortadan kalkmaktadır. Öte yandan kullanılan RALS tahminçisi ile kalıntıların normal dağılmadığı durumlarda bu bilgi de kullanılarak daha güçlü bir test üretilmiştir. Testin diğer avantajları ise yatay kesitsel bağımlılığı dikkate alması ve paneldeki her birimin durağanlığı hakkında bilgi vermesidir.

Çalışmada bu testin yanı sıra ADF, IPS, SURADF, FSURADF birim kök testleri de kullanılarak OECD'ye üye 18 ülkede yakınsamanın geçerliliği incelenmiştir. Bireysel olarak her bir seriye uygulanan ADF birim kök testi sonucuna göre Belçika, Danimarka, Fransa, İzlanda ve Amerika grup ortalamasına yakınsamaktadır. IPS panel birim kök testi sonucuna göre panelin geneli için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılmaktadır.

SURADF birim kök testi sonucuna göre Avusturya, Belçika, Danimarka, Yunanistan, Hollanda, Amerika ülkeleri için yakınsama hipotezi geçerlidir. Diğer ülkeler de ise yakınsama hipotezinin geçerliliği için gerekli olan durağanlık şartı sağlanmamaktadır. Yapısal değişimlere izin veren FSURADF birim kök testi sonucuna göre Belçika, Danimarka, Fransa, İtalya, Hollanda ülkeleri için yakınsama hipotezi geçerlidir. Yapısal değişimleri dikkate alan ve kalıntıların normal dağılmadığı durumlarda güçlü sonuçlar veren RALS-FSURADF panel birim kök testi sonucuna göre Belçika, Danimarka, Fransa, Yunanistan, İzlanda, İtalya ve Hollanda için yakınsama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda seçilen ülkelerin yarısından fazlası için OECD'nin grup ortalamasına yakınsama durumunun gerçekleşmediği görülmektedir. Bu durum OECD'ye üye ülkelerin birliğin hedeflerini ve stratejilerini gözden geçirmeleri gerekliliğini ortaya koymaktadır. Uluslararası bir ekonomik birlik olan OECD, üye ülkelerin koordineli şekilde kalkınmasını hedeflemektedir. Üyeleri arasında eşit zamanlı finansal istikrarın sağlanması başlıca amaçları arasında yer almaktadır. Ancak analize dâhil edilen ülkelerin yarısından fazlasında yakınsama hipotezinin geçerli olmadığı sonucu, birliğin amacına ulaşmasını zorlaştıracak bir etkidir. Yakınsama hipotezinin geçerli olmadığı ülkelerde yerli politikalar ve kararlar küreselleşmeden uzaklaştırıcı bir etkiye sebep olmuş olabilir. Ayrıca son zamanlarda tüm dünyada küreselleşme noktasında ortaya çıkan sorunlar doğrultusunda ülkeler artık içe kapanma stratejileri uyguluyor olabilirler. Dünyadaki küreselleşmenin hızının artışıyla önemli paya sahip olan OECD gibi birliklerin üyelerinin farklı politikalar izlemesi, ilerleyen zamanlarda dünya düzeninin küreselleşme çizgisinden çıkarak sınırların belirginleştiği bir dünya düzenine geçileceğinin sinyalleri olarak görülebilir.

Kaynaklar

- Barro, R.J. & X. Sala-i Martin (1992), "Convergence", *Journal of Political Economy*, 100, 223-251.
- Barro, R.J. (1991), "Economic Growth in a Cross-Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Baumol, W.J. (1986), "Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long Run Data Show", *American Economic Review*, 76, 1072-1085.
- Bernard, A.B. & S.N. Durlauf (1996), "Interpreting Tests of the Convergence Hypothesis", *Journal of Econometrics*, 71, 161-173.
- Breuer, J.B. & R. McNown & M.S. Wallace (2001), "Misleading Inferences from Panel Unit-Root Tests with an Illustration from Purchasing Power Parity", *Review of International Economics*, 9(3), 482-493.
- Carrion-i-Silvestre, L.J. & D. Barrio-Castro & E. López-Bazo (2005), "Breaking the panels: an application to the GDP per capita", *The Econometrics Journal*, 8(2), 159-175.
- Chang, T. & C-H. Lee & P. Chou & S-C. Wang (2012), "Purchasing Power Parity for Transition Countries", *Eastern European Economics*, 50(4), 42-59.
- De Long, J.B. (1988), "Productivity growth, convergence, and welfare: comment", *The American Economic Review*, 78(5), 1138-1154.
- Durlauf, S.N. & P.A. Johnson (1995), "Multiple regimes and cross-country growth: Theory and policy implications", *Journal of Political Economy*, 98, 1008-1038.
- Enders, W. & J. Lee (2012), "The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests", *Economics Letters*, 117(1), 196-199.

- Gadea Rivas, M.D. & I. Sanz Villarroya (2017), "Testing the convergence hypothesis for OECD countries: A reappraisal", *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 11(2017-4), 1-22.
- Greasley, D. & L. Oxley (1997), Time-series based tests of the convergence hypothesis: Some positive results", *Economics Letters*, 56, 143-147.
- Im, K.S. & M.H. Pesaran & Y. Shin (2003), "Testing for unit roots in heterogeneous panels", *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Im, K.S. & P. Schmidt (2008), "More efficient estimation under non-normality when higher moments do not depend on the regressors, using residual augmented least squares", *Journal of Econometrics*, 144(1), 219-233.
- Im, K.S. (1996), *Least square approach to non-normal disturbances*, (No. 9603), Faculty of Economics, University of Cambridge.
- Lee, C-C. & C-P. Chang (2009), "Stochastic convergence of per capita carbon dioxide emissions and multiple structural breaks in OECD countries", *Economic Modelling*, 26, 1375-1381.
- Li, Q. & D. Papell (1999), "Convergence of international output time series evidence for 16 OECD countries", *International Review of Economics & Finance*, 8(3), 267-280.
- Maddala, G.S. & S. Wu (1999), "A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test", *Oxf Bull Econ Stat*, 61, 631-652.
- Margaritis, D. & R. Fare & S. Grosskopf (2007), "Productivity, convergence and policy: a study of OECD countries and industries", 28(1-2), 87-105.
- Meng, M. & J.E. Payne & J. Lee (2013), "Convergence in per capita energy use among OECD countries", *Energy Economics*, 36, 536-545.
- Mishra, A. & V. Mishra (2018), "Re-examination of convergence hypothesis among Indian states in panel stationarity testing framework with structural breaks", *Applied Economics*, 50(3), 268-286.
- Reza, R. & K.T. Zahra (2008), "Evaluation of the Income Convergence Hypothesis in Ten New Members of the European Union. A Panel Unit Root Approach", *Panaeconomicus*, 2, 157-166.
- Sala-i-Martin, X. (1996), "The classical approach to convergence analysis", *The Economic Journal*, 106(437), 1019-1036.
- Solow, R.M. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Strazicich, M.C. & J. Lee & E. Day (2004), "Are incomes converging among OECD countries? Time series evidence with two structural breaks", *Journal of Macroeconomics*, 26(1), 131-145.
- Swan, T.W. (1956), "Economic Growth and Capital Accumulation", *Economic Record*, November, 32, 334-361.
- Yeşilyurt, F. (2014), "Yakınsama Hipotezinin OECD Ülkelerinde İkili Yaklaşımla Test Edilmesi", *Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27, 349-358.
- Zellner, A. (1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 348-368.