



Cilt / Volume: 12, Sayı / Issue: 24, Sayfalar / Pages: 452-479

Araştırma Makalesi / Research Article

Received / Alınma: 13.06.2022

Accepted / Kabul: 31.10.2022

GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE EKONOMİK BÜYÜME: CES VE TRANSLOG ÜRETİM FONKSİYONU YAKLAŞIMI*

Hülya BAŞEĞMEZ¹

Öz

Bu çalışma, temelde üretim sürecinde kullanılan emek girdisi artırılarak dış borç alma gereksiniminin bir dereceye kadar azaltılabileceği varsayımına dayanmaktadır. Çalışmada, CES üretim fonksiyonu ve translog üretim fonksiyonunu kullanarak sermaye, emek ve enerji tüketimi girdi faktörleri ile gelişmekte olan 22 ülke için ekonomik girdi faktörlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmada analiz için 1980-2016 dönemine ait veri seti kullanılmıştır. Translog üretim fonksiyonuna ait parametrelerin kestirimi için Ridge regresyon yöntemi, CES üretim fonksiyonuna ait parametrelerin kestirimi için ise doğrusal olmayan optimizasyon tekniklerinden faydalanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, gelişmekte olan ülkelerdeki yetersiz sermaye birikiminin dış borç kullanılarak telafi edilmesinin doğru olmayacağı söylenebilir. Bu bağlamda, gelişmiş ülkelere ait üretim fonksiyonunda yer alan sermaye – emek – enerji tüketimi gereksinimlerinin gelişmekte olan ülkelerde farklı ağırlıklarda düşünülebilir. Böylece, dış borç alma gereksinimi azaltılabilir.

Anahtar Kelimeler: Üretim Fonksiyonu, Panel Veri Analizi, Ekonomik Büyüme, Dış Borç, Gelişmekte Olan Ülkeler.

Jel Kodları: C01, C02, C13, C23.

*Bu çalışma, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Prof. Dr. İsmail Hakkı Armutlulu danışmanlığında hazırlanan "Üretim Fonksiyonunun Kestirimi Üzerine Bir Çalışma" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

¹Dr. Öğr. Üyesi Hülya BAŞEĞMEZ, Beykent Üniversitesi, E-posta: hulyabasegmez@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7768-1666.

Atıf/Citation

Başegmez, H. (2022). Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme: CES ve Translog üretim fonksiyonu yaklaşımı. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(24), 452-479.

ECONOMIC GROWTH IN DEVELOPING COUNTRIES: CES AND TRANSLOG PRODUCTION FUNCTION APPROACH

Abstract

This study is based on the assumption that the need for external borrowing can be reduced to some extent by increasing the labor input used in the production process. In the study, it is aimed to investigate the effect of capital, labor and energy consumption input factors and economic input factors on economic growth for 22 developing countries by using the CES production function and the translog production function. In the study, dataset for the period 1980-2016 were used for analysis. Ridge regression method was used for the estimation of the parameters of the Translog production function, and nonlinear optimization techniques were used for the estimation of the parameters of the CES production function. As a result of the analysis, it can be said that it would not be correct to compensate for the insufficient capital accumulation in developing countries by using foreign debt. In this context, the capital - labor - energy consumption requirements in the production function of developed countries can be considered in different weights in developing countries. Thus, the need for external borrowing can be reduced.

Keywords: Production Function, Panel Data Analysis, Economic Growth, Developing Countries.

Jel Codes: C01, C02, C13, C23.

1. GİRİŞ

Üretim, en geniş tanımıyla mal ve hizmetleri kullanarak yeni mal ve hizmet üretme eylemidir (Eğilmez, 2016: 110). Üretim sürecinde kullanılan ve üretimin yapılmasına imkan veren kaynaklar ise üretim faktörleri olarak adlandırılır (Besanko ve Braeutigam, 2010). Neoklasik gelenekte üretim faktörlerinin çıktılara dönüştürülmesi için kullanılan matematiksel ifadelerle üretim fonksiyonu adı verilmektedir (Songur, 2019). Üretim fonksiyonları, bir işletmede yer alan çeşitli üretim tekniklerinden en etkin olanının seçilmesi varsayımına dayanır. Buna göre, üretimin artırılabilmesi bu faktörlerden en az birinin artırılması ile mümkündür.

Üretim fonksiyonu kavramı, önemli birçok kavramı da bünyesinde barındırmaktadır. Bu kavramlar içerisinde en önemli olanlardan biri fonksiyonun homojenlik derecesine göre belirlenen ölçeğe göre getiri kavramıdır. Bir üretim fonksiyonunun homojenlik derecesi, iktisadi olarak ele alındığında, bütün girdilerin belli bir oranda artırılması durumunda toplam üretimde meydana gelen nihai artışa göre belirlenmektedir. Bir diğer önemli kavram çıktı esnekliği olup, bu kavram kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit tutulduğunda üretim faktörlerinden birindeki oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişime oranı olarak tanımlanmaktadır. Önemli olan bir başka kavram ise girdilerin birbiri ile ikame ilişkilerini ifade eden ikame esnekliği kavramıdır (Taşdemir, 2006). Bir firma ya da bir ülke ekonomisi için bir üretim faktörü yerine başka bir üretim faktörünün kullanılıp kullanılmayacağı ve aralarındaki tamamlayıcılık ilişkisinin bilinmesi önemlidir. İkame esnekliği kavramı, talep edilen mal ve hizmetleri üretebilmek için, bir üretim faktörünü diğer

üretim faktörü ile ikame etmenin – birini diğersinin yerine getirmenin – kolaylığını ölçmekte kullanılır (Piketty, 2014: 232).

Güncel basında ve finansal piyasalarda sıklıkla gelişmekte olan ülkelerde sermayeye ihtiyaç olduğu ve bunun için de dış borç almanın zorunlu olduğu, dış borç almadan kalkınmanın olmayacağı iddia edilmektedir. Bu iddianın doğru olup olmadığı üretim faktörleri arasındaki ikame esnekliklerinin kestirimi ile görülebilir. Bu bağlamda düşünüldüğünde, çalışma üretim sürecinde kullanılan emek girdisi artırılarak dış borç alma gereksiniminin bir dereceye kadar azaltılabileceği varsayımına dayanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, iki yönlüdür. İlk olarak gelişmekte olan ülkeler için sermaye, emek ve enerji tüketimi girdi faktörleri kullanılarak gelişmekte olan ülkeler için translog ve sabit ikame esneklikli (CES; constant elasticity substitution) üretim fonksiyonlarının kestirimini yapmak, bu kestirimlerden hareketle son yıllarda geliştirilen ekonometrik yöntemlerle ikame esneklikleri, çıktı esneklikleri ve ölçek esnekliklerinin kestirimini yapmaktır. İkinci bir amaç ise, ekonomik girdi faktörlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmaktır. Dolayısıyla, girdiler arasındaki ilişkileri ve her bir girdinin çıktı üzerine katkılarını araştırmak ve bu bağlamda üretim fonksiyonları bazında karşılaştırmalar yapmaktır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, üretim fonksiyonlarının parametre kestirimleri yapılırken literatürde yer alan güncel ekonometrik yöntemler tercih edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada analiz için, 1980 - 2016 dönemini kapsayacak şekilde gelişmekte olan 22 ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada üretim fonksiyonlarında üç farklı girdi kullanılmıştır. Bunlar üretim fonksiyonunda mutlaka yer alması gereken sermaye (C) ve emek (L) girdileri ile enerji tüketimi (E) girdisidir. Çıktıyı temsilen ülkelerin ekonomik büyümesinin bir göstergesi olan gayri safi yurtiçi hasıla (GDP) değerleri kullanılmıştır. Çalışmada yapılan analizler, doğrusal olmayan panel veri analiz teknikleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Makalenin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde, üretim fonksiyonları hakkında genel bilgi verilmiş ve çalışmada kullanılacak üretim fonksiyonları tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde, ilk olarak çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmıştır ardından çalışmamızda kullanılan metodoloji ve bulgulara yer verilmiştir. Dördüncü bölüm çalışmanın sonuç bölümüdür.

2. ÜRETİM FONKSİYONU

İktisat teorisinde üretim fonksiyonu, en basit şekliyle ekonomik girdiler ile çıktılar arasındaki teknik ilişki olarak tanımlanmaktadır (Cheng ve Han, 2017). Ayrıca, üretim fonksiyonu belirli bir üretim tekniği kullanarak, emek, sermaye, girişim ve doğal kaynakların üretim sırasında bir araya getirilmesi sonucu üretebilecekleri maksimum çıktı miktarı olarak da tanımlanmaktadır. Bu koşullar altında, toplam üretim Q , sermaye C ve emek miktarı L olmak üzere, üretim fonksiyonu,

$$Q = f(C, L) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre bir üretim birimindeki çıktı miktarını, o üretim biriminde kullanılan sermaye ve emek miktarındaki değişiklikler belirler. Dolayısıyla, kısa dönemde üretim miktarını artırmanın yolu, sermaye miktarını ve/veya emek miktarını artırmaktan geçer. f fonksiyonu için farklı fonksiyonel tanımlar bulunmaktadır ve yaygın kullanılan üretim fonksiyonlarından bazıları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Üretim Fonksiyonunun Farklı Fonksiyonel Yapıları

Cobb - Douglas üretim fonksiyonu	$Q = AC^\alpha L^\beta$, $\alpha + \beta = 1$
Sabit ikame esneklikli (CES) üretim fonksiyonu	$Q = \gamma[\delta C^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\theta/\rho}$
Değişken ikame esneklikli (VES) üretim fonksiyonu	$Q = \gamma C^{\alpha(1-\delta\rho)}[L + (\rho - 1)C]^{\alpha\delta\rho}$
Translog üretim fonksiyonu	$\ln Q = \alpha_1 \ln C + \alpha_2 \ln L + \beta_{11}(\ln C)^2 + \beta_{12} \ln C \cdot \ln L + \beta_{22}(\ln L)^2$
Polinom (kübik) üretim fonksiyonu	$Q = \alpha_1 C + \alpha_2 C^2 + \alpha_3 C^3 + \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \beta_3 L^3$
Leontief üretim fonksiyonu	$Q = \min[\alpha C, \beta L]$

2.1. Translog Üretim Fonksiyonu

Translog üretim fonksiyonu (Transandantal logaritmik fonksiyon) Christensen vd. (1973) tarafından geliştirilmiştir. İkinci dereceden yanıt yüzey yöntemine (response surface methodology) dayanan Translog üretim fonksiyonu, bir şirketin, bir endüstrinin ya da bir ülkenin üretim yapısını analiz etmek için kullanılan önemli bir araçtır. Bu fonksiyonda, iki veya daha fazla üretim faktörü girdi olarak kullanılabilir. Böylece, hem doğrusal hem de karesel (kuadratik) terimlere sahiptir ve ikinci dereceden Taylor serileri yardımı ile yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Lin ve Liu, 2017). Translog üretim fonksiyonu açıklayıcı

değişkenlerin ikame etkisini tespit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. İlgili sistemin bileşenleri arasındaki etkileşimler, ikinci dereceden bir yanıt yüzeyi olarak,

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 \quad (2)$$

biçiminde tanımlanabilir. Genel olarak, n –değişkenli yanıt yüzeyi fonksiyonunda katsayılar en küçük kareler yöntemine göre belirlenir. k adet gözlem noktası olduğunu varsayalım. Bu durumda,

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} \ln(Q_1) \\ \ln(Q_2) \\ \vdots \\ \ln(Q_k) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln X_{11} & \cdots & \ln X_{1n} & (\ln X_{11})^2 & \cdots & (\ln X_{1n})^2 & \ln X_{11} \ln X_{12} & \cdots & \ln X_{1n} \ln X_{1n-1} \\ 1 & \ln X_{21} & \cdots & \ln X_{2n} & (\ln X_{21})^2 & \cdots & (\ln X_{2n})^2 & \ln X_{21} \ln X_{22} & \cdots & \ln X_{2n} \ln X_{2n-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \ln X_{k1} & \cdots & \ln X_{kn} & (\ln X_{k1})^2 & \cdots & (\ln X_{kn})^2 & \ln X_{k1} \ln X_{k2} & \cdots & \ln X_{kn} \ln X_{kn-1} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\beta} = [\beta_0 \quad \beta_1 \quad \cdots \quad \beta_n \quad \beta_{11} \quad \cdots \quad \beta_{nn} \quad \beta_{12} \quad \cdots \quad \beta_{n,n-1}]^T$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = [\varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \cdots \quad \varepsilon_k]^T$$

olmak üzere, $\mathbf{Q} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$ dir. Gerekli düzenlemeler yapırsa, $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Q}$ elde edilir. Buna göre, X_i ye göre çıktı esnekliği,

$$f_i = \frac{\partial Q}{\partial X_i} \frac{X_i}{Q} = \beta_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln X_j \quad (3)$$

X_i girdisinin marjinal çıktısı,

$$y_i = \frac{\partial Q}{\partial X_i} = \left[\beta_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln X_j \right] \cdot \frac{Q}{X_i} \quad (4)$$

şeklindedir.

Sermaye, emek ve enerji tüketimini içeren üç girdiye sahip $Q = f(C, L, E)$ Translog üretim fonksiyonu,

$$\begin{aligned} \ln(Q_t) = & \beta_0 + \beta_K \ln C_t + \beta_L \ln L_t + \beta_E \ln E_t + \beta_{KK} (\ln C_t)^2 + \beta_{LL} (\ln L_t)^2 \\ & + \beta_{EE} (\ln E_t)^2 + \beta_{KL} (\ln C_t \cdot \ln L_t) + \beta_{KE} (\ln C_t \cdot \ln E_t) \\ & + \beta_{LE} (\ln L_t \cdot \ln E_t) \end{aligned} \quad (5)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Translog üretim fonksiyonu için girdi faktörlerine göre çıktı esnekliklerine bakıldığında ise, sırasıyla, sermaye, emek ve enerji tüketimi girdilerinin çıktı esnekliği,

$$f_C = \frac{dQ/Q}{dC/C} = \frac{d \ln Q}{d \ln C} = \beta_C + \beta_{CL} \ln L_t + \beta_{CE} \ln E_t + 2\beta_{CC} \ln C_t$$

$$f_L = \frac{dQ/Q}{dL/L} = \frac{d \ln Q}{d \ln L} = \beta_L + \beta_{LC} \ln C_t + \beta_{LE} \ln E_t + 2\beta_{LL} \ln L_t$$

$$f_E = \frac{dQ/Q}{dE/E} = \frac{d \ln Q}{d \ln E} = \beta_E + \beta_{CE} \ln C_t + \beta_{LE} \ln L_t + 2\beta_{EE} \ln E_t$$

biçiminde hesaplanmaktadır.

İkame esnekliği, girdi faktörlerinin oranındaki yüzdelerik değişimler arasındaki oranla açıklanmaktadır. İkame esnekliği, bir girdi faktörünü diğeri ile değiştirmenin ne kadar zor olduğunu gösterir. İkame esnekliğinin değeri sıfırdan sonsuza değişmektedir. Farklı girdi faktörleri arasındaki ikame esnekliğine bakıldığında ise;

- Sermaye ve emek arasındaki ikame esnekliği,

$$\sigma_{CL} = \left[1 + \left[-\beta_{CL} + \left(\frac{f_C}{f_L} \right) \beta_{LL} \right] (-f_C + f_L)^{-1} \right]^{-1}$$

- Sermaye ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği,

$$\sigma_{CE} = \left[1 + \left[-\beta_{CE} + \left(\frac{f_C}{f_E} \right) \beta_{EE} \right] (-f_C + f_E)^{-1} \right]^{-1}$$

- Emek ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği,

$$\sigma_{LE} = \left[1 + \left[-\beta_{LE} + \left(\frac{f_L}{f_E} \right) \beta_{EE} \right] (-f_L + f_E)^{-1} \right]^{-1}$$

biçiminde tanımlanmaktadır (Lin ve Ahmad, 2016; Lin ve Liu, 2017).

Panel veri anlamında Translog üretim fonksiyonunun genel fonksiyonel yapısı ise,

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^J \beta_j \ln x_{jit} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^J \beta_{jk} \ln x_{jit} \ln x_{kit} + \gamma_1 t^* + \frac{1}{2} \gamma_2 t^{*2} + \sum_{j=1}^J \alpha_j \ln x_{jit} t^* \quad (6)$$

şeklinde. Denklem (6)'da $i = 1, 2, \dots, n$ yatay kesit birimleri, $t = 1, 2, \dots, T$ zaman periyodu (yıl), $j, k = 1, 2, \dots, J$ girdi sayısı, $\ln Y_{it}$: t zamanında i. ülke ile ilişkilendirilen çıktının logaritması, $\ln x_{jit}$: t zamanında i. ülke ile ilişkilendirilen j. girdinin logaritması, t^* teknik değişimin zaman-trend gösterimi, β, γ ve α kestirimi yapılan parametreleri gösterir (Wesseh ve Lin, 2016). Buna göre, sermaye, emek ve enerji tüketimini içeren üç girdiye sahip $Q = f(C, L, E)$ Translog üretim fonksiyonu, panel veri anlamında,

$$\begin{aligned} \ln(Q_{it}) = & \beta_0 + \beta_C \ln C_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_E \ln E_{it} + \beta_{CC} (\ln C_{it})^2 + \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 \\ & + \beta_{EE} (\ln E_{it})^2 + \beta_{CL} (\ln C_{it} \cdot \ln L_{it}) + \beta_{CE} (\ln C_{it} \cdot \ln E_{it}) \\ & + \beta_{LE} (\ln L_{it} \cdot \ln E_{it}) + \gamma_1 t^* + \gamma_2 t^{*2} + \alpha_C \ln C_{it} t^* + \alpha_L \ln L_{it} t^* \\ & + \alpha_E \ln E_{it} t^* \end{aligned} \quad (7)$$

biçiminde tanımlanmaktadır.

Translog üretim fonksiyonu, keyfi bir fonksiyonun ikinci mertebeden Taylor yaklaşımı olarak düşünülebilir. Bu fonksiyon, katsayılarına bakıldığında lineer regresyon modeline de benzerdir. Denklem (5)'deki gibi tanımlanan Translog üretim fonksiyonunun parametreleri, sıradan en küçük kareler yöntemi kullanılarak veya Ridge Regresyon yöntemi kullanılarak kestirilebilmektedir.

2.2. Sabit İkame Esneklikli (CES) Üretim Fonksiyonu

Sabit ikame esneklikli (Constant Elasticity of Substitution – CES) üretim fonksiyonu ilk olarak Arrow vd. (1961) tarafından geliştirilmiştir. Bu fonksiyon, Cobb - Douglas üretim fonksiyonunun bir genelleştirmesidir. CES üretim fonksiyonu tüm eş ürün eğrisi boyunca sabit olan ikame esnekliği üzerine bir kısıtlamaya sahiptir ve herhangi iki girdi arasındaki ikame esnekliğinin aynı olduğu varsayımına dayanmaktadır. CES üretim fonksiyonun makroekonomide uluslararası ticaret (Lloyd ve MacLaren, 2002), ekonomik büyüme (Papageorgiou ve Saam, 2008) ve enerji ekonomisi (McFarland vd., 2004) gibi birçok alanda uygulamaları vardır.

CES üretim fonksiyonu birçok farklı formda ifade edilmiştir. Kmenta (1967) tarafından önerilen sermaye ve emek girdilerine sahip olan CES üretim fonksiyonu, γ , δ ve ρ sabit birer parametre olmak üzere,

$$Q = \gamma[\delta C^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\vartheta/\rho} \quad (8)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Q toplam çıktı değerini, L yıllık (veya saatlik) kişi başı ölçülen emek girdisini, C para birimi olarak ölçülen sermaye girdisini ifade etmektedir. Ayrıca, $\gamma \in [0, \infty)$ etkinlik parametresi olup üretimi (teknolojik üretim seviyesini), $\delta \in [0, 1]$ dağıtım parametresi olup girdilerin optimal dağılımını, $\rho \in [-1, 0) \cup (0, \infty)$ ikame esnekliğini ve $\vartheta = C/L \in (0, \infty)$ fonksiyonun homojenlik derecesini ya da ölçeğe göre getiri oranını ifade etmektedir.

CES üretim fonksiyonunda, ϑ parametresi $\vartheta = 1$ olarak alınır. $\vartheta = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri, $\vartheta < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri ve $\vartheta > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri söz konusudur.

CES üretim fonksiyonunun ikame esnekliği,

$$\sigma = \frac{\partial \ln(C/L)}{\partial \ln(MP_L/MP_C)} = \frac{1}{1 + \rho} \geq 0 \quad (9)$$

formülü yardımıyla hesaplanmaktadır. CES üretim fonksiyonunun logaritmik formu ise,

$$\log Q = \log \gamma - \frac{\vartheta}{\rho} \log[\delta C^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}] \quad (10)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Uzawa (1962) ve McFadden (1963), CES üretim fonksiyonunu n –girdiye sahip üretim fonksiyonlarına genişletmeyi denemişlerdir.

CES üretim fonksiyonunda emeğin marjinal verimliliği,

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \frac{Q_L}{Q} = (1 - \delta) A^{-\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^{\rho+1} \quad (11)$$

şeklinde, sermayenin marjinal verimliliği ise,

$$\frac{\partial Q}{\partial C} = \frac{Q_C}{Q} = \delta A^{-\rho} \left(\frac{Q}{C}\right)^{\rho+1} \quad (12)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Denklem (11)'de eşitliğin her iki tarafının logaritması alınırsa,

$$\log(Q_L/Q) = \log((1 - \delta)A^{-\rho}) + (\rho + 1)\log(Q/L) \quad (13)$$

elde edilir. Denklem (13), nominal ücret, üretimin pazar fiyatı ve ortalama üretim arasındaki ilişkiyi temsil etmektedir.

Sermaye, emek ve enerji tüketimi girdilerini içeren yuvalanmış (nested) üretim fonksiyonu ise,

$$Q_t = \gamma e^{\lambda t} \left[\delta(\delta_1 C_t^{-\alpha} + (1 - \delta_1)E_t^{-\alpha})^{\beta/\alpha} + (1 - \delta)L_t^{-\beta} \right]^{-1/\beta} \quad (14)$$

eşitliğiyle verilir (Kemfert, 1998; Henningsen vd., 2018). Üç girdili Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun bu özel gösteriminde ilk olarak, sermaye (C) ve enerji (E) girdileri, δ_1 paylaşım parametresi ve α ikame parametresini içeren iki girdili CES üretim fonksiyonunu kullanarak bir ara girdi ile birleştirilir. Daha sonra bu ara girdi, δ paylaşım parametresi ve β ikame parametresi yardımıyla başka bir CES üretim fonksiyonu kullanılarak emek (L) girdisi ile birleştirilir ve Q çıktısı elde edilir. Ayrıca, $\gamma \geq 0$ üretkenliği (etkinlik), λ yıllık teknik değişim oranını, t ise (yıl) zamanı ifade eder. Tek seviyeli bir CES üretim fonksiyonunda, tüm girdiler birbiriyle aynı ikame esnekliğine sahipken, yuvalanmış CES üretim fonksiyonunda girdi faktörleri arasındaki ikame esneklikleri farklılık göstermektedir.

Doğrusal olmayan en küçük kareler tekniği kullanılarak yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun $\gamma, \lambda, \delta, \delta_1, \alpha, \beta$ parametrelerinin kestirimi,

$$\min_{\gamma, \lambda, \delta, \delta_1, \alpha, \beta} \sum_t \left(\ln Q_t - \lambda t - \ln(\gamma) + \frac{1}{\beta} \ln \left[\delta(\delta_1 C_t^{-\alpha} + (1 - \delta_1)E_t^{-\alpha})^{\beta/\alpha} + (1 - \delta)L_t^{-\beta} \right] \right)^2 \quad (15)$$

optimizasyon modeli yardımıyla yapılabilir. Kemfert (1998), yuvalanmış CES üretim fonksiyonun parametre kestirimi için SHAZAM istatistik yazılımını, Henningsen ve Henningsen (2011) ise micEconCES paketini kullanmıştır.

CES üretim fonksiyonu lineer olmayan bir fonksiyondur ve lineer hale getirilemez. Bu nedenle geleneksel lineer kestirim yöntemleri kullanılarak parametre kestirimi yapılamaz. CES üretim fonksiyonunun parametre kestiriminde, amaç fonksiyonunun yüzeyinin geniş düz bir alana ve lokal minimuma sahip olması gibi bazı zorluklar söz konusudur (Henningsen ve Henningsen, 2012). CES üretim fonksiyonunun parametre kestiriminde lineer olmayan uydurma teknikleri (non-linear fitting techniques) kullanılmaktadır. Kestirim sürecinde ya girdilerin stokastik

olmadığı varsayılır ya da stokastik ise dağılım teriminden bağımsız olduğu varsayılır (Hoff, 2002). Genel olarak, CES üretim fonksiyonu parametre kestiriminde lineer Taylor serileri yaklaşımı ve lineer olmayan en küçük kareler yaklaşımı kullanılmaktadır.

3. YÖNTEM VE BULGULAR

3.1. Veri Seti

Çalışmanın uygulama kısmında, gelişmekte olan 22 ülke için 1980 - 2016 dönemine ait yıllık verilerden yararlanılmıştır. Uygulamada, veri seti oluşturma aşamasında çalışmada kullanılan ülkelerin ilgili verilerine ulaşılabilirliği ölçüsünde seçim yapılmıştır, ele alınan dönem ve ülkeler için en kapsamlı veri seti oluşturulmuştur.

Gelişmekte olan ülkelerin ayırımında geleneksel gelir ağırlıklı ölçümlerden farklı olarak, (i) yaşam süresi, (ii) Eğitim düzeyi, (iii) İyi bir yaşam standardı sağlayacak kaynaklara sahip olma (gelir düzeyi) boyutlarına göre değerlendirme yapan İnsani Gelişmişlik Endeksi kullanılmıştır. Çalışmada, Morgen Stanley Capital International (MSCI) Endeksine göre bu şekilde sınıflandırma yapılan gelişmekte olan toplam 24 ülkeden 22 si tercih edilmiştir² (*The MSCI Emerging Market Index*, 2020). Rusya ve Çek Cumhuriyeti, kuruluş yılları itibari ile eksik veriye sahip olduğundan uzun dönemli bir veri seti ile çalışabilmek için analize dahil edilmemiştir.

Çalışmada, üretim fonksiyonlarında 3 farklı girdi tanımlanmış olup bu girdiler, sırasıyla, sermaye (C), emek (L) ve enerji tüketimi (E)'dir. Çıktı olarak ise gelişmekte olan ülkelerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP) değerleri kullanılmıştır. Analizde kullanılan veriler yani, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (milyon dolar), Emek (milyon) ve Sermaye (milyon dolar) değişkenleri Penn World Table (PWT) 9.1'den elde edilmiştir.

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla ve Sermaye değişkenleri 2011 yılı dolar fiyatları (2011=1) ile reelleştirilmiştir. Emek değişkeni ise, söz konusu ülkede herhangi bir işle meşgul olan kişilerin sayısıdır. Ülkeler arasında emeğin niteliği aynı olmayabilir. Bu farklılığı en aza indirebilmek amacı ile PWT 9.1 veri setinde yer alan beşeri sermaye endeksi ile emek değişkeni çarpılmıştır. PWT 9.1 veri setinde yer alan Beşeri Sermaye veri setinde Cohen - Soto (2007) ve Barro - Lee

² Bu ülkeler; Brezilya, Kolombiya, Meksika, Peru, Şili, Birleşik Arap Emirlikleri, Güney Afrika, Katar, Macaristan, Mısır, Polonya, Türkiye, Yunanistan, Rusya, Çek Cumhuriyeti, Çin, Endonezya, Filipinler, Hindistan, Kore, Malezya, Pakistan, Tayland, Tayvan. Kaynak: <https://www.msci.com/market-cap-weighted-indexes> (Erişim tarihi: 30.04.2020).

(2013) beşeri sermaye endeksleri kullanılmıştır. Bu endeksler, eğitimin getirisini, eğitimin özel/sosyal faydalarını ve işgücünün verimliliğini içermektedir (Songur, 2019).

Enerji değişkenine ait veriler U.S. Energy Information Administration (Amerika Enerji Bilgi İdaresi) web sitesinde yayınlanan International Information Statistics (Uluslararası Enerji İstatistikleri)'den Enerji tüketim verileri olarak derlenmiştir. Bu değişken, Petrol, Primer enerji, Biyoyakıt, Kömür, Doğalgaz, Hidroelektrik ve Hidroelektrik olmayan yenilenebilir enerji tüketiminin toplamı alınarak elde edilmiştir ve Quad btu (Katrilyon İngiliz Isı birimleri) olarak düzenlenmiştir. Yapılan düzenlemeler sonrası elde edilen dengeli veri setine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler (1980-2016)

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Min	Mak
GDP	814	865170,3	1823405	8814,254	1,75e+07
C	814	3265762	7330460	64209,74	8,71e+07
L	814	137,7638	338,0697	0,201818	2009,765
E	814	23,94555	60,63859	0,672324	554,669

3.2. Yöntem

Bu çalışmada Translog üretim fonksiyonunun kestirimi için Hoerl ve Kennard (1970) tarafından geliştirilen ve yanlı tahmincilerden birisi olan Ridge regresyon yöntemi kullanılmıştır. Çoklu doğrusal bağlantı problemi ile baş edebilmek için önerilen yanlı kestirim yöntemlerinden biri Ridge (sırt) regresyon analizidir (Hoerl ve Kennard, 1970). $\hat{\beta}$ nın yanlı bir kestiricisi olan Ridge regresyon kestiricisi,

$$\hat{\beta} = (X^T X + kI)^{-1} X^T Y,$$

eşitliği çözümlenerek elde edilmektedir. Bu eşitlikte, k , $k \geq 0$ koşulunu sağlayan yanlılık parametresi ya da Ridge parametresini, I ise birim matrisi göstermektedir. Genellikle, herhangi bir problem için optimum k değeri vardır. Ancak, Ridge çözümünün kabul edilebilir bir k değeri için yapılması arzu edilir. Küçük k değerleri çoklu doğrusal bağlantı probleminin ortadan kalkmasını sağlayarak kestirimlerin farklılığını azaltır.

Ridge regresyon sapmalı kestirim yöntemlerinden birisidir ve çoklu doğrusal bağlantı durumunda en küçük kareler yönteminin varyanslarından daha küçük varyansa sahip kestirimler elde edildiği için tercih edilir. Ridge regresyon kullanılması durumunda modelde yer alan tüm değişkenlere modelde yer verme imkanı olur. Sapmalı olmasına rağmen teorik sonuçları nedeniyle tercih edilmektedir. Ridge kestiricisi yanlı bir kestirici olmasına rağmen,

en küçük kareler kestiricisi ile kıyaslandığında genel olarak daha küçük sapma karesi ortalamasına (mean square error) sahip olduğu görülmektedir.

Çoklu doğrusal bağlantı probleminin tespit edilebilmesi için kullanılan yöntemlerden birisi, bir bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin derecesini belirlemek için hesaplanan varyans artış faktörüdür (VIF – variance inflation factor). $VIF \geq 10$ olduğu durumda çoklu doğrusal bağlantı probleminin varlığından bahsedilmektedir (Büyükuysal ve Öz, 2016).

k yanlılık parametresinin değeri arttıkça VIF değeri küçülür, katsayılar daha kararlı hale gelir (NCSS Statistical Software, 2019). Bu parametrenin değerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Optimum k değerinin belirlenmesi için Vinod ve Ullah (1981), Kadiyala (1984), Singh vd. (1986), McDonald (2009) çeşitli önerilerde bulunmuştur. Bu yöntemler içerisinde en önemlisi McDonald (2009) tarafından önerilen Ridge iz (trace) grafiğinin kullanılmasıdır. Bu grafiğe göre, optimum yanlılık parametresinin değeri, katsayıların durağanlaştığı bölgeden seçilmektedir. Bununla birlikte en uygun k değeri seçilirken katsayıların beklentilere uygunluğu, hata kareleri toplamının minimum olması, katsayıların durağan olması ve VIF değerlerinin 1'e yaklaşması dikkat edilmesi gereken diğer kriterlerdir (NCSS Statistical Software, 2019).

Çalışmada kullanılan diğer üretim fonksiyonu olan yuvalanmış CES üretim fonksiyonu, doğrusal parametrelere sahip değildir. Bu fonksiyonlar için ikame esneklikleri, standart doğrusal olmayan kestirim yöntemleri kullanılarak kolayca elde edilemez. Doğrusal olmayan optimizasyon tekniklerine dayanan sonuçlar, çoğu durumda uygulamadaki zorluklar, yakınsama sorunları ve kararsız kestirimler gibi sorunları beraberinde getirebilir. Ancak son yıllarda CES üretim fonksiyonu ekonometrik analizlerde, özellikle Cobb – Douglas fonksiyonunun yerini aldığı makroekonomi ve büyüme teorisinde de önem kazanmıştır. Bunun sonucu olarak da CES üretim fonksiyonunun kestirimi için doğrusal olmayan kestirim yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler içerisinde en önemlisi (Henningsen ve Henningsen, 2011) tarafından R-forge'da “micEcon” projesinin bir parçası olarak geliştirilen “micEconCES” dir³. Bu paket doğrusal olmayan kestirim yöntemleri için önemli gelişmelere yol açmıştır. Çalışmada, gelişmekte olan ülkelere ait CES üretim fonksiyonunun parametrelerinin kestirimi için micEconCES paketi kullanılmıştır. Ayrıca, optimizasyon algoritmaları ve doğrusal olmayan havuzlanmış en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.

³ <https://r-forge.r-project.org/projects/micecon/>

Deneme yapılan optimizasyon algoritmaları içinde en iyi kestirim sonucunu elde edebildiğimiz dört farklı optimizasyon algoritması şu şekildedir:

- Kısıtsız optimizasyon için gradient tabanlı optimizasyon algoritmalarından Newton ve LM algoritması,
- Kısıtlı optimizasyon için gradient tabanlı optimizasyon algoritmalarından L – BFGS – B ve PORT algoritmalarıdır.

4. BULGULAR

4.1. Translog Üretim Fonksiyonuna ait Bulgular

Sermaye, emek ve enerji tüketimini içeren üç girdiye sahip $Q = f(C, L, E)$ Translog üretim fonksiyonunun kestirimi için oluşturulan panel veri modeli,

$$\begin{aligned} \ln(GDP_{it}) = & \beta_0 + \beta_C \ln C_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_E \ln E_{it} + \beta_{CC} (\ln C_{it})^2 + \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 \\ & + \beta_{EE} (\ln E_{it})^2 + \beta_{CL} (\ln C_{it} \ln L_{it}) + \beta_{CE} (\ln C_{it} \ln E_{it}) \\ & + \beta_{LE} (\ln L_{it} \ln E_{it}) + \gamma_1 t^* + \gamma_2 t^{*2} + \alpha_C (\ln C_{it}) t^* + \alpha_L (\ln L_{it}) t^* \\ & + \alpha_E (\ln E_{it}) t^* \end{aligned} \quad (16)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Translog üretim modelinde yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Translog Üretim Fonksiyonunda Yer Alan Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min	Mak
$\ln GDP$	814	12,893	1,172	9,084	16,680
$\ln C$	814	14,238	1,126	11,070	18,282
$\ln L$	814	3,498	1,639	-1,600	7,606
$\ln E$	814	2,283	1,165	-0,397	6,318
$(\ln L)^2$	814	14,917	12,384	0,000	57,848
$(\ln C)^2$	814	203,984	32,489	122,543	334,239
$(\ln E)^2$	814	6,565	6,560	0,001	39,922
$\ln L \ln C$	814	51,275	27,184	-17,716	139,050
$\ln L \ln E$	814	9,278	8,715	-0,395	48,056
$\ln C \ln E$	814	33,626	19,633	-4,412	115,514
t	814	19	10,684	1	37
t^2	814	475	418,575	1	1369
$t \ln L$	814	70,642	55,233	-10,640	281,414
$t \ln C$	814	275,768	163,103	11,070	676,442
$t \ln E$	814	47,715	40,170	-1,116	233,780

Tablo 4. Bağımsız Değişkenler İçin VIF Değerleri

Değişken	VIF	1/VIF	Değişken	VIF	1/VIF
----------	-----	-------	----------	-----	-------

$(\ln C)^2$	21971,22	0,000046	t	1442,44	0,000693
$\ln C$	15148,42	0,000066	$(\ln E)^2$	376,58	0,002655
$\ln C \ln E$	14195,18	0,00007	$\ln L \ln E$	158,13	0,006324
$\ln L \ln C$	7301,7	0,000137	$(\ln L)^2$	154,84	0,006458
$\ln E$	6832,62	0,000146	$t \ln E$	55,88	0,017896
$\ln L$	3926,78	0,00026	$t \ln L$	37,13	0,026932
$t \ln C$	2317,92	0,000431	t^2	25,53	0,039177
Ortalama VIF	5281,74				

[0,1] aralığında değer alan k parametresi için Tablo 4’de verilen VIF değerleri ve Şekil 1(a)’da yer alan Ridge izi grafiği birlikte değerlendirilmiştir. Ridge izi grafiği incelendiğinde $k = 0,02$ değerinden itibaren değişkenlerin durağanlaştığı görülmektedir. Tablo 5’de yer alan VIF değerleri incelendiğinde ise $k = 0,02$ den itibaren tüm bağımsız değişkenler için 10’dan küçük değerler aldığı görülmektedir.

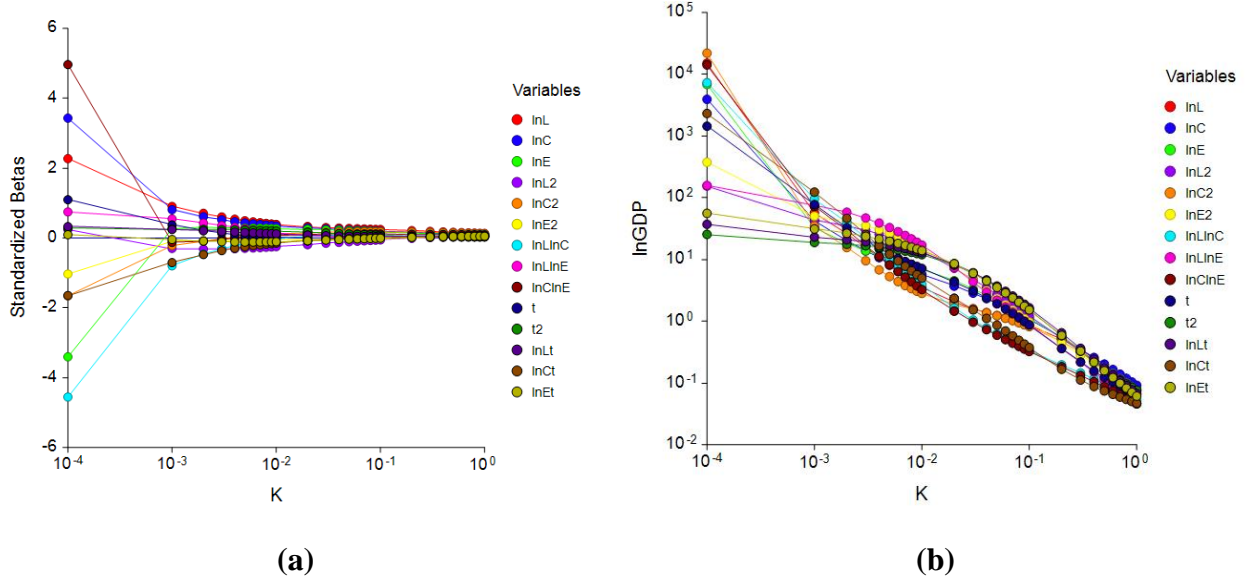
Tablo 5. VIF Değeri

k	$\ln L$	$\ln C$	$\ln E$	$(\ln L)^2$	$(\ln C)^2$	$(\ln E)^2$	$\ln L \ln C$
0,000	3926,783	15148,416	6832,622	154,837	21971,221	376,585	7301,705
0,001	42,324	57,284	32,745	43,301	35,222	50,345	95,886
0,005	9,082	8,057	10,275	22,733	5,292	26,621	10,583
0,010	5,708	3,567	7,002	13,806	2,825	15,511	3,927
0,020	3,720	2,014	4,498	7,266	1,882	7,471	1,637
0,030	2,849	1,594	3,333	4,758	1,561	4,542	1,045
0,040	2,322	1,380	2,642	3,476	1,367	3,133	0,778
0,050	1,959	1,238	2,182	2,709	1,226	2,339	0,626
0,100	1,078	0,852	1,125	1,218	0,815	0,967	0,338
0,500	0,202	0,196	0,179	0,175	0,170	0,163	0,098
1,000	0,092	0,078	0,076	0,074	0,067	0,074	0,053
k	$\ln L \ln E$	$\ln C \ln E$	t	t^2	$t(\ln L)$	$t(\ln C)$	$t(\ln E)$
0,000	158,126	14195,177	1442,436	25,525	37,131	2317,921	55,877
0,001	75,762	72,392	77,512	18,861	23,042	123,430	31,200
0,005	32,894	8,209	12,259	15,042	16,946	12,169	19,725
0,010	17,059	3,257	7,159	11,966	12,899	5,003	13,950
0,020	7,425	1,460	4,352	8,161	8,460	2,345	8,542
0,030	4,347	0,964	3,123	5,955	6,105	1,526	5,968
0,040	2,951	0,731	2,396	4,555	4,671	1,113	4,483
0,050	2,186	0,594	1,914	3,607	3,719	0,862	3,527
0,100	0,879	0,323	0,866	1,541	1,652	0,374	1,526
0,500	0,112	0,087	0,124	0,166	0,175	0,074	0,158
1,000	0,046	0,046	0,065	0,076	0,067	0,047	0,061

Şekil 1(b)’de $k = 0,02$ için varyans artış faktörleri grafiği yanlılık parametresi 10^{-1} olduğunda değişkenlerin VIF değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmektedir.

$k = 0,02$ yanlılık parametresi için Ridge regresyon yöntemine göre elde edilen sonuçlar ve en küçük kareler yöntemine göre elde edilen sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir. En küçük kareler

yönteminden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, standart hataların çok yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durum, çoklu doğrusal bağlantı problemi nedeniyle varyans değerlerinin yüksek çıkmasından kaynaklandığı için çalışmada Ridge regresyon yöntemine göre elde edilen katsayı kestirimleri kullanılmıştır. Elde edilen Ridge Regresyon katsayı kestirimlerinin istatistiki olarak anlamlı olduğu Tablo 6'dan görülmektedir.



Şekil 1. (a) $\ln GDP$ İçin Ridge İzi ve (b) $\ln GDP$ İçin Ridge VIF Grafiği ($k = 0,02$)

Tablo 6. $k = 0,02$ İçin Ridge Regresyon ve EKK Yöntemi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Ridge Regresyon Yöntemi $R^2 = 0,951$			En Küçük Kareler Yöntemi $R^2 = 0,974$		
	Katsayılar	Standart Hata	VIF	Katsayılar	Standart Hata	VIF
Sabit	5,5355***			-9,285		
$\ln L$	0,2046***	0,012	3,720	2,364	0,729	3926,780
$\ln C$	0,3372***	0,011	2,014	2,454	0,255	15148,420
$\ln E$	0,2454***	0,017	4,498	-3,425	0,473	6832,620
$(\ln L)^2$	-0,0177***	0,002	7,266	0,023	0,007	154,840
$(\ln C)^2$	0,0055***	0,000	1,882	-0,060	0,030	21971,220
$(\ln E)^2$	-0,0081***	0,004	7,471	-0,184	0,020	376,580
$\ln L \ln C$	0,0022***	0,000	1,637	-0,196	0,021	7301,700
$\ln L \ln E$	0,0092***	0,003	7,425	0,100	0,010	158,130
$\ln C \ln E$	0,0061***	0,001	1,460	0,296	0,040	14195,180
t	-0,0001***	0,002	4,352	0,120	0,024	1442,440
t^2	0,0005***	0,000	8,161	0,001	0,000	25,530
$t \ln L$	0,0017***	0,000	8,460	0,007	0,001	37,130
$t \ln C$	-0,0006***	0,000	2,345	-0,012	0,002	2317,920
$t \ln E$	-0,0023***	0,001	8,542	0,003	0,001	55,880

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1'lik güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 6'da yer alan Ridge regresyon katsayıları kullanılarak elde edilen Translog üretim fonksiyonu,

$$\begin{aligned} \ln GDP = & 5,5355 + 0,3372 \ln C + 0,2046 \ln L + 0,2454 \ln E - 0,0177 (\ln L)^2 \\ & + 0,0055 (\ln C)^2 - 0,0081 (\ln E)^2 + 0,0022 \ln L \ln C \\ & + 0,0092 \ln L \ln E + 0,0061 \ln C \ln E - 0,0001 t + 0,0005 t^2 \\ & + 0,0017 t \ln L - 0,0006 t \ln C - 0,0023 t \ln E \end{aligned} \quad (17)$$

şeklinde yazılabilir.

Tablo 7. $k = 0,02$ için Varyans Analizi (ANOVA)

Değişkenlik kaynağı	Serbestlik Derecesi	SS	MS	F-oranı	p –değeri
Sabit	1	135321,1	135321,1		
Model	14	1061,565	75,8261	1106,9814	0,0000
Hata	799	54,730	0,0685		
Toplam (Düzeltilmiş)	813	1116,295	1,3731		
Örnek ortalaması	12,8935				
Standart Hata	0,2617				
R^2	0,951				
Varyasyon katsayısı	0,0203				

Tablo 8. Translog Üretim Fonksiyonuna Göre Her Bir Girdinin Çıktı Esneklikleri

	Sermayenin çıktı esnekliği	Emeğin çıktı esnekliği	Enerji tüketiminin çıktı esnekliği
Birleşik Arap Emirlikleri	0,4961	0,2409	0,2678
Brezilya	0,5049	0,2542	0,2445
Çin	0,5558	0,0651	0,2830
Endonezya	0,5241	0,1129	0,3003
Filipinler	0,4984	0,1353	0,3029
Güney Afrika	0,5093	0,1800	0,2708
Hindistan	0,5398	0,0767	0,2968
Katar	0,4630	0,2737	0,2621
Kolombiya	0,4964	0,1595	0,2948
Kore	0,5174	0,1540	0,2763
Macaristan	0,4903	0,1886	0,2859
Meksika	0,4951	0,1765	0,2838
Malezya	0,5245	0,1447	0,2831
Mısır	0,4926	0,1633	0,2800
Pakistan	0,4974	0,1428	0,2932
Peru	0,4820	0,1581	0,2980
Polonya	0,5048	0,1596	0,2758
Şili	0,4832	0,1832	0,2866
Tayland	0,5110	0,1386	0,2953
Tayvan	0,5060	0,1780	0,2783

Türkiye	0,5100	0,1666	0,2846
Yunanistan	0,4965	0,1965	0,2841
Gelişmekte olan ülkeler	0,5045	0,1658	0,2831

Not: İtalik olarak yazılan değerler minimum, italik ve koyu olarak yazılan değerler maksimum değerlerdir.

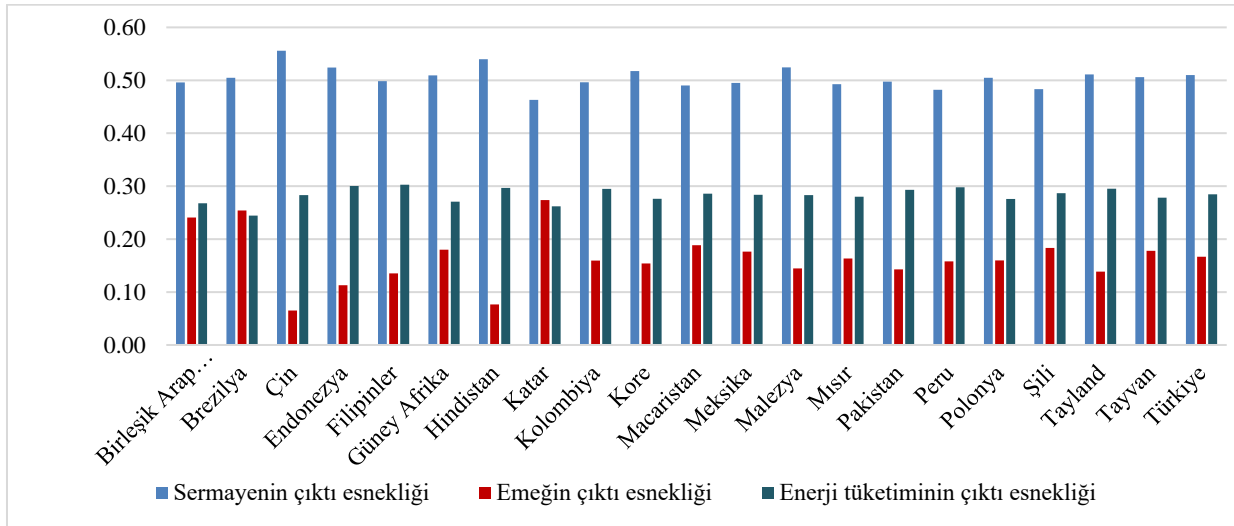
Tablo 7’de $k = 0,02$ yanlılık parametresine ait Ridge regresyon yöntemi sonuçlarına dayanan ANOVA tablosu yer almaktadır. Translog üretim fonksiyonu modelinde $F_{hesaplanan} = 1106,9814$ değeri $\alpha = 0,05$ anlam düzeyinde $F_{(0,05;1;14)} = 4,6001$ değerinden büyüktür. Ancak Ridge regresyon yanlı kestirimler verdiği için F –oranı geçerli bir test değildir (NCSS Statistical Software, 2019). $R^2 = 0,951$ olup, modelde yer alan bağımsız değişkenler GDP deki değişkenliğin yaklaşık %95,1 ini açıklamaktadır. Hata kareleri ortalamasının karekökünü, bağımlı değişkenin ortalamasına bölerek elde edilen nispi bir dağılım ölçüsü olan varyasyon katsayısı, %2 olarak hesaplanmış olup, %5 kritik değerinden küçük olduğu için kabul edilebilirdir.

Tablo 9. Translog Üretim Fonksiyonuna Göre Her Bir Girdinin İkame Esneklikleri

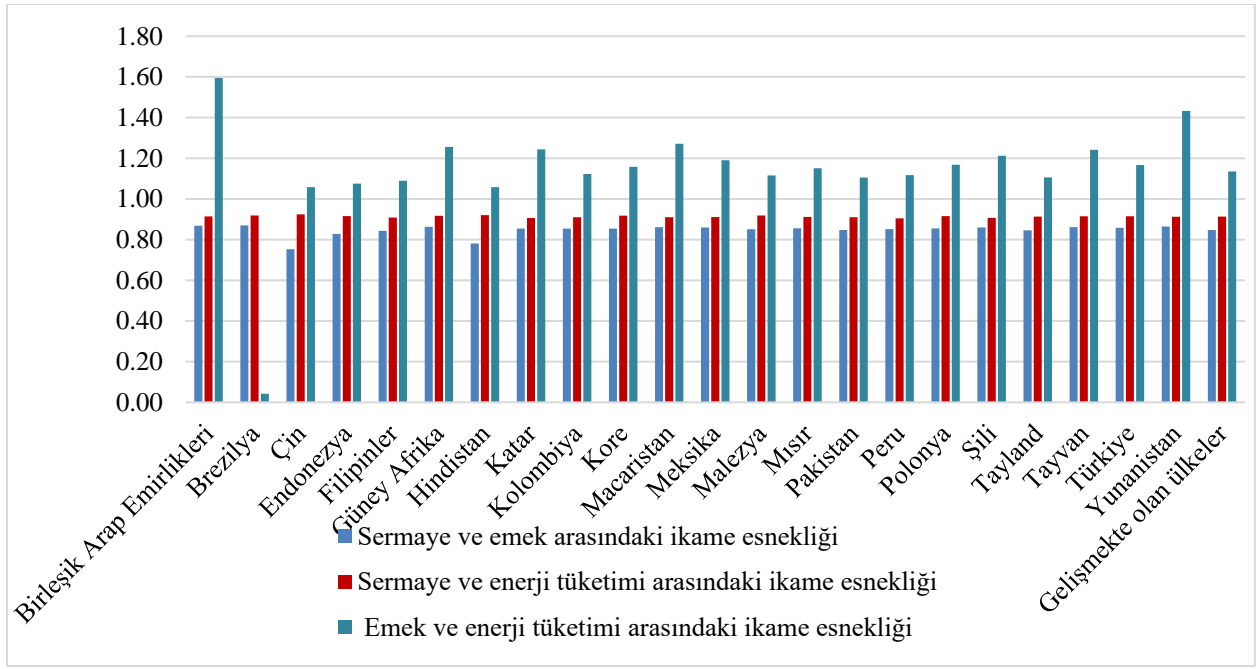
	Sermaye ve emek arasındaki ikame esnekliği	Sermaye ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği	Emek ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği
Birleşik Arap Emirlikleri	0,8683	0,9142	1,5946
Brezilya	0,8701	0,9188	0,0420
Çin	0,7523	0,9243	1,0579
Endonezya	0,8284	0,9158	1,0755
Filipinler	0,8428	0,9084	1,0894
Güney Afrika	0,8626	0,9172	1,2558
Hindistan	0,7809	0,9199	1,0576
Katar	0,8538	0,9060	1,2441
Kolombiya	0,8544	0,9099	1,1226
Kore	0,8541	0,9177	1,1582
Macaristan	0,8611	0,9103	1,2716
Meksika	0,8597	0,9110	1,1905
Malezya	0,8509	0,9190	1,1158
Mısır	0,8553	0,9115	1,1511
Pakistan	0,8469	0,9101	1,1049
Peru	0,8519	0,9043	1,1171
Polonya	0,8547	0,9157	1,1681
Şili	0,8594	0,9071	1,2120
Tayland	0,8454	0,9129	1,1058
Tayvan	0,8614	0,9150	1,2415
Türkiye	0,8583	0,9150	1,1668
Yunanistan	0,8641	0,9121	1,4323
Gelişmekte olan ülkeler	0,8471	0,9135	1,1352

Not: İtalik olarak yazılan değerler minimum, italik ve koyu olarak yazılan değerler maksimum değerlerdir.

Translog üretim fonksiyonuna ait katsayılar Ridge regresyon yöntemi ile elde edildikten sonra, her bir girdi faktörüne ait çıktı esnekliklerini ve ikame esnekliklerini hesaplayabiliriz. Tablo 6’da yer alan parametre kestirimlerine dayanarak, her bir ülke için ayrı ayrı hesaplanan sermaye, emek ve enerji tüketimi girdi faktörlerine ait çıktı esneklikleri Tablo 8 ve Şekil 3’te gösterilmiştir. Çıktı esneklikleri tüm ülkeler için pozitif ve birden küçük olarak elde edilmiştir. Tablo 8 incelendiğinde, sermayenin çıktı esnekliği en yüksek olan ülke 0,5558 ile Çin, en düşük olduğu ülke ise 0,4630 ile Katar’dır. Emegın çıktı esnekliği en yüksek olan ülke 0,2737 ile Katar, en düşük olan ülke 0,0651 ile Çin’dir. Enerji tüketiminin çıktı esnekliği en yüksek olan ülke 0,3029 değeri ile Filipinler, en düşük olduğu ülke ise 0,2445 değeri ile Brezilya’dır. Tablo 8’de yer alan her bir girdiye ait çıktı esnekliğinin birden küçük olması ortalama fiziksel ürününün, marjinal fiziksel üründen büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, sermaye, emek ve enerji tüketimi girdi faktörlerinin azalan verimler bölgesinde olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2. Sermaye, Emek ve Enerji Tüketimi Girdilerinin Çıktı Esneklikleri



Şekil 3. Sermaye, Emek ve Enerji Tüketimi Girdilerinin İkame Esneklikleri

Sermaye ve emek, sermaye ve enerji tüketimi, emek ve enerji tüketimi arasındaki ikame esneklikleri her bir ülke için hesaplanmış, Tablo 9 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Tablo 9 incelendiğinde, sermaye ve emek arasındaki ikame esnekliği en yüksek olan ülke 0,8701 ile Brezilya ve en düşük olan ülke 0,7523 değeri ile Çin olduğu görülür. Benzer şekilde, sermaye ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği en yüksek olan ülke 0,9248 değeri ile Çin ve en düşük olduğu ülke 0,9043 değeri ile Peru, emek ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği en yüksek olan ülke 1,5946 değeri ile Birleşik Arap Emirlikleri, 0,0420 değeri ile Brezilya olduğu görülmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler için sermaye, emek ve enerji tüketimi girdilerinin çıktı esnekliği, sırasıyla, 0,5045, 0,1658 ve 0,2831 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, sermaye ve emek arasındaki ikame esnekliği 0,8471, sermaye ve enerji tüketimi arasındaki ikame esnekliği 0,9135, emek ve enerji tüketimi arasındaki ikame esneklikleri ise 1,1352 olarak elde edilmiştir.

Kestirilen Translog üretim fonksiyonuna göre, Türkiye'nin 2016 yılı için emek girdisi %10 artırılsa, enerji tüketimi girdisi sabit tutularak aynı üretim çıktısını elde etmek için sermaye girdisi 0,967 katına çıkmalıdır. Tersine, enerji tüketimi girdisi sabit tutularak sermaye girdisi %10 azaltılırsa, bu durumda aynı üretim çıktısını elde etmek için emek girdisinin 1,171 kat artırılması gerekir. Kullandığımız veri setinde, Türkiye'de 2016 yılına ait 15 yaş ve üzerindeki herhangi bir işle çalışan kişi sayısı 25,85 milyon olup, aynı yıla ait beşeri sermaye endeksi 2,41'dir. Emek girdisinin 1,171 kat artırılması durumunda 15 yaş ve üzerinde olan çalışan sayısı

25,85*1,171=30,270 milyon kişi olur. Her ne kadar çalışmanın giriş kısmında yer alan iddiamızda sermaye ve emek girdisinin birbirini ikame edebileceğini ifade etsek de bu iddianın geçerliliği çalışabilir insan sayısı ile sınırlıdır. Buradan çıkarılan sonuç, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde sermayenin yetersizliği dış borç almayı zorunlu kılmaz şeklindedir. Yetersiz sermaye, emek ile ve/veya enerji tüketimi ile telafi edilebilir. Türkiye gibi ülkelerde enerji de ithal edildiği için girdilerdeki açık emek ile kapatılmak zorundadır.

Translog üretim fonksiyonu kestirimi için MAPE değeri 0,015 olarak hesaplanmıştır. Bu değer %10'dan küçük olduğu için Translog üretim fonksiyonu modelinin gelişmekte olan ülkelerin GDP değerlerinin kestirimi için uygun olduğu söylenebilir.

4.2. CES Üretim Fonksiyonuna ait Bulgular

Denklem (14)'de verilen üç girdili yuvalanmış CES üretim fonksiyonu,

$$Q_t = \gamma e^{\lambda t} \left[\delta (\delta_1 C_t^{-\alpha} + (1 - \delta_1) E_t^{-\alpha})^{\beta/\alpha} + (1 - \delta) L_t^{-\beta} \right]^{-\frac{1}{\beta}}$$

şeklinde tanımlı olup (Sato, 1967), doğrusal olmayan en küçük kareler tekniği kullanılarak yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun $\gamma, \lambda, \delta, \delta_1, \alpha, \beta$ parametrelerinin kestirimi,

$$\min_{\gamma, \lambda, \alpha, \beta, \delta, \delta_1} \sum_t \left(\ln Q_t - \lambda t - \ln(\gamma) + \frac{1}{\beta} \ln \left[\delta (\delta_1 C_t^{-\alpha} + (1 - \delta_1) E_t^{-\alpha})^{\beta/\alpha} + (1 - \delta) L_t^{-\beta} \right] \right)^2 \quad (18)$$

optimizasyon modeli yardımıyla yapılabilir. Bu çalışmada, Denklem (18) de verilen optimizasyon modelinin parametrelerinin kestirimi için Hennigsen ve Hennigsen (2011) tarafından geliştirilen micEconCES paketi kullanılmıştır.

CES üretim fonksiyonunun kestiriminde, elde edilen parametre kestirimlerinin hem iktisadi olarak hem de istatistiksel olarak anlamlı olması oldukça önemlidir. Yeniden hatırlatmak gerekirse, $\gamma \in [0, \infty)$ etkinlik parametresi olup üretimi (teknolojik üretim seviyesini), $\delta \in [0, 1]$ dağıtım parametresi olup girdilerin optimal dağılımını, $\rho \in [-1, 0) \cup (0, \infty)$ ikame esnekliğini ve $\vartheta = C/L \in (0, \infty)$ fonksiyonun homojenlik derecesini ya da ölçeğe göre getiri oranını ifade eder. CES üretim fonksiyonunda ϑ parametresi $\vartheta = 1$ olarak alınır. $\vartheta = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri, $\vartheta < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri ve $\vartheta > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri söz konusudur.

Çalışmada en iyi kestirim sonucunu elde edebildiğimiz dört farklı optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Bunlar, kısıtsız optimizasyon için gradient tabanlı optimizasyon algoritmalarından Newton ve LM algoritması ile kısıtlı optimizasyon için gradient tabanlı optimizasyon algoritmalarından L – BFGS – B ve PORT algoritmalarıdır.

Tablo 10. LM Algoritması Yardımıyla Elde Edilen Kestirim Sonuçları

Katsayılar	Kestirim	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
γ	17140,000	752,900	22,762	0,000 ***
λ	0,004	0,001	3,596	0,000 ***
δ_1	0,000	0,000	0,082	0,935
δ	0,823	0,022	37,901	0,000 ***
α	-5,224	1,038	-5,034	0,000 ***
β	0,009	0,136	0,068	0,946
$\sigma_{(KE)L}$	0,9909	0,1332	7,437	0,000 ***
RSE	232728			
R^2	0,9836			

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade emektedir. RSE ise kalıntı standart hatalarıdır.

Denklem (14) deki gibi tanımlanan Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun gelişmekte olan ülkeler için LM algoritması kullanılarak elde edilen kestirim sonuçları Tablo 10’da verilmiştir. Tablo 10 incelendiğinde, modelde yer alan parametre kestirimlerinden dört tanesinin anlamlı olduğu görülür. Ayrıca gelişmekte olan ülkelere ait ikame esnekliği 0,9909 olarak elde edilmiştir. İkame esnekliğinin girdi oranlarındaki yüzde değişimin, görelî girdi fiyatları oranındaki yüzde değişim oranı olduğunu hatırlarsak, LM algoritması kullanılarak elde edilen kestirime göre gelişmiş ülkelerde girdi oranlarındaki yüzde değişimin, görelî girdi fiyatlarındaki yüzde değişime neredeyse eşit olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca görelî girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1’lik bir değişme, girdi oranlarını da yaklaşık %1 arttırmaktadır.

Tablo 11. Newton Algoritması Yardımıyla Elde Edilen Kestirim Sonuçları

Katsayılar	Kestirim	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
γ	3262,000	3281,000	0,994	0,320
λ	0,000	0,001	0,028	0,978
δ_1	0,005	0,019	0,279	0,780
δ	0,707	0,211	3,354	0,001 ***
α	-0,535	0,302	-1,772	0,076 *
β	-0,660	0,174	-3,788	0,000 ***
$\sigma_{(KE)L}$	2,942	1,509	1,950	0,0512 **
RSE	236783,8			
R^2	0,9831162			

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade emektedir. RSE ise kalıntı standart hatalarıdır.

Denklem (14) deki gibi tanımlanan Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun gelişmekte olan ülkeler için Newton algoritması kullanılarak elde edilen kestirim sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde, modelde yer alan parametre kestirimlerinden üç tanesinin anlamlı olduğu görülür. Ayrıca gelişmekte olan ülkelere ait ikame esnekliği 2,942 olarak elde edilmiştir. Newton algoritması kullanılarak elde edilen kestirime göre gelişmiş ülkelerde girdi oranlarındaki yüzde değişimin, görel girdi fiyatlarındaki yüzde değişimden büyük olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca görel girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1’lik bir değişme girdi oranlarını da yaklaşık %2,94 arttırmaktadır.

Denklem (14) deki gibi tanımlanan Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun gelişmekte olan ülkeler için L – BFGS – B algoritması kullanılarak elde edilen kestirim sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Tablo 12 incelendiğinde, modelde yer alan parametre kestirimlerinden iki tanesinin anlamlı olduğu görülür. Ayrıca gelişmekte olan ülkelere ait ikame esnekliği 1.478 olarak elde edilmiştir. L – BFGS – B algoritması kullanılarak elde edilen kestirime göre gelişmiş ülkelerde girdi oranlarındaki yüzde değişimin, görel girdi fiyatlarındaki yüzde değişimden büyük olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca görel girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1’lik bir değişme girdi oranlarını da yaklaşık %1,48 arttırmaktadır.

Tablo 12. L-BFGS-B Algoritması Yardımıyla Elde Edilen Kestirim Sonuçları

Katsayılar	Kestirim	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
γ	3262,000	3700,000	0,881	0,378
λ	0,008	0,002	4,306	0,000 ***
δ_1	0,027	0,126	0,215	0,830
δ	0,423	0,666	0,635	0,525
α	-0,324	0,400	-0,808	0,419
β	-1,000	0,189	-5,281	0,000 ***
$\sigma_{(KE)L}$	1,4782	0,8743	1,691	0,0909 *
RSE	296008,5			
R^2	0,9736139			

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade emektedir. RSE ise kalıntı standart hatalarıdır.

Denklem (14) deki gibi tanımlanan Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun gelişmekte olan ülkeler için Port algoritması kullanılarak elde edilen kestirim sonuçları Tablo 13’de verilmiştir. Tablo 13 incelendiğinde, modelde yer alan parametre kestirimlerinden dört tanesinin anlamlı olarak elde edildiği görülür. Ayrıca gelişmekte olan ülkelere ait ikame esnekliği 2,148 olarak elde edilmiştir. Port algoritması kullanılarak elde edilen kestirime göre gelişmekte olan ülkelerde girdi oranlarındaki yüzde değişimin, görel girdi fiyatlarındaki yüzde değişimden

büyük olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca görelî girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1'lik bir değişme, girdi oranlarını yaklaşık %2,15 arttırmaktadır.

Tablo 13. Port Algoritması Yardımıyla Elde Edilen Kestirim Sonuçları

Katsayılar	Kestirim	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
γ	8427,000	2832,000	2,976	0,003 ***
λ	0,000	0,001	0,275	0,783
δ_1	0,000	0,000	0,277	0,781
δ	0,840	0,030	28,070	0,000 ***
α	-1,000	0,304	-3,291	0,001 ***
β	-0,534	0,184	-2,912	0,004 ***
$\sigma_{(KE)L}$	2,1480	0,8467	2,537	0,0112**
RSE	235302,1			
R^2	0,9833268			

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade emektedir. RSE ise kalıntı standart hatalarıdır.

Gelişmiş ülkelere ait CES üretim fonksiyonu yardımıyla L – BFGS – B, Newton, LM ve Port algoritmaları kullanılarak elde edilen kestirim sonuçları Tablo 14’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde genel anlamda tutarlı olmadığı görülmektedir. Ancak LM algoritmasında kalıntı standart hataları en küçük çıktığı için ve R^2 değeri diğer algoritmalara göre daha büyük olduğu için, diğer algoritmalara göre tercih edilebilir olur. Bu algoritmaya göre, yuvalanmış CES üretim fonksiyonundan elde edilen ikame esnekliği kestirimi 0,9909 olup, bu değer gelişmekte olan ülkelerde sermaye ve enerji tüketimi ile emek arasındaki ikame ilişkisinin neredeyse eşit olduğunu göstermektedir.

Tablo 14. Gelişmiş Ülkelere Ait CES Üretim Fonksiyonu Yardımıyla Elde Edilen Kestirim Sonuçları

Katsayılar	L-BFGS_B	Newton	LM	Port
γ	3262,000 (0,378)	3262,000 (0,320)	17140,000 (0,000)***	8427,000 (0,003)**
λ	0,008 (0,000)***	0,000 (0,978)	0,004 (0,000)***	0,000 (0,783)
δ_1	0,027 (0,830)	0,005 (0,780)	0,000 (0,935)	0,000 (0,781)
δ	0,423 (0,525)	0,707 (0,001)***	0,823 (0,000) ***	0,840 (0,000) ***
α	-0,324 (0,419)	-0,535 (0,076) *	-5,224 (0,000) ***	-1,000 (0,001)***
β	-1,000 (0,000)***	-0,660 (0,000)***	0,009 (0,946)	-0,534 (0,004)**
$\sigma_{(KE)L}$	1,4782 (0,0909),	2,942 (0,0500)**	0,9909 (0,000)***	2,1480 (0,0112)*
RSE	296008,5	236783,8	232728	235302,1
R^2	0,9736	0,9831	0,9837	0,9833

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade emektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerini göstermektedir. RSE ise kalıntı standart hatalarıdır.

Tablo 10’da yer alan LM algoritması kullanılarak elde edilen parametre kestirimlerine göre, CES üretim fonksiyonu,

$$GDP_t = 17140e^{0.004t} \left[0.8225 \left((4.54 * 10^{-7}) C^{5.224} + (1 - (4.54 * 10^{-7})) E^{5.224} \right)^{-0.0018} + 0.1775 L^{-0.009} \right]^{-108.34} \quad (19)$$

şeklinde yazılabilir. Kestirilen bu modele göre, Türkiye'nin 2016 yılı için modelden hesaplanan GDP değeri 1 394 141 olup, sermayeye ait girdi değişkeninin değerini %10 azaltıp, enerji girdisinin değeri sabit tutulduğu zaman aynı model çıktısını elde edebilmek için emek girdisini 1,718 kat artırmamız gerektiği bulunmuştur.

Kullandığımız veri setinde, Türkiye'de 2016 yılına ait 15 yaş ve üzerindeki herhangi bir işle çalışan kişi sayısı 25,85 milyon olup, aynı yıla ait beşeri sermaye endeksi 2,41'dir. Emek girdisinin 1,718 kat artırılması durumunda 15 yaş ve üzerinde olan çalışan sayısı $25,85 * 1,718 = 44,41$ milyon kişi olur. Her ne kadar çalışmanın giriş kısmında yer alan iddiamızda sermaye ve emek girdisinin birbirini ikame edebileceğini ifade etsek de bu iddianın geçerliliği çalışabilir insan sayısı ile sınırlıdır. Bu durumda, sermaye girdisinin %10 azaltılması durumunda 44,41 milyon kişinin çalışması gerekir. Bu ise bir dereceye kadar mümkündür.

CES üretim fonksiyonu kestirimi için MAPE değeri 0,263 olarak hesaplanmıştır. Bu değer %10'dan küçük olduğu için CES üretim fonksiyonu modelinin gelişmekte olan ülkelere ait GDP değerlerinin kestirimi için uygun olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, gelişmekte olan ülkelere ait ekonomik büyüme; sermaye, emek ve enerji tüketimi değişkenleri kullanılarak translog üretim fonksiyonu ve CES üretim fonksiyonu yaklaşımıyla incelenmiştir. Bu incelemede gelişmekte olan 22 ülkenin 1980-2016 arasındaki 37 yıllık verisi ile elde edilen panel veriler kullanılmıştır. Panel veri analizi için kurulan modellerde, GDP bağımlı değişken olarak, sermaye, emek ve enerji tüketimi ise bağımsız değişkenler olarak alınmıştır.

Translog üretim fonksiyonu modeli için yapılan analizler sonucunda modelde yer alan değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi tespit edilmiştir. Bu nedenle havuzlanmış en küçük kareler yöntemi yerine Ridge regresyon yöntemi kullanılarak Translog üretim fonksiyonuna ait parametre kestirimleri istatistiksel ve iktisadi olarak anlamlı bir şekilde elde edilmiştir. Kestirilen Translog üretim fonksiyonuna göre, Türkiye'nin 2016 yılı için emek girdisi %10 artırılsa, enerji tüketimi girdisi sabit tutularak aynı üretim çıktısını elde etmek için sermaye girdisi 0,967 katına çıkmalıdır. Tersine, enerji tüketimi girdisi sabit tutularak sermaye

girdisi %10 azaltılırsa, bu durumda aynı üretim çıktısını elde etmek için emek girdisinin 1,171 kat artırılması gerekir. Kullandığımız veri setinde, Türkiye’de 2016 yılına ait 15 yaş ve üzerindeki herhangi bir işte çalışan kişi sayısı 25,85 milyon olup, aynı yıla ait beşeri sermaye endeksi 2,41’dir. Emek girdisinin 1,171 kat artırılması durumunda 15 yaş ve üzerinde olan çalışan sayısı $25,85 * 1,171 = 30,270$ milyon kişi olur. Her ne kadar çalışmanın giriş kısmında yer alan iddiada sermaye ve emek girdisinin birbirini ikame edebileceğini ifade edilse de bu iddianın geçerliliği çalışabilir insan sayısı ile sınırlıdır.

Yuvalanmış CES üretim fonksiyonu doğrusal parametrelere sahip değildir. Çalışmada, bu nedenle doğrusal olmayan optimizasyon tekniklerine dayanan kestirim yöntemlerinden yararlanılarak CES üretim fonksiyonunun parametrelerinin ve ikame esnekliklerinin kestirimi elde edilmiştir. Bu çerçevede, Henningsen ve Henningsen (2011) tarafından geliştirilen “micEconCES” paketi kullanılmıştır. İstatistiki ölçütlere göre, çalışmada kullanılan optimizasyon algoritmaları içerisinde en iyi algoritma LM algoritması olup, model parametreleri bu algoritma kullanılarak kestirilmiştir. LM algoritmasına göre, yuvalanmış CES üretim fonksiyonundan elde edilen ikame esnekliği kestirimi 0,9909 olup, gelişmekte olan ülkelerde sermaye ve enerji tüketimi ile emek arasındaki ikame ilişkisinin neredeyse eşit olduğu söylenebilir.

Translog üretim fonksiyonunda olduğu gibi CES üretim fonksiyonunda da kestirilen bu modele göre, Türkiye’nin 2016 yılı için modelden hesaplanan GDP değeri 1 394 141 olup, sermayeye ait girdi değişkeninin değeri %10 azaltılarak enerji girdisinin değeri sabit tutulursa, aynı model çıktısını elde edebilmek için emek girdisinin 1,718 kat artırılması gerektiği bulunmuştur. Kullandığımız veri setinde, Türkiye’de 2016 yılına ait 15 yaş ve üzerindeki herhangi bir işle çalışan kişi sayısı 25,85 milyon olup, aynı yıla ait beşeri sermaye endeksi 2,41’dir. Emek girdisinin 1,718 kat artırılması durumunda 15 yaş ve üzerinde olan çalışan sayısı $25,85 * 1,718 = 44,41$ milyon kişi olur. Çalışmanın giriş kısmında yer alan iddiada sermaye ve emek girdisinin birbirini ikame edebileceği ifade edilse de, bu iddianın doğruluğu çalışabilecek insan sayısı ile sınırlıdır. CES üretim fonksiyonu kestirimine göre, sermaye girdisinin %10 azaltılması durumunda 44,41 milyon kişinin çalışması gerekir. Bu ise bir dereceye kadar mümkün olabilir.

Güncel basında ve özellikle finansal piyasalarda, gelişmekte olan ülkelerde sermayenin yetersiz olduğu ve bu nedenle dışardan borç bulmanın kaçınılmaz olduğu vurgulanır. Sadece, finansal açıdan ele aldığımızda bu çıkarımın doğruluğu görünebilir. Ancak, iktisat bilimi açısından ele aldığımızda bu iddianın doğruluğu tartışılır. Çünkü, sermayenin aslında birikmiş emek

olmasına ilave olarak iktisadi problemler tek başına sermaye dikkate alınarak çözümlenemez. Bir ülkede birikmiş emek az olabilir ama özellikle o ülkenin genç nüfusu fazla ise sermayeyi emek girdisi ile telafi etmek bir dereceye kadar mümkün olur. Dolayısıyla, sermaye azlığı, emek girdisinin çokluğu ile de telafi edilebilir. Yapılan analizlerden sermaye-emek arasındaki ikame esnekliği CES üretim fonksiyonu yaklaşımına göre 0,9909, translog üretim fonksiyonu yaklaşımına göre ise 0,8471 olarak kestirilmiştir. Bu bağlamda, gelişmekte olan ülkelerin emek yoğun sektörlerle yatırım yapması gerekir şeklinde bir yorum yapmak doğru olmayacaktır.

Sonuç olarak, sermaye birikimi yetersiz olan gelişmekte olan ülkelerde bu yetersizliği dış borç kullanılarak telafi edilmesinin doğru olmayacağı söylenebilir. En azından gelişmiş ülkeler için üretim fonksiyonlarında yer alan sermaye – emek – enerji tüketimi gereksinimleri gelişmekte olan ülkeler için farklı ağırlıklarda düşünülebilir. Böylelikle, dış borç alma gereksinimi azaltılabilir.

KAYNAKÇA

- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., & Solow, R. M. (1961). Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225–250. <https://doi.org/10.2307/1927286>
- Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184–198.
- Besanko, D. A., & Braeutigam, R. R. (2010). *Microeconomics* (4 th.). John Wiley & Sons, Inc.
- Büyükuysal, M. Ç., & Öz, İ. İ. (2016). Çoklu Doğrusal Bağlantı Varlığında En Küçük Karelere Alternatif Yaklaşım: Ridge Regresyon. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 110–114.
- Cheng, M., & Han, Y. (2017). Application of a New Superposition CES Production Function Model. *Journal of Systems Science and Information*, 5(5), 462–472. <https://doi.org/10.21078/JSSI-2017-462-11>
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28–45. <https://www.jstor.org/stable/pdf/1927992>
- Cohen, D., & Soto, M. (2007). Growth and Human Capital: Good Data, Good Results. *J Econ Growth*, 12, 51–76. <https://doi.org/10.1007/s10887-007-9011-5>
- Eğilmez, M. (2016). *Mikroekonomi: Güncel Örneklerle* (2nd ed.). Remzi Kitapevi.
- Henningsen, A., & Henningsen, G. (2012). On Estimation of The CES Production Function-Revisited. *Economics Letters*, 115(1), 67–69. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2011.12.007>
- Henningsen, A., Henningsen, G., & Van Der Werf, E. (2019). Capital-Labour-Energy

- Substitution in a Nested CES Framework: A Replication and Update of Kemfert (1998). *Energy Economics*, 82, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.12.019>
- Henningsen, G., & Henningsen, A. (2011). *Econometric Estimation of the “Constant Elasticity of Substitution” Function in R: Package micEconCES* (FOI Working Paper 2011 / 9). Frederiksberg: Institute of Food and Resource Economics.
- Hoerl, A. E., & Kennard, R. W. (1970). Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, 12(1), 55–67. <https://doi.org/10.1080/00401706.1970.10488634>
- Hoff, A. (2002). *The translog approximation of the constant elasticity of substitution production function with more than two input variables* (Issue 14). Fødevareøkonomisk Institut. <http://curis.ku.dk/ws/files/135535225/14.pdf>
- Kadiyala, K. (1984). A Class of Almost Unbiased and Efficient Estimators of Regression Coefficients. *Economics Letters*, 16(3–4), 293–296. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(84\)90178-2](https://doi.org/10.1016/0165-1765(84)90178-2)
- Kemfert, C. (1998). Estimated substitution of a nested CES production function approach for Germany. *Energy Economics*, 20, 249–264.
- Kmenta, J. (1967). On Estimation of the CES Production Function. *International Economic Review*, 8(2), 180–189.
- Lin, B., & Ahmad, I. (2016). Energy substitution effect on transport sector of Pakistan based on trans-log production function. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1182–1193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.012>
- Lin, B., & Liu, W. (2017). Estimation of energy substitution effect in China’s machinery industry–based on the corrected formula for elasticity of substitution. *Energy*, 129, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.103>
- Lloyd, P. J., & MacLaren, D. (2002). Measures of trade openness using CGE analysis. *Journal of Policy Modeling*, 24(1), 67–81. [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(01\)00096-5](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(01)00096-5)
- McDonald, G. C. (2009). Ridge regression. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1(1), 93–100. <https://doi.org/10.1002/wics.14>
- McFadden, D. (1963). Constant elasticity of substitution production functions. *The Review of Economic Studies*, 30(2), 73–83. <https://www.jstor.org/stable/2295804>
- McFarland, J. R., Reilly, J. M., & Herzog, H. J. (2004). Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information. *Energy Economics*, 26(4), 685–707. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2004.04.026>
- NCSS Statistical Software. (2019). *Ridge Regression* (pp. 1–21). NCSS.com.
- Papageorgiou, C., & Saam, M. (2008). Two-level CES production technology in the solow and diamond growth models. *Scandinavian Journal of Economics*, 110(1), 119–143. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9442.2008.00529.x>
- Piketty, T. (2014). *Yirmi Birinci Yüzyılda Kapital (Çeviren: Hande Koçak)* (2. baskı). Türkiye

İş Bankası Kültür Yayınları.

- Sato, K. (1967). A Two-Level Constant-Elasticity-of-Substitution Production Function. *Source: The Review of Economic Studies*, 34(2), 201–218. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2296809.pdf>
- Singh, B., Chaubey, Y. P., & Dwivedi, T. D. (1986). An Almost Unbiased Ridge Estimator. *Indian Statistical Institute*, 48(3), 342–346. <https://about.jstor.org/terms>
- Songur, M. (2019). Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Emek-Sermaye-Enerji Faktörlerinin İkame Esnekliği ve Çıktı Esneklikleri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 757–784.
- Taşdemir, M. (2006). Üretim Fonksiyonu Tahminlerinde Karşılaşılan Problemler ve Eşanlı Denklem Sapması: Alternatif Tahmin Yöntemleri. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 23–31. <http://web.firat.edu.tr/daum/docs/43/06> Üretim Fonksiyonu Tahminlerinde Karşılaşılan---M. TAŞDEMİR(mtaskin)--9 syf(PA)--23-31.doc
- The MSCI Emerging Market Index*. (2020). <https://www.msci.com/market-cap-weighted-indexes>
- Uzawa, H. (1962). Production Functions with Constant Elasticities of Substitution. *The Review of Economic Studies*, 29(4), 291. <https://doi.org/10.2307/2296305>
- Vinod, H. D., & Ullah, A. (1981). Recent Advances in Regression Methods. In *Marcel Dekker Incorporated*.
- Wesseh, P. K., & Lin, B. (2016). Output and Substitution Elasticities of Energy and Implications for Renewable Energy Expansion in the ECOWAS Region. *Energy Policy*, 89, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.007>