



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <http://www.betajournals.org>

Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme

Mehmet Songur & Filiz Elmas Saraç

To cite this article: Songur, M. & Saraç Elmas, F. (2017). Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 2(3), 235-278.

Received: 28 Aug 2017

Accepted: 23 Oct 2017

Published online: 29 Nov 2017





Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume II, Issue 3, pp. 235-278, 2017

<http://www.betajournals.org>

Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme¹

Mehmet Songur^a

Filiz Elmas Saraç^b

^a Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Tunceli, TÜRKİYE

^b Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

ÖZ

Bu makalede farklı üretim fonksiyonlarının ampirik tahmini ile ilgili yazına genel bir bakış sunulmaktadır. Bu bağlamda, dört farklı üretim fonksiyonu (Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog) ile ilgili ampirik yazın incelenmiştir. Yazına bakıldığında görülmektedir ki, EKK tahmincisi üretim fonksiyonlarının tahmininde sıklıkla kullanılmıştır. Öte yandan, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu çıktı esnekliğini tahmin etmek için yazında genellikle kullanılmaktadır. Fakat, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu girdiler arasındaki ikame ilişkileri hakkında bilgi vermemektedir. Bu nedenle, ikame esnekliğinin hesaplanmasına izin veren üretim fonksiyonları tercih edilmelidir.

Anahtar Kelimeler
Üretim Fonksiyonu,
Cobb-Douglas, CES,
VES, Translog

JEL Kodu
D20, E23, E27

CONTACT Mehmet SONGUR ✉ mmtsngr@gmail.com 📧 Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Tunceli, TÜRKİYE

¹ Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı doktora tezinden üretilmiştir.

A General Evaluation on Estimates of Cobb-Douglas, CES, VES and Translog Production Functions

ABSTRACT

This article gives an overview of the literature on the empirical estimation of different production functions. In this context, the empirical literature on four different production functions (Cobb-Douglas, CES, VES and Translog) has been examined. It can be seen from the literature, OLS estimator is often used to estimate production functions. On the other hand, the Cobb-Douglas Production Function is generally preferred in the literature for estimating output elasticity. However, the Cobb-Douglas Production Function does not provide information about the substitution relationships between inputs. For this reason, production functions that allow the calculation of elasticity of substitution should be preferred.

Keywords

Production Function, Cobb-Douglas, CES, VES, Translog

JEL Classification

D20, E23, E27

1. Giriş

Üretim fonksiyonu Neoklasik gelenekte iktisadi analizin en önemli parçalarından birisidir. Girdiler ile çıktılar arasındaki teknik ilişkiyi açıklayan üretim fonksiyonu başka bir ifadeyle üretim ya da çıktı ile üretim faktörleri ya da girdiler arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel ifadelerdir. Üretim fonksiyonlarına ilişkin araştırmalar 18. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Bununla birlikte üretim fonksiyonlarının en popüler olduğu dönem ise 1950'lerin başı ile 1970'lerin sonu olarak belirtilebilir. Bu dönemde, girdi ve çıktılar ile ilgili bir dizi spesifik form veya cebirsel form önerilmiş ve analiz edilmiştir. Bununla birlikte Cambridge Sermaye Tartışması (*Cambridge Capital Controversy*)¹ sonrası üretim fonksiyonlarının yeni formlarının araştırılması önemli ölçüde yavaşlamıştır.

Yeni üretim fonksiyonu formuna ilişkin araştırmalar olmasa dahi üretim fonksiyonlarının önemi hala geçerliliğini korumaktadır. Çünkü bir ülkenin iktisadi anlamda büyümesinin en önemli koşulu, üretimin artırılması ve bunun sağlanması için üretim faktörlerinin etkin kullanılmasıdır. Bu bağlamda iktisadi büyüme, geçmişte olduğu gibi günümüzde de ülkelerin en önemli iktisat politikası hedefi olarak karşımıza çıktığı için üretim faktörlerinin etkin kullanımı ve üretim fonksiyonlarının önemi günümüzde de araştırılması gereken konuların başında

¹ *Cambridge Capital Controversy*, daha çok İngiltere'de ki Cambridge Üniversitesi'nden Joan Robinson ve Piero Sraffa gibi ekonomistler ile Cambridge Massachusetts Institute of Technology'den Paul Samuelson ve Robert Solow gibi ekonomistler arasında gerçekleşmiştir.

gelmektedir. Dolayısıyla üretim fonksiyonlarının tahmini de ayrı bir önem kazanmaktadır. Çünkü üretim fonksiyonları ilgilenilen ülke ekonomisi, endüstri ya da sektör için üretim tekniği, kullanılan girdilerin ikame esneklikleri, çıktı esneklikleri ve ölçek esneklikleri hakkında bize bilgi vermektedir.

Bu çalışmanın amacı, farklı üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin genel bir değerlendirme yapmaktır. Bu çerçevede ikinci bölümde çalışmada ampirik yazını araştırılan Cobb-Douglas, CES (Constant Elasticity of Substitution), VES (Variable Elasticity of Substitution) ve Translog Üretim Fonksiyonlarına ilişkin kısa bilgiler verilecektir. Üçüncü bölümde üretim fonksiyonlarının tahminlerinde karşılaşılan problemler üzerinde durulacaktır. Ardından sırasıyla Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarına ilişkin ampirik yazın ve devamında Türkiye üzerine yapılan üretim fonksiyonları ile ilgili ampirik yazın sunulacaktır. Son olarak, sonuç kısmında üretim fonksiyonlarına ilişkin yazın üzerine genel bir değerlendirme yapılacaktır.

2. Üretim Fonksiyonları

Üretim fonksiyonu tahmin edilirken hangi üretim fonksiyonu formunun kullanılacağı da büyük önem arz etmektedir. Bu kısımda yazında sıklıkla kullanılan üretim fonksiyonları üzerinde kısaca durulacaktır. Üretim fonksiyonu ile ilgili yazında tahmin etmek için sıklıkla kullanılan üretim fonksiyonu Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'dur. Paul Douglas ve Charles W. Cobb tarafından 1928 yılında yayınladıkları bir makalede geliştirilen üretim fonksiyonunun kalıbı (1) numaralı eşitlikteki gibidir.

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (1)$$

Burada, Q , üretim düzeyi; K ve L sırasıyla fiziksel sermaye stoku ve işgücüdür; α ve β sırasıyla görel olarak sermaye ve emeğin yoğunluğunu veren parametrelerdir; A ise Hicksgil yansız teknolojik büyüme parametresini ifade etmektedir. Ayrıca $\alpha + \beta > 1$ ise, ölçeğe göre artan getiri; $\alpha + \beta < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri; $\alpha + \beta = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nda ikame esnekliği ise daima birdir.

Öte yandan yazında yer alan diğer üretim fonksiyonu ise kısaca CES olarak adlandırılan Sabit İkame Esneklikli (Constant Elasticity of Substitution) Üretim Fonksiyonudur. Arrow,

Chenery, Minhas ve Solow tarafından geliştirilmiş olup, 1961 yılında yayınladıkları “Capital-Labour Substitution and Economic Efficiency?” isimli makalede sunmuşlardır². CES Üretim Fonksiyonu’nda, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu’ndaki gibi ikame esnekliği sabittir. Fakat Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu’nda olduğu gibi daima bir olmak zorunda değildir. CES Üretim Fonksiyonu’nda ikame esnekliği sıfır ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır. Emek ve sermaye girdisine sahip üretim fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte ifade edilebilir:

$$Q = \gamma[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan γ , δ ve ρ birer parametredir. γ , bir etkinlik parametresi olup pozitif bir değerdir. δ , gelirin fonksiyonel dağılımını belirleyen dağıtım parametresi olup sıfırla bir arasında bir değer almaktadır. ρ , ikame esnekliğinin bir dönüşümü olan ikame parametresi olup -1 ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır.

Arrow vd. (1961) geliştirdikleri CES Üretim Fonksiyonu’nun birinci dereceden homojen olduğunu ifade etmişlerdir. Paroush (1966) çalışmasında, CES Üretim Fonksiyonu’nun h ’inci dereceden homojen olduğu durumu incelemiş ve bu durumu kanıtlamıştır. Bu durumda üretim fonksiyonunu (3) numaralı eşitlikteki gibi tanımlamıştır.

$$Q = (\beta K^{-\rho} + \alpha L^{-\rho})^{-\frac{h}{\rho}} \quad (3)$$

1967 yılında ise Kmenta CES Üretim Fonksiyonu’na v değişkenini eklemiş ve günümüzde daha genel formla kullanılan CES Üretim Fonksiyonu’na ulaşmıştır. Kmenta’nın ifade ettiği CES Üretim Fonksiyonu (4) numaralı eşitlikte verilmiştir.

$$Q = \gamma[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{v}{\rho}} \quad (4)$$

² Aslında CES Üretim Fonksiyonu’na ait spesifikasyon oldukça eskilere dayanmaktadır. Abraham Bergson (1936) yılında tüketici talepleri analizi üzerine benzer bir spesifikasyon geliştirmiştir (Berndt, 1991: 452-453). Bergson’un geliştirdiği form aşağıdaki gibidir:

$$Y^{-\rho} = A \left(\sum_{i=1}^n \delta_i X_i^{-\rho} \right)$$

v değişkeninden hareketle, $v < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri söz konusudur; $v > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri söz konusudur; $v = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur.

Kısaca VES olarak adlandırılan Değişken İkame Esneklikli (Variable Elasticity of Substitution) Üretim Fonksiyonu, ilk kez Revankar tarafından geliştirilmiş olup, 1971 yılında yayınladığı “*A Class of Variable Elasticity of Substitution Production Functions*” isimli makalede sunmuştur. VES Üretim Fonksiyonu’nda ikame esnekliği CES Üretim Fonksiyonu’ndan farklı olarak sabit olmayıp, girdi kullanım oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Revankar’ın geliştirdiği emek ve sermaye üretim faktörlerini içeren VES Üretim Fonksiyonu (5) numaralı eşitlikte sunulmuştur:

$$V = \gamma K^{\alpha(1-\delta\rho)} [L + (\rho - 1)K]^{\alpha\delta\rho} \quad (5)$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan γ , α , δ ve ρ birer parametredir. γ , bir etkinlik parametresi olup pozitif bir değerdir. α , getiri parametresidir ve pozitif bir değer almalıdır. δ , gelirin fonksiyonel dağılımını belirleyen dağıtım parametresi olup sıfırla bir arasında bir değer almaktadır. ρ , ikame esnekliğinin bir dönüşümü olan ikame parametresidir. İkame parametresi ile dağıtım parametresinin çarpımı sıfır ile bir arasında yer almalıdır ($0 \leq \delta\rho \leq 1$).

Revankar (1971) ikame esnekliğinin CES Üretim Fonksiyonu’nda olduğu gibi üretim faktörlerinden bağımsız bir sabit olarak kabul edilmesinin doğru olmadığını ifade etmiştir. Revankar’a göre ikame esnekliği faktör oranlarının (K/L) bir fonksiyonudur. Buna göre Revankar ikame esnekliğini (6) numaralı eşitlikteki gibi tanımlamıştır.

$$\sigma = 1 + \frac{(p - 1) K}{(1 - \delta\rho) L} \quad (6)$$

Revankar’ın geliştirdiği bu ikame esnekliği gerçeklere daha uygundur. Çünkü genel ikame esnekliği formülü, ikame esnekliği üretim seviyesine, faktör bileşimine, marjinal faktör verimliliklerine ve marjinal verimliliklerdeki değişmelere bağlıdır. Burada dağıtım parametresi δ ve faktör kullanım oranı sabit $\frac{K}{L}$ iken, ikame parametresi p arttıkça arttıkça ikame esnekliği azalmaktadır. Bununla birlikte ikame parametresinin alabileceği farklı değerlere göre ikame esnekliğinin değerlerini bulmak önem arz etmektedir.

Christensen, Jorgensen ve Lau (1973), tarafından geliştirilen³ Translog Üretim Fonksiyonu⁴ bir firmanın, bir endüstrinin ya da bir ülkenin üretim yapısını analiz etmek için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Translog Üretim Fonksiyonu ikiden fazla üretim faktörü kullanma yeteneği ile hem doğrusal hem de karesel (kuadratik) terimlere sahiptir ve ikinci dereceden Taylor Serileri ile yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bu üretim fonksiyonu, üretim fonksiyonunda girdilerin etkileşimini analiz etmek için kullanılabilir olmakla beraber ikame esneklik katsayısının hesaplanmasında Cobb-Douglas ya da CES Üretim Fonksiyonu gibi herhangi bir sınırlama getirmemektedir. Aksine Translog Üretim Fonksiyonu farklı üretim düzeyleri için ayrı ayrı ikame esneklikleri hesaplamaya imkân tanımaktadır. Ayrıca, çıktı esneklikleri de benzer şekilde ayrı ayrı hesaplanabilmektedir.

Sadece emek ve sermayenin kullanıldığı bir üretim süreci için kullanılan Translog Üretim Fonksiyonu (7) numaralı eşitlikteki gibi yazılabilir:

$$\ln Q = \alpha_K \ln K + \alpha_L \ln L + \alpha_{KL} \ln K \ln L + \alpha_{KK} (\ln K)^2 + \alpha_{LL} (\ln L)^2 \quad (7)$$

Yukarıdaki fonksiyonda α_i bilinmeyen parametrelerdir⁵. Translog Üretim Fonksiyonu'nda İkame esnekliği, (8) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanabilir:

$$\sigma_{KL} = \frac{\frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}}}{\frac{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)}{\frac{MP_L}{MP_K}}} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)} \cdot \frac{MP_L}{MP_K} \cdot \frac{K}{L} \quad (8)$$

³ Translog Üretim Fonksiyonu, yeni esnek üretim fonksiyonlarının keşfi ve tanımlanması ve CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmin edilmesi ile ilgili araştırmalar bağlamında geliştirildi. Aslında Translog Üretim Fonksiyonlarının ilk biçimi, 1967 yılında J. Kmenta tarafından, ikame esnekliğinin ikinci dereceden Taylor Serisi ile CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmin edilmesi için önerildi. 1971 yılında Sargant Log-Kuadratik fonksiyon olarak adlandırdığı ve Translog Üretim Fonksiyonu ile benzer bir üretim fonksiyonu geliştirmiştir (Pavelescu, 2011: 131-132).

⁴ Asıl ismi "Transandantal Logaritmik Üretim Fonksiyonu (*Transcendental Logarithmic Production Function*)" olup, Translog Üretim Fonksiyonu kısaltılmış halidir.

⁵ Söz konusu parametreler bilinmeyen ve tahmin edilmesi gereken katsayılardır. Bu durumda Üretim fonksiyonu - veri setinin zaman serisi olduğu varsayımı altında- şu şekilde yeniden ifade edilebilir.

$$\ln Q_t = \alpha_K \ln K_t + \alpha_H \ln L_t + \alpha_{KL} \ln K_t \ln L_t + \alpha_{KK} (\ln K_t)^2 + \alpha_{LL} (\ln L_t)^2 + \varepsilon_t$$

Bu modelde ε_t , hata terimidir.

Marjinal fiziksel ürünler aşağıdaki gibi gösterilirse:

$$\frac{MP_L}{MP_K} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial L}}{\frac{\partial Q}{\partial K}} = \frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \frac{K}{H} \quad (9)$$

(8) ve (9) numaralı denklemleri bir araya getirirsek:

$$\sigma_{KL} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)} \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} = \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} \left[\frac{d\left(\frac{\varepsilon_L K}{\varepsilon_K L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \right]^{-1} \quad (10)$$

Dolayısıyla:

$$\frac{d\left(\frac{\varepsilon_L K}{\varepsilon_K L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} = \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} + \frac{K}{L} \frac{d\left(\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \quad (11)$$

$$d\left(\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K}\right) = -\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} d\varepsilon_K + \frac{1}{\varepsilon_K} d\varepsilon_L \quad (12)$$

$$d\left(\frac{K}{L}\right) = \frac{K}{L^2} dL + \frac{1}{L} dK \quad (13)$$

(10) numaralı denklemle beraber (11), (12) ve (13) numaralı denklemler bir araya getirilirse, ikame esnekliğini (11) numaralı eşitlikteki gibi elde edebiliriz:

$$\sigma_{KL} = \left[1 + \left[-\alpha_{KL} + \left(\frac{\varepsilon_K}{\varepsilon_L}\right) \cdot \alpha_{LL} \right] \cdot (-\varepsilon_K + \varepsilon_L)^{-1} \right]^{-1} \quad (14)$$

Dolayısı ile α_i parametreleri tahmin edilir ve söz konusu parametreler aracılığı ile çıktı esneklikleri elde edilirse ikame esnekliği bulunabilir.

3. Üretim Fonksiyonlarının Tahminine İlişkin Yazın

Bu bölümde üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin ampirik yazın incelenecektir. Üretim fonksiyonlarına yönelik farklı girdi bileşimlerini bir araya getirecek şekilde ve bazı varsayımları değiştirerek çok fazla sayıda tahmin gerçekleştirilmiştir. Elbette ki bu başlık altında söz konusu çalışmaların tamamına yer vermek mümkün değildir. Bu nedenle bazı önemli ve tarafımızca seçilmiş çalışmalar çerçevesinde üretim fonksiyonlarına ilişkin yazın incelenecektir. Söz konusu yazın incelenirken öncelikle üretim fonksiyonlarının tahmininde karşılaşılan problemlere ilişkin yazın üzerinde durulmuştur. Daha sonra her bir üretim fonksiyonu ayrıca başlıklandırılmış ve içerisinde birçok çalışmaya yer verilerek bunlar tablolandırılmış ve bu çalışmalardan özellikle ekonometrik açıdan yeni tahmin yöntemini ilk defa kullanan çalışmaların metin içerisinde sunulmuştur.

3.1. Üretim Fonksiyonlarının Tahmininde Karşılaşılan Problemlere İlişkin Yazın

Üretim fonksiyonlarına ilişkin yazın araştırılırken aslında en doğru başlangıç noktası Cobb ve Douglas'ın geliştirmiş oldukları üretim fonksiyonunu tanıttıkları ve 1928 yılında yayınladıkları çalışmadır. Cobb ve Douglas çalışmalarında 1889-1922 dönemi için ABD imalat sanayisine ait toplam sermaye stoku, işgücü ve fiziksel üretim verileri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde edilen bulgular üretimde emeğin yoğunluğunun 0.75 sermayenin yoğunluğunun 0.25 olduğunu göstermektedir.

Cobb ve Douglas'ın çalışmasından sonra -özellikle 1940-1970 yılları arasında- çok sayıda üretim fonksiyonlarının tahminleri ile ilgili çalışma vardır. Bu çalışmaların bir kısmı üretim fonksiyonunun tahmininde karşılaşılan problemlere yönelik olup, bu noktada özellikle Marschak ve Andrews (1944)'in çalışmasından bahsetmekte yarar vardır. Çünkü bahsi geçen çalışma, üretim fonksiyonlarının tahmininde karşılaşılan sorunlara yönelik ilk ciddi eleştiriyi getiren çalışmadır. Marschak ve Andrews (1944) çalışmalarında, ABD, Avustralya ve Kanada'ya ait verileri kullanmışlar, bireysel firmaları tek ve aynı sanayiye ait kabul etmişler ve en küçük kareler tahmincisi ile analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada en küçük kareler tahmincisi ile yansız tahminler elde edileceği varsayımı yapılmıştır. Fakat üretim girdi ilişkilerine bakıldığında hem girdilerin hem de üretimin aynı anda birlikte belirlendiğini iddia etmişlerdir. Bu nedenle girdilerin de üretim gibi içsel değişkenler olarak kabul edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla Marschak ve Andrews'e göre kurulan modelde hata teriminin açıklayıcı

değişkenlerden bağımsız olmayacağını, bu nedenle de en küçük kareler tahmincisinden elde edilen katsayı tahminlerinin de yanlı olacağını ifade etmişlerdir.

Diğer taraftan, Hoch (1958) çalışmasında, üretim fonksiyonunun parametrelerinin ampirik olarak tahmin edilmesinde ortaya çıkan bazı sorunları dikkate almıştır. Marschak ve Andrews (1944)'in de ifade ettiği gibi girdilerin dışsal bir değişken olmadığını, üretimle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu kabulden hareketle, bağımsız değişkenlerin hata teriminde dikkate alındığı ve alınmadığı iki model önermiştir. Her iki modeli de en küçük kareler tahmincisi ile tahmin etmiştir. Elde edilen bulgular, bağımsız değişkenlerin üretim ile aynı dönemde belirlendiği durumda tahminlerin yanlı olacağını ama farklı dönemlerde belirlenmesi durumunda ise yansız olacağı yönündedir. Kmenta (1964) ise çalışmasında, Hoch'un geliştirdiği Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etme yönteminin dolaylı en küçük kareler tahmincisi ile eşdeğer olduğunu göstermeyi amaçlamıştır. Ayrıca söz konusu tahminlerin en yüksek olabilirlik tahmin yöntemiyle de gerçekleştirilebileceğini ileri sürmüştür.

Mundlak ve Hoch (1965) çalışmalarında, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'na ait parametrelerin tahmininde, rekabet ve kar maksimizasyonu koşulları altında, kullanılan tahmincinin üretim fonksiyonunda hata teriminin davranışına bağlı olacağını ifade etmişlerdir. Mundlak ve Hoch'a göre eğer girdiler hata teriminden bağımsız ise en küçük kareler tahmincisi tutarlıdır. Aksi halde tahminci tutarlı olmayacaktır. Zellner, Kmenta ve Dreze (1966) ise çalışmalarında hata teriminin yanlı olması durumunun ortadan kaldırılamasa bile en küçük kareler tahmincisi ile tutarlı tahminler elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Çünkü onlara göre hata terimine dahil edilen her durum sadece üretim ilişkileri çerçevesinde girişimci tarafından belirlenmemektedir. Bu nedenle iklim gibi dışsal faktörler nedeniyle tahminler yanlı olsa bile tutarlı olabilecektir.

Bunların dışında Hoch (1955) zaman serileri ile yatay kesit verilerinin bir araya getirilerek (aslında bahsedilen panel verilerdir) üretim fonksiyonu parametrelerinin yansız tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Bu önerme Mundlak (1961) tarafından esas alınmış, hem zaman serilerini hem de yatay kesit verilerini bir araya getiren modellerde hata terimlerinin açıklayıcı değişkenlerden bağımsız olarak belirlendiği gösterilerek, elde edilecek tahminlerin yansız ve tutarlı olacağı ifade edilmiştir. Bununla birlikte Mundlak (1961), sadece istatistiki yönden ele alındığında yansız tahminleri elde etmenin önemli olacağını ifade etmiştir. Çünkü bazı araştırmalarda yanlı olarak elde edilen tahminler Mundlak'a göre amaca daha uygun olmaktadır.

Daha sonra ilgili yazında üretim fonksiyonlarının tahminleri ile ilgili faktörlerin kullanımındaki çevrimsel değişiklikleri (Nerlove, 1967), rassal ölçüm hatalarını (Leontief, 1964), girdi fiyatlarının ürün fiyatları ile sistematik olarak değişimini (Nerlove, 1967), girdi ölçümlerinde yaşanan problemleri ve somutlaştırılmış teknik değişimi (Griliches, 1967), eş anlı denklemleri (Maddala ve Kadane, 1966; Nerlove, 1967), serisel korelasyonu (Griliches, 1967) ve gecikmeleri (Griliches, 1967; Jorgenson, 1972) içerecek şekilde çeşitli hipotezler geliştirilmiştir. Fakat bu çalışmalar tatmin edici sonuçlar vermemiştir.

Goldberger (1968) ise ABD için 1869-1963 verileri yardımıyla Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmiş ve koşullu medyan ve koşullu ortalamayı dikkate alarak en küçük kareler tahmincisine alternatif tahminler üretmiştir. Elde edilen bulgular koşullu medyan ve koşullu ortalamanın minimum varyanslı yansız tahminci olduğunu göstermektedir.

2000'li yıllara girerken Blundell ve Bond (2000) çalışmalarında, 1982-1989 yılları arasında gözlemlenen ABD imalat sanayiinde yer alan 509 AR-GE performanslı firmanın verilerinden yararlanarak Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmişlerdir. Parametrelerin tahmini için panel veri analiz tekniklerinden yararlanmışlar ve Genelleştirilmiş Momentler Methodu'nu (GMM) kullanmışlardır. Hatta GMM'den elde edilen tahminlerin ek araçlar kullanmaya imkân tanınması nedeniyle daha makul parametre tahminleri verdiğini ifade etmişlerdir. Özellikle sermaye katsayısını daha yüksek bulmuşlar ve ölçüğe göre sabit getirileri de reddetmemişlerdir. Ayrıca Milner (2008), Marschak ve Andrews (1944)'in üzerinde durduğu üretim fonksiyonlarının tahminlerinin en küçük kareler tahmincisi ile yapıldığında yanlış tahminler elde edileceği düşüncesi üzerinde durmuş ve bu problemin aşılabilmesi için iki aşamalı en küçük kareler tahmincisinin ya da sabit etkiler tahmincisinin kullanılmasını gerektirdiğini ifade etmiştir.

3.2. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nun tahminine ilişkin ilk çalışmalardan birisi Bronfenbrenner ve Douglas (1939)'ın çalışmasıdır. Söz konusu çalışmada Bronfenbrenner ve Douglas (1939), 1909 yılına ait ABD sanayi sektöründe yer alan toplam 98 firma için analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Regresyon sonuçlarından elde edilen bulgulara göre, sermayenin yoğun olduğu sektörlerde emeğin çıktı esnekliği 0.75 iken, sermaye yoğunluğunun az olduğu sektörlerde ise emeğin çıktı esnekliği 0.91 olarak tahmin edilmiştir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı kabul edildiğinden sermayenin çıktı esnekliği sermayenin yoğun olduğu sektörlerde 0.25; sermaye yoğunluğunun az olduğu sektörlerde ise sermayenin çıktı esnekliği 0.09 olarak tahmin edilmiştir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonlarında ikame esnekliğinin bir olarak kabul edilmesine söz konusu çalışmada da vurgu yapılmıştır. Bu çalışmadan sonra Douglas farklı isimlerle geliştirdikleri üretim fonksiyonlarını farklı yıllar itibari ile analiz etmiştir (Gunn ve Douglas, 1941; Gunn ve Douglas, 1942; Daly, Olson ve Douglas, 1943; Daly ve Douglas, 1943). Bu çalışmaların tamamında regresyon analizi ile üretim fonksiyonlarını tahmin etmişlerdir.

Tablo 1

Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın

<i>Yazarlar</i>	<i>Ülke ve/veya Sektör</i>	<i>Yıl</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Üretim Faktörleri</i>
Cobb-Douglas (1928)	ABD İmalat Sanayii	1889-1922	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
Bronfenbrenner ve Douglas (1939)	ABD sanayi sektöründe yer alan 98 firma	1909	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
Gunn ve Douglas (1941)	ABD sanayi sektöründe yer alan 556 firma	1919	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
Gunn ve Douglas (1942)	ABD sanayi sektöründe yer alan 340 firma	1914	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
Daly, Olson ve Douglas (1943)	ABD sanayi sektöründe yer alan 336 firma	1904	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
Daly ve Douglas	Kanada sanayi	1923, 1927,	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a

(1943)	sektörü	1935 ve 1937		
Smith (1945)	Kanada Otomobil Endüstrisi	1918-1930	Doğrusal olmayan regresyon analizi	Emek ve sermaye ^b
Carter ve Hurtley (1958)	ABD, Iowa'daki Tama-Muccatine Toprak Birliği'ne kayıtlı 255 çiftlik	-	Varyans Analizi	Emek, sermaye, hayvanların beslenmesi ve bina sayısı ^b
Griliches (1963)	ABD'de 68 bölge	1949	Regresyon analizi	Hayvanlara yapılan yatırımlar, diğer harcamalar, makine yatırımları, toprağın kirası, binaların kirası, tam zamanlı çalışan sayısı ve eğitim harcamaları ^a
Aiger ve Chu (1968)	ABD ana metal sanayi endüstrisi	1957-1958	EKK, İki aşamalı EKK	Emek, sermaye ve teknoloji ^a
Wickens (1970)	ABD	1900-1960	EKK	Emek ve sermaye ^b
Berndt (1976)	Emek ve sermaye	1929-1968	EKK, İki aşamalı EKK	Emek ve sermaye ^a
Meusen ve Den Broeck (1977)	Fransız imalat sanayii	1962	EKK	Emek ve sermaye ^b
Carter (1984)	Hindistan tarım sektörü	1969-1972	EKK	Emek, sermaye ve toprak ^{ab}
Lyu, White ve Lu (1984)	ABD Tarım Sektörü	1949-1981	EKK	Araştırma harcamaları, emek, sermaye, toprak ve ara girdiler ^b
Blundell ve Bond (2000)	ABD imalat sanayiinde yer alan 509 AR-GE performanslı firma	1982-1989	Genelleştirilmiş Momentler Methodu	Emek ve sermaye ^{ab}
Wakelin (2001)	170 İngiliz şirketi	1988-1996	Panel veri analizi	Emek ve sermaye ^a
Chow ve Li (2002)	Çin	1952-1998	EKK	Emek ve sermaye ^a

Balistreri, Daniel ve Wong (2003)	ABD için 28 sektör	1947-1998	Cochrane-Orcutt AR(1) prosedürü	Emek ve sermaye ^b
Soderbom ve Teal (2004)	Gana 143 firma	1991-1997	GMM tahmincisi	Emek, sermaye ve fiziksel sermaye ^b
Cantos, Gumbau-Albert ve Maudos (2005)	İspanya için 5 sektör	1965-1995	Panel veri analizi, sabit etkiler tahmincisi	Emek, sermaye ve ulaşım harcamaları ^b
Sarı ve Soytaş (2007)	6 Ülke	1971-2002	VAR Analizi	Enerji, emek ve sermaye ^b
Yuan, Liu ve Wu (2009)	Çin sanayi sektörü	1995-2006	EKK	Enerji tüketimi, emek ve sermaye ^a
Fang (2011)	Çin	1978-2008	EKK	Emek, sermaye ve yenilenebilir enerji tüketimi ^b
Li ve Liu (2011)	Çin 30 Eyalet	1985-2006	Stokastik sınır analizi ve en yüksek olabilirlik tahmini	Emek, sermaye ve beşeri sermaye ^b
Tranconi ve Marzetti (2011)	Avrupa'da faaliyet gösteren 828 firma	2005-2006	Regresyon analizi	Emek, sermaye ve organizasyon sermayesi ^b
Shahiduzzaman ve Alam (2013)	Avustralya	1975-2011	Regresyon analizi	Emek ile bilgi teknolojisi içeren ve içermeyen sermaye ^b
Çermikli ve Tokatlıoğlu (2015)	27 yüksek gelirli, 17 orta gelirli ülke	1990-2011	Panel veri analizi Driscoll/Kraay Tahmincisi	Emek, sermaye ve enerji tüketimi ^{ab}
İnglesi-Lotz (2015)	OECD Ülkeleri	1990-2010	Panel veri analizi, Pedroni eşbütünleşme testi ve sabit etkiler tahmincisi	Emek, sermaye ve yenilenebilir enerji tüketimi ^b
Chisasa ve Makine (2016)	Güney Afrika Tarım Sektörü	1970-2009	EKK	Emek, sermaye, banka kredisi ve yağış serileri ^a
Chikabwi, Chidoko	Güney Afrika	2000-2013	Panel veri analizi	Emek, sermaye,

ve Mudzingiri (2017)	Kalkınma Topluluğu'na üye 9 ülke için imalat sektörü	sabit etkiler tahmincisi	dış ticaret açığı, teknoloji transferi ve yenilikçilik ^b
----------------------	---------------------------------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Not. ^a, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^b, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^{ab}, hem ölçeğe göre sabit getirilere göre hem de ölçeğe göre değişken getirilere göre tahmin yapıldığını ifade etmektedir.

Smith (1945) çalışmasında hem ölçeğe göre sabit getiri varsayımını kullanmamış hem de Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu diğer çalışmalardan farklı olarak doğrusal olmayan regresyon analizi ile tahmin etmiştir. Bu çerçevede Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu ile 1918-1930 dönemi için Kanada Otomobil Endüstrisi'nde girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, doğrusal olmayan regresyon sonuçlarında emeğin çıktı esnekliği sermayenin gecikmesinin alındığı modelde 0.963 olarak, sermayenin gecikmesinin alınmadığı modelde 0.815 olarak tahmin edilmiştir. Sermayenin çıktı esnekliği ise, sermayenin gecikmesinin alındığı modelde 0.414, sermayenin gecikmesinin alınmadığı modelde 0.110 olarak tahmin edilmiştir. Sermayenin gecikmesinin alındığı modelde, fonksiyonun homojenlik derecesi 1.377, sermayenin gecikmesinin alınmadığı modelde ise 0.925 olarak elde edilmiştir. Her iki modelde de zaman değişkeni (trend) dahil edilmiş fakat her iki modelde de çıktıyı oldukça az etkilediği görülmüştür.

Carter ve Hurtle (1958) çalışmalarında Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu yardımıyla marjinal verimliliği tahmin etmişlerdir. Bu tahmin için yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak yeni bir varyans formülü geliştirmişlerdir. Tahmin için örnek olarak, Iowa'daki Tama-Muccatine Toprak Birliği'ne kayıtlı 255 çiftliğe ait veriler kullanılmıştır. Buna göre, emeğin marjinal verimliliği hayvanların beslenmesi, bina sayısı ve sermayenin marjinal verimliliklerinden yüksek çıkmıştır. Emekten sonra marjinal verimliliği en yüksek girdi sermaye miktarıdır.

Aiger ve Chu (1968) çalışmalarında, 1957-1958 dönemine ait ABD ana metal sanayi için verilerden yararlanmışlardır. Tahmin için en küçük karelerin yanı sıra Cobb Douglas Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde ilk defa iki aşamalı en küçük kareler tahmincisini, doğrusal programlamayı, tek denklemlili quadatik programlama ve çok denklemlili quadatik programlamayı kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar birbirleri ile paralellik göstermekle beraber emeğin çıktı esnekliği yaklaşık 0.9, sermayenin çıktı esnekliği yaklaşık 0.1 olarak tahmin

edilmiştir. Teknoloji çıktı esnekliği tüm tahmin yöntemlerinde farklı elde edilmiş olup, en küçük kareler tahmininde 0.51, çok denklemlili kvadratik programlama da 0.11 olarak elde edilmiştir.

Wickens (1970), 1900-1960 dönemi itibari ile ABD için Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmiştir. Analiz için en küçük kareler tahmincisini kullanmıştır. Çalışmanın temel amacı, yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak Cobb Douglas Üretim Fonksiyonu'ndaki teknik ilerlemenin önemini araştırmaktır. Elde edilen bulgular, çıktıdaki çevrimsel hareketlerin dikkate alınmadığı durumda, teknik ilerlemenin üretim fonksiyonlarını etkileyip etkilemediği konusunda bir sonuca ulaşamayacağı yönündedir. Ele alınan dönem ve söz konusu veriler yüksek teknik ilerleme oranını içeren bir modele ilişkin bilgi vermemektedir.

Wakelin (2001) çalışmasında, AR-GE yoğunluğu içeren Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu 170 İngiliz şirketi için tahmin etmiştir. Çalışmada 1988-1996 dönemine ait veriler kullanılmış ve yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak panel veri analiz tekniklerinden yararlanmışlardır. Verimlilik artışını etkilemek amacıyla firmaların AR-GE harcamalarının olumlu ve önemli rolü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca firmalar yenilik kullanma ölçütlerine göre ayrıldığında, AR-GE harcamalarının dönüş oranının yenilikçi firmalarda daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Balistreri, Daniel ve Wong (2003) çalışmalarında, 1947-1998 dönemine ait 28 sektör için Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu tahmin edilmiştir. Çalışmalarında yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak Cochrane-Orcutt AR(1) prosedüründen elde edilen bulgular kullanılmış olup, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun 28 sektörden, 20'sinde geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Cantos, Gumbau-Albert ve Maudos (2005) çalışmalarında, İspanya'da 1965-1995 dönemine ait beş farklı sektörde (özel sektör, tarım, sanayi, inşaat ve hizmet) yer alan firmalar için Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmişlerdir. Yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak panel veri analiz teknikleri aracılığıyla, sabit etkiler tahmincisini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bulgular her sektörde ulaşım altyapısının önemli bir yayılma etkisi yarattığını göstermektedir.

Li ve Liu (2011) çalışmalarında, Çin'de yer alan 30 eyalet için 1985-2006 dönemine ait veriler aracılığı ile Cobb Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmişlerdir. Üretim faktörü olarak emek, sermaye ve beşeri sermayeyi analize dahil eden çalışmada yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak stokastik sınır analizi ve en yüksek olasılırlık yöntemini

kullanmışlardır. Bulgular Çin Ekonomisi'nin beşeri sermaye birikimi ve teknik etkinlik açısından ilerleme kaydetmesi gerektiğini göstermektedir.

Çermikli ve Tokatlıoğlu (2015), çalışmalarında, teknolojik gelişme hızı ile enerji yoğunluğu arasındaki ilişkiyi, yüksek ve orta gelir grubundaki ülkeler için ayrı ayrı olmak üzere Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada 1990-2011 dönemine ait veriler kullanılmış olup, panel veri tekniklerinden yararlanmışlardır. Yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak Driscoll/Kraay tahmincisini kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, emek, sermaye ve enerji değişkenlerine ait esneklik katsayıları 1'den küçük olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca çalışmada, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu ile tutarlı şekilde girdiler arasında tamamlayıcı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Diğer taraftan ülke grupları için teknolojik gelişme hızları tahmin edilmiş olup, yüksek gelirli ülkelerde 0.9, orta gelirli ülkelerde ise, 1.4 olarak elde edilmiştir.

İnglesi-Lotz (2015) çalışmalarında, OECD Ülkeleri için 1990-2010 dönemine ait veriler yardımıyla emek, sermaye ve yenilenebilir enerji tüketimini üretim faktörü olarak dahil ettiği Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu tahmin etmişlerdir. Çalışmada literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak Pedroni Panel Eşbütünleşme testinden yararlanmışlar ve değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını araştırmışlardır. Bulgular yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etki yarattığını göstermektedir.

3.3. CES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Arrow vd. (1961) geliştirdikleri CES Üretim Fonksiyonu'nu aynı zamanda ilk tahmin eden iktisatçılardır. Çalışmalarında 19 ülke için 1949 ile 1955 yılları arasında dağılan ve en az 2 en fazla 24 endüstrinin yer aldığı bir veri seti çerçevesinde analizlerini en küçük kareler tahmincisi ile gerçekleştirmişlerdir. Böylece elde edilen tahminlerde Cobb-Douglas'ın belirttiğinin aksine ikame esnekliğinin daima 1 olmak zorunda olmadığını göstermişlerdir. Bu çalışmadan sonra ilgili yazında CES Üretim Fonksiyonu'na ilişkin çok sayıda tahmin yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı Tablo 2'de özetlenmiştir. Arrow vd. (1961) gibi EKK tahmincisi ile Kurz ve Manne (1963), Bell (1965), Ferguson (1965), Kaneda (1965), Sato (1970), Zarembka (1970), Woodland (1975), Desai (1976) ve Kempfert (1998) CES Üretim Fonksiyonu'nu farklı ülke, farklı dönem ve farklı sektörler için tahmin etmişlerdir.

Tablo 2
CES Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın

<i>Yazarlar</i>	<i>Ülke ve/veya Sektör</i>	<i>Yıl</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Üretim Faktörleri</i>	<i>İkame esnekliği</i>
Arrow vd. (1961)	19 ülke	1949-1955	EKK	Emek ve sermaye ^a	2 farklı sektör ve farklı ülkelerde 0.42 ile 1.74 arasında
Kurz ve Manne (1963)	ABD sanayi sektörü	1962	EKK	Emek ve sermaye ^a	0.989
Bell (1965)	ABD 18 sektör	1957	EKK	Emek ve sermaye ^a	Farklı sektörlerde 0.908 ile 1.707 arasında
Ferguson (1965)	ABD 19 sektör	1949-1961	EKK	Emek ve sermaye ^a	Farklı sektörlerde 0.24 ile 1.30 arasında
Kaneda (1965)	Japonya tarım sektörü	1951-1960	EKK	Emek ve sermaye ^a	0.70 ile 0.75 arasında
Sato (1970)	ABD	1909-1960	EKK	Emek ve sermaye ^a	0.50 ile 0.70 arasında
Tsurumi (1970)	Kanada 12 sektör	1926-1939 1946-1967	Doğrusal olmayan EKK ve doğrusal olmayan iki aşamalı EKK	Emek ve sermaye ^b	0.17 ile 1.00 arasında
Zarembka (1970)	ABD 13 sektör	1957-1958	EKK	Emek ve sermaye ^b	0.21 ile 1.81 arasında
Woodland (1975)	Kanada 10 sektör	1946-1969	EKK	Emek ve sermaye ^a	0.029 ile 0.574 arasında
Desai (1976)	Sovyet Rusya	1955-1969	EKK	Emek ve sermaye ^a	0.168 ile 0.277 arasında
Dewan ve Min (1997)	ABD 500 firma	1988-1992	Doğrusal olmayan ve doğrusal EKK	Emek ile bilgi teknolojisi içeren ve içermeyen sermaye	Bilgi teknolojisi içermeyen sermaye ile emek arasında 1.005

Kemfert (1998)	Batı Almanya Endüstrisi	1960-1993	EKK	Emek, sermaye ve enerji ^a	0.146 ile 0.846 arasında
Duffy ve Papageorgiou (2000)	82 Ülke	1960-1987	Doğrusal ve doğrusal olmayan EKK ile GMM	Emek, fiziksel sermaye ve beşeri sermaye ^a	Beşeri sermaye ve emek ile fiziksel sermaye arasındaki ikame esnekliği 1'den büyük olarak tahmin edilmiştir
Werf (2008)	12 Ülke	1978-1996	Panel veri analizi, sabit etkiler tahmincisi	Emek, sermaye ve enerji ^a	İkame esneklikleri 1'den küçük
Koesler ve Schymura (2012)	40 ülke (27 AB ve 13 diğer) 35 sektör	1995-2006	Heningsen ve Henningsen Süreci	Emek, sermaye, enerji ve materyal ^a	0.01'den küçük
Shen ve Whalley (2013)	Çin	1979-2006	Heningsen ve Henningsen Süreci	Beşeri sermaye içeren emek, sermaye ve enerji ^{ab}	0.436 ile 2.864 arasında
Shen, Wang ve Whalley (2015)	ABD, Hindistan ve Çin	1979-2008	Heningsen ve Henningsen Süreci	Emek ve sermaye ^a	Her 3 ülkede de 0.8
Songur (2015)	90 Ülke		Heningsen ve Henningsen Süreci	Emek, sermaye ve beşeri sermaye ^a	Gelir düzeyi arttıkça emek ile sermaye arasındaki ikame esnekliği artmaktadır. Sermaye ve beşeri sermaye arasında ikame esnekliği yüksek gelirli ülkelerde daha yüksektir.
Brockway vd. (2017)	İngiltere, ABD ve Çin	1980-2010	Heningsen ve Henningsen	Emek, sermaye ve enerji ^b	0.001 ile sonsuz arasında

Süreci

Not. ^a, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^b, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^{ab}, hem ölçeğe göre sabit getirilere göre hem de ölçeğe göre değişken getirilere göre tahmin yapıldığını ifade etmektedir.

Bahsi geçen çalışmalardan yeni tahmin yöntemi veya yeni CES Üretim Fonksiyonu spesifikasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Bu bağlamda Kmenta (1967)'nin çalışması önemli bir yapı taşı oluşturmaktadır. Kmenta (1967) Arrow vd. (1961)'nin oluşturdukları CES Üretim Fonksiyonu'nda yer alan ölçeğe göre sabit getiri varsayımının değiştirilmesi gerektiğini ifade ederek, üretim fonksiyonuna ölçek parametresini eklemiştir⁶. Söz konusu parametrenin tahminine göre üretim fonksiyonunun ölçeğe göre sabit, artan veya azalan getirilere sahip olduğuna karar verilebilmektedir. Ayrıca Kmenta CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisinin daha uygun olacağını ifade etmiştir. Maddala ve Kadane (1967) çalışmalarında, Kmenta prosedürünün doğru sonuçlar verip vermediğini Monte Carlo süreci ile araştırmışlardır. Elde edilen bulgular, Kmenta prosedürünün ikame esnekliğinin tahmin edilmesinde genellikle güvenilir sonuçlar vermediğini fakat ölçeğe göre getiri ile ilgili tahminlerin güvenilir olduğunu ifade etmişlerdir.

Sato (1967) çalışmasında, Arrow vd. (1961)'nin önerdikleri iki girdili CES Üretim Fonksiyonu'nu daha fazla girdili üretim fonksiyonlarının CES yapısı ile tahmin edilebilmesi için üç ve dört girdili olacak şekilde yeniden düzenlemiştir. Sato tarafından önerilen dört girdili yuvalanmış (*nested*) CES Üretim Fonksiyonu, bir üst seviyeli CES Üretim Fonksiyonu'nun içine, iki alt seviyeli CES Üretim Fonksiyonlarının yuvalanması ile oluşturulur. Bu yuvalanmış CES Üretim fonksiyonlarının temel dayanağı üst düzey CES fonksiyonundaki girdilerin her birinin alt düzey bir CES Üretim Fonksiyonundaki bağımlı değişken tarafından yer değiştirilebilir olmasıdır.

$$Q = \gamma[\delta CES_1 + (1 - \delta)CES_2]^{-\frac{v}{\rho}} \quad (15)$$

$$Q = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho_1} + (1 - \delta_1) x_2^{-\rho_1})^{\rho/\rho_1} + (1 - \delta) (\delta_2 x_3^{-\rho_2} + (1 - \delta_2) x_4^{-\rho_2})^{\rho/\rho_2} \right]^{-v/\rho} \quad (16)$$

⁶ Ölçek parametresi ile oluşturulan CES Üretim Fonksiyonu 2. Bölümde yer alan Sabit İkame Esneklikli (CES) Üretim Fonksiyonu başlığı altında anlatılmıştır.

(15) numaralı fonksiyonda yer alan düşük seviyeli CES fonksiyonunda yer alacak katsayıların normalleştirilmiş olduğunu varsaymak zorundayız. Çünkü bu normalleştirme olmaksızın yuvalanmış CES Üretim Fonksiyonu'nun tüm katsayıları tahmin edilemez. Bu çerçevede yuvalanmış dört girdili CES fonksiyonu (16) numaralı eşitlikteki gibidir. Diğer taraftan üç girdili yuvalanmış CES Üretim Fonksiyonu durumunda üst düzey CES fonksiyonunun tek girdisi daha farklılaşmış olur ve bu üretim fonksiyonu (17) numaralı eşitlikteki gibi sunulabilmektedir:

$$Q = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho_1} + (1 - \delta_1) x_2^{-\rho_1})^{\rho/\rho_1} + (1 - \delta) x_3^{-\rho} \right]^{-v/\rho} \quad (17)$$

CES fonksiyonunun yuvalanması ampirik çalışmalar ve iktisat teorisinde bir çok uygulama için alternatif bir seçim yaratır ve esnekliği artırır. Yuvalanma yapısı iktisat teorisine bağlı olarak araştırmacının seçimine ve ampirik özelliklere bağlı olarak gerçekleştirilmelidir.

Tsurumi (1970) çalışmasında, yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak hem doğrusal olmayan en küçük kareler hem de doğrusal olmayan iki aşamalı en küçük kareler tahmincilerini kullanarak CES Üretim Fonksiyonu aracılığıyla ikame esnekliğini Kanada için araştırmıştır. Bulgular her iki tahmincide de emek ile sermaye arasındaki ikame esnekliğinin 12 farklı sektörde 0.17 ile 1.00 arasında değiştiğini göstermektedir. Ayrıca Tsurumi tahminini gerçekleştirirken ölçeğe göre değişken getirilerin geçerli olduğunu varsaymıştır. Buna göre 12 sektörün 6'sında ölçeğe göre azalan getirilerin, diğer 6'sında ise ölçeğe göre artan getirilerin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Zarembka (1970)'da aynı şekilde ölçeğe göre değişken getirileri tahmin etmiş ve ABD için ele aldığı 13 sektörden 2 tanesinde ölçeğe göre artan getiri, 1 tanesinde ise ölçeğe göre azalan getirilerin geçerli olduğunu istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde tahmin etmiştir.

Kumar ve Gapinski (1974) çalışmalarında küçük gözleme sahip veri setleri için CES Üretim Fonksiyonu'na ait parametrelerin tahminini araştırmışlardır. Bunun için 20 gözlemlik bir veri setini simülasyon yöntemi ile oluşturmuşlar ve doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisini kullanarak parametreleri tahmin etmişlerdir. Monte Carlo sürecinden elde edilen

sonuçlara göre, CES Üretim Fonksiyonu'na ait parametrelerin doğru tahmini için doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisinin önemli bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Dewan ve Min (1997) çalışmalarında ABD'de yer alan 500 firma için bilgi teknolojisini içeren ve içermeyen sermaye ile emek girdileri aracılığı ile tahmin etmişlerdir. 1988-1992 dönemine ait verilerden yararlandıkları çalışmalarında yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak CES Üretim Fonksiyonu'nu hem doğrusal EKK tahmincisi hem de doğrusal olmayan EKK tahmincisi ile tahmin etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre bilgi teknolojisi içermeyen sermaye ile emek arasında ikame esnekliği 1 olarak tahmin edilmiştir.

Duffy ve Papageorgiou (2000) 1960-1987 dönemine ait 82 ülkenin verileri ile emek, fiziksel sermaye ve beşeri sermaye arasındaki ikame esnekliğini CES Üretim Fonksiyonu ile tahmin etmişlerdir. Yazında yer alan çalışmalardan farklı olarak doğrusal ve doğrusal olmayan EKK tahmincisinin yanı sıra GMM tahmincisini de kullanmışlardır. Elde edilen bulgular beşeri sermaye ve emek ile fiziksel sermaye arasındaki ikame esnekliğini 1'den büyük olarak tahmin etmişlerdir.

Werf (2008) çalışmasında 12 ülke için 1978-1996 dönemine ait veriler aracılığı ile emek, sermaye ve enerji girdileri arasındaki ikame esnekliğini CES Üretim Fonksiyonu aracılığı ile araştırmışlardır. Yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak Panel Veri Analizinde sabit etkiler tahmincisini kullanmışlardır. Elde edilen bulgular girdiler arasındaki ikame esnekliğinin birden küçük olduğunu göstermektedir.

Henningsen ve Henningsen (2011) çalışmalarında, CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmini için ilk defa optimizasyon algoritmalarına dayanarak doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisini kullanmışlardır. Bu çerçevede, dört girdiye kadar yuvalanmış CES Üretim Fonksiyonu'nun tahminine imkân tanımakla beraber söz konusu tahminlerle CES Üretim Fonksiyonu'nda yer alan ölçek parametresi dâhil tüm parametrelerin tahmini mümkün olabilmektedir. Bu çerçevede Koesler ve Schymura (2012), Shen ve Whalley (2013), Shen, Wang ve Whalley (2015), Songur (2015) ve Brockway vd. (2017) çalışmalarında Henningsen ve Henningsen (2011)'in CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmini için geliştirdikleri tahmin sürecini kullanmışlar ve farklı dönem ve farklı ülke ve sektör grupları için farklı girdiler aracılığı ile ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir.

3.4. VES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Revankar'ın geliştirdiği VES Üretim Fonksiyonu'na ilişkin ampirik yazında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu durumun birkaç nedeni vardır. İlk olarak oluşturulan üretim fonksiyonunun karmaşık yapısı söz konusu fonksiyona ait parametrelerin hepsinin tahminini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle çalışmalarda genel olarak bazı parametrelere ilişkin varsayımlar yapılarak tahminler gerçekleştirilmektedir. Söz konusu varsayımlar genellikle bazı parametrelerin değerinin sabit kabul edilmesidir. Örneğin Thorsnes (1997) ile Batisani ve Yarnal (2011) çalışmalarında VES Üretim Fonksiyonu'na ilişkin ikame esnekliğini tahmin ederken fonksiyonda yer alan diğer parametreleri tahmin etmemiş ve sabit kabul etmişlerdir. Buna ek olarak Lovell (1973b), Kazi (1980) ve Erol ve Güzel (2006) tahminlerini gerçekleştirirken ölçeğe göre sabit getiri varsayımını kullanmışlardır. Ayrıca literatürdeki çalışmaların çoğunda doğrusal EKK tahmincisi kullanılmış olup bu kısımda da üretim faktörlerinin fiyatlarından yararlanılarak ikame esnekliği elde edilmiştir. Fakat bazen -özellikle geniş zaman serilerinde- faktör fiyatlarına ilişkin veri bulma sıkıntısı araştırmacıların karşısına bir problem olarak çıkmaktadır. Bu durumlar dikkate alındığında VES Üretim Fonksiyonu'nun tahminine ilişkin yazın gelişmeye devam etmekle birlikte tahminlerin bazı varsayımlar geliştirilerek gerçekleştirilmesi söz konusudur. Bu bölümde Revankar'ın geliştirdiği VES Üretim Fonksiyonu'na ilişkin birkaç çalışma üzerinde durulacaktır. Bu çalışmalar Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3

VES Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın

<i>Yazarlar</i>	<i>Ülke ve/veya Sektör</i>	<i>Yıl</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Üretim Faktörleri</i>	<i>İkame esnekliği</i>
Lovell (1973a)	ABD İmalat Sanayii	1958	EKK	Emek ve Sermaye ^b	0.57 ile 0.86 arasında
Lovell (1973b)	ABD İmalat Sanayii	1947-1968	EKK	Emek ve Sermaye ^a	0.47
Kazi (1980)	Hindistan İmalat Sanayii	1973, 1974 ve 1975	EKK	Emek ve Sermaye ^a	0.42 ile 1.51 arasında
Chmielarz ve Stachurski (1986)	Polonya için 9 sektör, Batı Almanya için	Polonya için 1970-1979, Batı	Doğrusal ve Olmayan	Emek ve Sermaye ^b	İkame esnekliğinin değişken olduğu ifade edilmiştir

	19 sektör	Almanya için 1950- 1974	EKK		
Thorsnes (1997)	ABD 219 Firma	1985-1989	EKK	Emek ve Sermaye ^a	0.81
Erol ve Güzel (2006)	Türkiye Ankara	2000	EKK	Sermaye ve Toprak ^a	0.118
Batisani ve Yarnal (2011)	Botsvana	2004-2007	EKK	Emek ve Sermaye ^a	Ortalama Olarak 0.150 ile 0.455 arasında

Not. ^a, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^b, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^{ab}, hem ölçeğe göre sabit getirilere göre hem de ölçeğe göre değişken getirilere göre tahmin yapıldığını ifade etmektedir.

VES ile ilgili yazına bakıldığında, Lovell (1973a, 1973b) ve Kazi (1980) benzer yöntemlerle yani faktör fiyatlarından yararlanarak EKK tahmincisini kullanarak üretim fonksiyonunu ve ikame esnekliğini tahmin etmişlerdir. Faktör fiyatları oranı ile faktör oranının çarpımının faktör fiyatları oranının bir fonksiyonu olduğunu düşünerek üretim fonksiyonunda kullanılacak ikame parametresini tahmin etmişler daha sonra bu ikame parametresinden yararlanarak üretim fonksiyonunda yer alan diğer parametreleri tahmin etmişlerdir. Faktör oranlarının aritmetik ortalamasını alarak ve tahmin edilen ilgili parametrelerden yararlanarak ortalama değişken ikame esnekliğini elde etmişlerdir.

Chmielarz ve Stachurski (1986) ise hem doğrusal EKK tahmincisi, hem de doğrusal olmayan EKK tahmincisi ile VES Üretim Fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Normalde önce üretim fonksiyonu daha sonra ise ikame esnekliği tahmin edilmektedir. Fakat Chmielarz ve Stachurski üretim fonksiyonları tahminlerine yönelik yeni formlar oluşturmuşlar ve ilk olarak ikame esnekliğinin değiştirilmesi varsayımından hareketle yeni bir fonksiyon biçimi oluşturarak tahminlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulguların yeni formu desteklediğini iddia etseler de VES Üretim Fonksiyonu ile ilgili yazında bu yöntem neredeyse hiçbir çalışmada kullanılmamıştır.

Thorsnes (1997) ile Batisani ve Yarnal (2011) çalışmalarında faktör fiyatlarından yararlanarak EKK tahmincisini kullanarak sadece ikame esnekliğini tahmin etmişler, üretim fonksiyonuna ilişkin diğer parametreleri tahmin etmemişler ve sabit kabul etmişlerdir.

3.5. Translog Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Christensen, Jorgenson ve Lau (1973) tarafından geliştirilen Translog Üretim Fonksiyonu'na ilişkin ilk ampirik analizi yine aynı yazarlar gerçekleştirmiştir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yaptıkları analizde 1929-1969 dönemine ait ABD İmalat Sanayii verilerini kullanmışlardır. Geliştirilen Translog Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmek için en küçük kareler tahmincisini kullanmışlardır. Yazında Translog Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmek için EKK tahmincisini Binswanger (1974), Woodland (1975), Carter (1984), Lyu, White ve Lu (1974), Kim (1992), Kumbhakar (1994) ve Bravo-Ortega ve Lederman (2004) kullanmışlardır. Translog Üretim Fonksiyonuna ilişkin ampirik çalışmalar Tablo 4'de özetlenmiştir.

Christensen, Jorgenson ve Lau (1973)'nun çalışmasından hemen sonra Berndt ve Christensen (1974) ABD imalat sanayi için 1929-1968 dönemine ait veriler yardımıyla üç aşamalı en küçük kareler tahmincisini kullanarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bulgular ikame esnekliğinin -14.82 ile 7.88 arasında olduğunu göstermekteydi. Ayrıca Humphrey ve Moroney (1975) çalışmalarında Translog Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmek için üç aşamalı EKK tahmincisini kullanmışlardır.

Tablo 4

Translog Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın

<i>Yazarlar</i>	<i>Ülke ve/veya Sektör</i>	<i>Yıl</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Üretim Faktörleri</i>	<i>İkame esnekliği</i>
Berndt ve Christensen (1974)	ABD İmalat Sanayii	1929-1968	Üç aşamalı EKK	Üretimde yer alan ve almayan işçiler ve tesis ile teçhizat ^a	-14.82 ile 7.88 arasında
Binswanger (1974)	ABD	1912-1964	EKK	Toprak, emek, makine, gübre ve diğer ^a	-26.573 ile 2.987 arasında
Humphrey ve Moroney (1975)	ABD İmalat Sanayii	1963	Üç aşamalı EKK	Emek ve sermaye ^a	-5.63 ile 2.18 arasında
Woodland	Kanada'da	1946-1969	EKK	Bina, teçhizat	-0.005 ile 0.144

(1975)	yer alan 10 sektör			ve emek ^a	arasında
Pindyck (1979)	10 Ülke	1959-1973	Zellner (SUR) tahmincisi	Emek, sermaye ve enerji tüketimi ^a	-11.91 ile 5.59 arasında
Carter (1984)	Hindistan tarım sektörü	1969-1972	EKK	Emek, sermaye ve toprak ^{ab}	8.6
Pollak, Sickles ve Wales (1984)	ABD İmalat Sanayii	25 yıllık, 19 yıllık ve 109 elektrik üretim bölgelerinden oluşan 3 farklı veri seti	Doğrusal Olmayan EKK	Emek, sermaye, enerji ve materyal	-3.78 ile 0.85 arasında
Lyu, White ve Lu (1984)	ABD Tarım Sektörü	1949-1981	EKK	Araştırma harcamaları, emek, sermaye, toprak ve ara girdiler ^b	İkame esnekliği Cobb- Douglas ile aynıdır
Kim (1992)	ABD İmalat Sanayii	1947-1971	EKK	Sermaye, emek, enerji ve materyal ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Kumbhakar (1994)	Hindistan'ın Batı Bengal Eyaleti 227 çiftlik	1980-1985	EKK	Suni gübre, insan emeği, boğa emeği, toprak ve sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Dewan ve Min (1997)	ABD 500 firma	1988-1992	Doğrusal olmayan ve doğrusal EKK	Emek ile bilgi teknolojisi içeren ve içermeyen sermaye	Bilgi teknolojisi içermeyen sermaye ile emek arasında 4.853
Tzouvelekos	Yunanistan	1987-1993	Panel	Sermaye,	1.001 ile 1.745

(2000)	125 zeytinyağı üreticisi		Uygulanabilir Genelleştirilmiş EKK	emek, gübre ve toprak ^b	arasında
Evans, Green ve Murinde (2002)	82 ülke	1972-1992	Panel Veri Analizi Rassal Etkiler Tahmincisi	Emek, fiziksel sermaye, para arzu, beşeri sermaye, döviz kuru ^a	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Bravo-Ortega ve Lederman (2004)	86 ülke	1961-2000	EKK	Emek, sermaye, toprak, hayvan sayısı, gübre ve traktör ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Soderbom ve Teal (2004)	Gana 143 firma	1991-1997	GMM tahmincisi	Emek, sermaye ve fiziksel sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Khalil (2005)	Ürdün	1947-1971	Zellner (SUR) tahmincisi	Emek, sermaye ve materyal ^a	-5.55 ile 1.25 arasında
Smyth, Narayan ve Shi (2011)	Çin demir- çelik sektörü	1978-2007	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye ve enerji ^b	Ortalama olarak, Emek vs sermaye 0.9 Sermaye vs enerji 1.0 Emek vs enerji 0.7
Li ve Liu (2011)	Çin 30 Eyalet	1985-2006	Stokastik sınır analizi ve en yüksek olabilirlik tahmini	Emek, sermaye ve beşeri sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Krishnapillai ve Thompson (2012)	İngiltere İmalat Sanayii	2007	Zellner (SUR) tahmincisi	Emek, sermaye ve enerji ^b	4.10 ile 12.78 arasında
Pablo-Romero ve Gomez- Calero (2013)	İspanya 50 il	1985-2006	Panel veri analizi sabit etkiler tahmincisi	Özel sermaye, kamu sermayesi ve beşeri sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır

Wesseh, Lin ve Appiah (2013)	Liberya	1980-2010	Ridge regresyon yöntemi	Sermaye, emek, petrol tüketimi ve elektrik tüketimi ^b	İkame esneklikleri yaklaşık olarak 1 değerini almaktadır
Lin ve Xie (2014)	Çin taşımacılık sektörü	1980-2010	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye ve enerji ^b	1 ile 1.06 arasında
Lin ve Ahmad (2016b)	Pakistan taşımacılık sektörü	1980-2013	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye ve enerji ^b	0.995 ile 1.02 arasında
Lin ve Ahmad (2016a)	Pakistan	1980-2014	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye, petrol ve doğal gaz ^b	0.96 ile 1.03 arasında
Lin, Atsagli ve Dogah (2016)	Gana	1980-2012	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye, elektrik tüketimi ve petrol tüketimi ^b	Ortalama olarak 0.986 ile 1.440 arasında
Wesseh ve Lin (2016)	12 Ülke	1980-2011	Panel Veri Analizi Rassal Etkiler Tahmincisi	Emek, sermaye, yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji ^a	0.01 ile 0.90 arasında
Lin ve Atsagli (2017)	Güney Afrika	1980-2012	Ridge regresyon yöntemi	Sermaye, emek, elektrik tüketimi, petrol tüketimi ve kömür tüketimi ^b	0.330 ile 1.051 arasında

Not. ^a, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^b, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^{ab}, hem ölçeğe göre sabit getirilere göre hem de ölçeğe göre değişken getirilere göre tahmin yapıldığını ifade etmektedir.

Pindyck (1979) çalışmasında 10 ülke (Kanada, Fransa, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, İsveç, İngiltere, ABD ve Batı Almanya) için 1959-1973 dönemine ait emek, sermaye ve enerji tüketimi (Kömür, benzin, motorin, doğal gaz ve elektrik) verileri ile oluşturdukları Translog Fonksiyonu'nu tahmin etmişlerdir. Pindyck (1979) çalışmasında yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak Zellner (SUR) tahmincisini kullanmışlardır. Aynı şekilde Zellner (SUR) tahmincisini Khalil (2005) ve Krishnapillai ve Thompson (2012) çalışmalarında Translog Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmek için kullanmışlardır.

White (1980) çalışmasında kendi simülasyon yöntemi ile oluşturduğu 200 gözlem yardımıyla Cobb Douglas ve Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde en küçük kareler tahmincisi ile Taylor yaklaşımından hangisinin daha etkin sonuçlar vereceğini araştırmıştır. White (1980)'a göre, Taylor yaklaşımından elde edilen sonuçların yorumlanması yanıltıcı olacaktır.

Diğer taraftan, Pollak, Sickles ve Wales (1984) hem CES hem de Translog fonksiyonlarını doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisi ile tahmin etmişler ve girdiler arasındaki ikame esnekliklerini hesaplamışlardır. Elde edilen bulgulara göre girdiler arasında ikame esneklikleri -3.78 ile 0.85 arasında tahmin edilmiştir. Benzer şekilde Dewan ve Min (1997)'de çalışmalarında doğrusal olmayan EKK tahmincisini kullanmışlar ve bilgi teknolojisi içermeyen sermaye ile emek arasında ikame esnekliğini 4.853 olarak tahmin etmişlerdir.

Tzouvelekos (2000) çalışmasında Yunanistan'da yer alan 125 zeytinyağı üreticisi için 1987-1993 dönemine ait veriler ile Translog Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmiştir. Tzouvelekos yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak panel veri analiz tahmincilerinden panel uygulanabilir genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) tahmincisini kullanmıştır. Elde edilen bulgulara göre ikame esnekliği girdiler arasında 1 ile 1.75 arasında tahmin edilmiştir.

2002 yılında Evans, Green ve Murinde ise 82 ülke ve 1972-1992 dönemi için ekonomik büyüme için beşeri sermaye ve finansal kalkınmanın rolünü araştırmak amacıyla Translog Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanmışlardır. Çalışmada yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak panel veri analiz tekniklerini kullanmışlar ve tahmini rassal etkiler tahmincisi ile gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde Wesseh ve Lin (2016) panel veri analizi rassal etkiler tahmincisini kullanmışlardır. Bulgular girdiler arasında ikame esnekliği 0.01 ile 0.90 arasında tahmin edilmiştir.

Söderbom ve Teal (2004) ise, Gana'da yer alan 143 firma için Translog Üretim Fonksiyonu'nu yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak GMM tahmincisini kullanarak tahmin etmişlerdir. Diğer taraftan, Li ve Liu (2011) Translog Üretim Fonksiyonu'nu panel veri analiz teknikleri çerçevesinde, stokastik sınır analizi ve en yüksek olasılırlık tahmincisini kullanarak tahmin etmişlerdir.

Smyht, Narayan ve Shi (2011) çalışmalarında, Çin demir çelik sektörü için 1978-2007 dönemine ait veriler aracılığıyla Translog Üretim Fonksiyonu'nu emek, sermaye ve enerji tüketimi verilerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Çalışmada yazında yer alan çalışmalardan farklı olarak Ridge Regresyon yöntemini kullanmışlar ve her bir yıl için girdilere ait çıktı esnekliklerini ve girdiler arası ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir. Buna göre emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliği ortalama olarak 0.9; sermaye ile enerji arasındaki ikame esnekliği 1.0 ve emek ile enerji arasındaki ikame esnekliği 0.7 olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmadan sonra Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde Ridge Regresyon yöntemini Wesseh, Lin ve Appiah (2013), Lin ve Xie (2014), Lin ve Ahmad (2016a, 2016b), Lin, Atsagli ve Dogah (2016) ile Lin ve Atsagli (2017) çalışmalarında kullanmışlardır.

3.6. Türkiye Üzerine Yapılan Üretim Fonksiyonlarına İlişkin Yazın

Çalışmada son yıllarda Türkiye üzerine yapılan ampirik çalışmalara ayrı olarak yer verilmiş olup bu başlık altında ve ayrıca Tablo 5'de özetlenmiştir. Bu çalışmalardan ilki Akan (2002) tarafından Türkiye imalat sanayiine yönelik yapılan çalışmadır. Çalışmada 1979-1999 dönemine ait veriler yardımıyla CES Üretim Fonksiyonu tahmin edilmiştir. Çalışmada en küçük kareler tahmincisinden yararlanılmıştır. Tahmin edilen ikame esnekliğinin 1 olduğu belirtilmiş ve bu nedenle Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nun Türkiye İmalat Sanayi'ni açıklamakta daha iyi bir üretim fonksiyonu olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca ele alınan dönemde Türkiye imalat sanayiinde ölçeğe göre artan getirilerin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şimşek ve Kadılar (2005) çalışmalarında, 1963-2002 dönemine ait veriler aracılığıyla kamu sabit sermaye yatırımlarının özel sektör imalat sanayi çıktısına etkisini araştırmak için Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanmışlardır. Çalışmada üretim faktörü olarak, özel ve kamu sabit sermaye yatırımlarına ek olarak emek miktarını da kullanmışlardır. Analizlerini ARDL sınır testi yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirmişlerdir. Bulgulara göre, kamu sabit sermaye yatırımları, özel sektör çıktısını ve verimliliği pozitif yönde etkilemektedir.

Erol ve Güzel (2006), çalışmalarında Türkiye'nin Başkenti Ankara'da konut piyasası için sermaye toprak ikamesini araştırmışlardır. 2000 yılına ait veriler yardımıyla iki ana bölge ve Ankara geneli için hem CES hem de VES Üretim Fonksiyonlarını tahmin etmişlerdir. Elde edilen bulgular Ankara'da Konut Arzı'nın inelastik olduğunu göstermektedir. Ayrıca bulgular Ankara'nın dış bölgelerinde sermaye ve toprak ikamesinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Işık ve Acar (2006), Türkiye imalat sanayii ve onun alt sektörlerinden biri olan tekstil sektörüne ilişkin 1985-2001 dönemine ait veriler yardımıyla Cobb-Douglas, CES ve Translog Üretim Fonksiyonlarını tahmin etmişlerdir. Analizlerini Johansen Eşbütünleşme Testi ve en küçük kareler tahmincisi aracılığıyla gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, gerek imalat sanayii olsun, gerekse de tekstil sektörü olsun her ikisinde de ölçeğe göre artan getiri koşulları geçerlidir. CES Üretim Fonksiyonu'nda ikame esnekliği yaklaşık olarak 1 olarak tahmin edilmiştir. Sonuçlar Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nun, ilgili dönemde üretim yapısını daha iyi açıklayan, dolayısıyla temsil kabiliyeti daha yüksek bir üretim fonksiyonu olduğuna işaret etmektedir.

Kök ve Yeşilyurt (2006) çalışmalarında, ilk 500 imalat sanayii kuruluşunun etkinlik yapısını belirlemek için Stokastik Sınır Analizinden yararlanmışlardır. 1993-2000 dönemine ait verilerden yararlanan çalışmada 243 firma analize dahil edilmiş olup, Translog ve Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanılmıştır. Üretim fonksiyonları tahminlerinden elde edilen parametre tahminleri etkinlik analizlerinde kullanılmış olup, etkinlik göstergelerinin kalkınma hedefi ile paralellik göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

İsmihan (2009) çalışmasında, Türkiye'de makroekonomik istikrarsızlığın potansiyel büyüme hızı üzerindeki rolünü 1960-2006 dönemine ait veriler yardımıyla, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu kullanarak araştırmıştır. Çalışmada Johansen Eşbütünleşme Tekniği ve FM-OLS tahmincisini kullanmıştır. Çalışmada ele alınan dönemde Türkiye ekonomisinin ölçeğe göre artan getirilere sahip olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada fiziki sermayenin çıktı üzerine etkisi 0.30 olarak tahmin edilirken, beşeri sermayenin çıktı üzerine etkisi 1.17 olarak tahmin edilmiştir.

Açıkgöz ve Çatalbaş (2010) çalışmalarında, Türkiye'de büyümenin kaynaklarını ve toplam faktör verimliliğini Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanarak araştırmışlardır. Çalışmada 1968-2006 dönemine ait verilerden yararlanmışlar ve parametrik olmayan regresyon analizini kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, Türkiye'de ele alınan dönemde ölçeğe göre

azalan getiri söz konusudur. 1980 öncesi dönemde büyümenin kaynağı sermaye birikimi iken, 1980 sonrası dönemde 1991-1995 hariç büyümenin kaynağı işgücü verimliliğidir. 1991-1995 döneminde ise, büyümenin kaynağı işgücü verimliliğidir. Ayrıca ölçeğe göre sabit getiri olduğu varsayımı altında sermayenin çıktı esnekliği 0.3, emeğin çıktı esnekliği 0.7 olarak tahmin edilmiştir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımının yapılmadığı durumda emeğin çıktı esnekliği 0.48, sermayenin çıktı esnekliği ise 0.32 olarak tahmin edilmiştir.

Erden ve Karaçay-Çakmak (2010) çalışmalarında, Türkiye’de hem bölgesel hem de ulusal düzeyde kamu sermayesinin optimal düzeye ulaşıp ulaşmadığını 1986-2000 dönemine ait 57 il verileri aracılığıyla Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu’nu kullanarak araştırmışlardır. Analizlerini panel veri analiz tekniklerinden yararlanarak gerçekleştirmişler ve sabit etkiler tahmincisini kullanmışlardır. Bulgular Türkiye’de kamu sermayesinin özel imalat sanayi sektörünün üretimini pozitif etkilediğini göstermektedir. Diğer taraftan kamu sermayesinin marjinal verimliliğinin özel sektör sermayesinin marjinal verimliliğinden yüksek olarak tahmin edilmesi tüm ekonomi için kamu sermayesinin optimal düzeyi aştığını göstermektedir. Bununla beraber bu sonuç bölgesel olarak incelendiğinde düşük performanslı illerde kamu sermayesinin optimalin altında olduğunu göstermektedir.

Tablo 5

Türkiye Üzerine Yapılan Çalışmalar

<i>Yazarlar</i>	<i>Üretim Fonksiyonu</i>	<i>Ülke ve/veya Sektör</i>	<i>Yıl</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Üretim Faktörleri</i>	<i>İkame esnekliği</i>
Akan (2002)	CES	Türkiye İmalat Sanayii	1979-1999	EKK	Emek ve sermaye ^b	1
Şimşek ve Kadılar (2005)	Cobb-Douglas	Türkiye	1963-2002	ARDL	Özel ve kamu sabit sermaye yatırımları ile emek ^b	-
Erol ve Güzel (2006)	CES ve VES	Türkiye Ankara	2000	EKK	Sermaye ve Toprak ^a	0.118

Işık ve Acar (2006)	Cobb-Douglas, CES ve Translog	Türkiye İmalat Sanayii ve Tekstil Sektörü	1985-2001	Johansen Eşbütünlüşme	Çevirici güç kapasitesi ve emek ^b	1
Kök ve Yeşilyurt (2006)	Cobb-Douglas ve Translog	Türkiye İmalat Sanayiinde yer alan 243 firma	1993-2000	Stokastik Sınır Analizi	Emek ve sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
İsmihan (2009)	Cobb-Douglas	Türkiye	1960-2006	Johansen Eşbütünlüşme Tekniği ve FM-OLS tahmincisi	Emek, fiziki sermaye ve beşeri sermaye ^b	-
Açıkgöz ve Çatalbaş (2010)	Cobb-Douglas	Türkiye	1968-2006	Parametrik olmayan regresyon analizi	Emek ve sermaye ^{ab}	-
Erden ve Karaçay-Çakmak (2010)	Cobb-Douglas	Türkiye İmalat Sanayii 57 il	1986-2000	Panel veri analizi, sabit etkiler tahmincisi	Özel ve kamu sermaye yatırımları ile emek ^b	-
Taşdoğan (2014)	Translog	Türkiye 26 Bölge	2012	Stokastik Sınır Analizi	Emek ve sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Tutulmaz ve Şahin (2014)	Cobb-Douglas ve Translog	Türkiye Hava Ulaştırma sektörüne ait 15 firma	2002: 01-2004: 09	Stokastik Sınır Analizi	Emek, sermaye ve enerji (yakıt) ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Avcı ve Çağlar (2016)	Cobb-Douglas	İstanbul Sanayi Odası'na kayıtlı ilk 500 firma	2011-2014	Stokastik Sınır Analizi	Özkaynaklar, aktif toplamı ve personel sayıları ^b	-

Çalmaşur (2016)	Cobb-Douglas ve Translog	Türkiye otomotiv sektörü 20 firma	1992-2012	Stokastik Sınır Analizi	Emek ve sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Oransay (2017)	Cobb-Douglas	Türkiye	1986-2011	Vektör Hata Düzeltme Modeli ve Varyans Ayrıştırması	Emek, sermaye ve elektrik tüketimi ^b	-
Songur (2017)	Translog Üretim Fonksiyonu	Türkiye	1950-2014	Ridge Regresyon Yöntemi	Fiziksel sermaye ve beşeri sermaye ^b	İkame esnekliği yaklaşık olarak 1'dir.

Not. ^a, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^b, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre tahmin yapıldığını; ^{ab}, hem ölçeğe göre sabit getirilere göre hem de ölçeğe göre değişken getirilere göre tahmin yapıldığını ifade etmektedir.

Taşdoğan (2014) çalışmasında, Türkiye'de 2012 yılı için 26 bölge kapsamında teşvik programının etkinliğini Translog Üretim Fonksiyonu parametrelerini tahmin ederek araştırmıştır. Tahminlerini stokastik sınır analizini kullanarak gerçekleştiren Taşdoğan (2014), elde ettiği bulgulara göre bölgelere ilişkin oluşturulan üretim fonksiyonunun etkisiz olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Tutulmaz ve Şahin (2014) çalışmalarında, Türkiye Hava Ulaştırma Sektörüne yönelik bir etkinlik analizi için Cobb-Douglas ve Translog üretim fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Analizlerini 2002:01-2004:09 dönemine ait veriler yardımıyla 15 işletme için stokastik sınır analizini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Ele alınan üretim fonksiyonu söz konusu dönem için etkinliği ve üretim ilişkilerini açıklamakta yeterli değildir.

Avcı ve Çağlar (2016) çalışmasında, İstanbul Sanayi Odası'na kayıtlı ilk 500 firmanın etkinliğini Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanarak araştırmışlardır. Çalışmada 2011-2014 dönemine ait veriler kullanılmış olup, üretim faktörlerini temsilen özkaynaklar, aktif toplamı ve personel sayıları alınmıştır. Bulgulara göre, kamu sektörünün etkinliği özel sektör etkinliğinden daha düşük olarak elde edilmiştir.

Çalmaşur (2016) çalışmasında, 1992-2012 dönemine ait veriler yardımıyla Türkiye otomotiv sektöründe yer alan 20 firma için teknik etkinlik analizini Cobb-Douglas ve Translog

Üretim Fonksiyonu'nu kullanarak araştırmışlardır. Bulgular, teknik etkinlik ile kapasite kullanım oranı, ihracat yoğunluğu ve yabancı sermaye oranı arasında pozitif bir ilişki olduğunu; firma yaşı ile teknik etkinlik arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Oransay (2017) çalışmasında, Türkiye'de elektrik tüketiminin çıktı üzerine etkisi Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'ndan yararlanılarak araştırılmıştır. Çalışmasında 1986-2011 dönemi verilerinden yararlanan yazar, Vektör Hata Düzeltme Modeli ve Varyans Ayırıştırması ile analizini gerçekleştirmiştir. Elde edilen bulgular elektrik tüketiminin çıktı üzerine pozitif bir katkısı olduğunu göstermektedir.

Songur (2017) çalışmasında, Türkiye'de fiziksel sermaye ile beşeri sermaye arasındaki ikame ve çıktı esnekliklerini araştırmıştır. 1950-2014 dönemine ait verilerden yararlanan çalışmada, Translog Üretim Fonksiyonu'nu Ridge Regresyon Yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Elde edilen bulgular beşeri sermaye ile fiziksel sermaye arasındaki ikame esnekliğinin bir olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan beşeri sermayenin çıktı esnekliği birden büyük ve fiziksel sermayenin çıktı esnekliği ise birden küçük olarak hesaplanmıştır. Çalışmada ele alınan dönem boyunca, fiziksel sermayenin çıktı esnekliği durağan kalırken, beşeri sermayenin çıktı esnekliği önemli bir şekilde artmıştır.

4. Sonuç

Çalışmada Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının tahminine ilişkin ampirik yazın incelenmiştir. Çalışmada bu doğrultuda öncelikle ele alınan üretim fonksiyonlarının kısa bir tanımı verilmiş ve devamında üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin sorunlar üzerinde durulmuştur. Daha sonra her bir üretim fonksiyonuna ilişkin ampirik yazın verilmiş buna ek olarak özellikle Türkiye ekonomisi için yapılan tahminler verilmiştir.

Tahmin yöntemleri açısından bakıldığında Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde genellikle EKK tahmincisi kullanılmıştır. Son dönemlerde panel veri analiz teknikleri kullanılmakla beraber, son yıllarda geliştirilen AMG (Augmented Mean Group) ve CCEMG (Common Correlated Effects Mean Group) gibi tahmincilerin kullanılmadığı görülmektedir. Öte yandan CES Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde bile doğrusal EKK tahmincisi kullanıldığı görülmektedir. Fakat CES Üretim Fonksiyonu'nun yapısı bu tahminci yerine doğrusal olmayan tahmincilerin kullanılması daha önemlidir. Bu bağlamda Henningsen ve Henningsen (2011) tarafından geliştirilen ve optimizasyon algoritmalarının da kullanıldığı doğrusal olmayan en

küçük kareler tahmincilerinin kullanılması önem arz etmektedir. Benzer şekilde VES Üretim Fonksiyonu'nun tahmini için özellikle faktör fiyatlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat faktör fiyatlarına ilişkin veriye ulaşmak oldukça zor olduğundan VES Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde bazı parametrelerin sabit kabul edilerek tahmin yapılması kaçınılmazdır. Son olarak Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde ise farklı tahmincilerin kullanılması ile birlikte bu tahminciler içerisinde EKK tahmincisi öne çıkmaktadır. Fakat Smyth, Narayan ve Shi (2011)'nin çalışmalarında kullanılan Ridge Regresyon yöntemi Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahmininde son dönemlerde oldukça popüler hale gelmiştir.

Diğer taraftan yazında üretim fonksiyonlarının tahmininde hangi üretim fonksiyonu formunun kullanıldığı da ayrıca önem arz etmektedir. Yazına bakıldığında üretim fonksiyonlarının tahmininde genellikle Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nun tahmininin gerçekleştirildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahmini fazla olmakla birlikte CES ve VES Üretim Fonksiyonlarının tahminleri oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu durumun en önemli nedeni bizce Cobb Douglas ve Translog Üretim Fonksiyonlarının daha basit ekonometrik yöntemlerle tahmin edilebilmesidir. Bu nedenle çalışmalarda girdiler arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkilerine odaklanmaktansa genellikle çıktı esnekliği üzerinde durulmuştur. Benzer bir eğilim Türkiye'de yapılan çalışmalara bakıldığında da görülmektedir. Türkiye için incelenen 14 çalışmadan sadece üçünde CES, birinde VES ve altısında Translog Üretim Fonksiyonu kullanılırken, ikame esnekliği bu çalışmalardan sadece dördünde hesaplanmıştır. Bu durum üretim fonksiyonlarının tahmininde ikame esnekliğinin tahmininin fazlasıyla ihmal edildiğini göstermektedir.

Bu çerçevede düşünüldüğünde bir ekonomide, sektörde, endüstride veya firmada üretim ilişkilerinin analizinde üretim fonksiyonları büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle bir üretim fonksiyonu tahmin edildiğinde çıktı esnekliğine odaklanmanın yanı sıra girdiler arasındaki ikame esnekliğini de düşünmek gerekmektedir. Dolayısıyla ikame esnekliğinin bir olarak kabul edildiği Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'nu tahmin etmek yerine CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonu'nun tahminini gerçekleştirmek daha uygun olacaktır. Ayrıca farklı üretim fonksiyonlarının tahminini gerçekleştirerek bu tahminleri karşılaştırmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Kaynakça

- Açıkgoz, Ş., & Çatalbaş, G. K. (2013). Türkiye Ekonomisi'nde büyümenin kaynakları: Parametrik olmayan bir yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-22.
- Akan, Y. (2002). Türk imalat sanayiinde faktör ikamesi, teknolojik gelişme ve ölçeğe göre getiri: Yeni CES üretim fonksiyonu yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16(3-4), 75-85.
- 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.
- Avcı, T., & Çağlar, A. (2016). Stokastik sınır analizi: İstanbul Sanayi Odası'na kayıtlı firmalara yönelik bir uygulama. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 17-57.
- Balistreri, E. J., McDaniel, C. A., & Wong, E. V. (2003). An estimation of US industry-level capital-labor substitution elasticities: Support for Cobb-Douglas. *The North American Journal of Economics and Finance*, 14(3), 343-356.
- Batisani, N., & Yarnal, B. (2011). Elasticity of capital-land substitution in housing construction, Gaborone, Botswana: Implications for smart growth policy and affordable housing. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 77-82.
- Bell, F. W. (1965). A note on the empirical estimation of the CES Production Function with the use of capital data. *The Review of Economics and Statistics*, 47(3), 328-330.
- Berndt, E. R. (1976). Reconciling alternative estimates of the elasticity of substitution. *The Review of Economics and Statistics*, 58(1), 59-68.
- Berndt, E. R., & Christensen, L. R. (1974). Testing for the existence of a consistent aggregate index of labor inputs. *The American Economic Review*, 64(3), 391-404.
- Binswanger, H. P. (1974). The measurement of technical change biases with many factors of production. *The American Economic Review*, 64(6), 964-976.
- Blundell, R., & Bond, S. (2000). GMM estimation with persistent panel data: An application to production functions. *Econometric Reviews*, 19(3), 321-340.
- Brockway, P. E., Saunders, H., Heun, M. K., Foxon, T. J., Steinberger, J. K., Barrett, J. R., & Sorrell, S. (2017). Energy rebound as a potential threat to a low-carbon future: Findings from a new exergy-based national-level rebound approach. *Energies*, 10(1), 1-24.

- Bronfenbrenner, M., & Douglas, P. H. (1939). Cross-section studies in the Cobb-Douglas Function. *Journal of Political Economy*, 47(6), 761-785.
- Cantos, P., Gumbau-Albert, M., & Maudos, J. (2005). Transport infrastructures, spillover effects and regional growth: evidence of the Spanish case. *Transport Reviews*, 25(1), 25-50.
- Carter, H. O., & Hartley, H. O. (1958). A variance formula for marginal productivity estimates using the Cobb-Douglas Function. *Econometrica*, 26(2), 306-313.
- Carter, M. R. (1984). Identification of the inverse relationship between farm size and productivity: An empirical analysis of peasant agricultural production. *Oxford Economic Papers*, 36(1), 131-145.
- Chisasa, J., & Makina, D. (2013). Bank credit and agricultural output in South Africa: A Cobb-Douglas empirical analysis. *The International Business & Economics Research Journal*, 12(4), 387.
- Chikabwi, D., Chidoko, C., & Mudzingiri, C. (2017). Manufacturing sector productivity growth drivers: Evidence from SADC member states. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(2), 163-171.
- Chmielarz, W., & Stachurski, A. (1986). A class of VES Production Function: Properties and estimation results. *Control and Cybernetics*, (3-4), 367-381.
- Chow, G. C., & Li, K. W. (2002). China's economic growth: 1952–2010. *Economic Development and Cultural Change*, 51(1), 247-256.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165.
- Çalmaşur, G. (2016). Technical efficiency analysis in the automotive industry: A stochastic frontier approach. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 4(4), 120-137.
- Çermikli, A. H., & Tokatlıoğlu, İ. (2015). Yüksek ve orta gelirli ülkelerde teknolojik gelişmenin enerji yoğunluğu üzerindeki etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 1-22.
- Daly, P., & Douglas, P. H. (1943). The production function for Canadian manufactures. *Journal of the American Statistical Association*, 38(222), 178-186.

- Daly, P., Olson, E., & Douglas, P. H. (1943). The production function for manufacturing in the United States, 1904. *Journal of Political Economy*, 51(1), 61-65.
- Desai, P. (1976). The production function and technical change in Postwar Soviet Industry: A reexamination. *The American Economic Review*, 66(3), 372-381.
- Dewan, S., & Min, C. K. (1997). The substitution of information technology for other factors of production: A firm level analysis. *Management Science*, 43(12), 1660-1675.
- Duffy, J., & Papageorgiou, C. (2000). A cross-country empirical investigation of the aggregate production function specification. *Journal of Economic Growth*, 5(1), 87-120.
- Erden, L., & Çakmak, H. K. (2010). Türkiye'de kamu sermayesinin optimalliği: Bölgesel bir analiz. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(3), 533-551.
- Erol, I., & Güzel, A. (2006). The elasticity of capital–land substitution in the housing construction sector of a rapidly urbanized city: Evidence from Turkey. *Review of Urban & Regional Development Studies*, 18(2), 85-101.
- Evans, A. D., Green, C. J., & Murinde, V. (2002). Human capital and financial development in economic growth: New evidence using the Translog Production Function. *International Journal of Finance & Economics*, 7(2), 123-140.
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Ferguson, C. E. (1965). Time-series production functions and technological progress in American manufacturing industry. *Journal of Political Economy*, 73(2), 135-147.
- Goldberger, A. S. (1968). The interpretation and estimation of Cobb-Douglas Functions. *Econometrica*, 33(3/4), 464-472.
- Goldfarb, D. (1970). A family of variable metric updates derived by variational means. *Mathematics of Computation*, 24, 23-26.
- Griliches, Z. (1963). Specification and estimation of agricultural production functions. *Journal of Farm Economics*, 45, 419-428.
- Griliches, Z. (1967). Production functions in manufacturing: some preliminary results. (In) Brown, M. *Theory and Empirical Analysis of Production*, (275-340). NBER.
- Gunn, G. T. & Douglas, P. H. (1941). The production function for American manufacturing in 1919. *The American Economic Review*, 31(1), 67-80.

- Gunn, G. T., & Douglas, P. H. (1942). The production function for American manufacturing for 1914. *Journal of Political Economy*, 50(4), 595-602.
- Henningsen, A. ve Henningsen, G. (2011). Econometric estimation of the “Constant Elasticity of Substitution” function in R: Package micEconCES. *Institute of Food and Resource Economics Working Paper*, 2011/9.
- Hoch, I. (1955). Report of the montreal meeting, September 10-13, 1954. *Econometrica*, 23(3), 324-337.
- Hoch, I. (1958). Simultaneous equation bias in the context of the Cobb-Douglas Production Function. *Econometrica*, 26(4), 566-578.
- Humphrey, D. B., & Moroney, J. R. (1975). Substitution among capital, labor, and natural resource products in American manufacturing. *Journal of Political Economy*, 83(1), 57-82.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
- Işık, N., & Acar, M. (2006). İmalat sanayi ve tekstil sektörü için Cobb-Douglas, CES ve Translog üretim fonksiyonlarının tahmini. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1(11), 91-109.
- İsmihan, M. (2013). Kronik istikrarsızlık ve potansiyel büyüme hızı: Türkiye deneyimi, 1960-2006. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 73-91.
- Jorgenson, D. W. (1972). Investment behavior and the production function. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 3(1), 220-251.
- Kaneda, H. (1965). Substitution of labor and non-labor inputs and technical change in Japanese agriculture. *The Review of Economics and Statistics*, 47(2), 163-171.
- Kazi, U. A. (1980). The Variable Elasticity of Substitution Production Function: A case study for Indian manufacturing industries. *Oxford Economic Papers*, 32(1), 163-175.
- Kemfert, C. (1998). Estimated substitution elasticities of a nested CES Production Function approach for Germany. *Energy Economics*, 20(3), 249-264.
- Khalil, A. M. (2005). A cross section estimate of Translog Production Function: Jordanian manufacturing industry. Alınan yer <http://ecommons.luc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=meea> (31.05.2017).
- Kim, H. Y. (1992). The Translog Production Function and variable returns to scale. *The Review of Economics and Statistics*, 74(3), 546-552.

- Kmenta, J. (1964). Some properties of alternative estimates of the Cobb-Douglas Production Function. *Econometrica*, 32(1/2), 183-188.
- Kmenta, J. (1967). On estimation of the CES Production Function. *International Economic Review*, 8(2): 180-189.
- Koesler, S., & Schymura, M. (2012). Substitution elasticities in a CES production framework an empirical analysis on the basis of non-linear least squares estimations. *Centre for European Economic Research*, 12-007.
- Kök, R., & Yeşilyurt, M. E. (2006). İlk beş yüz imalat sanayi kuruluşunun etkinlik analizi ve sigma yakınsaması-Türkiye örneği: 1993-2000. Alınan yer <http://kisi.deu.edu.tr/recep.kok/ilk500firma.pdf> (31.05.2017).
- Krishnapillai, S., & Thompson, H. (2012). Cross-section Translog Production and elasticity of substitution in U.S. manufacturing industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(2): 50-54.
- Kumar, T. K., & Gapinski, J. H. (1974). Nonlinear estimation of the CES Production Parameters: A Monte Carlo study. *The Review of Economics and Statistics*, 56(2), 563-567.
- Kumbhakar, S. C. (1994). Efficiency estimation in a profit maximising model using flexible production function. *Agricultural Economics*, 10(2), 143-152.
- Kurz, M., & Manne, A. S. (1963). Engineering estimates of capital-labor substitution in metal machining. *The American Economic Review*, 53(4), 662-681.
- Leontief, W. (1964). An international comparison of factor costs and factor use. *American Economic Review*, 54(2), 335-345.
- Li, K. W., & Liu, T. (2011). Economic and productivity growth decomposition: An application to post-reform China. *Economic Modelling*, 28(1), 366-373.
- Lin, B., & Ahmad, I. (2016a). Technical change, inter-factor and inter-fuel substitution possibilities in Pakistan: A Trans-log Production Function approach. *Journal of Cleaner Production*, 126, 537-549.
- Lin, B., & Ahmad, I. (2016b). Energy substitution effect on transport sector of Pakistan based on Trans-Log Production Function. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1182-1193.
- Lin, B., & Atsagli, P. (2017). Inter-fuel substitution possibilities in South Africa: A Translog Production Function approach. *Energy*, 121, 822-831.

- Lin, B., Atsagli, P., & Dogah, K. E. (2016). Ghanaian energy economy: Inter-production factors and energy substitution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1260-1269.
- Lin, B., & Xie, C. (2014). Energy substitution effect on transport industry of China-based on Trans-log Production Function. *Energy*, 67, 213-222.
- Lovell, C. K. (1973a). CES and VES Production Functions in a cross-section context. *Journal of Political Economy*, 81(3), 705-720.
- Lovell, C. K. (1973b). Estimation and prediction with CES and VES Production Functions. *International Economic Review*, 14(3), 676-692.
- Lyu, S. J. L., White, F. C., & Lu, Y. C. (1984). Estimating effects of agricultural research and extension expenditures on productivity: A Translog Production Function approach. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 16(2), 1-8.
- Maddala, G. S., & Kadane, J. B. (1966). Some notes on the estimation of the Constant Elasticity of Substitution Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 340-344.
- Maddala, G. S., & Kadane, J. B. (1967). Estimation of returns to scale and the elasticity of substitution. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 35(3/4), 419-423.
- Marschak, J., & Andrews, W. H. (1944). Random simultaneous equations and the theory of production. *Econometrica*, 12(3/4), 143-205.
- Meusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas Production Functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- Mundlak, Y. (1961). Empirical production function free of management bias. *Journal of Farm Economics*, 43(1), 44-56.
- Mundlak, Y., & Hoch, I. (1965). Consequences of alternative specifications in estimation of Cobb-Douglas Production Functions. *Econometrica*, 33(4), 814-828.
- Nerlove, M. (1967). Recent empirical studies of the CES and related production functions. (In) Brown, M. *The Theory and Empirical Analysis of Production*, (55-136). NBER.
- Oransay, G. (2017). Türkiye'de üretim düzeyini etkileyen faktörlerden elektrik tüketimi, istihdam ve sermaye Üçlüsü. *Ege Akademik Bakış*, 17(1), 13-22.
- Ortega, C. B., & Lederman, D. (2004). Agricultural productivity and its determinants: revisiting international experiences. *Estudios de Economía*, 31(2), 133-163.

- Pablo-Romero, M. D. P., & Gómez-Calero, M. D. L. P. (2013). A Translog Production Function for the Spanish provinces: Impact of the human and physical capital in economic growth. *Economic Modelling*, 32, 77-87.
- Paroush, J. (1966). The h-homogeneous production function with constant elasticity of substitution: A note. *Econometrica*, 34(1), 225-227.
- Pavelescu, F. M. (2011). Some aspects of the Translog Production Function estimation. *Romanian Journal of Economics*, 32(1), 41.
- Pindyck, R. S. (1979). Interfuel substitution and the industrial demand for energy: An international comparison. *The Review of Economics and Statistics*, 61(2), 169-179.
- Pollak, R. A., Sickles, R. C., & Wales, T. J. (1984). The CES-Translog: Specification and estimation of a new cost function. *The Review of Economics and Statistics*, 66(4), 602-607.
- Sarı, R., & Soytaş, U. (2007). The growth of income and energy consumption in six developing countries. *Energy Policy*, 35(2), 889-898.
- Sato, K. (1967). A two-level constant-elasticity-of-substitution production function. *The Review of Economic Studies*, 34(2), 201-218.
- Sato, R. (1970). The estimation of biased technical progress and the production function. *International Economic Review*, 11(2), 179-208.
- Shahiduzzaman, M., & Alam, K. (2014). Information technology and its changing roles to economic growth and productivity in Australia. *Telecommunications Policy*, 38(2), 125-135.
- Shen, K., & Whalley, J. (2013). Capital-labor-energy substitution in nested CES Production Functions for China. *National Bureau of Economic Research*. No. w19104.
- Shen, K., Wang, J., & Whalley, J. (2015). Measuring changes in the bilateral technology gaps between China, India and the US 1979-2008. *National Bureau of Economic Research*. No. w21657.
- Smith, V. E. (1945). Nonlinearity in the relation between input and output: The Canadian automobile industry, 1918-1930. *Econometrica*, 13(3), 260-272.
- Smyth, R., Narayan, P. K., & Shi, H. (2011). Substitution between energy and classical factor inputs in the Chinese steel sector. *Applied Energy*, 88(1), 361-367.

- Songur, M. (2015). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için sabit ikame esneklikli üretim fonksiyonunun tahmini. *EY International Congress on Economics II*, 5-6 November 2015, Ankara. <http://ekonomikyaklasim.org/eyc2015/userfiles/downloads/Paper%20240.pdf>
- Songur, M. (2017). Türkiye’de beşeri sermaye ve fiziksel sermaye arasındaki ikame olanakları: Translog Üretim Fonksiyonu yaklaşımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, (Aralık 2017 sayısında yayınlanmak üzere kabul edilmiş makale).
- Söderbom, M., & Teal, F. (2004). Size and efficiency in African manufacturing firms: Evidence from firm-level panel data. *Journal of Development Economics*, 73(1), 369-394.
- Şimşek, M., & Kadılar, C. (2013). Türkiye’de kamu sabit sermaye yatırımlarının verimliliği: Sınır testi ile ekonometrik bir yaklaşım, 1963–2002. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 87-102.
- Taşdoğan, C. (2013). Yeni teşvik programı: Stokastik sınır analizi ile bir değerlendirme. *Ekonomik Yaklaşım*, 24(89), 1-23.
- Thorsnes, P. (1997). Consistent estimates of the elasticity of substitution between land and non-land inputs in the production of housing. *Journal of Urban Economics*, 42(1), 98-108.
- Tsurumi, H. (1970). Nonlinear two-stage least squares estimation of CES Production Functions applied to the Canadian manufacturing industries, 1926-1939, 1946-1967. *The Review of Economics and Statistics*, 52(2), 200-207.
- Tutulmaz, O., & Şahin, H. (2014). Türk havayolu ulaştırmasının açılım dönemine yönelik teknik etkinlik analizi: Bir stokastik sınır yöntemi uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(2), 49-72.
- Tzouvelekas, E. (2000). Approximation properties and estimation of the Translog Production Function with panel data. *Agricultural Economics Review*, 1(1), 27-41.
- Van der Werf, E. (2008). Production Functions for climate policy modeling: An empirical analysis. *Energy Economics*, 30(6), 2964-2979.
- Wakelin, K. (2001). Productivity growth and R&D expenditure in UK manufacturing firms. *Research Policy*, 30(7), 1079-1090.
- 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.

- Wesseh, P. K., Lin, B., & Appiah, M. O. (2013). Delving into Liberia's energy economy: Technical change, inter-factor and inter-fuel substitution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 122-130.
- White, H. (1980). Using least squares to approximate unknown regression functions. *International Economic Review*, 21(1), 149-170.
- Wickens, M. R. (1970). Estimation of the vintage Cobb-Douglas Production Function for the United States 1900-1960. *The Review of Economics and Statistics*, 52(2), 187-193.
- Woodland, A. D. (1975). Substitution of structures, equipment and labor in Canadian Production. *International Economic Review*, 16(1), 171-187.
- Yuan, C., Liu, S., & Wu, J. (2009). Research on energy-saving effect of technological progress based on Cobb–Douglas Production Function. *Energy Policy*, 37(8), 2842-2846.
- Zarembka, P. (1970). On the empirical relevance of the CES Production Function. *The Review of Economics and statistics*, 52(1), 47-53.
- Zellner, A., Kmenta, J., & Dreze, J. (1966). Specification and estimation of Cobb-Douglas Production Function models. *Econometrica*, 34(4), 784-795.