

TÜRKİYE’DE EMEK, SERMAYE VE ENERJİ ARASINDAKİ İKAME ESNEKLİĞİ: TRANSLOG ÜRETİM FONKSİYONU YAKLAŞIMI*

Mehmet SONGUR**

ÖZ

Geleneksel üretim faktörlerinin yanı sıra üretim sürecinde en fazla ihtiyaç duyulan üretim girdilerinden birisi de enerjidir. Özellikle geleneksel ya da birincil enerji kaynaklarının üretim süreçlerinde kullanımı oldukça yükündür. Bu çalışmanın amacı, enerji tüketimini içeren Translog Üretim Fonksiyonu’nu Türkiye için tahmin etmektir. Çalışmada 1982-2014 dönemine ait GSYH, emek, sermaye, doğalgaz, petrol ve kömür verilerinden yararlanılmıştır. Söz konusu tahmin Ridge Regresyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, girdiler arası ikame esnekliklerinin 1 düzeyinde dağıldığını göstermektedir. Çıktı esneklikleri ise, ele alınan dönem boyunca pozitif seyir izlemiştir.

Anahtar Kavramlar: Enerji, Sermaye, Emek, Translog Üretim Fonksiyonu, Ridge Regresyon.

ELASTICITY OF SUBSTITUTION BETWEEN LABOR, CAPITAL AND ENERGY IN TURKEY: TRANSLOG PRODUCTION FUNCTION APPROACH

ABSTRACT

In addition to the traditional production factors, one of the most needed production input in the production process is energy. In particular, it is rather high the use of traditional or primary energy sources in the production process. The aim of this study is to predict the translog production function including energy consumption for Turkey. For the analysis, it was utilized GDP, labor, capital, natural gas, oil and coal data for 1982-2014 period. The prediction was made by the Ridge Regression method. Findings show that the elasticity of substitution between inputs is distributed at 1 level. Elasticities of output followed a positive course throughout the period covered.

Keywords: Energy, Capital, Labour, Translog Production Function, Ridge Regression.

* Bu çalışma, Dicle Üniversitesi İİBF tarafından 10-13 Ekim 2018 tarihlerinde Diyarbakır’da gerçekleştirilen Uluslararası Ekonomi, Siyaset ve Yönetim Sempozyumu (ISEPA 2018)’nda sunulmuş olan “Türkiye’de Enerji ve Enerji Dışı Girdiler Arasındaki İkame Esnekliği: Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı” başlıklı çalışmanın gözden geçirilmiş ve yeniden düzenlenmiş halidir.

** Arş. Gör. Dr., Munzur Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, mmtsng@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4763-9314>.

Makalenin gönderilme tarihi: 27 Kasım 2018

Kabul tarihi: 11 Mayıs 2019

GİRİŞ

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, üretim sürecinde enerji talebi oldukça önemli bir paya sahiptir. Çünkü mal ve hizmet sektörlerindeki üretim içerisinde enerji tüketimi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, enerji tüketimi ekonomik büyüme üzerinde hem dolaylı hem de doğrudan etkilere sahip olabilmektedir. Dahası literatürde yer alan çalışmalarda belirtildiği gibi enerji, diğer üretim faktörleri ile birlikte iktisadi büyüme sürecinde gerekli olan temel girdiler arasında yer almaktadır (Sarı ve Soytaş, 2007; Shen ve Whalley, 2013; Lin ve Xie, 2014; Lin ve Ahmad, 2016).

Üretim sürecinde kullanılan girdilerin hem çıktı üzerine etkisi hem de birbirleri ile ikame ya da tamamlayıcılık ilişkileri söz konusudur. Girdilerin çıktı üzerine etkisi iktisat teorisinde çıktı esnekliği kavramı ile incelenirken, girdiler arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkileri ikame esnekliği kavramı ile incelenmektedir. Çıktı esnekliği, kullanılan diğer girdilerin miktarları sabit iken girdilerden birindeki oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişime oranı olarak ifade edilmektedir. İkame esnekliği ise, faktör oranlarındaki oransal/yüzdesele değişimin faktörlerin marjinal verimlilik oranlarındaki oransal/yüzdesele değişmeye oranı olarak ifade edilmektedir. Başka bir ifade ile ikame esnekliği, faktör oranlarındaki yüzde değişimin, marjinal teknik ikame oranındaki yüzde değişime oranıdır. İkame esnekliğinin aldığı değerden ziyade birden küçük mü yoksa birden büyük mü olduğu önem arz etmektedir. Buna göre, ikame esnekliği sıfır ile bir arasında ise faktörlerin mükemmel ya da tam ikame olanağının olmadığı ifade edilebilir. Diğer bir ifade ile faktörler arasında kusurlu bir ikamenin söz konusudur. İkame esnekliğinin birden büyük olması ise faktörler arasında güçlü bir ikamenin olduğunu göstermektedir.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ya da GSYH arasındaki ilişki daima iktisatçıların ilgisini çekmiştir. Literatürde Türkiye için yapılan ampirik çalışmalara bakıldığında, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında önemli nedensellik ilişkisi olduğunu tespit eden çalışmalar oldukça fazladır (örneğin Aktaş ve Yılmaz, 2008; Özata, 2010; Yapraklı ve Yurttaçıkılmaz, 2012; Hepaktan ve Sertkaya, 2016; Songur, Muratoğlu ve Şanlı, 2018). Bununla birlikte literatürdeki çalışmaların ortak özelliği genellikle enerji kaynakları ile büyüme arasındaki ilişkileri nedensellik ve uzun dönemli ilişkilerin araştırılması bağlamında incelemeleridir. Bu çalışmalarda birbirleri ile tutarlı veya birbirlerinden farklı ilişkiler olduğunu gösteren sonuçlar yer almaktadır. Söz konusu çalışmaların her biri çok değerli çalışmalar olmakla beraber, bu çalışmaların odak noktalarında hem enerji kaynaklarının kendi aralarında, hem de emek ve sermaye gibi girdilerle ikame ilişkilerini incelemek yer almamaktadır. Bu çalışmanın temel motivasyonu literatürde yer alan bu boşluğu doldurma çabasıdır.

Gelişmekte olan ülkelerde geleneksel ya da birincil enerji kaynaklarının (petrol, kömür ve doğalgaz) kullanımı daha fazladır. Üretim süreci içerisinde emek ve sermayeye ek olarak önemli bir girdi payına sahip olan enerji kullanımı, emek ve sermaye gibi üretim faktörlerine bazen tamamlayıcı bazen de ikame olabilmektedir. Bu nedenle hem enerji girdileri hem de emek ve sermaye girdileri arasındaki ikame ilişkilerinin araştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, 1982-2014 dönemi için Translog üretim fonksiyonu yardımı ile birincil enerji kaynakları (petrol, kömür ve doğalgaz) ile emek ve sermaye arasındaki ikame olanaklarının araştırılması ve her bir girdi için çıktı esnekliklerinin hesaplanmasıdır. Birinci bölümde, emek, sermaye ve enerji girdilerini bir üretim fonksiyonu bağlamında inceleyen ampirik çalışmalara yer verilecektir. İkinci bölümde, analizde kullanılan veri seti, yöntem ve ekonometrik metodoloji sunulacaktır. Üçüncü bölümde, gerçekleştirilen analizlerden elde edilen bulgulara yer verilecektir. Sonuç ve değerlendirme bölümünde ise, çalışmanın sonuçları irdelenecektir.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Bu kısımda üretim fonksiyonu bağlamında enerji, emek ve sermaye girdileri ile çıktı arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalara yer verilmiştir. İlk olarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonu bağlamında yapılan çalışmalara bakıldığında, Sarı ve Soytaş (2007), çalışmalarında Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dayanan bir yapıda emek, sermaye ve enerji girdilerini kullanarak 1971-2002 dönemine ait verilerle 6 ülke için VAR analizinden yararlanarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bulgular, enerjinin bazı ülkelerde emek ve sermayeye nazaran daha önemli bir girdi olabileceğini göstermektedir. Fang (2011) ise emek ve sermayeye ek olarak yenilenebilir enerji tüketimini girdi olarak kullandığı çalışmada, Çin için 1978-2008 dönemine ait verilerden yararlanarak EKK tahmincisi ile analizini gerçekleştirmiştir. Fang (2011) gerçekleştirdiği analizler sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin artmasının önemine vurgu yapmaktadır. Çermikli ve Tokatlıoğlu (2015), 27 yüksek gelirli, 17 orta gelirli ülke için Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yapısını kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, emek ve sermayeye ek olarak enerji tüketimini de girdi olarak fonksiyona dâhil etmişler ve literatürdeki çalışmalardan farklı olarak teknolojiye enerji yoğunluğu üzerindeki etkilerini de incelemişlerdir. Panel veri analiz tekniklerini kullandıkları çalışmalarından elde ettikleri bulgulara göre, yüksek gelirli ülkelerde 1990-2011 döneminde teknolojinin gelişme hızı %0.9, orta gelirli ülkelerde ise %1.4 olarak tahmin edilmiştir. Teknolojideki bu gelişme hızları yüksek gelirli ülkelerde %1.25, orta gelirli ülkelerde ise %1.65 düzeyinde bir enerji tasarrufu sağladığını ifade etmişlerdir.

Literatürde Cobb-Douglas'a ek olarak, enerjiyi bir girdi olarak kullanan CES (*Constant Elasticity of Substitution*) üretim fonksiyonuna ait tahminler de yer almaktadır. Cobb Douglas üretim fonksiyonunda ikame esnekliği daima bir

kabul edilmektedir. CES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği ikame esnekliğinin sıfır ile artı sonsuz arasında bir değer almasıdır. Bu çerçevede yazında yer alan çalışmalarda ikame esnekliği de tahmin edilmiştir. Werf (2008), çalışmasında, 12 ülke için 1978-1996 dönemine ait emek, sermaye ve enerji girdilerini kullanarak analizlerini gerçekleştirmiştir. Panel veri analizi kullandığı çalışmasında elde edilen bulgulara göre girdiler arasındaki ikame esnekliklerini birden küçük olarak tahmin etmiştir. Koesler ve Schymura (2012), çalışmasında 40 ülke için 1995-2006 dönemine ait verilerle optimizasyon algoritmalarından yararlanarak doğrusal olmayan EKK tahmincisini kullanmış ve emek, sermaye, enerji ve materyal değişkenlerini yuvalanmış CES üretim fonksiyonuna dahil ederek analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bulgular ikame esnekliğinin 0.01’den küçük olduğunu göstermektedir. Shen ve Whalley (2013) Çin için; Brockway vd. (2017) ise İngiltere, ABD ve Çin için Koesler ve Schymura (2012) ile aynı analiz tekniklerini ve yuvalanmış CES üretim fonksiyonlarını kullanmıştır. Buna göre, ikame esnekliklerini Shen ve Whalley (2013) 0.436 ile 2.864 arasında; Brockway vd. (2017) ise 0.001 ile artı sonsuz arasında tahmin etmişlerdir. Songur (2018) ise emek ve sermayeye ek olarak doğalgaz ve petrol tüketimlerini girdi olarak aldığı yuvalanmış CES üretim fonksiyonu bağlamında optimizasyon algoritmalarından yararlanarak doğrusal olmayan panel EKK tahmincisi ile 22 gelişmiş, 12 gelişmekte olan ülke için analiz gerçekleştirmiştir. Bulgular bağlamında girdiler arasında bir ikame ilişkisinden ziyade tamamlayıcılık ilişkisi olduğunu ifade etmiştir.

İkame esnekliğini farklı girdi bileşimleri söz konusu olduğunda farklı değerler olarak veren ve uzun dönemler için ikame esnekliğinin hesaplanabilmesine olanak sağlayan, Christensen, vd. (1973) tarafından geliştirilen Translog üretim fonksiyonu formunu kullanan çalışmalara ilgili literatürde rastlamak mümkündür. Pindyck (1979) 10 ülke için 1959-1973 dönemine ait verilerle emek, sermaye ve enerji tüketimi girdileri ile Translog üretim fonksiyonunu tahmin etmiş ve ikame esnekliklerini -11.91 ile 5.59 arasında elde etmiştir. Pollak vd. (1984) ABD imalat sanayi için yaptıkları çalışmaları doğrusal olmayan EKK tahmincisini kullanmışlar ve emek, sermaye, enerji, ve hammadde arasındaki ikame esnekliklerini -3.78 ile 0.85 arasında tahmin etmişlerdir. Bu çalışmaların yanı sıra son yıllarda Translog üretim fonksiyonu Ridge regresyon yöntemi ile tahmin edilmektedir. Bu kapsamda, Smyth vd. (2011) çalışmalarında Çin demir-çelik sektöründe emek, sermaye ve enerji arasındaki ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir. Ortalama olarak ikame esneklikleri emek ve sermaye arasında 0.9, sermaye ve enerji arasında 1 ve emek ile enerji arasında ise 0.7 olarak elde edilmiştir. Wasseh vd. (2013) çalışmalarında Liberya için sermaye, emek, petrol tüketimi ve elektrik tüketimi arasındaki ikame esnekliklerini Ridge regresyon yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Bulgular ikame esnekliklerinin yaklaşık olarak 1 olduğu yönündedir. Lin ve Xie (2014) Çin taşımacılık sektörü için, Lin ve Ahmad (2016a) ise Pakistan taşımacılık sektörü için emek, sermaye ve enerji arasında ikame

esnekliklerini Ridge regresyon yönteminden elde edilen tahminlerle hesaplamışlar ve ikame esnekliklerini yaklaşık 1 olarak tahmin etmişlerdir. Lin ve Ahmad (2016b) Pakistan ekonomisi için emek, sermaye, doğalgaz ve petrol tüketimleri arasındaki ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir. Bulgular ikame esnekliklerinin 0.96 ile 1.03 arasında olduğunu göstermektedir. Lin vd. (2016) Gana için emek, sermaye, elektrik ve petrol tüketimi arasındaki ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir. Buna göre, değişkenler arasındaki ikame esneklikleri ortalama olarak 0.986 ile 1.440 arasında yer almaktadır. Son olarak, Lin ve Atsagli (2017) Güney Afrika için sermaye, emek elektrik tüketimi, petrol tüketimi ve kömür tüketimi arasındaki ikame esnekliklerini Ridge regresyon yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Bulgular ikame esnekliğinin 0.330 ile 1.051 arasında olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Fakat bu ilişkiyi üretim fonksiyonu bağlamında inceleyen çalışmaların sayısı oldukça az olmakla beraber, söz konusu çalışmaların önemli bir kısmı bu ilişkiyi Cobb-Douglas üretim fonksiyonu bağlamında incelemektedir. Ayrıca ikame esneklikleri Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun fonksiyonel yapısı nedeni ile bu çalışmaların konusu olmamıştır. Çalışmamızda söz konusu çalışmalardan farklı olarak Translog üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu çerçevede değişkenlere ait çıktı esneklikleri ele alınan dönem boyunca hesaplanabilmektedir. Ayrıca Translog üretim fonksiyonu aracılığı ile yine değişkenler arası ikame esneklikleri yine ele alınan dönem boyunca hesaplanabilmektedir. Bu bağlamda çalışmamız literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

II. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

A. VERİ SETİ

Türkiye’de enerji ve emek ile sermaye arasındaki ikame ilişkilerini incelemek ve çıktı esnekliklerini hesaplamak için 1982-2014 dönemine ait GSYH (Y), sermaye stoku (K), işgücü (L), doğalgaz tüketimi (G), petrol tüketimi (P) ve kömür tüketimi (C) verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan GSYH, sermaye stoku ve işgücü verileri Penn World Table 9.0’dan, doğalgaz tüketimi, petrol tüketimi ve kömür tüketimi verileri ise The U.S. Energy Information Administrations (ABD Enerji Bilgi İdaresi) tarafından sunulan International Energy Statistics (Uluslararası Enerji İstatistikleri)’den derlenmiştir. Enerji girdilerine ait veriler petrol eşdeğeri milyon metrik ton olarak alınmıştır. Analizler NCSS 12 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

B. TRANSLOG ÜRETİM FONKSİYONU

Çalışmada girdiler arasındaki çıktı ve ikame esnekliklerini elde etmek için Translog üretim fonksiyonundan yararlanılmıştır. Translog üretim

fonksiyonu Christensen vd. (1973) tarafından geliştirilmiştir. Translog üretim fonksiyonu hem çıktı esnekliklerini hem de ikame esnekliklerini farklı dönemler itibarı ile elde etmeye olanak sağlamaktadır. Bu çerçevede çalışmada kullanılan Translog üretim fonksiyonu (1) numaralı eşitlikte gösterilmiştir¹:

$$\begin{aligned}
 \ln Y_t = & \alpha_K \ln K_t + \alpha_L \ln L_t + \alpha_G \ln G_t + \alpha_P \ln P_t + \alpha_C \ln C_t \\
 & + \alpha_{KL} \ln K_t \ln L_t + \alpha_{KG} \ln K_t \ln G_t \\
 & + \alpha_{KP} \ln K_t \ln P_t + \alpha_{KC} \ln K_t \ln C_t \\
 & + \alpha_{LG} \ln L_t \ln G_t + \alpha_{LP} \ln L_t \ln P_t \\
 & + \alpha_{LC} \ln L_t \ln C_t + \alpha_{GP} \ln G_t \ln P_t \\
 & + \alpha_{GC} \ln G_t \ln C_t + \alpha_{PC} \ln P_t \ln C_t \\
 & + \alpha_{KK} (\ln K_t)^2 + \alpha_{LL} (\ln L_t)^2 + \alpha_{GG} (\ln G_t)^2 \\
 & + \alpha_{PP} (\ln P_t)^2 + \alpha_{CC} (\ln C_t)^2 + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{1}$$

Denklemden yer alan girdiler doğal logaritması alınarak analize dâhil edilmiştir. Yukarıda yer alan Translog üretim fonksiyonu çerçevesinde girdilere ait çıktı esneklikleri ve girdiler arası ikame esneklikleri tahmin edilecektir. Çıktı esnekliği (*output elasticity*) ilk defa Cassels (1951) tarafından geliştirilmiştir. Kavramsal olarak ilk kullanan ise Ferguson (1971)’dur. Buna ek olarak Frisch (1965) çıktı esnekliği kavramını yerine marjinal esneklik (*marginal elasticity*) kavramını kullanmıştır. Çıktı esnekliği, üretimde kullanılan girdilerin miktarları sabit iken girdilerden birinde meydana gelen oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişmeye oranı olarak ifade edilebilir. Çıktı esnekliği kavramının marjinal verimliliklerden temel farkı çıktı esnekliğinin üretimde kullanılan girdilerin ölçü biriminden bağımsız olarak dikkate alınmasıdır. Bu bağlamda çıktı esnekliği üretim fonksiyonunun ele alınan girdiye göre kısmi esnekliği olarak ele alınırsa, (1) numaralı Translog Üretim Fonksiyonu’ndan yola çıkarak üretim fonksiyonunda yer alan girdilere ilişkin çıktı esneklikleri sırasıyla (2-6) numaralı denklemlerde ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}
 \varphi_K = \frac{dY/Y}{dK/K} = \frac{d \ln Y_t}{d \ln K_t} \\
 = \alpha_K + \alpha_{KL} \ln L_t + \alpha_{KG} \ln G_t + \alpha_{KP} \ln P_t \\
 + \alpha_{KC} \ln C_t + 2\alpha_{KK} \ln K_t
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi_L = \frac{dY/Y}{dL/L} = \frac{d \ln Y_t}{d \ln L_t} \\
 = \alpha_L + \alpha_{KL} \ln K_t + \alpha_{LG} \ln G_t + \alpha_{LP} \ln P_t \\
 + \alpha_{LC} \ln C_t + 2\alpha_{LL} \ln L_t
 \end{aligned} \tag{3}$$

¹ Üretim fonksiyonu ve ikame olanaklarının araştırılması için Lin ve Xie (2014)’nin çalışmalarında Translog üretim fonksiyonu ve ikame esneklikleri metodu kullanılmıştır.

$$\begin{aligned}\varphi G &= \frac{dY/Y}{dG/G} = \frac{d\ln Y_t}{d\ln G_t} \\ &= \alpha_G + \alpha_{KG} \ln K_t + \alpha_{LG} \ln L_t + \alpha_{GP} \ln P_t \\ &\quad + \alpha_{GC} \ln C_t + 2\alpha_{GG} \ln G_t\end{aligned}\quad (4)$$

$$\begin{aligned}\varphi P &= \frac{dY/Y}{dP/P} = \frac{d\ln Y_t}{d\ln P_t} \\ &= \alpha_P + \alpha_{KP} \ln K_t + \alpha_{LP} \ln L_t + \alpha_{GP} \ln G_t \\ &\quad + \alpha_{PC} \ln C_t + 2\alpha_{PP} \ln P_t\end{aligned}\quad (5)$$

$$\begin{aligned}\varphi C &= \frac{dY/Y}{dC/C} = \frac{d\ln Y_t}{d\ln C_t} \\ &= \alpha_C + \alpha_{KC} \ln K_t + \alpha_{LC} \ln L_t + \alpha_{GC} \ln G_t \\ &\quad + \alpha_{PC} \ln P_t + 2\alpha_{CC} \ln C_t\end{aligned}\quad (6)$$

Yukarıda yer alan (2-6) arasındaki denklemleri sırasıyla (7-11) arasındaki gibi yeniden düzenlersek:

$$\varphi K = \frac{dY/Y}{dK/K} = \frac{dY/dK}{Y/K} = \frac{MPP_K}{APP_K}\quad (7)$$

$$\varphi L = \frac{dY/Y}{dL/L} = \frac{dY/dL}{Y/L} = \frac{MPP_L}{APP_L}\quad (8)$$

$$\varphi G = \frac{dY/Y}{dG/G} = \frac{dY/dG}{Y/G} = \frac{MPP_G}{APP_G}\quad (9)$$

$$\varphi P = \frac{dY/Y}{dP/P} = \frac{dY/dP}{Y/P} = \frac{MPP_P}{APP_P}\quad (10)$$

$$\varphi C = \frac{dY/Y}{dC/C} = \frac{dY/dC}{Y/C} = \frac{MPP_C}{APP_C}\quad (11)$$

(7-11) arasındaki denklemlere bakıldığında marjinal fiziksel ürünün (*MPP*) ortalama fiziksel ürüne (*APP*) oranı çıktı esnekliğini vermektedir. Bu bağlamda, eğer $MPP > APP$ ise çıktı esnekliği 1'den büyük olacaktır. $MPP < APP$ ise, çıktı esnekliği 1'den küçük, $MPP = APP$ ise çıktı esnekliği 1'e eşit olacaktır. Bununla birlikte ele alınan girdinin çıktı esnekliğinin bire eşit olduğu nokta, azalan verimlerin başladığı noktayı vermektedir. Dolayısı ile bu nokta üretimde etkinliğin sağlanması için kullanılması gereken minimum girdi miktarını vermektedir. Üretime ilişkin bilinmesi gereken en önemli husus – girdinin fiyatı bilinmese dahi- girdi kullanımı daima azalan verimler noktasına götürülmelidir. Bu noktadan sonra girdi kullanımının artırılması marjinal verimlilikleri azaltacak ve azalan verimlerin bittiği noktada marjinal verimlilikler sıfır olacaktır. Bu bilgiler ışığında üretim fonksiyonunda yer alan girdiler için çıktı esnekliğinin sıfır ile bir arasında değer alması söz konusu girdilerin azalan verimler bölgesinde olduğunu göstermektedir (Songur, 2017, s. 209).

Çalışmada girdiler arasındaki ikame ilişkisi ikame esneklikleri hesaplanarak araştırılacaktır. İkame esnekliği üretimde kullanılan girdilerin

birbirine oranındaki nispi değişikliğin, marjinal teknik ikame oranındaki değişmeye olan duyarlılığıdır. Üretimin denge noktasında marjinal teknik ikame oranı aynı zamanda faktör fiyatları oranına eşit olacaktır. Bu çerçevede önemli olan ikame esnekliğinin 1’den büyük mü, küçük mü, yoksa 1’e eşit mi olduğudur. İkame esnekliği sıfır ile bir arasında ise faktörlerin mükemmel ya da tam ikame olanağının olmadığını diğer bir ifade ile kusurlu bir ikamenin söz konusu olduğu söylenebilir. İkame esnekliğinin birden büyük olması ise faktörler arasında güçlü bir ikamenin olduğunu göstermektedir (Songur, 2018: 32). İkame esnekliğinin bire eşit olması ise, marjinal teknik ikame oranındaki yüzde değişiminin diğer bir ifade ile faktör fiyatları oranındaki yüzde değişiminin, faktör oranlarındaki yüzde değişmeye eşit olduğunu gösterecektir (Songur, 2018, s. 51).

(1) numaralı eşitlikte sunulan Translog üretim fonksiyonunda yer alan girdilerin birbirleri ile ikame esnekliğinin hesaplanması için –öncelikle sermaye ve emek arasında olmak üzere- girdiler arasındaki ikame esnekliği aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\sigma_{KL} = \frac{\frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}}}{\frac{d\left(\frac{MPP_L}{MPP_K}\right)}{\frac{MPP_L}{MPP_K}}} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MPP_L}{MPP_K}\right)} \cdot \frac{\frac{MPP_L}{MPP_K}}{\frac{K}{L}} \quad (12)$$

Sermaye ve emeğe ilişkin marjinal fiziksel ürünleri aşağıdaki gibi ifade edersek:

$$\frac{MPP_L}{MPP_K} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial L}}{\frac{\partial Y}{\partial K}} = \frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \frac{K}{L} \quad (13)$$

ve (12) ve (13) numaralı eşitlikleri bir araya getirirsek:

$$\sigma_{KL} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MPP_L}{MPP_K}\right)} \cdot \frac{\varphi L}{\varphi K} = \frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \left[\frac{d\left(\frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \right]^{-1} \quad (14)$$

Dolayısıyla;

$$\frac{d\left(\frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} = \frac{\varphi L}{\varphi K} + \frac{K}{L} \cdot \frac{d\left(\frac{\varphi L}{\varphi K}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \quad (15)$$

$$d\left(\frac{\varphi L}{\varphi K}\right) = -\frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot d\varphi K + \frac{1}{\varphi K} \cdot d\varphi L \quad (16)$$

$$d\left(\frac{K}{L}\right) = \frac{K}{L^2} \cdot dL + \frac{1}{L} \cdot dK \quad (17)$$

(14) numaralı denklemlerle beraber (15), (16) ve (17) numaralı denklemler bir araya getirilirse, sermaye ile emek arasındaki ikame esnekliği (18) numaralı eşitlikteki gibi elde edebiliriz:

$$\sigma_{KL} = \left[1 + \left[-\alpha_{KL} + \left(\frac{\varphi K}{\varphi L} \right) \cdot \alpha_{LL} \right] \cdot (-\varphi K + \varphi L)^{-1} \right]^{-1} \quad (18)$$

Yukarıdaki prosedür sırası ile sermaye-doğalgaz tüketimi (σ_{KG}), sermaye-petrol tüketimi (σ_{KP}), sermaye-kömür tüketimi (σ_{KC}), emek-doğalgaz tüketimi (σ_{LG}), emek-petrol tüketimi (σ_{LP}), emek-kömür tüketimi (σ_{LC}), doğalgaz tüketimi-petrol tüketimi (σ_{GP}), doğalgaz tüketimi-kömür tüketimi (σ_{GC}) ve petrol tüketimi-kömür tüketimi (σ_{PC}) arasındaki ikame esnekliklerini elde etmek için izlendiği varsayırsa söz konusu girdiler arasındaki ikame esneklikleri sırası ile (19-27) numaralı eşitliklerde sunulmuştur.

$$\sigma_{KG} = \left[1 + \left[-\alpha_{KG} + \left(\frac{\varphi K}{\varphi G} \right) \cdot \alpha_{GG} \right] \cdot (-\varphi K + \varphi G)^{-1} \right]^{-1} \quad (19)$$

$$\sigma_{KP} = \left[1 + \left[-\alpha_{KP} + \left(\frac{\varphi K}{\varphi P} \right) \cdot \alpha_{PP} \right] \cdot (-\varphi K + \varphi P)^{-1} \right]^{-1} \quad (20)$$

$$\sigma_{KC} = \left[1 + \left[-\alpha_{KC} + \left(\frac{\varphi K}{\varphi C} \right) \cdot \alpha_{CC} \right] \cdot (-\varphi K + \varphi C)^{-1} \right]^{-1} \quad (21)$$

$$\sigma_{LG} = \left[1 + \left[-\alpha_{LG} + \left(\frac{\varphi L}{\varphi G} \right) \cdot \alpha_{GG} \right] \cdot (-\varphi L + \varphi G)^{-1} \right]^{-1} \quad (22)$$

$$\sigma_{LP} = \left[1 + \left[-\alpha_{LP} + \left(\frac{\varphi L}{\varphi P} \right) \cdot \alpha_{PP} \right] \cdot (-\varphi L + \varphi P)^{-1} \right]^{-1} \quad (23)$$

$$\sigma_{LC} = \left[1 + \left[-\alpha_{LC} + \left(\frac{\varphi L}{\varphi C} \right) \cdot \alpha_{CC} \right] \cdot (-\varphi L + \varphi C)^{-1} \right]^{-1} \quad (24)$$

$$\sigma_{GP} = \left[1 + \left[-\alpha_{GP} + \left(\frac{\varphi G}{\varphi P} \right) \cdot \alpha_{PP} \right] \cdot (-\varphi G + \varphi P)^{-1} \right]^{-1} \quad (25)$$

$$\sigma_{GC} = \left[1 + \left[-\alpha_{GC} + \left(\frac{\varphi G}{\varphi C} \right) \cdot \alpha_{CC} \right] \cdot (-\varphi G + \varphi C)^{-1} \right]^{-1} \quad (26)$$

$$\sigma_{PC} = \left[1 + \left[-\alpha_{PC} + \left(\frac{\varphi P}{\varphi C} \right) \cdot \alpha_{CC} \right] \cdot (-\varphi P + \varphi C)^{-1} \right]^{-1} \quad (27)$$

C. EKONOMETRİK METODOLOJİ

Üretim fonksiyonlarının tahminlerine yönelik ilk çalışmalarda girdilerin üretimin bir nedeni olduğu varsayımı ön plana çıkmaktadır. Bağımsız değişken olan girdilerden bağımlı değişken olan üretime doğru bu ilişkinin incelenmesi durumunda, En Küçük Kareler (EKK) tahmincisinin kullanılması sorun yaratmayacaktır. Çünkü tahmin edilen katsayılar yansız olacaktır. Marschak ve Andrews (1944) bu durumun gerçek hayatta geçerli olmadığını belirtmişlerdir. Onlara göre üretim miktarına ve kullanılacak girdilerin miktarına aynı kişi karar

vermektedir. Girişimci olarak adlandırılan bu kişi, girdiler arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkisini dikkate almakta ve kullanım miktarlarına karar vermektedir. Bu nedenle, hem bağımsız değişkenler olan girdiler arasında hem de bağımlı ile bağımsız değişkenler arasında bir ilişki söz konusu olabilmektedir. Bu durumda da EKK tahmincisinden elde edilen katsayı tahminleri yansız olamayacaktır. Marschak ve Andrews (1944)’e ek olarak, Hoch (1955), Mundlak (1961) ve Zellner vd. (1966)’de üretim fonksiyonundan elde edilen katsayıların EKK tahmin sonuçlarının yanlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Buna ek olarak, bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi var ise, EKK tahmincisinden elde edilen katsayılara ait varyans ve kovaryans değerleri yüksek olacaktır. Bu durumda EKK tahminleri yansız fakat büyük varyanslı olacağı için katsayılara ait standart hata değerleri artmakta ve katsayılar istatistiksel olarak anlamsız olmaktadır. Dolayısıyla yansız fakat büyük varyanslı tahminler yerine yanlı fakat küçük varyanslı tahminler geliştirilmiştir². Bu çerçevede çalışmada EKK tahmincisi yerine yanlılığı dikkate alan Ridge Regresyon yöntemi kullanılmıştır.

Ridge regresyon yöntemi Hoerl ve Kennard (1970) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, tahminlere küçük bir yanlılık sabiti (k) eklenerek, bu sabit oranında yanlı tahminler elde edilmektedir. Böylece varyans değerleri azaltılmakta ve standart hataların olduğundan yüksek çıkmasının önüne geçilmektedir. Yanlılık sabiti sıfırdan büyük bir değer almaktadır. Bu değer arttıkça varyans büyütme faktörü (VIF) değerleri azalmakta, katsayılar daha kararlı hale gelmektedir. Buna karşın R^2 değerleri küçülmektedir. Ridge regresyon yönteminde yanlılık sabitinin değerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Yanlılık sabitinin belirlenmesine ilişkin birçok yöntem söz konusu olmasına rağmen, en iyi yanlılık sabitini belirleme konusunda literatürde ortak görüş birliğine ulaşılmış herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Bu çerçevede, yanlılık sabiti belirlenirken söz konusu yöntemlerden en önemlisi ridge iz (ridge trace) grafiğine göre karar verilmesidir. Bu yöntemde, en iyi yanlılık sabiti değeri, katsayıların durağan hale geldiği bölgeden seçilerek belirlenmektedir. Ayrıca yanlılık sabitinin belirlenmesinde katsayıların beklentilere uygunluğu, katsayıların durağanlığı, minimum VIF değerleri (1’e yakın olması), kabul edilebilir hata kareleri toplamının olması dikkate alınacak diğer yöntemlerdir. Yanlılık sabitinin belirlenmesinde bu yöntemlerin olabildiğince hepsinin göz önünde bulundurulması nispeten daha uygun olacaktır³.

² Burada tahminlerde yanlılık olabileceğine ilişkin ön kabul bir sorun olarak görülebilir. Fakat Marschak ve Andrews (1944) üretim fonksiyonları tahmin edilirken bağımlı değişken, bağımsız değişkenler ve hata terimlerinin birbirinden bağımsız olamayacağını, bu nedenle EKK tahmincisi kullanılsa bile katsayı tahminlerinin zaten yanlı olacağını ifade etmişlerdir.

³ Çalışmanın amacı kullanılan ekonometrik yöntemin tanıtılması olmadığı için, Ridge Regresyon yöntemine ait ekonometrik metodoloji bu bölümde ayrıntılı olarak verilmemiş olup, bu metodoloji Hoerl ve Kennard (1970)’da ayrıntılı olarak yer almaktadır.

III.BULGULAR

Ampirik analizden elde edilen bulgular paylaşılmadan önce çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlere ait korelasyon matrisi Ek-1’de sunulmuştur. İlgili tablolar incelenirse değişkenler arasında beklenildiği üzere korelasyon ilişkisinin oldukça yüksek olduğu görülebilmektedir.

Diğer taraftan, bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri ile R^2 değerleri Tablo 1’de sunulmuştur. VIF değerlerinin 10’dan (oldukça) büyük olması ile birlikte herhangi bir bağımsız değişkenin diğer değişkenlerle ilişkisini gösteren diğer bir ifade ile açıklama gücünü veren R^2 değerlerinin %90’dan büyük olması bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olduğunu göstermektedir.

Tablo 1: Bağımsız değişkenler için VIF ve R^2 değerleri

	VIF	R^2
$\ln K_t$	90442818.827	0.99
$\ln L_t$	26247660.132	0.99
$\ln G_t$	148142143.164	0.99
$\ln P_t$	28032429.081	0.99
$\ln C_t$	13318810.101	0.99
$\ln K_t \ln L_t$	769619411.598	0.99
$\ln K_t \ln G_t$	77013316.003	0.99
$\ln K_t \ln P_t$	63635791.244	0.99
$\ln K_t \ln C_t$	83862956.970	0.99
$\ln L_t \ln G_t$	450458872.125	0.99
$\ln L_t \ln P_t$	95443073.645	0.99
$\ln L_t \ln C_t$	54604882.640	0.99
$\ln G_t \ln P_t$	34237047.343	0.99
$\ln G_t \ln C_t$	4821435.106	0.99
$\ln P_t \ln C_t$	26347434.784	0.99
$(\ln K_t)^2$	231103775.854	0.99
$(\ln L_t)^2$	102005564.530	0.99
$(\ln G_t)^2$	159482.473	0.99
$(\ln P_t)^2$	20196506.550	0.99
$(\ln C_t)^2$	12534155.377	0.99

Tablo 2’de bağımsız değişkenlere ilişkin korelasyon öz değerleri sunulmuştur. Bulgulara göre, koşul sayıları 1000’den büyük olduğunda çoklu doğrusal bağlantı ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 2’den görüleceği üzere bağımsız değişkenler arasında koşul sayısı 1000’den büyük olduğu için önemli derecede çoklu doğrusal bağlantı problemi söz konusudur.

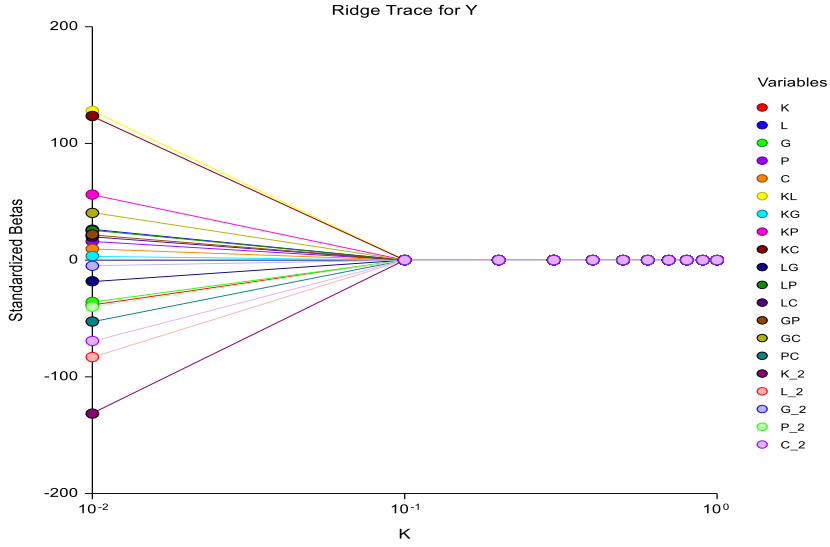
Tablo 2: Korelasyon öz değerleri

No	Özdeğer	Göreceli Yüzde	Birikimli Yüzde	Koşul Sayısı
1	19.094	95.47	95.47	1
2	0.566	2.83	98.30	33.73
3	0.199	0.99	99.29	96.00
4	0.091	0.46	99.75	207.70
5	0.049	0.24	100.00	390.87
6	0.000	0.00	100.00	65589.26
7	0.000	0.00	100.00	406273.26
8	0.000	0.00	100.00	1877319.52
9	0.000	0.00	100.00	4481230.27
10	0.000	0.00	100.00	22921069.51
11	0.000	0.00	100.00	37673687.21
12	0.000	0.00	100.00	55372143.66
13	0.000	0.00	100.00	176544196.90
14	0.000	0.00	100.00	258868069.14
15	0.000	0.00	100.00	801800839.09
16	0.000	0.00	100.00	1293385552.63
17	0.000	0.00	100.00	2009609094.49
18	0.000	0.00	100.00	3315808542.92
19	0.000	0.00	100.00	5951039282.98
20	0.000	0.00	100.00	30601147255.76

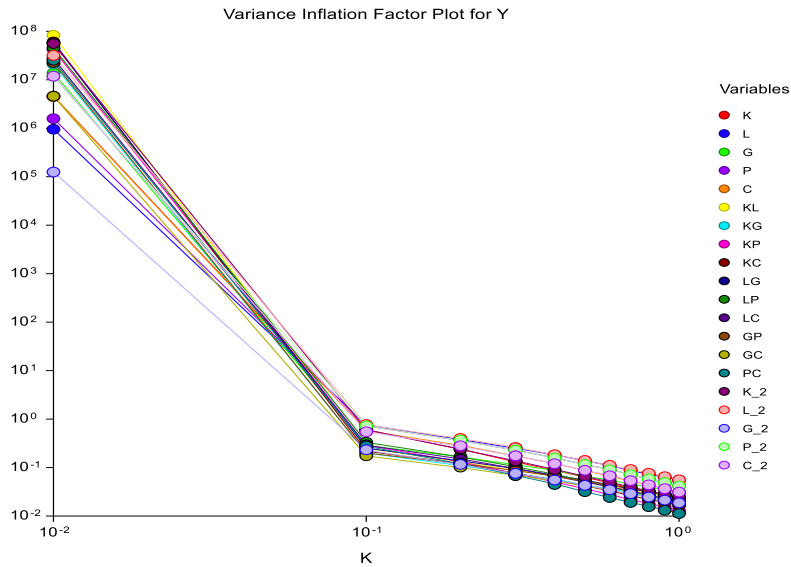
Not: Koşul sayıları maksimum özdeğerin diğer özdeğere oranı olarak bulunmaktadır. Örneğin, $\frac{\lambda_{max}}{\lambda_2} = \frac{19.094}{0.566} = 33.734$. Eğer koşul sayısı 1000’den büyük ise ciddi çoklu doğrusal bağlantı problemi söz konusudur.

Bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi tespit edilmesine göre EKK tahmincisini kullanmak doğru olmayacaktır. Bazı ekonometrisyenlere göre, parametre tahminlerini önemli ölçüde etkileyen güçlü derecede çoklu doğrusal bağlantı problemi yoksa çoklu doğrusal bağlantı önemsiz değişkenleri etkiliyor ise ve tahmin edilen model öngörü amacıyla kullanılacaksa, çoklu doğrusal bağlantı problemini düzeltme işlemine gerek yoktur. Bununla birlikte, ciddi derecede çoklu doğrusal bağlantı problemi söz konusu ise, önemli değişkenler parametre tahminlerinden etkileniyorsa ve doğrusal bağlantının kalıbı değişiyor ise, çoklu doğrusal bağlantı problemi düzeltilmelidir (Songur, 2017, s. 213). Elde edilen bulgular çalışmada ciddi derecede çoklu doğrusal bağlantı probleminin olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede, parametre tahminleri, söz konusu problemi dikkate alan bir tahminci olan Ridge Regresyon yönteminden elde edilecektir. Ridge Regresyon yönteminde küçük bir yanlılık sabiti eklenerek parametre tahminleri gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla öncelikle yanlılık sabiti (k)’nın belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çerçevede ilk olarak Ridge iz grafiğine bakılmıştır. Şekil 1’de yer alan Ridge iz grafiği incelendiğinde k sabiti en az 0.10 olmalıdır. Çünkü değişkenler 10^{-1} olduğunda durağanlaşmaktadırlar. Diğer taraftan

benzer bir sonuç Varyans Büyütme Faktör (VIF) grafiğinde de gözlenebilir. Aynı şekilde yanlılık sabiti 0.10 olduğunda değişkenlerin VIF değerlerinin 1'e yaklaştığı Şekil 2'de görülmektedir. Hem bu iki durumun dikkate alındığında hem de bazı değişkenlerinde tam durağanlaşması için çalışmada yanlılık sabiti (k) 0.30 olarak alınmıştır.



Şekil 1: Ridge iz (Trace) grafiği



Şekil 2: Ridge VIF grafiği

Yanlılık sabitinin 0.30 olarak alındığı durumda Ridge Regresyon yönteminden elde edilen bulgular Tablo 3’de sunulmuştur. Aynı tabloda her ne kadar dikkate alınmayacak olsa da EKK sonuçlarına da yer verilmiştir. EKK tahmininden elde edilen katsayı tahminlerinin neredeyse tamamının standart hataları çok yüksek çıkmıştır. Bu durumun en önemli nedeni çoklu doğrusal bağlantı nedeniyle varyans değerlerinin çok büyük olmasıdır. Bu bağlamda çalışmanın bundan sonraki kısmında Ridge Regresyon yönteminden elde edilen katsayılara ait tahminler kullanılmıştır. Elde edilen Ridge Regresyon tahmin sonuçları parametrelerinin farklı düzeylerde de olsa istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Elde edilen katsayı tahminlerinin tamamının pozitif olması bulguların iktisat teorisi ile de uyumlu olduğunu göstermektedir. Çalışmada kullanılan girdilerin hem çapraz etkisi hem de kareleri pozitiftir. Bu bağlamda Türkiye’de ele alınan üretim fonksiyonu çerçevesinde ölçeğe göre artan getirilerin olduğu söylenebilir.

Tablo 3: $k=0.30$ için Ridge Regresyon ve EKK sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Ridge Regresyon			EKK	
	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	VIF	Regresyon Katsayıları	Standart Hata
Sabit	12.06598			2392.178	
$\ln K_t$	0.07892***	0.01570	0.132	-12.818	105.248
$\ln L_t$	0.18824***	0.07449	0.251	-307.963*	195.253
$\ln G_t$	0.00032***	0.00003	0.114	-38.895	31.004
$\ln P_t$	0.02344***	0.00444	0.227	-16.526	126.429
$\ln C_t$	0.05757***	0.02093	0.177	25.021	46.512
$\ln K_t \ln L_t$	0.00293***	0.00052	0.087	10.616	12.445
$\ln K_t \ln G_t$	0.00009*	0.00007	0.076	1.272**	0.720
$\ln K_t \ln P_t$	0.00175***	0.00040	0.075	0.079	2.985
$\ln K_t \ln C_t$	0.00158***	0.00029	0.077	3.006	2.488
$\ln L_t \ln G_t$	0.00008***	0.00001	0.095	-4.232*	3.091
$\ln L_t \ln P_t$	0.00241**	0.00113	0.104	-3.987	8.776
$\ln L_t \ln C_t$	0.00279***	0.00070	0.096	-3.007	4.288
$\ln G_t \ln P_t$	0.00005***	0.00001	0.087	-0.411	0.805
$\ln G_t \ln C_t$	0.00016*	0.00012	0.071	0.203	0.290
$\ln P_t \ln C_t$	0.00177***	0.00051	0.068	-0.552	2.570
$(\ln K_t)^2$	0.00143***	0.00028	0.137	-4.194*	2.993
$(\ln L_t)^2$	0.00569***	0.00225	0.257	5.860	11.505
$(\ln G_t)^2$	0.00014*	0.00009	0.076	-0.012	0.036
$(\ln P_t)^2$	0.00075***	0.00013	0.229	2.809	3.144
$(\ln C_t)^2$	0.00183***	0.00062	0.175	-1.575	1.354

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

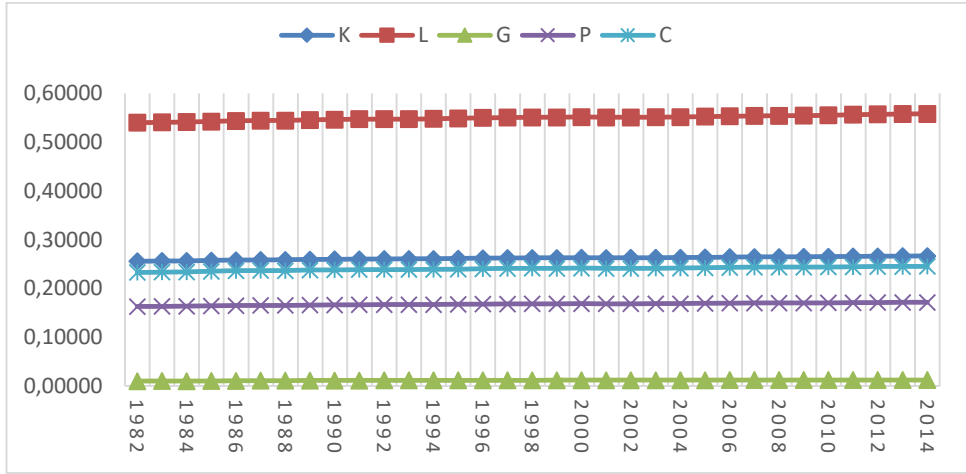
Tablo 4’de modele ait varyans analizi tablosu verilmiştir. Modelin F istatistiğine baktığımızda kurulan modelin %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücünü gösteren R^2 değeri %96 olarak elde edilmiş olup, oldukça güvenilir bir değerdir. Benzer şekilde standart sapmanın örneklem ortalamasına oranını gösteren varyasyon katsayısı da %0.4 olarak hesaplanmıştır. Bu değer geleneksel olarak kabul edilen %5 düzeyinin oldukça altında olup, rahatlıkla kabul edilebilir bir düzeydedir.

Tablo 4: Varyans (ANOVA) analizi

Kaynak	Df	SS	MS
Sabit	1	24703.740	24703.740
Model	20	4.723	0.236
Hata	12	0.185	0.015
Toplam (Düzeltilmiş)	32	4.908	0.153
F-değeri	15.328	(0.000)	
R^2	0.96		
Örnek Ortalaması	27.361		
Standart Hata	0.124		
Varyasyon Katsayısı	0.004		

Not: df, serbestlik derecesini; SS, kalıntılar toplamını; MS, kalıntılar ortalamasını göstermektedir.

Ridge regresyon tahminlerini elde ettikten sonra girdilerde meydana gelen oransal değişimlere karşı üretimin gösterdiği oransal duyarlılığı ifade eden çıktı esneklikleri ile girdilerin ikame esnekliklerini elde edebiliriz. Üretim fonksiyonunda kullanılan beş girdi için (2-6) numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanan çıktı esnekliklerinin ele alınan dönemdeki seyri şekil 3’de sunulmuştur. Şekil 3’ten de görüleceği üzere tüm girdilerin çıktı esneklikleri 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Buna göre tüm girdilerin çıktı esnekliğinin birden küçük olması söz konusu girdilerin ortalama fiziksel ürününün, marjinal fiziksel ürününden büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu girdilerin tamamının azalan verimler bölgesinde yer aldığı söylenebilir. Öte yandan en yüksek çıktı esnekliği emek girdisine ait iken, bu girdiyi sırası ile sermaye, kömür, petrol ve doğalgaz girdileri izlemektedir.



Şekil 3: Çıktı esneklikleri

Çıktı esnekliklerinden yararlanarak tüm girdiler için yıllar içerisinde ikame esneklikleri (18-27) numaralı eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Tablo 5’de yer almaktadır. Tüm girdiler için ikame esneklikler yaklaşık olarak 1 değerini almaktadır. Bu çerçevede söz konusu girdiler için ikame esnekliğinin daima 1 olarak kabul edildiği Cobb Douglas üretim fonksiyonunun geçerli olduğu söylenebilir. Bu çerçevede ele alınan her girdi diğeri ile arasındaki eş ürün eğrisi negatif eğimli, orijine göre dış bükey (konveks) özellikler sergilemektedir. Bununla birlikte bu girdiler birbirlerini mükemmel olmayan bir biçimde ikame etmektedirler. Dolayısıyla ele alınan girdiler farklı oranlarda da olsa birbiri yerine kullanılmakla birlikte, üretimde sadece bir girdinin kullanılması söz konusu olamaz. Diğer bir ifade ile ele alınan girdiler arasında mükemmel olmasa da bir tamamlayıcılık ilişkisiz de söz konusudur.

Tablo 5: Yıllara Göre İkame Esnekliği Değerleri

<i>Yıllar</i>	<i>KL</i>	<i>KG</i>	<i>KP</i>	<i>KC</i>	<i>LG</i>	<i>LP</i>	<i>LC</i>	<i>GP</i>	<i>GC</i>	<i>PC</i>
1982	1.0007	1.0130	0.9944	1.0191	1.0130	1.0002	1.0048	1.0000	1.0009	1.0073
1983	1.0007	1.0126	0.9944	1.0192	1.0126	1.0002	1.0048	1.0000	1.0004	1.0073
1984	1.0007	1.0130	0.9944	1.0192	1.0130	1.0002	1.0048	1.0000	1.0004	1.0073
1985	1.0007	1.0127	0.9944	1.0194	1.0127	1.0002	1.0047	1.0000	1.0004	1.0073
1986	1.0007	1.0120	0.9944	1.0196	1.0120	1.0002	1.0047	1.0000	1.0003	1.0072
1987	1.0007	1.0119	0.9944	1.0195	1.0118	1.0002	1.0047	0.9999	1.0003	1.0072
1988	1.0007	1.0118	0.9944	1.0194	1.0117	1.0002	1.0047	0.9999	1.0003	1.0072
1989	1.0007	1.0114	0.9944	1.0196	1.0114	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1990	1.0007	1.0114	0.9944	1.0197	1.0114	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1991	1.0007	1.0113	0.9944	1.0198	1.0113	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1992	1.0007	1.0113	0.9944	1.0196	1.0113	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1993	1.0006	1.0113	0.9944	1.0195	1.0113	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1994	1.0006	1.0113	0.9944	1.0194	1.0112	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1995	1.0006	1.0112	0.9944	1.0194	1.0112	1.0002	1.0046	0.9999	1.0003	1.0072
1996	1.0006	1.0111	0.9944	1.0195	1.0111	1.0001	1.0046	0.9999	1.0003	1.0071
1997	1.0006	1.0110	0.9944	1.0197	1.0110	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
1998	1.0006	1.0110	0.9944	1.0197	1.0110	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
1999	1.0006	1.0110	0.9944	1.0196	1.0110	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2000	1.0006	1.0109	0.9944	1.0197	1.0109	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2001	1.0006	1.0109	0.9944	1.0195	1.0109	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2002	1.0006	1.0109	0.9944	1.0195	1.0109	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2003	1.0006	1.0108	0.9944	1.0195	1.0108	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2004	1.0006	1.0108	0.9944	1.0195	1.0108	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2005	1.0006	1.0107	0.9944	1.0196	1.0107	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0071
2006	1.0006	1.0107	0.9944	1.0197	1.0107	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2007	1.0006	1.0106	0.9944	1.0198	1.0106	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2008	1.0006	1.0106	0.9944	1.0197	1.0106	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2009	1.0006	1.0106	0.9944	1.0197	1.0106	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2010	1.0006	1.0106	0.9944	1.0197	1.0106	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2011	1.0006	1.0106	0.9944	1.0197	1.0105	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0070
2012	1.0006	1.0105	0.9944	1.0197	1.0105	1.0001	1.0044	0.9999	1.0003	1.0069
2013	1.0006	1.0105	0.9944	1.0195	1.0105	1.0001	1.0045	0.9999	1.0003	1.0069
2014	1.0006	1.0105	0.9944	1.0196	1.0105	1.0001	1.0044	0.9999	1.0003	1.0069
<i>Ortalama</i>	<i>1.0006</i>	<i>1.0112</i>	<i>0.9944</i>	<i>1.0196</i>	<i>1.0112</i>	<i>1.0001</i>	<i>1.0046</i>	<i>0.9999</i>	<i>1.0003</i>	<i>1.0071</i>

SONUÇ

Bu çalışmada enerji girdileri olan doğal gaz, petrol ve kömür tüketimi ile emek ve sermaye girdilerine ilişkin ikame ve çıktı esneklikleri Translog üretim fonksiyonu çerçevesinde tahmin edilmiştir. Analizde kullanılan değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi nedeni ile EKK tahmincisi yerine söz konusu problemi dikkate alan Ridge Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen katsayı tahminleri hem istatistiksel olarak anlamlı hem de iktisat teorisi açısından geçerlilik arz etmektedir. Söz konusu katsayı tahminlerinden yararlanarak çalışmada öncelikle her bir girdiye ait çıktı esneklikleri ve devamında girdiler arası ikame esneklikleri hesaplanmıştır. Elde edilen önemli bulgular şu şekilde sıralayabiliriz:

- Katsayı tahminlerinin tamamının pozitif olarak elde edilmesi Türkiye’de Translog üretim fonksiyonu çerçevesinde ölçeğe göre artan getirilerin olduğu söylenebilir.
- Üretim fonksiyonunda yer alan girdilerin çıktı esneklikleri 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Bu durum söz konusu girdilerin ortalama fiziksel ürününün, marjinal fiziksel ürününden büyük olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede girdilerin tamamı üretimin ikinci bölgesi olarak ifade edilen azalan verimler bölgesinde yer almaktadır.
- Çalışmada kullanılan girdiler arasında en yüksek çıktı esnekliği emek girdisine aittir. Bu girdiyi sırası ile sermaye, kömür, petrol ve doğalgaz girdileri izlemektedir. Bu durumda emek girdisinin marjinal fiziki verimliliği sermaye girdisine göre daha yüksek ya da ortalama fiziki verimliliği daha düşüktür. Benzer şekilde enerji girdileri içerisinde Doğal gazın marjinal fiziki verimliliği diğer iki enerji girdisine kıyasla daha düşük, ortalama fiziki verimliliği ise daha yüksektir. Bu durum üretimde doğal gaz girdisinin kömür ve petrole göre daha fazla kullanıldığını göstermektedir.
- Ele alınan girdiler için ikame esneklikleri yaklaşık olarak 1 değerini almaktadır. Bu durumda söz konusu girdiler için ikame esnekliğinin daima 1 olarak kabul edildiği Cobb Douglas üretim fonksiyonunun geçerli olduğu söylenebilir. Dolayısı ile ele alınan her girdi diğeri ile arasındaki eş ürün eğrisi negatif eğimli, orijine göre dış bükey (konveks) özellikler sergilemektedir.
- Diğer taraftan ikame esnekliğinin yaklaşık 1 değerini alması girdilerin birbirleri ile mükemmel olmayan bir biçimde ikame olduklarını göstermektedir. Bu çerçevede ele alınan girdiler farklı

oranlarda da olsa birbiri yerine kullanılmakla birlikte, üretimde sadece bir girdinin kullanılması söz konusu olamaz. Diğer bir ifade ile ele alınan girdiler arasında mükemmel olmasa da bir tamamlayıcılık ilişkisi de söz konusudur.

Bu çerçevede, Türkiye Ekonomisi için önerilerimizi sıralamakta fayda vardır. Öncelikle emeğin sermayeye göre ortalama fiziki verimliliğinin daha düşük elde edildiği göz önüne alınırsa, Türkiye’de emeğin ortalama verimliliğini arttıracak politikaların geliştirilmesine öncelik verilmesi gerektiği düşünülebilir. Bu bağlamda, beşeri sermaye kapsamında, emeğin bilgisi, tecrübesi ve yeterliliklerini artırılması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ile ortalama verimliliğinin arttırılabileceği ifade edilebilir. Diğer taraftan üretim sürecinde doğalgazın, petrol ve kömüre göre daha fazla kullanıldığı bulgusuna çalışmada ulaşılmıştır. Bu kapsamda, petrol ve kömür gibi birincil enerji kaynaklarının üretim sürecinde kullanımını arttırmak yerine yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmek nispeten daha akılcı olabilir. Üretim sürecinde girdilerin birbirlerini tamamlayıcı nitelik göstermesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, dikkate alınması gereken üretim sürecinde kullanılan tüm girdilerin önem arz ettiği dir. Dolayısı ile, mevcut üretim faktörlerinin kullanımında tamamlayıcılık ilişkisinin dikkate alınması ve alternatif üretim faktörlerinin de tamamlayıcılık ilişkisi dikkate alınarak üretim sürecine dahil edilmesi gerektiği düşünülebilir.

Son olarak, bundan sonra yapılacak çalışmalarda, farklı üretim fonksiyonları ile farklı girdileri içerecek şekilde, yeni modeller oluşturulması ve bunların tahmin edilmek sureti ile çıktı ve ikame esnekliklerinin hesaplanması bağlamında çalışmaların ilgili literatürün gelişimine katkı sağlayacağı da açıktır.

KAYNAKÇA

- Aktaş, C. ve Yılmaz, V. (2008). Türkiye’de petrol tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15, 45-55.
- Brockway, P. E., Saunders, H., Heun, M. K., Foxon, T. J., Steinberger, J. K., Barrett, J. R. and Sorrell, S. (2017). Energy rebound as a potential threat to a low-carbon future: Findings from a new energy-based national-level rebound approach, *Energies*, 10(1), 1-24.
- Cassels, J. M. (1951). On the law of variable proportions. Erişim Adresi <http://cas2.umkc.edu/ECON/economics/faculty/Lee/courses/502/reading/tp3.pdf>.
- Çermikli, A. H. ve 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.
- Christensen, L. R., Dale, J. W. and Lawrence, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers, *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- 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. (1971). *The Neoclassical Theory of Production and Distribution*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Frisch, R. (1965). *The Theory of Production*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- Hepektan, E. ve Sertkaya, Y. (2016). Türkiye’de elektrik tüketimi, kişi başına GSYİH, CO2 emisyonu ve petrol tüketimi ilişkisi, *Yalova Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(12), 163-182.
- Hoch, I. (1955). Report of the montreal meeting, September 10-13 1954, *Econometrica*, 23(3), 324-337.
- Hoerl, A. E. and Kennard, R. W. (1970). Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems, *Technometrics*, 12(1), 55-67.
- Koesler, S. and Schymura, M. (2012),. Substitution elasticities in a CES production framework an empirical analysis on the basis of non-linear least squares estimation, *Centre for European Economic Research*, 12-007, Erişim Adresi: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2014655.

- Lin, B. and 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. and 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. and Atsagli, P. (2017). Inter-fuel substitution possibilities in South Africa: A translog production function approach, *Energy*, 121, 822-831.
- Lin, B., Atsagli, P. and Dogah, K. E. (2016). Ghanaian energy economy: Inter-production factors and energy substitution, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1260-1269.
- Lin, B. and Xie, C. (2014). Energy substitution effect on transport industry of China-based on trans-log production function, *Energy*, 67, 213-222.
- Marschak, J. and Andrews, W. H. (1944). Random simultaneous equations and the theory of production, *Econometrica*, 12(3/4), 143-205.
- Mundlak, Y. (1961). Empirical production function free of management bias, *Journal of Farm Economics*, 43(1), 44-56.
- Özata, E. (2010). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonometrik incelemesi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 104-114.
- 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. and 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. and Soytaş, U. (2007). The growth of income and energy consumption in six developing countries, *Energy Policy*, 35(2), 889-898.
- Shen, K. and Whalley, J. (2013). Capital-labor-energy substitution in nested CES production functions for China. *National Bureau of Economic Research w19104*, Erişim Adresi: <https://www.nber.org/papers/w19104>.
- Smyth, R., Narayan, P. K. and Shi, H. L. (2011). Substitution between energy and classical factor inputs in the Chinese steel sector, *Applied Energy*, 88(1), 361-367.
- Songur, M. (2017). Türkiye’de beşeri sermaye ve fiziksel sermaye arasındaki ikame olanakları: Translog üretim fonksiyonu yaklaşımı, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(2), 201-224.

- Songur, M. (2018). *Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Faktörler Arası İkame Esneklik Katsayısı: Cobb-Douglas, CES ve VES Üretim Fonksiyonu Tahmini* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Songur, M., Muratoğlu, Y. ve Şanlı, D. (2018). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Frekans Alanı Yaklaşımı. Cebeci, A. Torres, E. and Beken, H. G. (Eds.). *Current Debates in Economics Volume 18* In (pp. 207-222). London: IJOPEC Publication Limited.
- Soytaş, U. and Sarı, R. (2007). The relationship between energy and production: Evidence from Turkish manufacturing industry, *Energy Economics*, 29(6), 1151-1165.
- Werf, V. E. (2008). Production functions for climate policy modeling: An empirical analysis, *Energy Economics*, 30(6), 2964-2979.
- Wesseh, P. K. Jr., Lin, B. and 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.
- Yapraklı, S. ve Yurttaçıkılmaz, Z. Ç. (2012). Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik: Türkiye üzerine ekonometrik bir analiz, *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(2), 195-215.
- Zellner, A., Kmenta, J. and Dreze, J. (1966). Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models, *Econometrica*, 34(4), 784-795.

$\ln G_t \ln P_t$	0.954	0.932	1.000							
$\ln G_t \ln C_t$	0.958	0.950	0.998	1.000						
$\ln P_t \ln C_t$	0.977	0.988	0.966	0.977	1.000					
$(\ln K_t)^2$	0.972	0.979	0.921	0.936	0.973	1.000				
$(\ln L_t)^2$	0.954	0.957	0.861	0.879	0.926	0.963	1.000			
$(\ln G_t)^2$	0.960	0.946	0.998	0.999	0.974	0.940	0.879	1.000		
$(\ln P_t)^2$	0.981	0.918	0.967	0.962	0.962	0.930	0.877	0.965	1.000	
$(\ln C_t)^2$	0.946	0.995	0.936	0.955	0.990	0.967	0.925	0.949	0.913	1.000
